



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título

**“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria
Los Potrerillos SA”**

..

Autores

Br. Claudio Alberto Flores Sánchez 2002-14369

Br. Jasson Dayan Davila Rivas 2006-24075

Br. Haziel Francisco Ortiz Arauz 2011-36934

Managua, junio del 2023

Índice de contenidos

<i>Índice de contenidos</i>	3
<i>Índice de ilustraciones</i>	6
<i>Índice de tablas</i>	7
<i>Introducción</i>	8
<i>Antecedentes</i>	10
<i>Justificación</i>	11
<i>Objetivos</i>	12
<i>Objetivo general</i>	12
<i>Objetivos específicos</i>	12
<i>Marco teórico</i>	1
<i>Metodología para realizar un diagnóstico energético</i>	2
<i>Trabajos previos de gabinete</i>	2
<i>Recopilación de información en la instalación</i>	3
<i>Métodos de medición</i>	4
<i>Analizadores de redes eléctricas</i>	4
<i>Luxómetros</i>	5
<i>Condiciones de los conductores eléctricos</i>	6
<i>Deteriorando el aislamiento</i>	7
<i>Amperaje por calibre eléctrico</i>	7
<i>Evaluación del estado energético</i>	9
<i>Determinación del potencial de ahorro de energía</i>	10
<i>Hipótesis Alternativa</i>	11

<i>Diseño metodológico.....</i>	<i>11</i>
<i>Técnicas de recopilación de datos</i>	<i>11</i>
<i>Fuentes primarias.....</i>	<i>11</i>
<i>Recopilación de información en la instalación</i>	<i>12</i>
<i>Métodos de medición</i>	<i>12</i>
<i>Instrumentos de medición</i>	<i>13</i>
<i>Las mediciones se realizan con ayuda de los siguientes equipos.....</i>	<i>13</i>
<i>Análisis y presentación de resultados.....</i>	<i>14</i>
<i>Descripción de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA</i>	<i>14</i>
<i>Estado actual del sistema de consumo eléctrico de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA.....</i>	<i>14</i>
<i>Análisis tarifario de la factura de consumo energético</i>	<i>14</i>
<i>Inventario de equipos consumidores de energía</i>	<i>15</i>
<i>Equipos eléctricos conectados en 110 y 220V</i>	<i>15</i>
<i>Equipos conectados en 440V</i>	<i>17</i>
<i>Distribución de consumo energético</i>	<i>18</i>
<i>Consumo de energía de los equipos conectados al generador, 440V</i>	<i>20</i>
<i>Consumo de energía de los equipos conectados al Transformador, 110 y 220V</i>	<i>22</i>
<i>Distribución total del consumo energético por equipos</i>	<i>24</i>
<i>Análisis de motores</i>	<i>25</i>
<i>Sistema de iluminación</i>	<i>26</i>
<i>Mediciones de niveles de iluminación</i>	<i>26</i>
<i>Mediciones termográfico de paneles eléctricos y equipos</i>	<i>29</i>

<i>Opciones de mejora de eficiencia energética</i>	32
<i>Sistema de iluminación</i>	32
<i>Sistema de aire comprimido.....</i>	35
<i>Sistema eléctrico</i>	37
<i>Transformador eléctrico.....</i>	37
<i>Conclusiones.....</i>	40
<i>Recomendaciones.....</i>	42
<i>Inventario de equipos eléctricos.....</i>	43
<i>Equipos 110 y 220V</i>	43
<i>Equipos 440V</i>	44
<i>Calculo de distribución de consumo de energía.....</i>	44
<i>Bibliografía.....</i>	46
<i>Anexos.....</i>	47
<i>Formato 1</i>	47
<i>Formato 2</i>	48

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración1. Cantidad de equipos conectados en 110 y 220V</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración2. Distribución de la potencia instalada en kW</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3.. Distribución de la potencia instalada de los equipos 440V (kW)</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 4.. Distribución de consumo de energía eléctrica</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 5. Distribución de consumo de energía de equipos en 440V</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 6. Distribución de consumo de energía eléctrica de equipos 110 y 220V</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 7.. Distribución de consumo total de energía por equipos.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 8. Análisis termográfico del panel eléctrico 110</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 9. Medición de la conexión del generador eléctrico.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 10. Mediciones termográfico para el compresor 440V</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 11. Mediciones termográficas del compresor</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 12. Comparación del consumo actual versus el consumo después de la implementación de la opción</i>	<i>33</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Descripción de carga por circuito de amperio en toma corriente</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Equipos conectados al generador eléctrico.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3.. Potencia Instalada de los equipos 440V</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Comparación del generador actual con el calculado</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 5. Análisis del banco de transformadores.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 6. Análisis de factor de carga de máquinas conectadas en 440V</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 7. Análisis de los niveles de iluminación de puestos de trabajo.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 8. Consumo actual de energía eléctrica para iluminación</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 9. Inversión en compra de iluminación LED</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 10. Inversión resumen</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 11. Beneficios económicos.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12. Potencia de los equipos 440V</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 13. Potencia de equipos 110 y 220V</i>	<i>37</i>

Introducción

Empresa Agropecuaria los Potrerillos SA se encuentra ubicada en el municipio de Jinotega, comunidad los Robles, está dedicada a la elaboración de fertilizantes orgánicos y enmiendas para uso agrícola como sustituto de los fertilizantes químicos, está constituida por diez socios propietarios.

La idea de elaboración de estos productos surgió como una alternativa para dar uso a gran cantidad de residuos biomásicos ricos en nitrógeno procedentes de granjas de ganado, granja avícola y residuos de plantaciones agrícolas que cada uno de los propietarios obtiene de manera independiente como residuos de los procesos productivos en sus propias fincas.

La Empresa Agropecuaria los Potrerillos SA continuamente presenta problemas energéticos y los costos de facturación son elevados, ya que ellos realizaron el sistema eléctrico, según los requerimientos iniciales de la empresa la cual fue en el año 2005 cuando producían de manera artesanal, pero en la actualidad la demanda de los fertilizantes orgánicos que producen ha crecido y como consecuencia han adquirido nueva maquinaria industrial para poder garantizar la producción demandada.

Actualmente el local se ha ampliado y separado en diferentes áreas tales como: Área de triturado, área de mezclado y fermentación, área de secado y Oficinas administrativas entre otras. Dentro de los elementos instalados se encuentran maquinas industriales, iluminación, climatización, equipos de oficina etc. Los cuales demandan diferentes tipos de potencia y voltajes, para cumplir con sus funciones requeridas. Los equipos de 110 y 220 voltios son abastecidos de la línea comercial y los de 440 voltios son alimentados por un generador de 85kw industrial que abastece el 50% de la capacidad instalada de las maquinarias industriales. Lo que conlleva a cortes en la producción por falta de disponibilidad de energía.

El presente protocolo propone realizar un estudio de eficiencia energética a las instalaciones eléctricas, esta fase del análisis comprende un levantamiento

detallado de la información técnica y censo de carga, para determinar el estado preciso en el que se encuentran las instalaciones eléctricas, las condiciones a las que se encuentra expuestas las instalaciones, máquinas y equipos eléctricos. Además, se realizará un plan de mejoramiento energético, que contribuya al cumplimiento de las diferentes normas¹ que deben cumplir las instalaciones para este tipo de industria.

¹ Ley 618 (Ley general de higiene y seguridad del trabajo) y Norma CIEN (Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua)

Antecedentes

mediante la investigación y consulta se encontró el trabajo monográfico titulado **Balance De Carga y Propuesta De Mejora En El uso Eficiente De La Energía En El Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB) De La Universidad Nacional De Ingeniería (UNI) En El Año 2014-2015**; presentado en septiembre de 2015, por Allan Alberto Ruiz Baltodano, Lewis Antonio Morales Corea, Idania Elizabeth Cortez López . Ante la comisión de revisión y aprobación de trabajos de diploma en la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería, como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico.

El objetivo de este fue, determinar el balance de carga energético de ambos recintos, en el cual se recogió la información necesaria, para detectar la demanda, encontrar fallas en la distribución de energía, para posteriormente plantear propuestas de mejoras a los problemas encontrados. La metodología empleada es concebida como una investigación de campo de tipo descriptiva. Mediante la recolección de datos se detectaron fallas de distribución de carga en los bancos de transformadores; los cuales algunos estaban sobredimensionados y otros excedían la carga a la cual habían sido diseñados, por lo cual en el trabajo se propusieron recomendaciones que aumentaran la seguridad de los equipos y personas. Entre las recomendaciones encontramos la redistribución de la carga y reducción de los bancos de transformadores sobredimensionados.

Esta investigación ayudo a descubrir que la alimentación eléctrica del Taller no es independiente del consumo del recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y este se alimenta del banco de transformadores de 225 KVA trifásico que se encuentra en el costado Este del recinto, exactamente por los laboratorios de Biomasa.

Justificación

Empresa Agropecuaria los Potrerillos SA para el cumplimiento de sus actividades productivas cuenta un porcentaje de maquinaria industrial 440 voltios, está maquinaria es alimentada por generador industrial que supe únicamente 50% de la capacidad instalada generando atrasos en el cumplimiento de los pedidos demandados, ya que no pueden utilizar toda la maquinaria de manera continua.

Por otra parte, la empresa para poder satisfacer la demanda actual ha realizo ampliaciones a nuevas áreas de procesos y compro maquinaria de mayor potencia debido a esto el sistema eléctrico presenta problemas continuos con calentamientos de conductores eléctricos y con el suministro de energía, ya que el sistema energético de la Empresa Agropecuaria los Potrerillos SA, se instaló según los requerimientos iniciales en el año 2005 sin proyección de demanda futura.

Objetivos

Objetivo general

- ✓ Realizar estudio de eficiencia energética al sistema eléctrico de la empresa agropecuaria los Potrerillos SA.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar diagnóstico energético a las Instalaciones del sistema eléctrico y equipamiento de la empresa agropecuaria Potrerillos SA.
- ✓ Elaborar plan de mejora energético de acuerdo al diagnóstico realizado, cumpla con las Normas CIEN y reglamentos del MITRAB.

Marco teórico

Eficiencia energética², La eficiencia energética se puede definir como la optimización de los consumos energéticos de una instalación, de tal manera que para realizar una misma operación se reduzca el consumo energético sin disminuir la calidad del servicio Prestado.

El objetivo de la Eficiencia Energética es relacionar los consumos de energía, tanto primaria como secundaria, con la situación actual de la empresa o rendimiento de la producción, conocer DÓNDE, CÓMO y PARA QUÉ se utiliza la energía en cada empresa, y poder actuar para la optimización de la relación productividad-consumo energético y proponer mejoras en los aspectos en los que no se esté realizando una correcta gestión energética.

La eficiencia energética es la reducción del consumo de energía eléctrica utilizada, pero conservando la calidad, acceso a los bienes y servicios; no debe ser confundida con el ahorro de energía eléctrica, el ahorro de energía eléctrica significa consumir menos energía eléctrica, eliminando la realización de ciertas actividades o disminuir su frecuencia y está asociado a momentos de racionamientos de energía eléctrica, lo cual puede identificarse partiendo de la realización de un censo de carga eléctrica instalada, en donde se realiza un inventario y se especifica las características técnicas de los equipos eléctricos como la potencia eléctrica y tiempo de uso con lo cual podamos calcular el consumo de energía eléctrica en el tiempo (kWh), parámetro eléctrico utilizado.

² Edinn.2010.Análisis de Eficiencia Energética.

Metodología para realizar un diagnóstico energético³

La metodología de un diagnóstico energético no es una receta definida, sin embargo, los puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes.

- I. Trabajos previos de gabinete.
- II. Recopilación de la información de la instalación.
- III. Evaluación del estado energético actual de la instalación.
- IV. Determinación del potencial de ahorro de energía.
- V. Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía.
- VI. Evaluación económica.
- VII. Selección de las medidas ahorradoras a implementar.
- VIII. Aplicación de acciones correctivas.

Trabajos previos de gabinete

En este primer punto de la metodología se realiza principalmente la elaboración de la estrategia de trabajo. En virtud del tipo de instalación a diagnosticar, se recopila la información energética que caracteriza al usuario. Adicionalmente se hace la recopilación del entorno en el que se elabora el diagnóstico. Se obtienen los costos de las tarifas eléctricas y de los demás energéticos empleados, así como los criterios de aprobación de proyectos de la dirección de la empresa.

Se desarrollará una estrategia para analizar los siguientes equipos: Compresores, Transformadores, Motores eléctricos, Sistemas de iluminación, Aire acondicionado, Procesos, Etc.

Ya conocidos los procesos y equipos, se identificarán las principales variables energéticas a medir en la empresa. Se determinarán los balances de materia

³ FIDE,CNEE.2010.Diagnosticos Energéticos

Recopilación de información en la instalación

Esta es la etapa más importante del trabajo puesto que el éxito del proyecto tendrá como primer antecedente el desarrollo de una ingeniería de campo confiable, que cualifique y cuantifique la distribución de la energía en la instalación.

Durante el desarrollo de esta etapa se recopilará la información histórica por empresa y equipos, tal como, consumos de energía eléctrica, combustibles y agua. Así como de la producción global y por departamentos y tipos de productos. Además, se realizarán las mediciones que sean necesarias para la evaluación de los balances de energía en unidades de proceso, sistemas y equipos. Se hará acopio de planos, listados, estadísticas etc., conque cuente la empresa, tales como:

- ✓ Diagramas unifilares;
- ✓ Instalaciones eléctricas de fuerza y alumbrado;
- ✓ Diagramas de procesos;
- ✓ Listado de los principales equipos;
- ✓ Estadísticas de la producción
- ✓ Costumbres de operación de la instalación, área, proceso, equipo

Para cada sistema o proceso se recopilarán la cantidad de energéticos internos y externos consumidos por unidad de carga procesada energía eléctrica y otros.

Los levantamientos se realizan de las principales variables energéticas en procesos, sistemas y equipos, tales como:

Kw, kWh, Corriente eléctrica, Voltaje, Factor de potencia, Temperatura, Humedad.

Con las cuales se podrá evaluar la operación actual de los equipos y procesos involucrados en la empresa.

El diagnóstico energético; se contempla realizarlo desde la generación de energía eléctrica hasta los centros de consumo. Se evaluarán los equipos y procesos involucrados, a partir de los transformadores, los tableros, hasta llegar al usuario final, pasando por la transmisión.

Esta evaluación permitirá deducir los desperdicios de energía y uso ineficiente, tal como costumbres de operación o desconocimiento de una operación adecuada, equipos viejos, obsoletos y tecnología reemplazable.

Métodos de medición

Toda medición eléctrica se realiza considerando los riesgos potenciales a la seguridad personal. Recuerde siempre considerar el riesgo al que se está expuesto de la siguiente manera.

1. Evalúe el riesgo.
2. Analice el riesgo.
3. Actúe seguro.

Utilice siempre los aparatos de medición adecuados y el EEP (Equipo de Protección Personal) para la realización de mediciones eléctricas.

Según la ley 618 en su Arto. 152 establece que al realizar trabajos en equipos o circuitos eléctricos, el empleador debe suministrar las siguientes herramientas y equipos de trabajo, entre otros:

- a) Verificadores (detectores) de ausencia de tensión.
- b) Pértigas de expoxiglas (fibra de vidrio).
- c) Alfombras aislantes, plataformas aislantes.
- d) Mangueras protectoras.
- e) Escaleras portátiles de fibra de vidrio o madera.

Analizadores de redes eléctricas

Estos instrumentos de medición de redes eléctricas son programables, los cuales miden los siguientes parámetros:

- Corriente por fase: I1, I2, I3 y se calcula la corriente trifásica 1-2-3
- Voltaje entre fases: V1-2, V1-3, V2-3 y se calcula el voltaje trifásico V1-2-3
- Factor de potencia trifásico (F.P. trifásico)
- Aportación de corrientes armónicas
- Potencia Eléctrica Activa Total o trifásica (kW totales).
- Potencia Eléctrica Reactiva Total o trifásica (kVAR).

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

Además, registran en memoria (y/o impresora) estos parámetros en sistemas monofásicos y/o trifásicos. La programación puede realizarse para que las mediciones se realicen cada minuto, 5 minutos, 15 minutos durante un periodo de 24 horas, 48 horas, 72 horas, etc., e inclusive algunos de estos equipos pueden registrar cada 125 milisegundos esto puede de gran utilidad para determinar el comportamiento en el arranque de algún equipo en particular.

Los analizadores de redes son una herramienta de medición muy importante para el análisis de la energía eléctrica, tal como en los siguientes puntos:

- Analizar cómo es usada la energía y el costo que esta representa
- Análisis de la demanda máxima
- Análisis de la calidad de la energía
- Análisis de armónicos
- Problemas de distribución y equipos eléctricos
- Índice de carga de transformadores
- Análisis de motores eléctricos
- Para la localización de fallos, antes de que éstos se vuelvan costosos o perjudiciales. Los problemas de difícil localización la causa de transformador sobrecalentado, un conductor neutro sobrecargado, un tablero eléctrico vibrante.

Luxómetros

Es un instrumento que se utiliza para medir la iluminación o nivel de iluminación (lux). Los datos obtenidos se comparan con los niveles recomendados en la ley 618. Esta ley establece un valor de iluminación media para cada tarea, por debajo del cual no se puede caer el nivel de iluminación, independientemente de la antigüedad y el estado de la instalación

El Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua establece en su Arto. 120-17, que todos los espacios de trabajo alrededor de los equipos, paneles de distribución, tableros o centros de control de motores instalados en interiores deberán estar adecuadamente iluminado y el espacio de trabajo alrededor del equipo de servicio,

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potreros SA”

los paneles de distribución, control o centros de control de motores deberán tener una altura mínima de 2 metros.

Un ambiente bien iluminado permite realizar el trabajo sin defectos, con comodidad y seguridad. Dentro de las actividades que realiza el hombre a lo largo de su vida, una de las que ocupa la mayor parte de ella, no sólo en el tiempo sino también en el espacio, es el trabajo. En este sentido la actividad laboral, para que pueda desarrollarse de una forma eficaz, precisa que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz.

Un tratamiento adecuado del ambiente visual permite incidir en los aspectos de: Seguridad, confort y productividad. La integración de estos aspectos comportará un trabajo seguro, cómodo y eficaz. Muchas son las causas que pueden intervenir en la ocurrencia de lesiones oculares o fatiga visual, entre otras: máquinas y herramientas defectuosas o inseguras, radiaciones, sustancias químicas, iluminación inadecuada, deficiencias en la educación, motivación y concientización de los trabajadores en aspectos de salud y seguridad.

Condiciones de los conductores eléctricos

Las instalaciones eléctricas donde los principales factores que se deben considerar en una instalación eléctrica son el calibre del conductor, tensión y protección. A continuación, se presenta un esquema básico de los conductores eléctricos:

Deteriorando el aislamiento

- La caída de tensión en la línea será mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos
- Si no se protege el aislamiento el aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.
- Disminuirá la vida útil del conductor.

Amperaje por calibre eléctrico

Se debe tener una referencia en capacidad de amperios por línea o por calibre a utilizarse para futuras ampliaciones o mejoras eléctricas de cualquier área de trabajo, para ello a continuación se describe la capacidad de los conductos, descubiertos y con protección tanta para conductores de aluminio y cobre.

Descripción de la capacidad de los conductos de acuerdo al calibre y condiciones de operación.

Copper Conductors				AAC Aluminum Conductors			
Bare		Covered		Bare		Covered	
AWG or kcmil	Amperes	AWG or kcmil	Amperes	AWG or kcmil	Amperes	AWG or kcmil	Amperes
8	98	8	103	8	76	8	80
6	124	6	130	6	96	6	101
4	155	4	163	4	121	4	127
2	209	2	219	2	163	2	171
1/0	282	1/0	297	1/0	220	1/0	231
2/0	329	2/0	344	2/0	255	2/0	268
3/0	382	3/0	401	3/0	297	3/0	312
4/0	444	4/0	466	4/0	346	4/0	364
250	494	250	519	266.8	403	266.8	423
300	556	300	584	336.4	468	336.4	492
500	773	500	812	397.5	522	397.5	548
750	1000	750	1050	477.0	588	477.0	617
1000	1193	1000	1253	556.5	650	556.5	682
—	—	—	—	636.0	709	636.0	744
—	—	—	—	795.0	819	795.0	860
—	—	—	—	954.0	920	—	—
—	—	—	—	1033.5	968	1033.5	1017
—	—	—	—	1272	1103	1272	1201
—	—	—	—	1590	1267	1590	1381
—	—	—	—	2000	1454	2000	1527

Tabla 1. Descripción de carga por circuito de amperio en toma corriente

Fuente: N Bratu, E Campero. Instalaciones eléctricas, conceptos básicos.

Uno de los aspectos económico es la optimización de recursos, en el mercado los calibres tienen diferentes altos costos de adquisición y se debe conocer las condiciones de operación o la capacidad instalada en la distribución eléctrica, en el momento de adquisición, se debe seleccionar de acuerdo a las necesidades de operación con un margen de carga como máximo el 80%.

Las instalaciones eléctricas desde el banco de transformador hasta las cajas de circuito central no deben ser subterráneas pues no es permitido por la norma

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

NFPA⁴ que indica que una instalación se debe de realizar en aéreas que permitan el fácil control de puntos dañados en el conductor, permitiendo así reparar con mayor rapidez y eficiencia, ya que una instalación subterráneas permitirá que los conductos a pasar de mucho año se dañen y que se tenga perdida de energía en tierra y esto ocasione incremento en el costo de la facturación.

Evaluación del estado energético

Con la información obtenida de las etapas I y II, y los métodos de balance seleccionados en la etapa I se procederá a realizar la evaluación del funcionamiento energético de los sistemas y equipos.

En una primera etapa se analizará el comportamiento histórico del consumo de energía de la empresa y su relación con la producción de la misma. Así se determinarán los índices energéticos actuales de la empresa.

En una segunda fase se hará el diagnóstico de las rutinas de operación y mantenimiento, y su relación con el uso de energía. Serán señaladas todas aquellas acciones en que se observe posibilidad de ahorro de energía.

Dentro de una tercera etapa se realizará el balance de materia y energía por sistema y procesos en la planta o inmueble, con el objetivo de conocer el tipo y cantidad de energía requerida, así como la eficiencia de utilización. Se evaluarán las entradas, salidas y pérdidas de energía, identificándolas por sistema. En los balances de energía por sistema se identificarán los puntos del diagrama de flujo de mayor pérdida de energía, haciendo resaltar aquellos donde es posible generar ahorros. Además, se determinará la cantidad de energía real utilizada por producto generado, y se identificarán posibles ajustes o cambios a los sistemas.

Una vez identificadas las áreas, procesos y equipos de mayor consumo energético en la planta o inmueble, dichas secciones quedaran como prioritarias para la identificación y obtención de ahorros de energía, ya que el disminuir el consumo

⁴ Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego

Determinación del potencial de ahorro de energía.

De acuerdo a la tarea realizada en el rubro anterior, quedarán determinados los rubros de pérdidas de mayor contribución a escala energética. Para minimizar el consumo de energía se evaluarán los potenciales de ahorro de energía, primero por la aplicación de medidas administrativas y prácticas operacionales. Segundo por prácticas eficientes y programas de mantenimiento. Se detectarán aquellas actividades que, por ajuste a los sistemas y equipos, tiendan a aprovechar adecuadamente la energía y por la aplicación de alternativas tecnológicas. En este último, se buscará además una optimización energética de los sistemas y procesos, a través de la implantación de sistemas automáticos de control, esto siempre y cuando sea factible desde el punto de vista técnico y económico.

Hipótesis Alternativa

El estudio de eficiencia energética, servirá para que las instalaciones de la empresa agropecuaria Potrerillo SA cumpla con las normas CIEN y ley 618 emitidas por el MITRAB.

Diseño metodológico

Enfoque descriptivo

Se considera descriptivo ya que se medirán de manera independiente la variable más representativa en la investigación (corriente, voltaje, potencia activa, potencia reactiva) con la mayor precisión posible.

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así, y valga la redundancia describir lo que se investiga. (Dankhe, 1986)

Técnicas de recopilación de datos

Fuentes primarias

La metodología que se utilizara para la elaboración del diagnóstico energético se describe en los siguientes puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes.

- I. Trabajos previos de gabinete.
- II. Recopilación de la información de la instalación.
- III. Evaluación del estado energético actual de la instalación.
- IV. Determinación del potencial de ahorro de energía.

Recopilación de información en la instalación

Durante el desarrollo de esta etapa se recopilará la información histórica por empresa y equipos, tal como, consumos de energía eléctrica, combustibles y agua. Así como de la producción global y por departamentos y tipos de productos. Además, se realizarán las mediciones que sean necesarias para la evaluación de los balances de energía en unidades de proceso, sistemas y equipos. Se hará acopio de planos, listados, estadísticas etc., conque cuente la empresa, tales como:

- Diagramas unifilares;
- Instalaciones eléctricas de fuerza y alumbrado;
- Diagramas de procesos;
- Listado de los principales equipos;
- Estadísticas de la producción
- Costumbres de operación de la instalación, área, proceso, equipo

Métodos de medición

La medición de las diferentes variables (corriente, voltaje, luminosidad, factor de potencia, se realiza considerando los riesgos potenciales a la seguridad personal. Recuerde siempre considerar el riesgo al que se está expuesto de la siguiente manera.

1. Evalué el riesgo.
2. Analice el riesgo.
3. Actúe seguro.

Se utilizará equipos de protección personal para la realización de mediciones eléctricas.

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

Según la ley 618 en su Arto. 152 establece que, al realizar trabajos en equipos o circuitos eléctricos, el empleador debe suministrar las siguientes herramientas y equipos de trabajo, entre otros:

- a) Verificadores (detectores) de ausencia de tensión.
- b) Pértigas de expoxiglas (fibra de vidrio).
- c) Alfombras aislantes, plataformas aislantes.
- d) Mangueras protectoras.

Instrumentos de medición

Los instrumentos que se utilizarán para el desarrollo óptimo del análisis de eficiencia energética serán equipos medición los cuales nos darán información acerca de la calidad en el suministro de energía eléctrica, y magnitud de cada uno de los parámetros eléctricos del sistema; los equipos propuestos a utilizar para la realización de este trabajo monográfico.

Cabe señalar que cada equipo de medición utilizada cumple con los parámetros estándar para la medición eléctrica, con los cuales obtendremos información más acertada de los parámetros del sistema eléctrico de empresa agropecuaria Los Potrerillos SA. En donde se tiene cargas clasificadas en: iluminación, climatización, motores, entre otros.

Las mediciones se realizan con ayuda de los siguientes equipos

- Analizador de redes eléctricas programable, que mide, calcula y registra en memoria (y/o impresora) los principales parámetros eléctricos en sistemas monofásicos y trifásicos.
- Multímetros y potenciómetros.
- Termómetros.
- Analizador de Redes Eléctricas
- Luxómetros para medir niveles de iluminación

Análisis y presentación de resultados

Descripción de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA

Empresa Agropecuaria los Potrerillos SA se encuentra ubicada en el municipio de Jinotega, comunidad los Robles, está dedicada a la elaboración de fertilizantes orgánicos y enmiendas para uso agrícola como sustituto de los fertilizantes químicos, está constituida por diez socios propietarios.

La idea de elaboración de estos productos surgió como una alternativa para dar uso a gran cantidad de residuos biomásicos ricos en nitrógeno procedentes de granjas de ganado, granja avícola y residuos de plantaciones agrícolas que cada uno de los propietarios obtiene de manera independiente como residuos de los procesos productivos en sus propias fincas.

Estado actual del sistema de consumo eléctrico de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA

Análisis tarifario de la factura de consumo energético

La empresa agropecuaria Los Potrerillos SA consta con nueve bancos de transformadores, los cuales proporcionan la potencia eléctrica necesaria para cumplir con la demanda de carga de todos los consumidores instalados en la empresa, cada banco de transformadores posee distintas potencias aparentes de diseño (S).

La carga instalada existente en la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA, es alimentada por el banco de transformadores de 225 kVA que se encuentra ubicado en el costado este de la empresa, en dicho transformador se encuentra conectados todas las cargas eléctricas pertenecientes al área administrativa, iluminación, equipos ofimáticos y maquinas pequeñas menores de 3kW de potencia que se utilizan en el proceso de producción de los muebles.

El tipo de tarifa que tiene la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA es T-2E general mayor con medición horaria estacional, el cual es una tarifa aplicada para

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

cargas contratadas mayor de 25 kW para uso general, establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc.

En esta tarifa se cobra consumo en verano e invierno punta⁵ y fuera de punta, demanda verano e invierno punta.

También tiene un generador eléctrico de 75 kVA que trabaja con diesel y alimenta a todos los equipos grandes y que trabajan con 440V. El consumo promedio de diesel es de **568.72 litros** mensual.

En los siguientes puntos analizaremos los consumidores de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA con el propósito de calcular el consumo e identificar los potenciales de mejora.

Inventario de equipos consumidores de energía

Equipos eléctricos conectados en 110 y 220V

Los equipos conectados al transformador de 225 kVA y que funcionan en 110 y 220V son aproximadamente 47 equipos eléctricos, que se dividen en las diferentes áreas como producción y administración. En la siguiente figura se muestra la distribución.

⁵ Periodo punta es de 6:00 pm a 10:00 pm y horario fuera de punta es 6:01 am a 5:59 pm

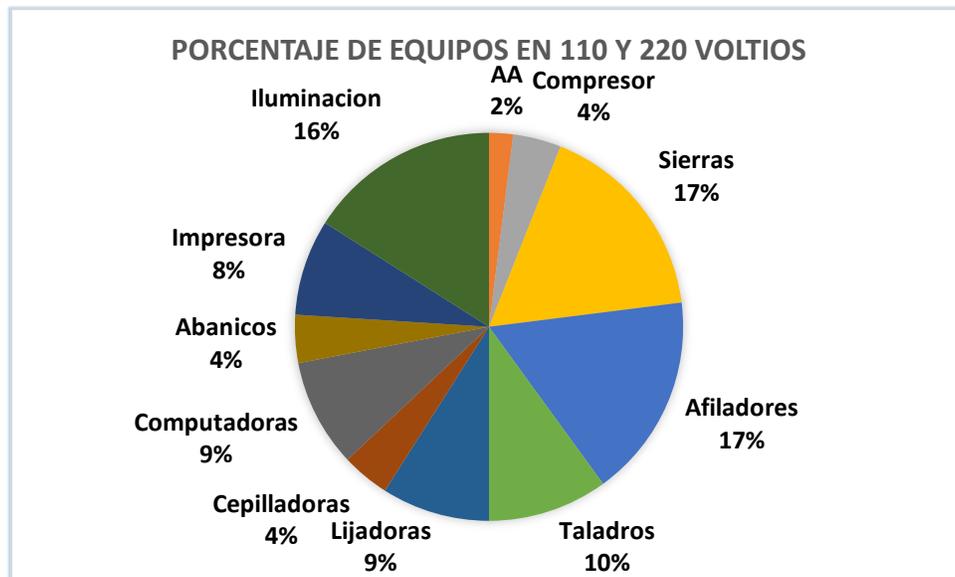


Ilustración1. Cantidad de equipos conectados en 110 y 220V

Como se muestra en la figura el 19% de los equipos son los taladros, 17% esmerilador, 17% sierras, 9% las computadoras, 4% los compresores, 4% cepilladoras, 4% los abanico, 2% aires acondicionados y el 24% restante son los otros equipos que hay en menor cantidad. Es importante mencionar que la iluminación exterior e interior también está conectada al transformador.

La potencia instalada de todos estos equipos eléctricos es de 59.80 kW, en la siguiente ilustración se muestra la distribución.

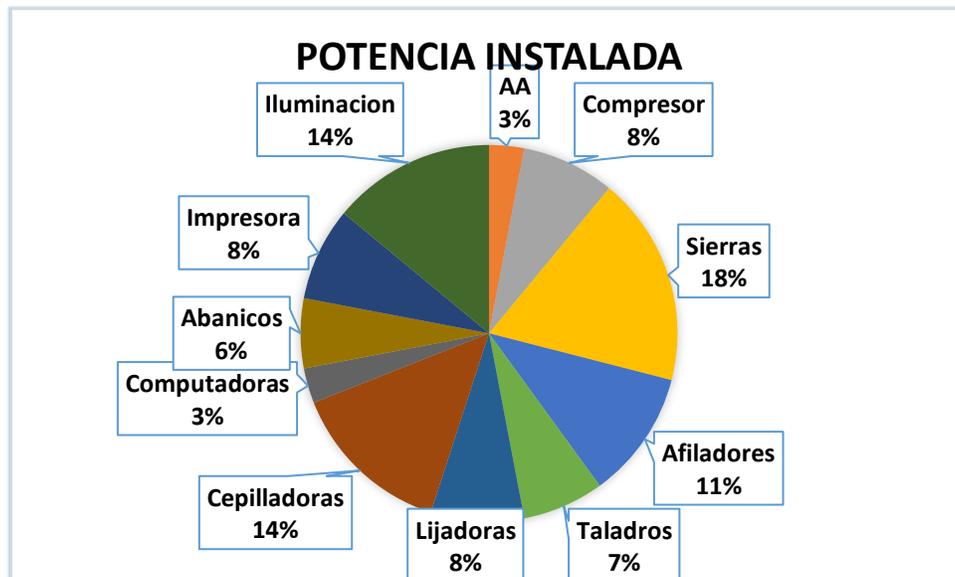


Ilustración2. Distribución de la potencia instalada en kW

La potencia total instalada de los equipos conectados en 110 y 220V se divide de la siguiente manera: 18% las sierras eléctricas, 11% los esmeriladores, 8% los compresores, 7% los taladros, 4% las cepilladoras, 4% iluminación, 3% computadoras y el restante 42% se divide en los equipos de menor número.

Equipos conectados en 440V

Los equipos que trabajan con 440V, están conectados a un generador eléctrico de 75 kVA, el cual utiliza diesel para su funcionamiento. En la siguiente tabla se muestran estos equipos.

Tabla 2. Equipos conectados al generador eléctrico

Extractor de Viruta
Compresor
Sierra Vertical
Canteadora T54
Fresadora T27
Regruesadora T45
Encuadradora T74

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

La potencia instalada de estos equipos es de aproximadamente de **48.9 kW**. La distribución de la potencia por equipo se muestra en la siguiente figura.

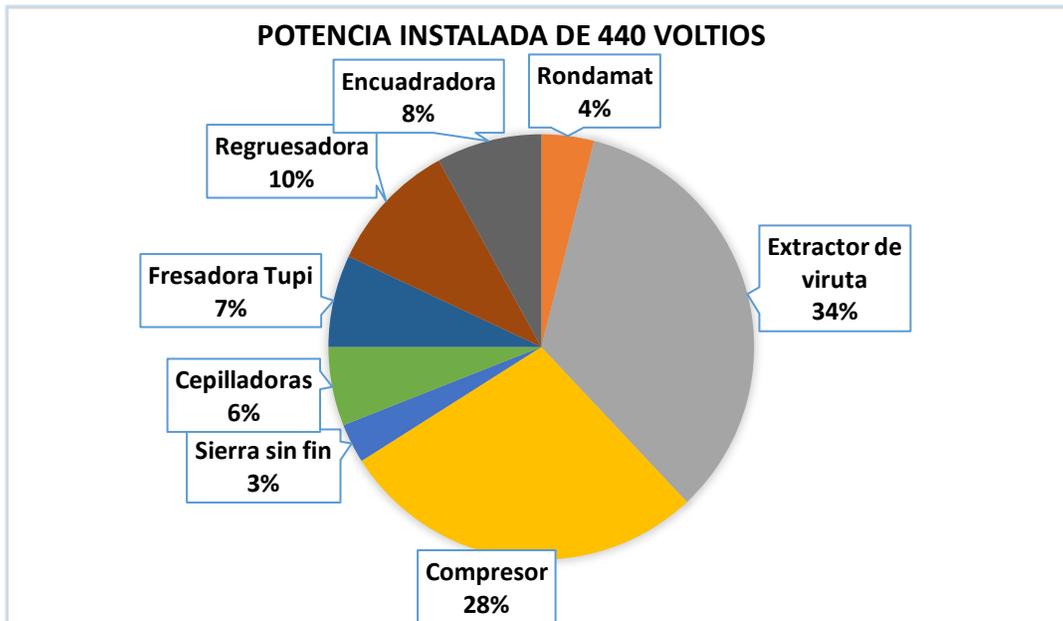


Ilustración 3.. Distribución de la potencia instalada de los equipos 440V (kW)

De total de potencia instalada se reporta que el 34% la tiene el extractor de viruta, seguido del compresor con 28%, 10% Regruesadora, 8% escuadradora, 8% la fresadora. 7% cepilladora, 3% sierra sin fin y 4% rondamat.

Distribución de consumo energético

Para determinar la distribución del consumo de energía eléctrica de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA se realizaron mediciones eléctricas a los diferentes equipos consumidores, equipos de producción, aires acondicionados, iluminación y los equipos eléctricos de oficinas, ubicados en las diferentes áreas.

El consumo total de energía eléctrica cuantificado tanto para equipos monofásicos como trifásicos es de 3,456.65 kWh/mes (41,479.80 kWh/año). Ver en el anexo III la memoria de cálculo. A continuación, se muestra el consumo dividido tanto para equipos que trabajan en 110, 220V y los de 440V. En la figura siguiente se muestra la distribución de consumo.

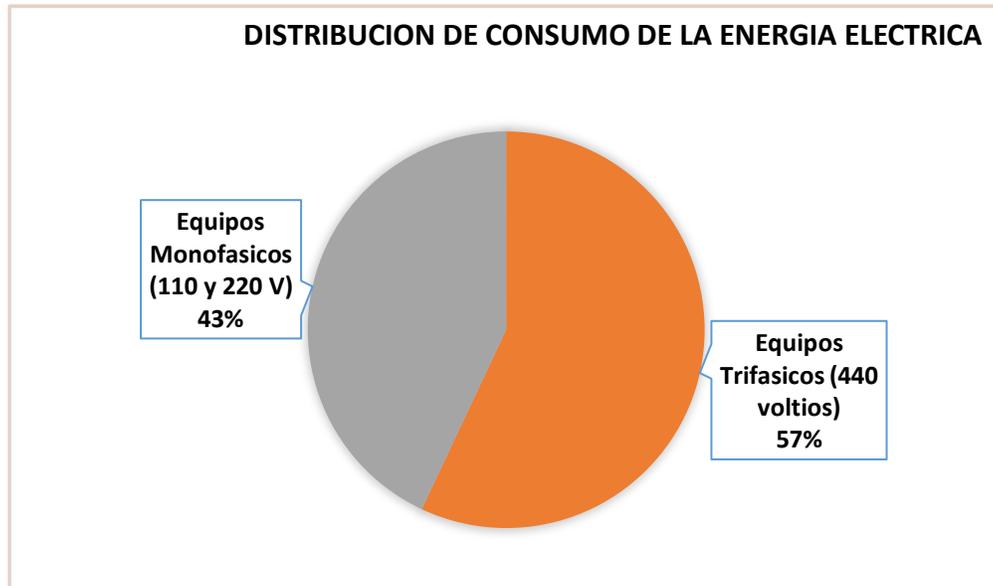


Ilustración 4.. Distribución de consumo de energía eléctrica

Como se muestra en la figura el 57% de la energía consumida por La empresa agropecuaria Los Potrerillos SA; lo representan los equipos trifásicos que trabajan en 440V, por lo que este sería el consumo de energía del generador eléctrico y el 43% lo demanda los equipos monofásicos conectados al transformador.

Consumo de energía de los equipos conectados al generador, 440V

La energía equivalente consumida por el generador para el funcionamiento de los equipos 440V es de 1,967.97 kWh-eq/mes (23,615.58 kWh-eq/año). La distribución se muestra a continuación.

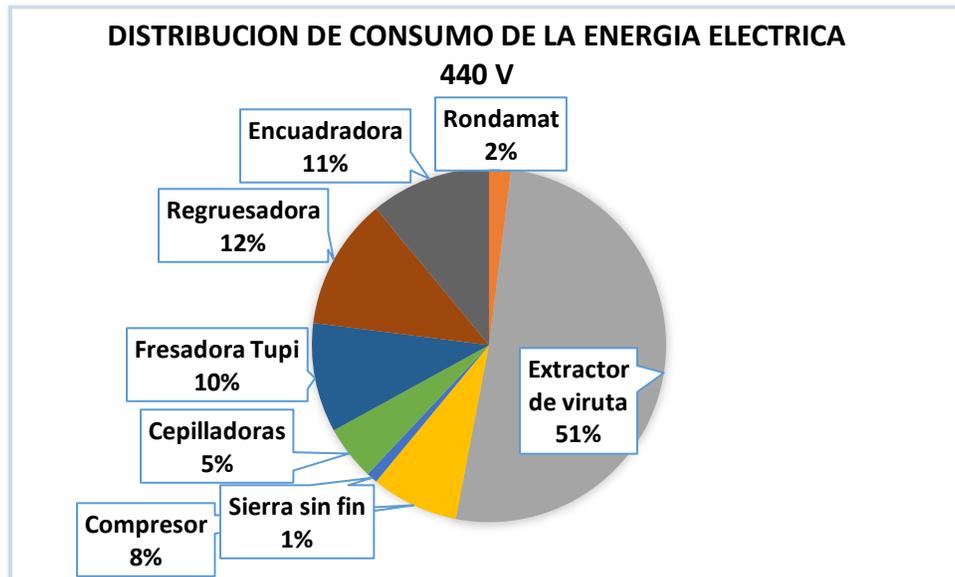


Ilustración 5. Distribución de consumo de energía de equipos en 440V

El mayor consumidor es el extractor de viruta con un 51%, 12% Regruesadora T45, 11% encuadradora T74, 10% fresadora, 8% el compresor, 5% canteadora, 2% rondamat y 1% sierra sin fin.

Como se muestra uno de los mayores consumidores es el extractor de viruta, este equipo tiene dos motores uno de 15 HP y otro de 1/3 HP. Este equipo es nuevo y tiene un arrancador suave para disminuir los picos de demanda.

Con respecto al dimensionamiento del generador, se identificó que se encuentra mal dimensionado, debido a que existe el problema que no pueden ponerse a funcionar las máquinas al mismo tiempo porque este trabaja forzado. En la siguiente tabla se muestra la potencia de los equipos.

Tabla 3.. Potencia Instalada de los equipos 440V

Equipo	Potencia de chapa, Kw.
Extractor de Viruta	11.22
Compresor	11.19
Sierra sin fin	3.00
Canteadora T54	6.72
Fresadora T27	11.52
Regruesadora T45	14.40
Encuadradora T74	10.12
Rondamat960	1.30
TOTAL POTENCIA (kW).	69.47

Para realizar un mejor dimensionamiento del generador debemos tomar en cuenta los picos de demanda. Durante el arranque hay que considerar que la potencia mecánica a ser solicitada por el motor eléctrico para vencer la inercia de su rotor será: De 3 a 5 veces su potencia nominal expresada en [kW] si dicho arranque es del tipo directo.

$$P = 69.47 \text{ kW} * 5 \text{ veces} =$$

$$P= 347.35 \text{ kW}$$

Tamaño del generador adecuado:

$$1 \text{ kW} = 1.25 \text{ kVA}$$

$$P = 347.35 \text{ kW} * 1.25 = 434.19 \text{ KVA}$$

tamaño del generador adecuado: 434.19 kva

En la tabla se muestra la comparación del tamaño del generador actual con el calculado.

Tabla 4. Comparación del generador actual con el calculado

Potencia del generador (kVA)	Potencia del generador (kW)	Potencia total consumida (kW)	Potencia consumida (kVA)	% de menor capacidad
75	60	208.41	260.51	-71.2%

Como se observa el generador actual se encuentra 71.2% por debajo de lo que se requiere, por lo tanto se recomienda un reemplazo por uno de mayor tamaño. Esto permitirá que los equipos funcionen más eficientemente y el incremento de la producción de la empresa agropecuaria Los Potrerillos SA.

Consumo de energía de los equipos conectados al Transformador, 110 y 220V

La energía equivalente consumida por el generador para el funcionamiento de los equipos monofásicos conectados en 110 y 220V es de 1,488.68 kWh-eq/mes (17,864.21 kWh-eq/año), con un costo de USD 5,001.98 por año asumiendo un costo de USD 0.28 por cada kWh consumido, según el tipo de tarifa que tiene actualmente. La distribución se muestra a continuación

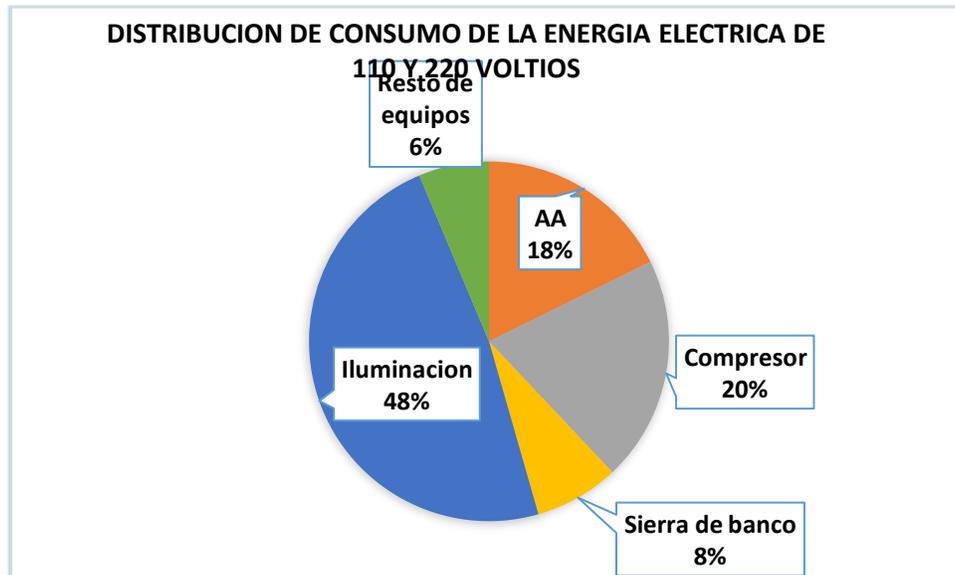


Ilustración 6. Distribución de consumo de energía eléctrica de

Como se observa el 38% del consumo de energía eléctrica lo representa la iluminación, 16% el compresor, 14% el aire acondicionado, 6% la sierra de banco y el 26% restante es el resto de equipos pequeños. Existe potencial de reducir el consumo de energía en iluminación

Es importante mencionar que estos equipos están conectados a un banco de transformador 225 KVA, el cual tiene 3 transformadores de 75kVA. A este banco de transformadores están conectadas otras áreas de la empresa agropecuaria Los Potreros SA.

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

Según la monografía “Balance de carga y propuesta de mejora en el uso eficiente de la energía en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el año 2014-2015”, la potencia actual demandada por el edificio es de 207.29 kVA, lo cual indica que el banco de transformador tiene un 8% de sobre dimensión al banco transformador, sin embargo con este porcentaje de sobre dimensión nos indica que el banco de transformador está operando en la actualidad dentro de su rango de diseño y tolerancia del 5 al 10%. En la tabla a continuación se muestra este análisis.

Tabla 5. Análisis del banco de transformadores

Potencia del generador (kVA)	Potencia del generador (kW)	Potencia total consumida (kW)	Potencia consumida (kVA)	% de menor capacidad
225	180	165.83	207.29	8

Fuente: Monografía del Balance de carga del RUPAP

En las alternativas de mejora se va a evaluar la instalación de un nuevo banco de transformadores para alimentar equipos monofásicos 110, 220V y trifásico 440V.

Distribución total del consumo energético por equipos

En la siguiente figura se muestra la distribución del consumo por equipos.

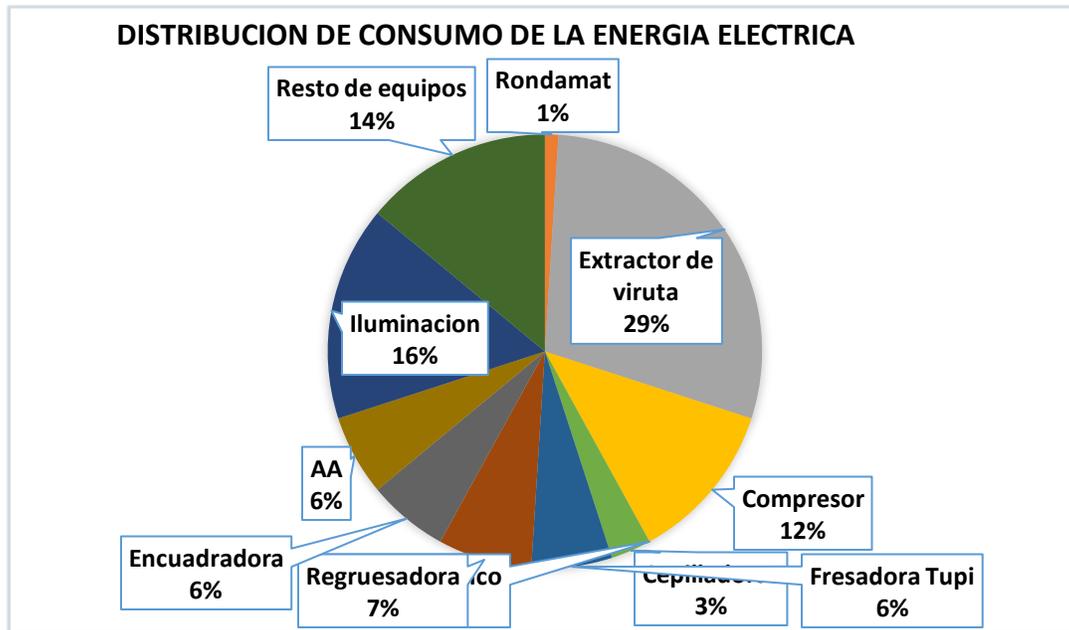


Ilustración 7. Distribución de consumo total de energía por equipos

A como se muestra el 29% del consumo de la energía lo representa el extractor de viruta, 16% la iluminación, 7% el compresor 220V, 7% Regruesadora, 6% fresadora, 6% el aire acondicionado, 6% Encuadradora, 5% compresor 440V, 3% sierra de banco, 3% canteadora, 1% Rondamat y un 11% resto de equipos pequeños.

Análisis de motores

En este acápite se realiza un análisis de factor de carga de las máquinas conectada en 440V. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 6. Análisis de factor de carga de máquinas conectadas en 440V

Equipo	Potencia de chapa HP	Promedio A	Promedio V	Cos PHI chapa	Potencia kW	Potencia medida en HP	E nominal	Factor de carga
Extractor de Viruta	15.3	24.4	440.7	0.75	14.0	18.7	86.6%	106.01%
Compresor	15	20.5	440.7	0.87	13.6	18.2	86.6%	105.24%
Sierra Vertical	4	2.6	440.7	0.88	1.7	2.3	85.6%	49.40%
Canteadora T54	7.5	4.1	440.7	0.87	2.7	3.6	90.0%	43.75%
Fresadora T27	10	6.2	440.7	0.87	4.1	5.5	90.0%	49.35%
Regruesadora T45	11.5	7.3	440.7	0.87	4.8	6.5	90.0%	50.80%
Encuadradora T74	10	5.9	440.7	0.84	3.8	5.0	85.6%	43.12%
RONDAMA T T 960	1.5	2.3	440.7	0.87	1.5	2.1	79.0%	109.27%

Como se puede observar extractor de viruta, compresor y Rondamat T960 se encuentra con factor de carga adecuado, en cambio la sierra eléctrica tiene un factor de carga de 49.40%, canteadora T54 43.75%, Fresadora T27 49.35%, Regruesadora T45 con 50.80% y le Encuadradora T74 con 43.12%, esto se debe a que estas máquinas muchas veces se ponen a funcionar con piezas de madera muy pequeñas o en vacío.

Sistema de iluminación

La empresa agropecuaria Los Potrerillos SA cuenta con 20 lámparas instaladas en el interior de las instalaciones, el cual es tecnología obsoleta de tubos fluorescentes de 40 y 20W, así mismo con bombillos incandescentes de 100W. El consumo de esta iluminación es de aproximadamente de **368.16 kWh/mes (4,417.92 kWh/año)**. También tiene instalado iluminación exterior, una de 250W y otra de 400W y consumen **204.55 kWh/mes (2,454.55 kWh/años)** y una demanda de potencia de 0.49 kW.

Existe potencial de sustituir esta iluminación por tecnología LED, el cual reducirá el consumo de energía eléctrica y la demanda de potencia en horas punta que reporta la iluminación exterior que se utiliza en horas de la noche. Esta opción se evaluará con más detalle en el acápite de opciones de Eficiencia Energética.

Mediciones de niveles de iluminación

Se realizó un análisis de los niveles de iluminación por cada puesto de trabajo.

Tabla 7. Análisis de los niveles de iluminación de puestos de trabajo

NIVELES DE ILUMINACION		
AREA	NIVEL DE ILUMINACION ENCONTRADO, LUX	NIVEL DE ILUMINACION RECOMENDADO, LUX
OFICINA ADMINISTRATIVA	187	300
BODEGA DE PRODUCTOS 1	23	100
BODEGA DE PRODUCTOS 2	15	100
BODEGA DE MATERIA PRIMA	32	100
BODEGA DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	22	100
PANEL 220	32	100
BANCO 220	320 ILUMINACION NATURAL	300
AREA DE SIERRA	176	300
AREA DE AFILADO	86	300
AREA DE ENGRUESADORA	146	300
AREA CANTEADORA	162	300
AREA DE WEINIG	130	300
AREA DE FRESADORA	120	300

Como se puede observar ninguno de los puestos de trabajo cumplen con los requerimientos según la norma, el cual debe cumplirse para favorecer la percepción visual con el fin de asegurar la correcta ejecución de las tareas y la seguridad y bienestar de quienes las realizan.

Condiciones del Sistema eléctrico

Una instalación eléctrica es el conjunto de equipos y materiales que permiten distribuir la energía eléctrica partiendo desde el punto de conexión de la compañía suministro hasta máquinas y aparatos receptores para su utilización final, de una manera eficiente y segura.

Debido a que la presencia de la energía eléctrica significa un riesgo para el ser humano, se requiere suministrar la máxima seguridad posible para salvaguardar su integridad así como la de los bienes materiales, cada parte que integre la instalación eléctrica debe estar ubicada estratégicamente con el fin de lograr seguridad absoluta. Además de esto el servicio de instalaciones eléctricas deberá ser eficiente y económico, integrando lo técnico y lo económico.

La empresa agropecuaria Los Potrerillos SA no dispone de un diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas internas. El diagrama unifilar es una representación gráfica que permite visualizar a partir del punto de entrega se distribuye la energía eléctrica a través de paneles y sub-paneles los cuales deben claramente identificar en tablas en el diagrama y que deben equivaler a lo que se encuentra físicamente en el sitio. La falta de diagrama unifilar dificulta cualquier estudio que se quiera realizar y más aún impide realizar maniobras ante situaciones de emergencia debido a que no se conoce la distribución de la instalación eléctrica.

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

En las siguientes figuras se muestran los hallazgos en el sistema eléctrico.

Las oportunidades de mejora se mencionan a continuación:

- Paneles eléctricos no adecuados.
- Falta de rotulación de paneles eléctricos y la especificación de su carga. Todos los paneles fueron rotulados en el transcurso de esta monografía, con el propósito de realizar las mediciones eléctricas. En las figuras a continuación se observa el antes y después.
- Falta de mantenimiento preventivo de los paneles eléctricos.

Se realizaron inspecciones visuales con la cual se determina que gran parte de las instalaciones internas se encuentran en mal estado, lo cual en gran medida es ocasionado por la falta de mantenimiento que se le brinda a las instalaciones eléctricas, así como la violación de normas técnicas establecidas en el Código de Instalaciones eléctricas de Nicaragua (CIEN), aumentando el riesgo de electrocución accidental del personal, estudiantes y público en general los cuales visitan a diario La empresa agropecuaria Los Potrerillos SA y que circulan libremente por este.

Entre las violaciones al CIEN se encuentra que no fue aplicado lo que indican los artículos: 120-17 inciso a, e, r, 200-2 Disposiciones generales, 200-3 Conexión al sistema puesto a tierra. 210-5 Código de colores para circuitos derivados, 210-7 Tomacorrientes y enchufes inciso (a), (b) y (c), 210-8 Interruptor contra fallas a tierra (ICFT) para protección de las personas en lugares donde exista acceso directo a alta incidencia de humedad, 215-6 Medios de puesta a tierra para alimentador.

No existen recalentamientos en conductores, los calibres inadecuados, ausencia de puestas a tierra de instalaciones; lo que conlleva a tener pérdidas de energía por mal estado de instalaciones por lo que se recomienda el realizar una mejora de las instalaciones que permita tener seguridad en las instalaciones y proteger sus equipos.

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

Se debe realizar periódicamente el mantenimiento de las instalaciones eléctricas salvar vidas, mejora el rendimiento de los equipos, ahorro considerable de dinero y disminuye el consumo de energía.

Mediciones termográfico de paneles eléctricos y equipos

En las siguientes figuras se muestran las fotos de lugar y la termografía.

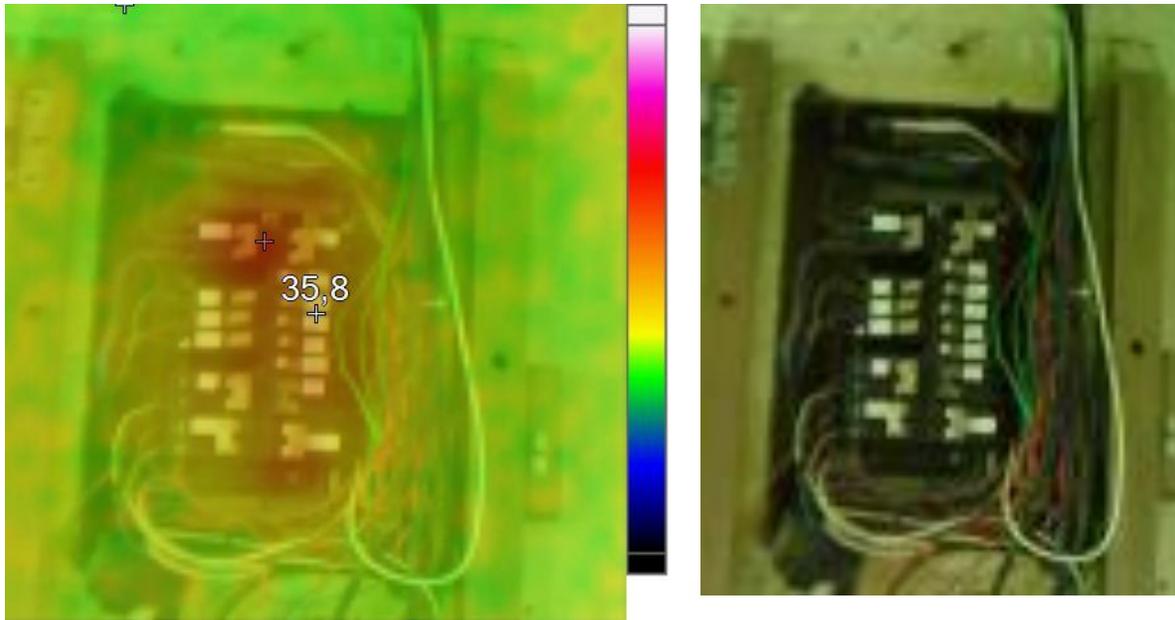


Ilustración 8. Análisis termográfico del panel eléctrico 110

Como se puede observar la temperatura del área más caliente es de 35.8 °C,

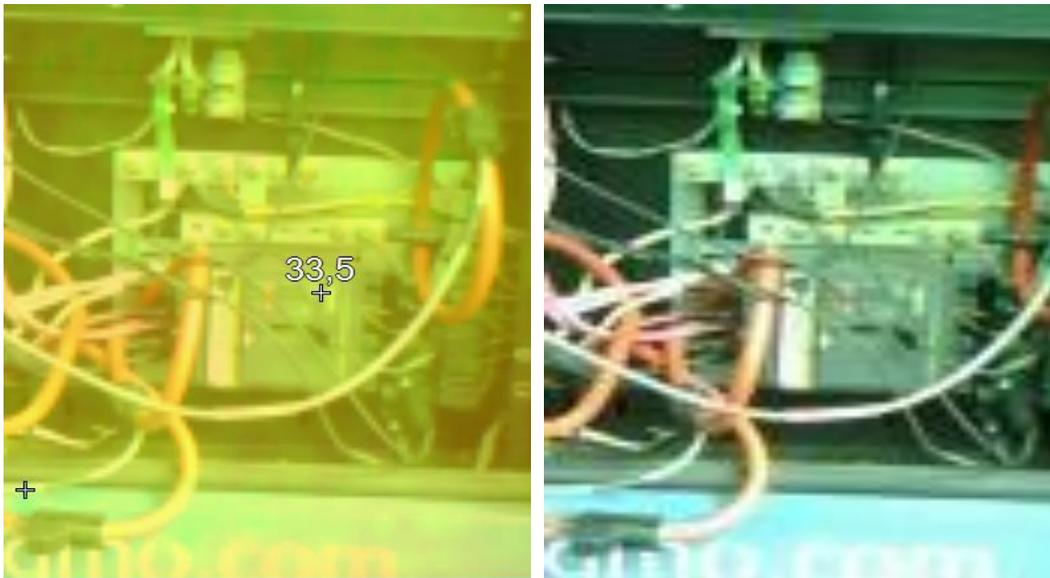


Ilustración 9. Medición de la conexión del generador eléctrico

Como se puede observar la temperatura del área más caliente es de 33.5 °C, por lo que se puede decir que no está recalentado.

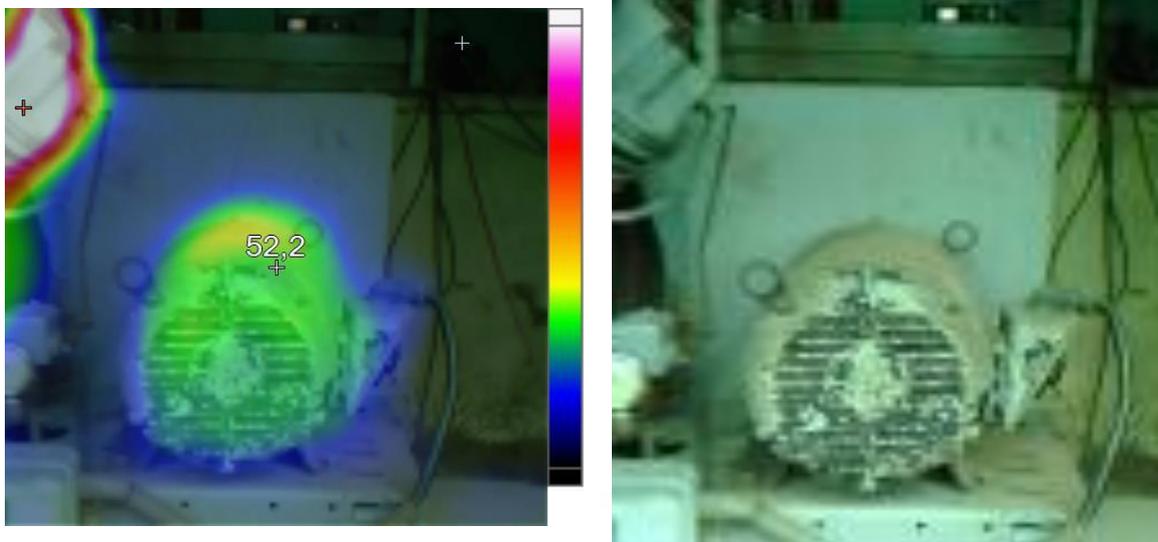


Ilustración 10. Mediciones termográfico para el compresor 440V

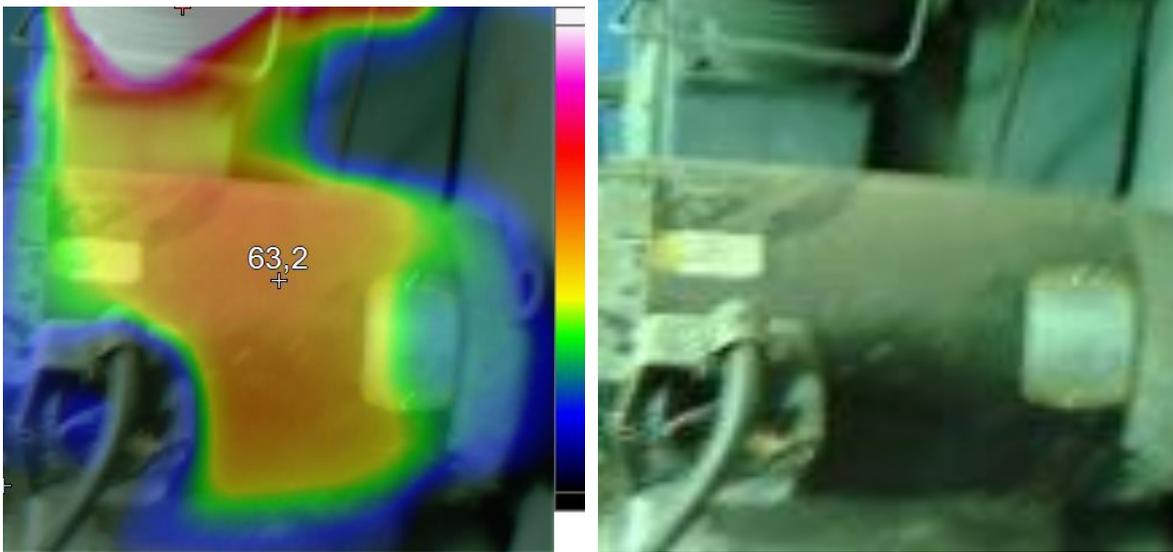


Ilustración 11. Mediciones termográficas del compresor

Se puede observar en esta parte del compresor ya se va incrementando la temperatura y llega hasta los 63.2 °C, por lo que se debe analizar las causas.

En general los paneles eléctricos se encuentran con temperaturas adecuadas entre 31 a 34 °C, pero es necesario darles un mantenimiento preventivo.

Opciones de mejora de eficiencia energética

Sistema de iluminación

Situación actual: La empresa agropecuaria Los Potrerillos SA tiene iluminación interior actual obsoleta, tubos fluorescentes T12 de 40 W, 20W y bombillos incandescentes de 100W, así mismos iluminación exterior de 250 y 400W, lo que ocasionan un consumo considerable para el taller. En la tabla se muestra el consumo de energía actual, que equivale a **6,247.81 kWh/año**.

Tabla 8. Consumo actual de energía eléctrica para iluminación

ÁREA	Unidades	WATT Actual	Consumo Actual de Energía (kWh/año)	Demanda de Potencia Actual (kW)
Oficina	2	40	360.00	0.08
Taller	5	40	943.00	0.20
	4	20	377.20	0.08
Pasillos	3	40	564.48	0.12
	1	20	94.08	0.02
Bodega	2	40	336.00	0.08
	3	100	1,341.00	0.30
Exteriores	1	400	1,373.57	0.40
	1	250	858.48	0.25
TOTALES	22		6,247.81	18.36

Propuesta: Se propone la sustitución de esta iluminación por LED. Los resultados se muestran en la siguiente figura.

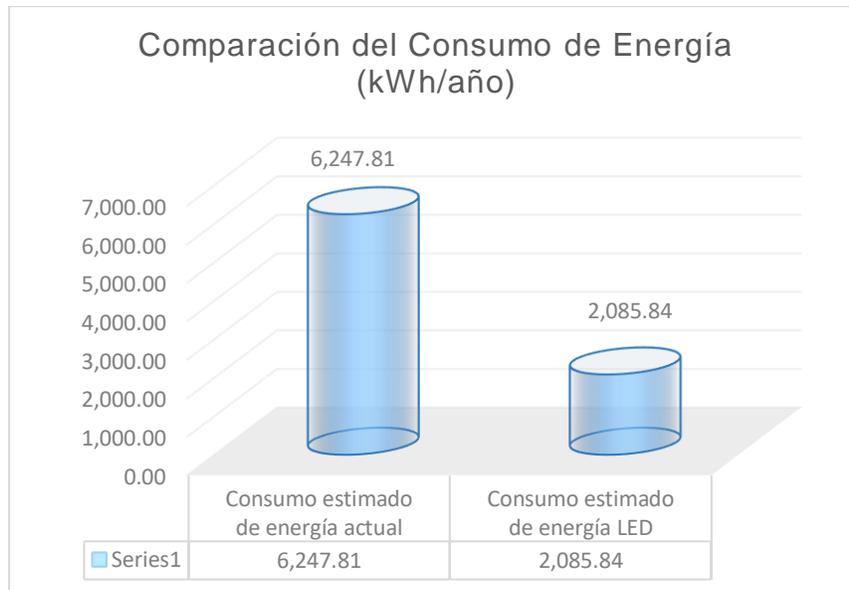


Ilustración 12. Comparación del consumo actual versus el consumo después de la implementación de la opción

Como se observa que el consumo de la energía se reduce el 76.6% del consumo actual. Es importante mencionar que hay ahorros por las pérdidas por balastos, ya que esta iluminación no necesita.

Beneficios económicos: Se reduce 4,786.75 kWh/año y 5.88 kW por demanda punta, equivalente a un ahorro económico de USD 1,471.47 al año, tomando en cuenta un costo de energía de USD 0.28 por kWh consumido y USD 22.31 por demanda por el tipo de tarifa.

Inversión: La inversión de esta tecnología es de **USD 1,161.10**. En la tabla se muestran los precios.

Tabla 9. Inversión en compra de iluminación LED

DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE ILUMINACIÓN ACTUAL	DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE ILUMINACIÓN LED	UNIDADES	Precio LED	INVERSIÓN TOTAL (USD)
Tubos fluorescentes 40W	Led de 18 W	12	23.30	279.60
Bombillos exteriores de 400	Led de 80 W	1	384.75	384.75
Bombillos exteriores de 250	Led de 80 W	1	384.75	384.75
Bombillos de 100 W	Led de 9W	3	14.00	42.00
Tubos fluorescentes 20W	Led de 9W	5	14.00	70.00
TOTALES		22		1,161.10

El análisis financiero se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 10. Inversión resumen

Periodo de recuperación	0.840
Tasa Interna de Retorno (TIR)	116.6%
Valor Presente Neto (VPN)	2,556.35
Costo de Oportunidad	25.0%

La inversión es rentable por que se recupera en aproximadamente 1 año.

Sistema de aire comprimido

El aire comprimido es un sistema vital para toda empresa productora, por lo que un sistema de aire comprimido, debe ser confiable y eficiente. En una empresa el aire comprimido es considerado un energético principal, es utilizado generalmente, como un medio de transmisión de energía para propósitos múltiples.

Situación actual: El compresor 440V consume el 8% del consumo total del generador que está instalado actualmente, el cual consume **1,958.20 kWh/año**. El compresor es marca INGERSOLL RAND de 15 HP 230/460V, 50CFM y 175 PSI.

Este compresor es de pistón el cual hace una aplicación de calidad y demanda de aire relativamente baja y hace del compresor la opción más económica e ineficiente.

Propuesta: Para el mejoramiento del sistema compresión se cuenta con dos alternativas.

Alternativa A: Sustitución del compresor actual de pistón por un compresor de tornillo.

Los compresores de tornillos tienen ciclos de trabajo permisibles de 100% y pueden operar continuamente si existe la necesidad. Estos compresores son más eficientes, ya que no necesitan ser sobredimensionados para compensar el ciclo de trabajo limitado, o sea que una unidad de menor potencia reduce la electricidad y reduce los costos operativos

Beneficios: Las ventajas de los compresores de tornillos normalmente entregan más aire por unidad de energía de entrada que los de pistones. Los compresores de pistón nuevos generalmente entregan de 3 a 4 CFM por HP y los compresores de tornillo entregan de 4 a 5 CFM por HP, un 33% más que el de pistón.

Alternativa B: Se propone colocar un variador de velocidad en el compresor actual. La variación de velocidad permite al compresor modular su funcionamiento adaptándose a las necesidades puntuales, proporcionando el caudal necesario en cada momento, variando la velocidad del motor, con lo que se reduce notablemente el consumo eléctrico de la instalación.

Con los variadores de velocidad se espera que haya una reducción del 30% del consumo energético.

Beneficios económicos: En la tabla se muestran los beneficios económicos.

Tabla 11. Beneficios económicos

Consumo actual de energía (kWh/año)	1,958.20
% ahorro con el variador	30%
Ahorro energético (kWh/año)	587.46
Ahorros económicos (USD)	164.49

Este ahorro sería si el compresor trabaja como lo está haciendo actualmente solo de día, si en algún momento el taller incrementa su producción y tiene que trabajar por las noches entonces podríamos asumir que también se reducirá el 30% de la demanda punta que equivale a 4.07 kW (48.95kW/año) y una reducción en costos de **USD 1,092.19**, asumiendo un costo de USD 22.31/kW.

Sistema eléctrico

Transformador eléctrico

Instalación de un nuevo banco de transformadores que alimente a los equipos 110, 220 y 440V, con este transformador se va a eliminar el generador que trabaja con diesel y se independizara los equipos conectados en 110 y 220V.

En la siguiente tabla se muestra la potencia de los equipos 440V

Tabla 12. Potencia de los equipos 440V

Equipo	Potencia de chapa (kW)
Extractor de Viruta	11.22
Compresor	11.19
Sierra Vertical	3.00
Canteadora T54	6.72
Fresadora T27	11.52
Regruesadora T45	14.40
Encuadradora T74	10.12
RONDAMAT T 960	1.30
WEINING 400 XL	
TOTAL POTENCIA INSTALADA 440	69.47
Cantidad de veces que se incrementa A en el arranque	5 veces
Potencia (kW)	347.35
Tamaño del transformador (KVA)	434.18

En la siguiente tabla se muestra la potencia de los equipos monofásicos

Tabla 13. Potencia de equipos 110 y 220V

Equipo	Potencia Instalada (kW)
A/C	1.70
Compresor	3.36
Sierra de Banco	2.37
Iluminación Exterior	0.85
iluminación interior	1.53
Otros equipos	59.80
Total	69.61

La suma de estas dos potencias nos da como resultados un transformador de:

434.18 KVA+69.61 KVA= 503.8 KVA.

Banco de transformadores recomendado: 500 KVA.

Inversión: El costo de 3 transformadores de 167 KVA es de USD 11,496.95.

Con respecto al sistema eléctrico es necesario realizar un plan de mantenimiento al sistema de eléctrico, con una inspección sistemática en todas las instalaciones para detectar oportunamente cualquier desgaste o roturas.

El mantenimiento integra un plan de acción integral donde se pueda asesorar en la compra de nuevos elementos, realizar historiales de mediciones, inventario de equipos, inventario de repuestos y suministros.

Existen varios mantenimientos como el rutinario, correctivo, programado, preventivo y predictivo. Se recomienda el mantenimiento preventivo y el predictivos; en éstos no es necesario cortar el servicio y sirven para mejorar la operatividad de los equipos.

Dentro de las actividades que se recomienda en un mantenimiento preventivo son las siguientes:

Mantenimiento a gabinete de subestación eléctrica. Consiste en la revisión física, limpieza, lubricación, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas. Esto se debe realiza utilizando el equipo de seguridad y herramientas adecuadas.

Mantenimiento a transformador. El servicio consiste en la inspección física del transformador, así como pruebas de resistencia de aislamiento, relación de transformación, resistencia óhmica, factor de potencia y resistencia a tierra. También realizar limpieza y ajustes mecánicos en el transformador. Se debe rotular según el área, carga conectada y crear hojas de registro de cada transformador con el tipo de mantenimiento realizado.

Mantenimiento a tablero de distribución. Con el fin de conservar en buen estado funcional los interruptores, contactos y, en general, todos los elementos que integran un tablero, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo, el cual consiste en la revisión física, limpieza general, reapriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas (resistencia de aislamiento y resistencia de contacto). Nombrar cada panel según su área, carga o especificaciones propias del panel y crear hojas de registro para cada panel.

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

Es importante que se realice un balanceo de carga para evitar las pérdidas de potencia y energía, recalentamiento de máquinas y sistema.

Conclusiones

- ❖ El esquema básico de la planificación de la gestión energética se fundamenta en el estudio de los usos y consumos de energía, la identificación de las fuentes de energía y de las variables que afectan al uso de la energía. Requiere una revisión energética en el que el análisis de los usos y consumos de energía nos identifique las áreas de uso y consumos significativos de energía y nos permita proponer oportunidades para la mejora de la eficiencia energética.
- ❖ Antes de iniciar un estudio de consumo y ahorro energético es imprescindible tener datos estadísticos precisos del consumo energético, datos de varios años que permitan detectar las debilidades y puntos fuertes en los edificios. Llevar un seguimiento con un mejor control nos proporcionará información para la toma de decisiones. Así mismo se deben disponer de indicadores de uso intensivo de la energía, tanto para la situación antes de iniciar la implementación de las medidas de ahorro y el indicador después de la implementación, para determinar el porcentaje de ahorro.
- ❖ Para determinar los beneficios económicos reales por la implementación de opciones de eficiencia energética se debe de contar con historial de facturas eléctricas, con el propósito de cuantificar el costo por consumo de energía y demanda punta.
- ❖ Con las mediciones las mediciones eléctricas se identificaron los mayores consumidores, los cuales son extractor de viruta, iluminación, compresor 440V y aire acondicionado. Las opciones de mejoran se concentraron en reducir el consumo de estos equipos mediante opciones de eficiencia energética.

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

- ❖ Del análisis del generador y transformador se identificó que el generador es 71% más pequeño de lo que se requiere, en cuanto al transformador se encuentra con la dimensión adecuada, debido a que no solo está conectado a él, por lo que se llega a la conclusión que se necesita un transformador de 500 KVA para alimentar equipos monofásicos y trifásicos.

Recomendaciones

- ❖ Mejorar los niveles de iluminación de los puestos de trabajo, lo que permitirá que los colaboradores ejecuten sus labores de forma eficiente y segura, el cual es de mucha importancia por la actividad que realizan
- ❖ Realizar un plan de mantenimientos de mantenimiento del transformador, generador, panales eléctricos y equipos consumidores de energía eléctrica.
- ❖ Los pasos para realizar el plan de mantenimiento son los siguientes:
 - b) Analizar los aspectos organizativos administrativos operativos para el establecimiento de un mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos.
 - c) Desarrollar el manual de mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos.
 - d) Establecer los procedimientos del mantenimiento preventivo de los equipos.
 - e) Redactar el instructivo del mantenimiento preventivo que debe ser desarrollado en los equipos eléctricos.
 - f) Establecer los formatos de registros de planificación, supervisión y control del mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos.
 - g) Desarrollar el plan anual de mantenimiento preventivo para los equipos eléctricos.
 - h) Realizar el cronograma que indica la frecuencia en que se va a realizar los trabajos de mantenimiento y se delegan las responsabilidades.
- ❖ Llevar registro consumo eléctrico (kWh/mes), demanda punta (kW) y los costos asociados a estos, para realizar una mejor toma de decisiones en la optimización del consumo energético del taller.

Inventario de equipos eléctricos

Equipos 110 y 220V

CODIGO	EQUIPO	A	V	POTENCIA ELECTRICA KW
07-2-1-1-12-7-55-001	REBAJADORA DE COLUMNAS	18	120	2.237
	FRESADORA	5.6	120	0.672
	CEPILLADORA	6	120	0.72
	TALADRO 1/2		120	
07-2-1-1-07-7-52-002	TALADRO 1/2 BATERIA	2	18	0.036
07-2-1-1-12-7-74-001	COMPRESOR 60 GLNS	30	120	
07-2-1-1-12-7-34-01	ESMERIL 8 PLG	4.6	120	0.56
	TALADRO DE BANCO 5/8	4.6	120	0.56
	COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
	TALARO Y SIERRA	18.6	120	2.24
	SIERRA DE CINTA 18''	20.75	120	2.491
	TORNO	7.5	120	0.9
	TROMPO REBAJADOR 1/2 ''	6.16	120	0.747
	SIERRA	15	120	1.8
	CANTEADORA CEPILLADORA	6	120	0.746
07-2-1-1-12-11-36-01	SIERRA INGLOTE	15	120	1.8
07-2-1-1-12-7-31-02	CEPILLADOR PORTATIL	15	120	1.8
07-2-1-1-12-7-33-01	SIERRA CALADORA	1.5	120	0.18
07-2-1-1-12-7-76-01	COMPRESOR 24 LTS	12.5	120	1.5
	SIERRA	5.5	120	0.66
	ESMERILADOR ANGULAR	18	120	2.2
07-2-1-1-12-7-54-2	ESMERILADOR ANGULAR	7	120	0.85
	CIRCULAR	15	120	1.8
07-1-1-1-07-7-47-1	SIERRA CALADORA	10	120	1.2
07-2-1-1-12-7-80-01	LIJADORA DE BANDA Y DISCO	4	120	0.49
	TALADRO 1/2	10	120	1.2
	TALADRO DE 1/2 BATERIA	0.6	120	0.08
07-2-1-1-12-7-54-02	ESMERILADORA CIRCULAR	3	120	0.36
07-2-1-1-12-07-53	ESMERILADORA ANGULAR	2.4	120	0.288
07-2-1-1-12-7-55-02	SIERRA CIRCULAR DE BATERIA	0.25	120	0.03
07-2-1-1-12-7-54-01	ESMERILADORA CIRCULAR	3	120	0.36
	TALADRO 3/8 BATERIA	0.25	120	0.03
07-2-1-1-12-7-55-001	ESMERILADORA ANGULAR	2.4	120	0.288
	TALADRO 3/8		120	
	TALADRO 1/2 BATERIA	0.6	120	0.08
	ESMERILADORA	15	120	1.8
	CIRCULAR	15	120	1.8
	REFRIGERADOR		120	15.83
	BATERIA	3	120	0.4
	ABANICO	0.5	120	0.065
	ABANICO	0.5	120	0.065
	COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
	IMPRESORA	0.5	100	0.05
07-1-1-1-07-10-3-68	BATERIA	3	120	0.4
	CPU		120	
07-1-10-1-10-1-05-003	MONITOR	0.7	100	0.07

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”

07-1-1-1-18-10-1-139	CPU		120	
07-1-1-1-12-10-1-139	MONITOR		120	
07-1-1-09-08-01-10-3-387	BATERIA	0.7	120	0.4
	COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
07-1-1-1-12-10-1-138	MONITOR		120	

Equipo	V total	A prom	P (kW)
A/C	237.7	7.15	1.70
Compresor	235.5	14.25	3.36
Sierra de Banco	233.5	10.15	2.37
Iluminación Exterior	233.5	3.65	0.85
Iluminación	118	13	1.53
sub panel	118	18	2.12

Equipos 440V

Equipo	Promedio A	Promedio V	Cos PHI	Potencia kW
Extractor de Viruta	24.4	440.0	0.89	16.6
Compresor	20.5	440.0	0.87	13.6
Sierra Vertical	2.6	440.0	0.88	1.7
Canteadora T54	4.1	440.0	0.87	2.7
Fresadora T27	6.2	440.0	0.87	4.1
Regruesadora T45	7.3	440.0	0.87	4.8
Encuadradora T74	5.9	440.0	0.84	3.8

Calculo de distribución de consumo de energía

Equipo	V total	A prom	P (kW)	Horas de uso	Consumo kWh/mes
A/C	237.7	7.15	1.70	120	203.95
Compresor	235.5	14.25	3.36	70	234.91
Sierra de Banco	233.5	10.15	2.37	40	94.80
Iluminación Exterior	233.5	3.65	0.85	240	204.55
Iluminación	118	13	1.53	240	368.16
Otros equipos	118	18	2.12	180	382.32
TOTAL					1,488.68

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potreros SA”

Equipo	Promedio A	Promedio V	Cos PHI	Potencia kW	Horas uso	Consumo kW/mes
Extractor de Viruta	24.4	440.0	0.89	16.6	39.4	651.8
Compresor	20.5	440.0	0.87	13.6	30.6	415.8
Sierra Vertical	2.6	440.0	0.88	1.7	14.0	24.1
Canteadora T54	4.1	440.0	0.87	2.7	26.3	71.3
Fresadora T27	6.2	440.0	0.87	4.1	26.3	107.2
Regruesadora T45	7.3	440.0	0.87	4.8	17.5	84.6
Encuadradora T74	5.9	440.0	0.84	3.8	14.0	52.5
TOTAL				47.2		1,407.19

Bibliografía

- ❖ Riera, J. “Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del Ecuador KUBIEC S.A, en la planta Esthela. Sangolqui, 2012.
- ❖ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. “Manual de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Instalados”. Xalapa, 2011.
<http://www.itsx.edu.mx/transparencia/l/reglamentos-alumnos/D-AA-10-Manual-mantenimiento-preventivo-equipos-laboratorio-industrial.pdf>
- ❖ Botero, C. “Manual de Mantenimiento”. Bogotá, 1991.
- ❖ http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#
- ❖ Padilla. Jean, Morales. Jorge. Managua, 2012. “Diseño, montaje y puesta en marcha de Laboratorio de Biomasa de la F.T.I”
- ❖ Budia Sánchez Ernesto (s.f). Análisis energético en el sector industrial, Universidad Carlos III, Madrid.
- ❖ Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la investigación científica, McGrawHill.
- ❖ N Bratu,E Campero. Instalaciones eléctricas, conceptos básicos, segunda edición.
- ❖ Instituto Nicaraguense de energía. código de Instalaciones Eléctricas en Nicaragua, 1996.
- ❖ Centro de producción más limpia. Guía de eficiencia energética.
- ❖ DT37. Saenz Miera, Eficiencia Energetica. 2009

“Estudio De Eficiencia Energética De La Empresa Agropecuaria Los Potrerillos SA”



Ilustración Analizador de Redes FLUKE



Ilustración Multímetro Digital TRUPER

Multímetro digital de gancho

- Sistema de auto apagado (APO)
- Prueba de diodo y continuidad
- Batería 9 V incluida
- True RMS



Incluye



Incluye estuche



ESPECIFICACIONES

FUNCIONES	RANGO
Tensión CC	600 mV - 1,000 V
Tensión CA	600 mV - 750 V
Corriente CA	60 A - 1,000 A
Resistencia	600 Ω - 60 M Ω
Temperatura (°C)	-40° C a 1,370° C

CÓDIGO

CLAVE

Ilustración Multímetro digital de gancho TRUPER