

Dirección de Área de Conocimiento Industria y Producción

Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en municipio de Masaya.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Eléctrico

Elaborado por:

Br. David Antonio
Flores Acevedo
Carnet: 2012-42220

Br. Emersong José
Nicaragua Hernández
Carnet: 2011-37725

Tutor:

MSc. Ing. Jhader Exequiel
Zuniga Guillen

26 de agosto de 2025
Managua Nicaragua

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Índice General

INTRODUCCIÓN.....	1
ÍNDICE DE TABLAS	2
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	3
ANTECEDENTES	4
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MARCO TEÓRICO	8
METODOLOGÍA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	9
TRABAJOS PREVIOS DE GABINETE.....	9
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN LA INSTALACIÓN.....	10
MÉTODOS DE MEDICIÓN.	11
ANALIZADORES DE REDES ELÉCTRICAS.....	11
LUXÓMETROS	12
CONDICIONES DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS	13
AMPERAJE POR CALIBRE ELÉCTRICO	14
IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	14
PROCEDIMIENTO GENERAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS INDUSTRIALES	15
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS.	15
DISEÑO METODOLÓGICO	17
TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
POBLACIÓN.....	17
MUESTRA.....	17
ENFOQUE DESCRIPTIVO.....	17
TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.....	18
FUENTES PRIMARIAS.....	18
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN LA INSTALACIÓN.....	18
MÉTODOS DE MEDICIÓN	19
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	20
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	21
DESCRIPCIÓN DE EMPRESA WOOD WORK	21

**“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el
municipio de Masaya”**

ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE CONSUMO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA WOOD WORK.....	21
ANÁLISIS TARIFARIO DE LA FACTURA DE CONSUMO ENERGÉTICO	21
INVENTARIO DE EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.....	22
EQUIPOS ELÉCTRICOS CONECTADOS EN 110 Y 220V	22
EQUIPOS CONECTADOS EN 440V	24
DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	25
CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS CONECTADOS AL GENERADOR, 440V	26
CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS CONECTADOS AL TRANSFORMADOR, 110 Y 220V.....	28
DISTRIBUCIÓN TOTAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR EQUIPOS.	30
ANÁLISIS DE MOTORES	31
SISTEMA DE ILUMINACIÓN	32
MEDICIONES DE NIVELES DE ILUMINACIÓN.	32
CONDICIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO	33
MEDICIONES TERMO GRÁFICO DE PANELES ELÉCTRICOS Y EQUIPOS	38
OPCIONES DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	40
SISTEMA DE ILUMINACIÓN	40
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	43
SISTEMA ELÉCTRICO	45
TRANSFORMADOR ELÉCTRICO.....	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
INVENTARIO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	50
EQUIPOS 110 Y 220V	50
EQUIPOS 440V	51
CALCULO DE DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	54

Introducción

Las frecuentes alzas en los costos de la energía han puesto en manifiesto el ahorro energético en muchas empresas, además se constituye como un instrumento que ofrece nuevas oportunidades de negocio y empleo.

Toda empresa exitosa requiere de un proceso productivo que se controle de forma sistemática a fin de medir su desempeño, y a su vez elevar el nivel de calidad de sus productos, Por ello en la presente investigación se presenta la situación actual de la Empresa Wood Work , esto se llevó a cabo por medio de un diseño que se adecuo al mantenimiento eléctrico de la misma, para analizar las posibles deficiencias presentes e incrementar la productividad aportando soluciones viables.

La Empresa Wood Work está dedicada a la fabricación de muebles para el hogar procedentes de la madera, está conformada por un grupo de ocho ebanistas propietarios de talleres artesanales, dicha empresa surgió como una alternativa para aprovechar y dar valor agregado al recurso maderable existente en Nicaragua,

El presente trabajo monográfico presenta la oportunidad para realizar una auditoria energética en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya finalizando con una propuesta de mejora que contribuya al mejoramiento de la calidad energética, en este sentido se formularan propuestas luego de haber evaluado y analizado la situación actual con el fin de contribuir con la optimización de la misma, además se propone establecer una planificación adecuada que conlleve a un mejor aprovechamiento energético, de manera que se pueda identificar posibles fallas de los equipos y tomar acciones correspondientes a fin que las puedan planificarse, programarse y completarse en tiempo suficiente para reducir el impacto en las operaciones y el costo total ante una falla.

Se realizó la caracterización de los equipos que intervienen en el proceso de preparación de la madera, ya que resulta fundamental el conocimiento de los parámetros de funcionamiento de los equipos.

Índice de tablas

TABLA1. EQUIPOS CONECTADOS AL GENERADOR ELÉCTRICO.....	24
TABLA 2. POTENCIA INSTALADA DE LOS EQUIPOS 440V	27
TABLA 3. COMPARACIÓN DEL GENERADOR ACTUAL CON EL CALCULADO.....	27
TABLA 4. ANÁLISIS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES	29
TABLA 5. ANÁLISIS DE FACTOR DE CARGA DE MÁQUINAS CONECTADAS EN 440V	31
TABLA 6. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO	32
TABLA 7. CONSUMO ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ILUMINACIÓN	40
TABLA 8. INVERSIÓN EN COMPRA DE ILUMINACIÓN LED	42
TABLA 9. INVERSIÓN EN COMPRA DE ILUMINACIÓN LED	42
TABLA 10. INVERSIÓN EN COMPRA DE ILUMINACIÓN LED	44
TABLA11. POTENCIA DE LOS EQUIPOS 440V	45
TABLA 12. POTENCIA DE EQUIPOS 110 Y 220V	45
TABLA 13. POTENCIA DE EQUIPOS 110 Y 220V	50
TABLA14. POTENCIA DE EQUIPOS 110 Y 220 V	51
TABLA 15. POTENCIA DE EQUIPOS 440V	51
TABLA 16. CALCULO DE DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA 110 Y 220 V	52
TABLA 17. CALCULO DE DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA TRIFÁSICA	52
TABLA 18. FORMATO DE REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE ILUMINACIÓN.....	54
TABLA 19. REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO	55

Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN1. CANTIDAD DE EQUIPOS CONECTADOS EN 110 Y 220V	22
ILUSTRACIÓN2. DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA EN KW	23
ILUSTRACIÓN 3. DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA DE LOS EQUIPOS 440V (KW)	24
ILUSTRACIÓN 4. DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	25
ILUSTRACIÓN 5. DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA DE EQUIPOS EN 440V	26
ILUSTRACIÓN 6. DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EQUIPOS 110 Y 220V	28
ILUSTRACIÓN 7. DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EQUIPOS 110 Y 220V	30
ILUSTRACIÓN 8. PANELES ELÉCTRICOS NO ADECUADOS.....	34
ILUSTRACIÓN.9. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MÁQUINAS EN MAL ESTADO	35
ILUSTRACIÓN.10. ANTES Y DESPUÉS DE LA ROTULACIÓN DE PANELES.....	36
ILUSTRACIÓN 11. ANÁLISIS TERMO GRÁFICO DEL PANEL ELÉCTRICO 110.....	38
ILUSTRACIÓN 12. MEDICIÓN DE LA CONEXIÓN DEL GENERADOR ELÉCTRICO	38
ILUSTRACIÓN 13. MEDICIONES TERMO GRÁFICO PARA EL COMPRESOR 440V	39
ILUSTRACIÓN 14. MEDICIONES TERMO GRÁFICAS DEL COMPRESOR	39
ILUSTRACIÓN 15. COMPARACIÓN DEL CONSUMO ACTUAL VERSUS EL CONSUMO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA OPCIÓN	41

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.

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

En el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) se realizó un Diseño, Montaje y puesta en marcha de un Laboratorio de Biomasa de la Facultad Tecnológica de la Industria (F.T.I) en mayo del 2012, ubicado detrás del edificio Julio Padilla en el cual se realizan estudios de análisis de aguas residuales a empresas y alcaldías.

Este proyecto tenía como objetivo, montar un laboratorio para que los estudiantes de las carreras de Ingeniería lo aprovecharan con fines investigativos, producción de biogás y uso de fuente de energía renovable utilizando diferentes tipos de biomasa; y cuenta con un horno de construcción metálica, electro soldado, a partir de chapas y perfiles de acero laminado en frio, con tratamiento anticorrosivo de gran robustez, avanzado diseño y protección para la obtención de energía calorífica. A este equipamiento se le realizan chequeos regulares para evitar averías y daños irreversibles.

En la actualidad el mantenimiento que se aplica en las maquinas es mayormente correctivo, lo que propicia la aparición de averías mecánicas, consecuentes desajustes operacionales y paros frecuentes.

Justificación

La Empresa Wood Work para el cumplimiento de sus actividades técnicas cuenta con maquinaria industrial que se abastece con 440 voltios, esta maquinaria es alimentada por una red comercial que suplente solamente el 60% de la maquinaria industrial, generando atrasos en el cumplimiento de los pedidos demandados, ya que no pueden utilizar toda la maquinaria de manera continua.

Por otra parte, ya que el sistema eléctrico de la empresa, se instaló según los requerimientos iniciales sin proyección de demanda futura; los cambios realizados están generando accidentes continuos, por la mala colocación de los paneles y el cableado que en su mayoría se encuentra visible y expuesto al abundante polvo proveniente del proceso de lijado de la madera, provocando fallas en todo el sistema instalado.

La Empresa Wood Work, ha sido constantemente visitado por inspectores del Ministerio del Trabajo (MITRAB), los cuales han hecho múltiples llamados de atención por no cumplir con las disposiciones mínimas en materia de higiene y seguridad en las instalaciones. Es por ello que urge realizar cambios tanto en el sistema eléctrico como en la infraestructura de acuerdo a la normas CIEN¹, ley 618² emitida por MITRAB.

¹ Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua

² Ley General De Higiene y Seguridad Del Trabajo

Objetivos

Objetivo general

- ✓ Proponer plan de mejoramiento energético a las instalaciones del sistema eléctrico y maquinaria de la empresa Wood Work.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar diagnóstico energético de la situación actual a las Instalaciones del sistema eléctrico y maquinaria de Empresa Wood Work.
- ✓ Realizar propuesta de mejoramiento energético, para el sistema eléctrico de la empresa, que cumpla con las Normas CIEN y reglamentos del MITRAB.

Marco Teórico

Eficiencia energética³, 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.

³ Edinn.2010.Análisis de Eficiencia Energética.

Metodología para realizar un diagnóstico energético⁴

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 y energía mejor aplicables para cada proceso o equipo. Y se definirán los métodos de cálculo de las eficiencias energéticas por procesos, sistemas y equipos.

⁴ 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. Evalué el riesgo.
2. Analice el riesgo.
3. Actué 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).

Además, registran en memoria (y/o impresora) estos parámetros en sistemas monofásicos y/o trifásicos. La programación puede realizarse para que las

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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.
- El analizador de redes es idóneo para análisis y la optimización del rendimiento de los sistemas de potencia.

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,

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.

Importancia del mantenimiento preventivo

Desde luego, el objetivo principal para poner en práctica el Mantenimiento Preventivo es bajar los costos pero esta economía puede asumir distintas formas:

- 1.- Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por descomposturas.
- 2.- Mejor conservación y duración de las cosas, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
- 3.- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa pre establecido en lugar de hacerlo inopinadamente para componer desarreglos.
- 4.- Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
- 5.- Menor costo por concepto de composturas. Cuando una parte falla por servicio suele echar a perder otras partes y con ello aumenta todavía más el costo de reparación. Una atención previa a que se presenten averías reducirá los costos.
- 6.- Menos ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
- 7.- Identificación del equipo que origina gastos de equipo exagerados pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el remplazo de máquinas anticuadas.
- 8.- Mejores condiciones de seguridad.

Procedimiento general del mantenimiento preventivo de máquinas industriales.

Estos pasos generales son los que constituyen la base de las rutinas para cada equipo; su aplicabilidad es determinada por las características específicas de cada equipo. Estos pasos son:

1. Inspección de condiciones ambientales
2. Limpieza integral externa
3. Inspección externa del equipo
4. Limpieza integral interna
5. Inspección interna
6. Lubricación y engrase
7. Reemplazo de partes intercambiables
8. Ajuste y calibración
9. Revisión de seguridad eléctrica
10. Pruebas funcionales completas.

Manual de procedimientos preventivos.

Es indispensable tener un manual de procedimientos donde de una manera clara se definan las normas para la ejecución de las diferentes actividades del sector de mantenimiento.

El manual debe contener las siguientes partes:

Numeración.

Nombre y contenido.

Objetivos.

Normas procedimentales.

Departamentos y personas responsables e involucradas.

Procedimientos que lo complementan.

Procedimientos a los cuales reemplaza.

Ejemplos de procedimientos de un departamento de mantenimiento, son:

Órdenes para reparaciones mayores, montaje y traslado de maquinaria; mejoramiento y modificaciones de máquinas y equipos.

Ejecución del mantenimiento preventivo.

Recepción de maquinaria.

Declarar maquinaria o equipo fuera de uso.

Compra de servicios de ingeniería.

Compra de repuestos y materiales.

Importación de repuestos y accesorios.

Diseño Metodológico

Tipo de investigación

Descriptivo, se realizará recopilación de información, se analizará y luego la información procesada se describirá paso a paso, de esta misma descripción se obtendrá el plan de mejora para cada una de las fallas encontradas.

Población

Instalaciones de La Empresa wood work

Muestra

Maquinaria procesadora de madera de la empresa wood work

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. Actué seguro.

Para la recolección de la información se usarán formatos que se encuentran detallados en anexos.

Se utilizará equipos 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.

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 la empresa Wood work. 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,
 - Fluke 435 Power Quality Analyzer
- Multímetros y potenciómetros.
 -
- Termómetros.
- Luxómetros para medir niveles de iluminación.

Análisis y presentación de resultados

Descripción de Empresa Wood work

La empresa wood work está dedicada a la fabricación de todo tipo de productos procedentes de la madera, está conformada por un grupo de ocho ebanistas propietarios de talleres artesanales, dicha empresa surgió como una alternativa para aprovechar y dar valor agregado al recurso maderable existente en Nicaragua,

Estado actual del sistema de consumo eléctrico de la Empresa wood work

Análisis tarifario de la factura de consumo energético

La Empresa Wood work consta con 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 Wood work, 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 Wood work es **T-2E general mayor con medición horaria estacional**, el cual es una tarifa aplicada para 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.

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

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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 wood work 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.

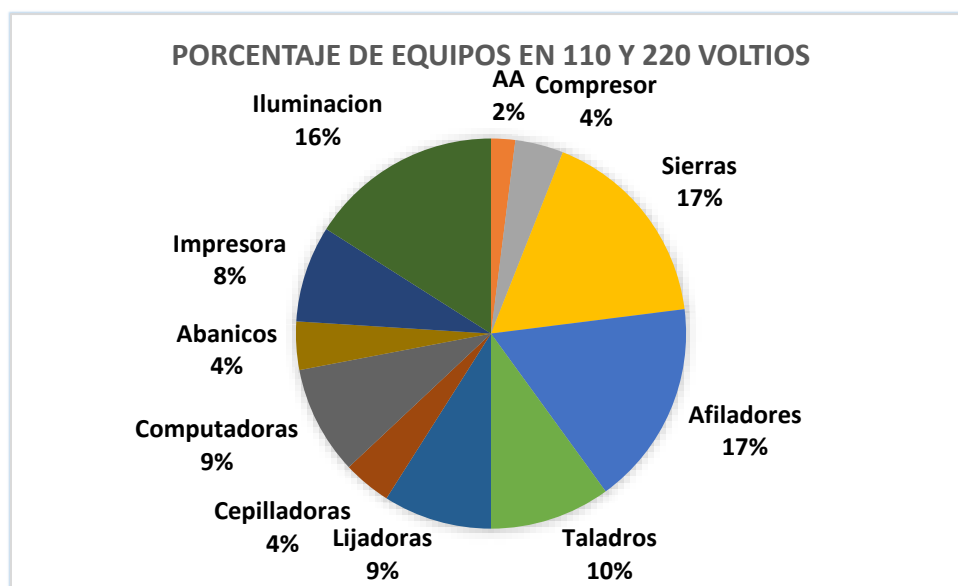


Ilustración1. Cantidad de equipos conectados en 110 y 220V

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.

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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

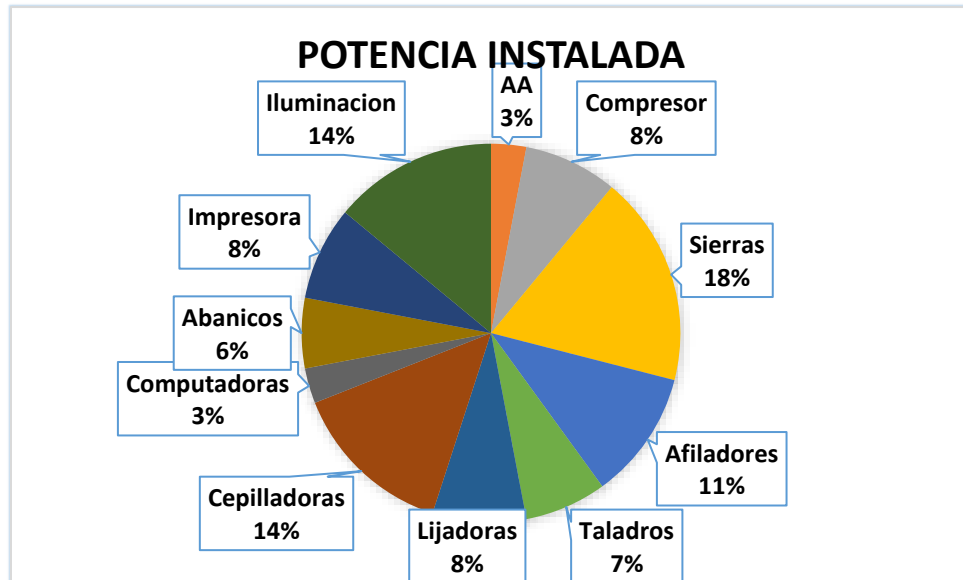


Ilustración2. Distribución de la potencia instalada en kW

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.

Tabla1. Equipos conectados al generador eléctrico

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

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.

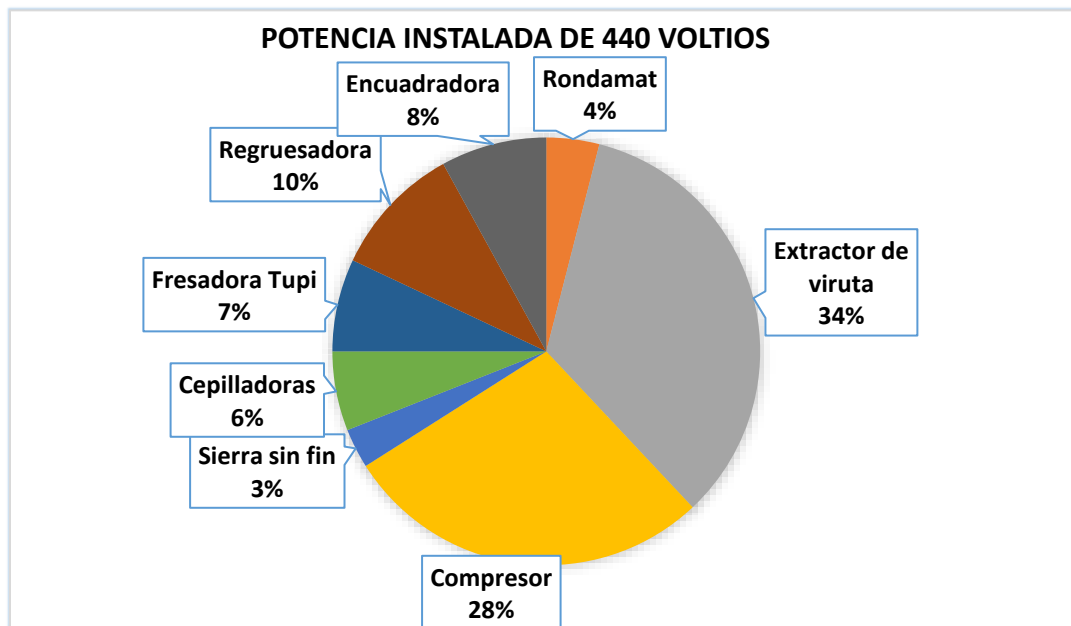


Ilustración 3. Distribución de la potencia instalada de los equipos 440V (kW)

De total de potencia instalada se reporta que el 34% la tiene el extractor de viruta, seguido del compresor con 28%, 10% Regruesadora, 8% encuadradora, 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 wood work, 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)**. 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.

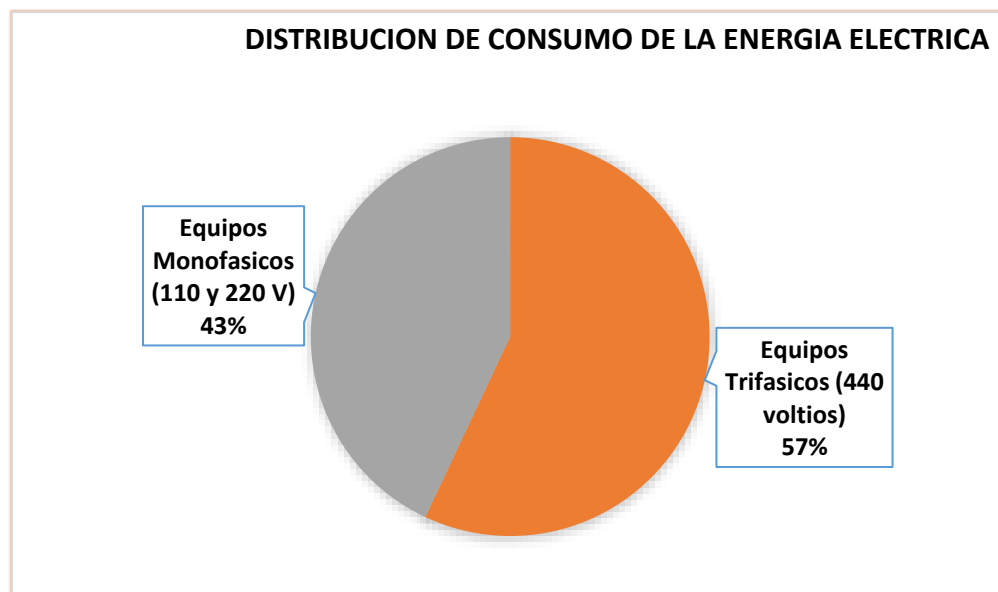


Ilustración 4. Distribución de consumo de energía eléctrica

Como se muestra en la figura el 57% de la energía consumida por La empresa wood work 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.

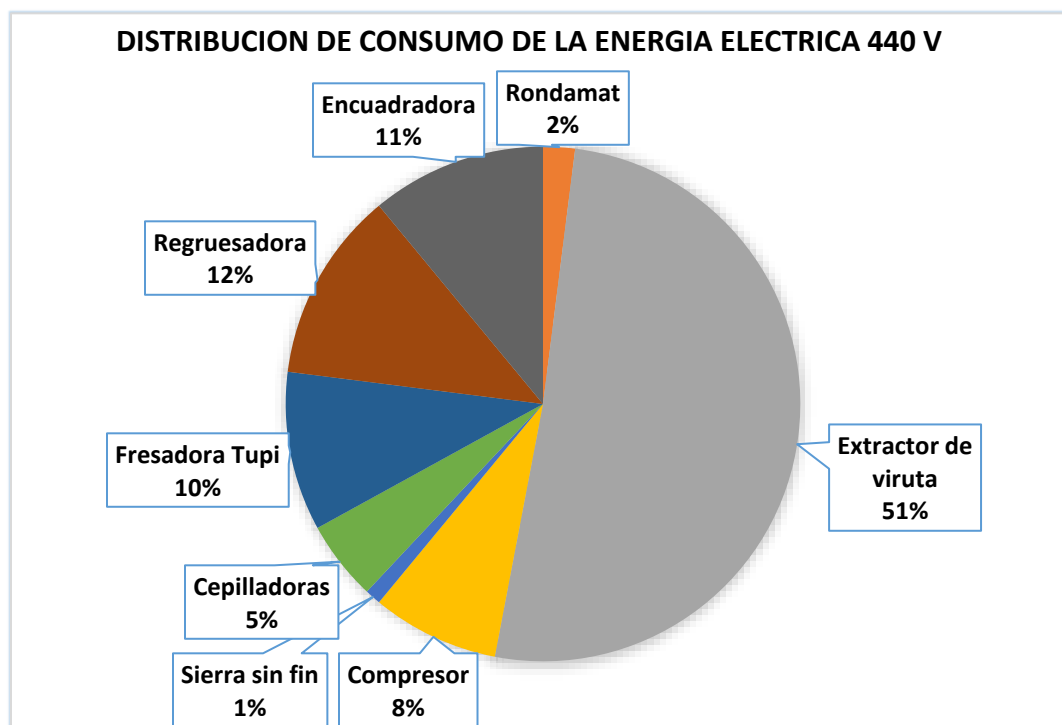


Ilustración 5. Distribución de consumo de energía de equipos en 440V

El mayor consumidor es el extractor de viruta con un 51%, 12% Regruesadora T45, 11% encuadardora 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.

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Tabla 2. 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 (En caso de utilizar sistemas de arranque suave se mantendría el valor actual de carga).**

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

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

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 3. 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%

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Como se observa el generador actual se encuentra 71.2% por debajo de lo que se requiere, esto en el caso de no utilizar equipos que favorezcan el arranque suave de estos, como lo son variadores de frecuencia.

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

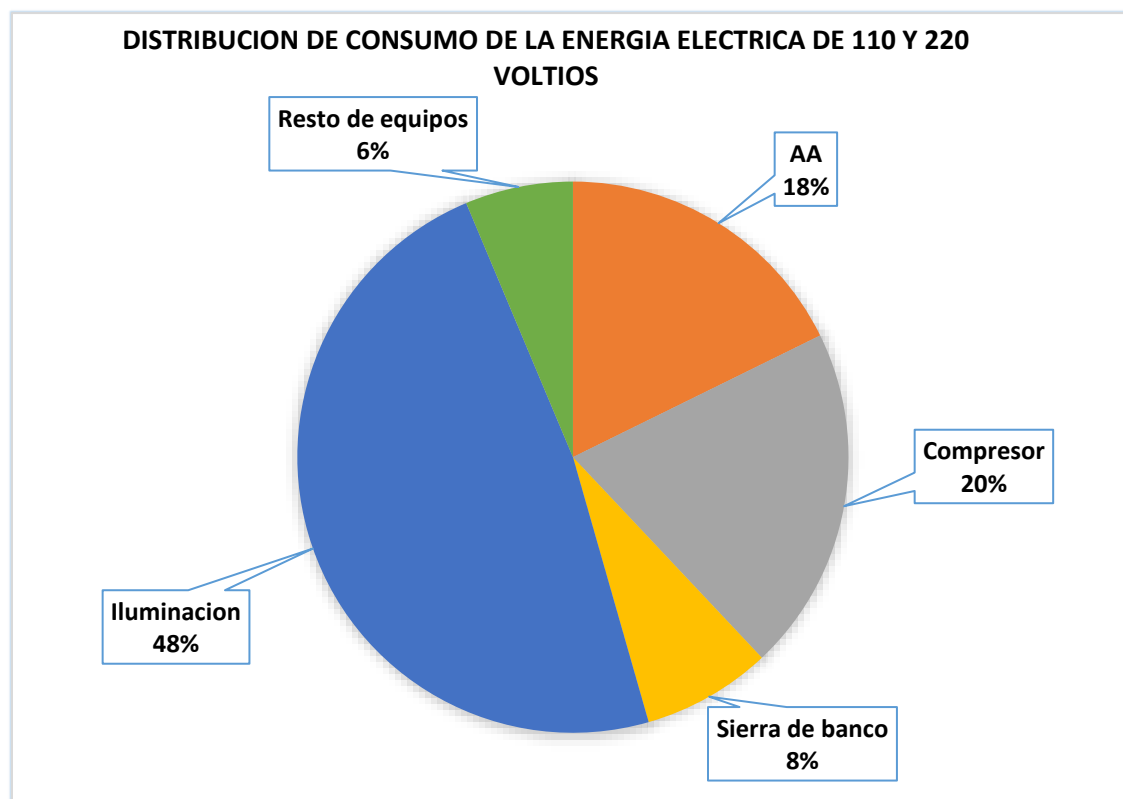


Ilustración 6. Distribución de consumo de energía eléctrica de equipos 110 y 220V

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

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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 wood work

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 4. 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.

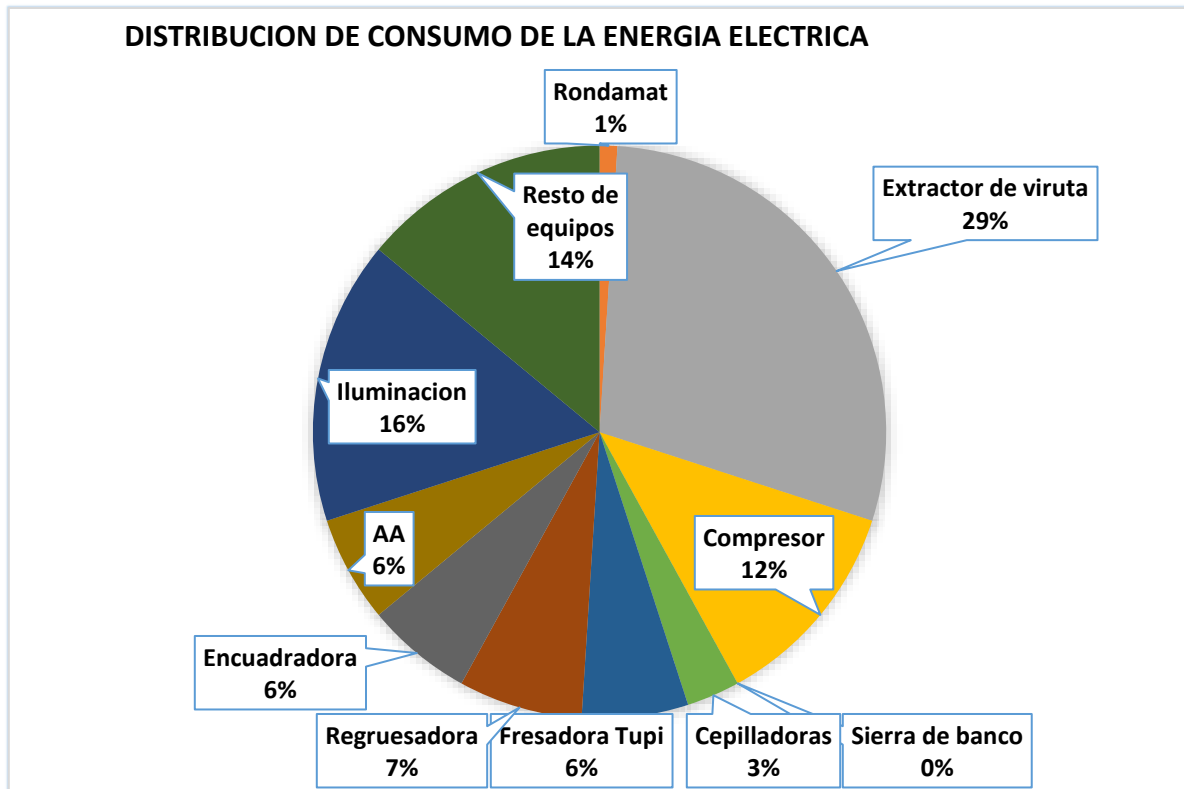


Ilustración 7. Distribución de consumo de energía eléctrica de equipos 110 y 220V

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

Tabla 5. 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 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.

Igualmente en recurrencia con lo descrito, hemos destinado un sistema de variadores de frecuencia para reducir el consumo causado por el par de arranque de los motores, con esto lograremos mantener el banco de transformadores que existe actualmente.

Los variadores destinados serían los siguientes:

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Tabla de VFD Recomendados para 440 V

Equipo	Potencia (kW)	VFD recomendado (kW)	Comentarios
Extractor de Viruta	11.22	15 kW / 20 HP	Carga pesada, alta inercia
Compresor	11.19	15 kW / 20 HP	Par constante
Sierra sin fin	3.00	4 kW / 5 HP	Carga media
Canteadora T54	6.72	7.5 kW / 10 HP	Uso continuo
Fresadora T27	11.52	15 kW / 20 HP	Demanda alta al arranque
Regruesadora T45	14.40	18.5 kW / 25 HP	Carga más exigente
Encuadradora T74	10.12	11–15 kW / 15–20 HP	Según aplicación
Rondamat960	1.30	1.5 kW / 2 HP	Carga ligera

Con la inclusión de estos variadores se lograría una reducción considerable en el consumo total de potencia de la instalación, logrando preservar el banco de transformadores actual.

Sistema de iluminación

La empresa wood work 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.

Mediciones de niveles de iluminación.

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

Tabla 6. Análisis de los niveles de iluminación de puestos de trabajo

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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.

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

La empresa wood work 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.

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



Ilustración 8. Paneles eléctricos no adecuados

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”



Ilustración.9. Instalaciones eléctricas de máquinas en mal estado

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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.



Ilustración.10. Antes y después de la rotulación de paneles

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

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

electrocución accidental del personal, estudiantes y público en general los cuales visitan a diario La empresa 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.

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 termo gráfico de paneles eléctricos y equipos

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

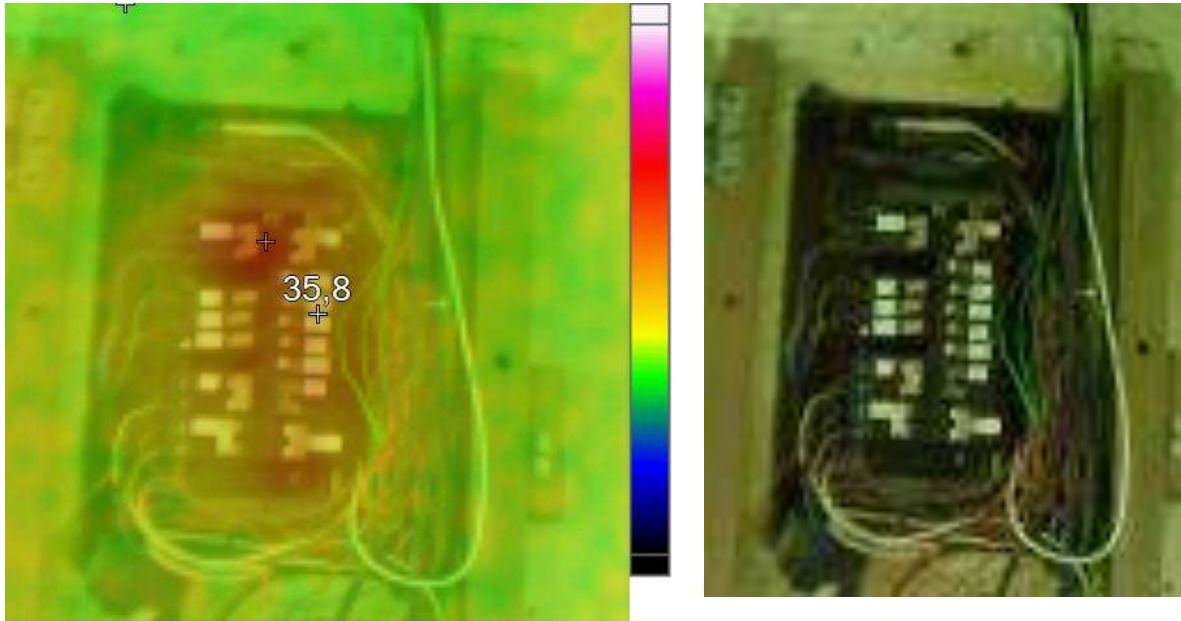


Ilustración 11. Análisis termo gráfico del panel eléctrico 110

Como se puede observar la temperatura del área más caliente es de 35.8 °C, por lo que se puede decir que no está recalentado.

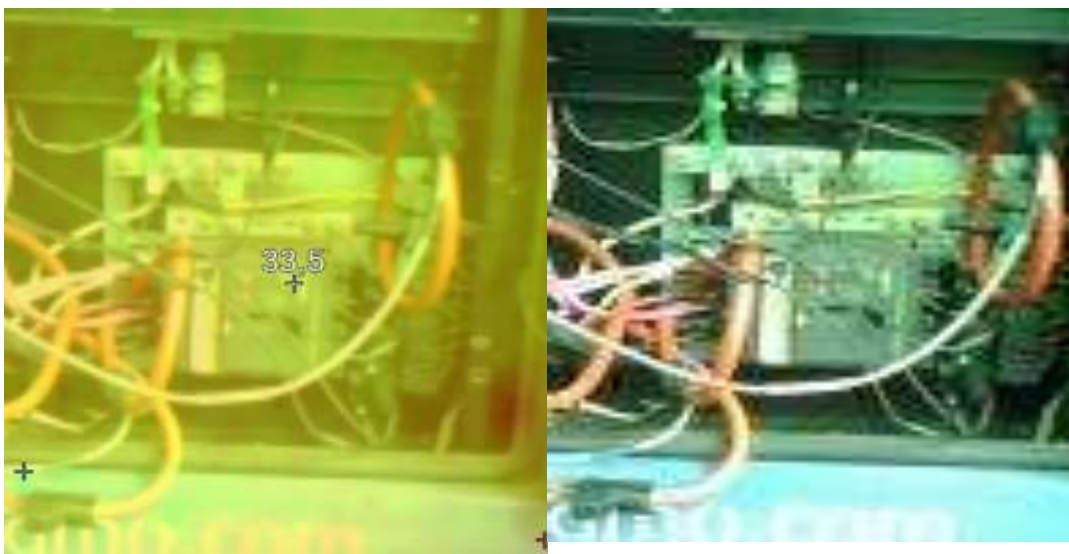


Ilustración 12. Medición de la conexión del generador eléctrico

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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.

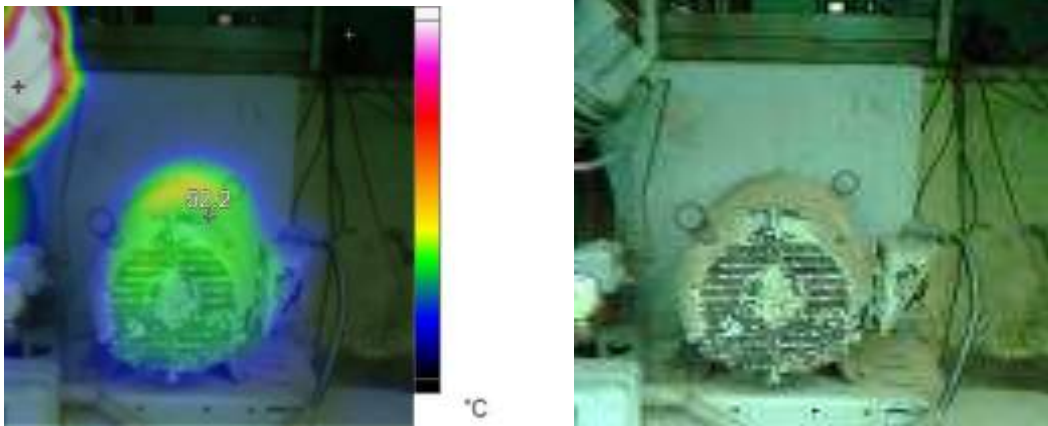


Ilustración 13. Mediciones termo gráfico para el compresor 440V

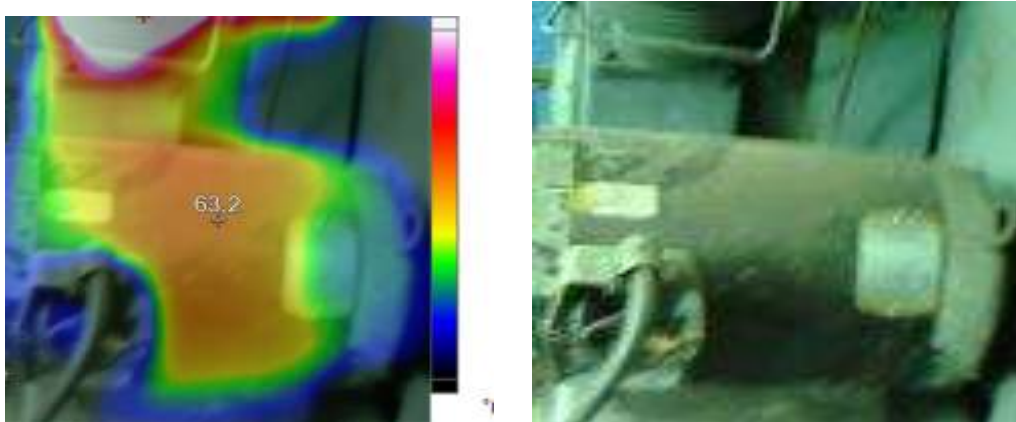


Ilustración 14. Mediciones termo gráficas del compresor

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 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 7. 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 ilustración 15.

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

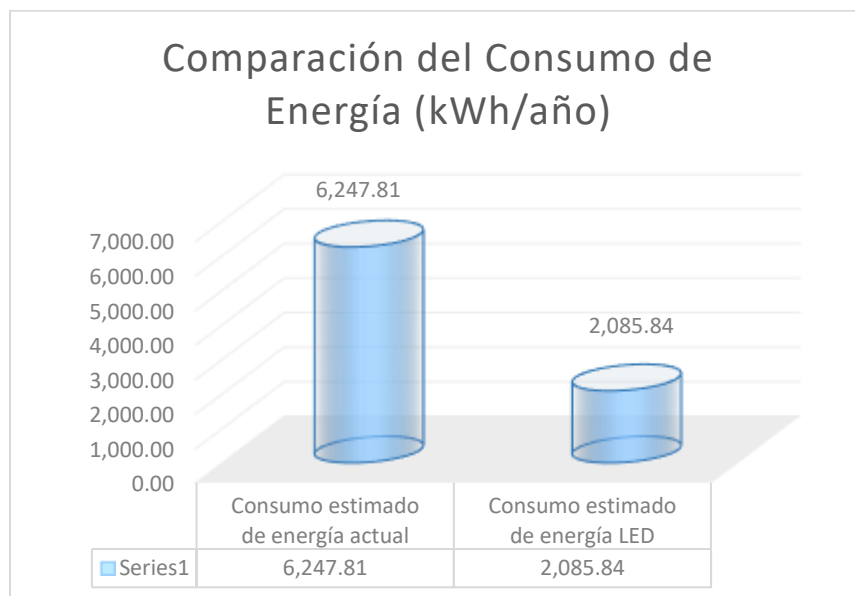


Ilustración 15. Comparación del consumo actual versus el consumo después de la implementación de la opción

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.

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Tabla 8. 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 9. Inversión en compra de iluminación LED

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.

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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 10. Inversión en compra de iluminación LED

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.

Con la instalación de variadores de frecuencia para los equipos se podrá preservar el banco de transformadores que alimente a los equipos 110, 220 y 440V, con este nuevo calculo del transformador se va a eliminar el generador que trabaja con diésel y se independizara los equipos conectados en 110 y 220V.

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

Tabla11. 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 kW
Tamaño del transformador (KVA)	86.83 kVA

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

Tabla 12. 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 kW
Total kVA	87.0125 kVA

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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

$$1.2 * (86.83\text{kVA} + 69.61 \text{ KVA}) = 187.728 \text{ KVA.}$$

También se considera un 20% de rango de carga como previsión de crecimiento a futuro.

Banco de transformadores recomendado: 225 KVA.

Inversión: Preservación de los 3 transformadores de 75 KVA. Se deberá incluir el costo por mantenimiento y pruebas de gases, aceite, relación de transformación y aislamiento, con un total de U\$5500.

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.

“Auditoria energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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.

Es importante que se realice un balance 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.
- ❖ 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.
- ❖ Del análisis del generador y transformador se identificó que el generador es 71% más pequeño de lo que se requiere, siempre que se utilicen los motores sin sistemas de arranque suave, en cuanto al transformador se encuentra con la dimensión adecuada, debido a que no solo el PIMA está conectado a él, por lo que se llega a la conclusión que en se puede preservar el transformador de 225 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 complejidad de 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.
- ❖ Incluir un sistema de arranque suave según los valores recomendados en esta tesis para una preservación del banco de transformadores actuales.

Inventario de equipos eléctricos.

Equipos 110 y 220V

Tabla 13. Potencia de equipos 110 y 220V

EQUIPO	A	V	POTENCIA ELECTRICA KW
REBAJADORA DE COLUMNAS	18	120	2.237
FRESADORA	5.6	120	0.672
CEPILLADORA	6	120	0.72
TALADRO 1/2		120	
TALADRO 1/2 BATERIA	2	18	0.036
COMPRESOR 60 GLNS	30	120	
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
SIERRA INGLOTE	15	120	1.8
CEPILLADOR PORTATIL	15	120	1.8
SIERRA CALADORA	1.5	120	0.18
COMPRESOR 24 LTS	12.5	120	1.5
SIERRA	5.5	120	0.66
ESMERILADOR ANGULAR	18	120	2.2
ESMERILADOR ANGULAR	7	120	0.85
CIRCULAR	15	120	1.8
SIERRA CALADORA	10	120	1.2
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
ESMERILADORA CIRCULAR	3	120	0.36
ESMERILADORA ANGULAR	2.4	120	0.288
SIERRA CIRCULAR DE BATERIA	0.25	120	0.03
ESMERILADORA CIRCULAR	3	120	0.36
TALADRO 3/8 BATERIA	0.25	120	0.03
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
CIRCULAR	15	120	1.8
REFRIGERADOR		120	15.83
BATERIA	3	120	0.4

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

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
BATERIA	3	120	0.4
CPU		120	
MONITOR	0.7	100	0.07
CPU		120	
MONITOR		120	
BATERIA	0.7	120	0.4
COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
MONITOR		120	

Tabla14. Potencia de equipos 110 Y 220 V

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

Tabla 15. Potencia de 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

Tabla 16. Calculo de distribución de consumo de energía 110 y 220 V

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

Tabla 17. Calculo de distribución de consumo de energía trifásica

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

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Anexos

Tabla 18. Formato de registro de levantamiento de iluminación

EMPRESA: _____	HOJA: _____
ELABORÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____
REVISÓ: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____

[illegible]

Se refiere a las características de los gabinetes que alojan a las lámparas, pueden ser: de pared, empotrados, de sobreponer y de techo, arbotantes, de suspender, reflectores, postes, etc., por mencionar algunos.

“Auditoría energética y propuesta de mejora en la empresa Wood Work ubicada en el municipio de Masaya”

Tabla 19. Registro de levantamiento de aire acondicionado

EMPRESA: _____	HOJA: _____
ELABORO: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____
REVISO: _____	FECHA: _____ FIRMA: _____

[illegible]

CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO: (ORIENTACIÓN DE LAS FACHADAS DEL EDIFICIO, MATERIALES DE TECHO Y PAREDES, UTILIZACIÓN, VOLUMEN, ETC.)