



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO
A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE
FABRICACIÓN DE MUEBLES**

Ing. Jorge Alberto Monnéy Alvarez

Asesorado por el Msc. Jorge Eduardo Menchú Castillo

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO
A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE
FABRICACIÓN DE MUEBLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. JORGE ALBERTO MONNÉY ALVAREZ

ASESORADO POR EL MSC. JORGE EDUARDO MENCHÚ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. José Milton de León Rodríguez
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

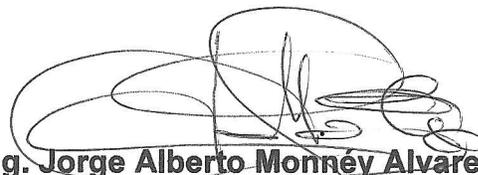
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola
EXAMINADOR	Ing. Pedro Miguel Agreda Girón
EXAMINADOR	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE MUEBLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudio de Postgrado, con fecha 14 de mayo de 2016.



Ing. Jorge Alberto Monney Álvarez

monneyjorge@gmail.com



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
EP
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-006

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Gestión Industrial titulado: **"ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE MUEBLES"** presentado por el Ingeniero Industrial Jorge Alberto Monnéy Alvarez, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"



J. Polanco
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, abril de 2017.

Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
EP
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-006

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado **"ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE MUEBLES"** presentado por el Ingeniero Industrial Jorge Alberto Monnéy Alvarez, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos

Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, abril de 2017.

Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ES
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2017-006

Como Coordinadora de la Maestría en Artes en Gestión Industrial del Trabajo de Graduación titulado **"ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE MUEBLES"** presentado por el Ingeniero Industrial Jorge Alberto Monnéy Alvarez, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, abril de 2017.

Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS.....	XV
OBJETIVOS.....	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO TEÓRICO	
1.1. Producción de muebles.....	1
1.2. Producción y consumo de energía.....	1
1.2.1. Fuentes de energía renovable.....	2
1.2.2. Fuentes de energía no renovable.....	3
1.3. Consumo energético.....	4
1.4. Iluminación en planta de producción.....	5
1.5. Ahorro de energía utilizando lámparas de iluminación LED.....	6
1.6. Ofimática.....	7
1.7. Análisis termográfico.....	8
1.8. Registrador de consumo de energía.....	10
1.9. Descripción de un sistema fotovoltaico conectado a la red.....	12
1.10. Inversores.....	15

1.11. Descripción de los componentes de los sistemas fotovoltaicos.....	16
1.11.1 Módulos fotovoltaicos.....	16
1.11.2. Células de silicio policristalino.....	17
1.11.3. Curvas características de una célula fotovoltaica.....	17
1.12. Puesta a tierra para sistemas fotovoltaicos.....	18
1.13. Medidor Bidireccional.....	19
1.14. Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios auto productores con excedente de energía.....	20
1.15. Diseño de puesta a tierra según el NEC_2008 NFPA-70/ 250.....	21
1.16. Evaluación de proyecto de inversión a corto y mediano plazo.....	21
1.16.1. Valor actual neto (VAN).....	22
1.16.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	22
1.17. Consumo de energía.....	23
1.17.1. Factores de emisión.....	23
1.17.2. Combustibles fósiles.....	24
1.17.3. Cálculo de emisores evitados de CO ₂	24
2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. ANÁLISIS DE DEMANDA, MEDICIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA Y ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	
2.1. Equipo de trabajo y equipo utilizado.....	27
2.2. Análisis de la demanda de la planta de producción de madera.....	28
2.3. Optimización del consumo de la energía en consumo producción.....	29
2.3.1. Resumen matriz de energía eléctrica.....	30
2.4. Medición de energía consumida sobre periodos determinados en planta de producción.....	32

2.4.1. Curva de potencia acometida principal.....	33
2.4.2 Curva de consumo de energía contador número 1.....	33
2.4.3 Consumo de energía aparente en acometida principal.....	34
2.4.4. Tabla de medición de contadores de consumo de contador No. 1 y contador No. 2.....	36
2.5. Análisis termográfico.....	39
2.5.1. Equipo de trabajo y equipo utilizado.....	43
3. PROPUESTA DETALLADA DE ACCIONES DE MEJORAS PARA AHORRAR LOS COSTOS DE ENERGÍA.	
3.1. Propuesta de ahorro por iluminación LED.....	45
3.1.1. Comportamiento de energía consumida mensual de Iluminación Kwh/mes.....	46
3.1.2. Comparación de costo de energía en (Q) por iluminación con iluminación LED.....	47
3.2. Propuesta para disminución de demanda de energía por ahorradores de energía para motores.....	49
3.2.1. Comportamiento de energía consumida diario con ahorrador de energía (Watts/diario).....	50
3.2.2. Comparación de costo de energía en (Q) con ahorrador de energía.....	50
3.3. Inventario de mobiliario y equipo en planta de producción.....	51
3.3.1. potencia del equipo.....	51
3.3.2. Antigüedad del equipo.....	52
3.3.3. Horas de operación diaria.....	52
3.3.4. Energía consumida en W.....	52
3.4. Diseño de red de tierra física para la planta de producción.....	55

3.5. Identificación de posibles oportunidades de implementación de sistemas alternativos de generación de energía.....	55
4. PLAN DE INVERSIÓN DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO	
4.1. Inversiones a corto plazo.....	61
4.1.1. Acometidas y tierras físicas.....	61
4.1.2. Sistema de tierras para la planta de producción.....	63
4.2. Inversiones a mediano plazo.....	64
4.2.1. Iluminación LED.....	64
4.2.1.1. Calculo del VAN y TIR de inversión iluminación LED.....	65
4.3. Ahorrador de Energía para Motores.....	66
4.3.1. Cálculo del VAN y TIR de inversión ahorrador de energía para motores.....	67
4.4. Inversión a largo plazo.....	68
4.4.1. Sistema solar fotovoltaico para autogeneración sincronizada con la red convencional.....	68
4.4.2. Características del sistema fotovoltaico a utilizar.....	69
4.4.2.1. Cálculo del VAN y TIR de inversión sistema solar fotovoltaico.....	70
4.5. Cuantificación de la reducción de emisiones atmosféricas de CO ₂ a través de la implementación de eficiencia energética.....	71
4.6. Indicadores de desempeño energético.....	72
4.6.1. Consumo energético/cantidad de producto fabricado.....	72
4.6.1.1. Variantes del numerador: consumo energético.....	73

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Termómetro visual VTR02 marca Fluke.....	10
2.	Registrador de energía MARCA AEMC Modelo PEL 103.....	11
3.	Sistema fotovoltaico para conexión a la red.....	14
4.	Inversor.....	15
5.	Componentes de un sistema fotovoltaico.....	18
6.	Medidor bidireccional.....	20
7.	Registrador de energía colocado en acometida principal No. 1.....	26
8.	Análisis de demanda en Kw.....	28
9.	Matriz energía mensual Kwh.....	31
10.	Consumo total en Kwh.....	32
11.	Curva de potencia acometida principal.....	33
12.	Diagrama de consumo de energía contador número 1.....	34
13.	Curva de consumo de energía contador número 1.....	36
14.	Curva de consumo de energía contador número 2.....	37
15.	Curva de consumo de energía total de contadores.....	37
16.	Termografía contador No.1.....	38
17.	Flipón principal de cortadora.....	40
18.	breaker de la máquina de corte.....	40
19.	Flipón principal de cortadora.....	41
20.	Termografía contador No.2.....	41
21.	Breaker principal contador No. 2.....	42
22.	Cableado contador No. 1.....	42
23.	Cableado contador No. 2.....	43

24.	Termómetro visual VTR02 marca Fluke.....	43
25.	Comportamiento de energía consumida mensual de Iluminación Kwh/mes.....	47
26.	Comparación de costo de energía en (Q) por iluminación con iluminación LED.....	48
27.	Comparación de consumo de taller con ahorrador de energía.....	49
28.	Comparación de costos en Q con ahorrador de energía.....	51
29.	Panel fotovoltaico.....	54
30.	Cotización de material para reparación de acometida principal.....	59
31.	Acometida principal.....	62
32.	Análisis de VAN y TIR en inversión de iluminación LED.....	63
33.	Motor ahorrador de energía.....	67
34.	Cálculo del VAN y TIR para ahorrador de energía para motores.....	68
35.	Descripción del sistema de generación de energía.....	69
36.	Cálculo de VAN y TIR para paneles solares conectados a la red.....	70

TABLAS

I.	Fuentes de energía renovable.....	2
II.	Fuentes de energía no renovable.....	3
III.	Instalaciones fotovoltaicas.....	13
IV.	Resumen de matriz energética eléctrica.....	30
V.	Contador No. 1.....	35
VI.	Contador No. 2.....	35
VII.	Tabla de medición de contadores de consumo de contador No 1 y contador No. 2.....	38
VIII.	Propuesta de ahorro por iluminación LED.....	46
IX.	Propuesta para disminución de demanda de energía por ahorradores de energía para motores.....	49
X.	Inventario maquinaria de empresa, parte I.....	53
XI.	Inventario maquinaria de empresa, parte II.....	54
XII.	Característica de equipo fotovoltaico.....	57
XIII.	Valor mínimo de potencia entregada.....	58
XIV.	Inventario de iluminación en planta de producción.....	64
XV.	Resumen de ahorro de toneladas de CO ₂	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AC	Corriente alterna
CO₂	Dióxido de Carbono
DC	Corriente directa
FNC	Flujo neto de caja
Kwh	kilowatt hora
Kw	Kilowatt
Kg	Kilogramo
KVARH	Kilo voltaje amperio reactivo por hora
KVAH	Kilo voltaje amperio por hora
Q	Quetzales
VARH	Voltaje amperio reactivo por hora
VAH	Voltaje amperio por hora
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
W/m²	Watts por metro cuadrado
W	Watts
\$	Signo de dólar americano

GLOSARIO

Energía renovable	Energía que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza, como la biomasa, las radiaciones solares o el viento.
Energía no renovable	Son todas las fuentes de energía, que para volver a generarse, tienen que transcurrir muchísimos años para que vuelvan a generarse.
Inversores	Maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico.
Módulos fotovoltaicos	Vienen preparados para interconectarse entre ellos con conectores multicontact, ya que la salida de energía del panel se realiza a través de dos conductores libres de halógenos de 4 mm ² .
Células de silicio	Células capaces de transformar en electricidad la radiación infrarroja.
Medidor bidireccional	Permite al usuario interconectar la energía convencional con aquellas que genere a través de paneles solares u otros mecanismos.

Potencia nominal

Potencia máxima que demanda una máquina o aparato en condiciones de uso normales.

Inversores

Dispositivo electrónico cuya función es convertir una corriente continua de entrada a una corriente alterna de salida.

RESUMEN

Los impactos ambientales que genera la producción de energía, tiene un alto impacto social y alto costo económico, la energía tratándose de un recurso escaso en la naturaleza, agotable y que se debe compartir, es de gran importancia encontrar alternativas eficientes para auto producirla con alternativas naturales.

Luego de evaluar el aumento de consumo de energía eléctrica en la planta de fabricación de muebles, se realizó una evaluación de la situación actual de la empresa y análisis del uso eficiente o ineficiente de este recurso, se decidió asumir un cambio de modelo de desarrollo para tratar de disminuir el consumo energético, dos vías de solución parecen especialmente prometedoras para hacer frente a esta importante problemática en relación a la energía. Por una parte, se debe aprovechar más eficientemente la energía, y por otra, acudir a fuentes de energía renovables.

Los beneficios que se obtendrán es una reducción significativa en el consumo de energía eléctrica, así como evitar el aumento de emisión de CO₂ al medio ambiente, así contribuir a la conservación del mismo.

La metodología que se utilizó fue un estudio de tipo descriptivo, debido a que se tiene solo una oportunidad para recolectar los datos y son de un período determinado, por lo que el diseño de la investigación es no experimental.

Se realizó un análisis de la demanda y todas las mediciones del consumo de energía eléctrica, que incluye mediciones de consumo en la acometida uno y

acometida dos, luego se ejecuta una comparación de lo facturado y lo real consumido, evaluando así, posibles fugas de energía eléctrica, seguidamente se utiliza el termómetro visual para realizar un análisis termográfico se pretende indicar que los defectos de aislamiento, los saltos térmicos y las filtraciones de aire en los componentes estructurales de un edificio pueden ser localizados e investigados.

Se detalla una propuesta de todas las acciones que se pueden tomar, para mejorar y llevar a cabo un ahorro en costos en el consumo de la energía eléctrica.

Se comprobó la eficiencia energética de la planta de producción de muebles, identificando el potencial óptimo para la posible colocación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red distribuida bajo la figura de energía renovable o para autoconsumo.

Se dan todas las recomendaciones de inversiones a corto, mediano y largo plazo para disminuir el consumo energético. Por lo tanto, se muestran los mejores posibilidades para inversión con una tasa de retorno desde 5 % al 20 %, utilizando métodos de análisis VAN y TIR, los cuales permiten saber en cuanto tiempo se recupera la inversión y si la inversión es rentable.

La importancia del estudio realizado, es sobresaliente, debido a que se enfoca en administrar el uso de la energía de una forma adecuada y lograr de esta manera, aumentar la rentabilidad de la planta de producción y aportar una reducción significativa en la emisión de gases de efecto invernadero.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

El consumo de energía eléctrica ha venido incrementando desde enero del 2015 al mes de septiembre del 2015 y ha pasado de Q4,121.00 (equivalentes USD\$ 533.19), Kwh 2000 (Activa Kwh BT) a Q5,106.00 (equivalentes USD\$ 660.50), Kwh 2,586 (Activa Kwh BT), consumido solamente en Planta de producción, por lo que es evidente que no existe una utilización eficiente de la energía consumida.

El creciente costo económico y ambiental de los combustibles fósiles, junto a la reducción de sus abastos, ha provocado el desarrollo de las fuentes renovables como alternativas energéticas viables. En el caso de la energía solar y en específico de los sistemas fotovoltaicos, el usuario se convierte en auto productor de energía, la cual es renovable y no genera gases de efecto invernadero.

Pregunta central:

¿Cómo analizar la eficiencia energética y evaluar si tiene el potencial óptimo para una posible colocación de sistemas solares fotovoltaicos?

Preguntas de investigación

- ¿Cómo identificar la situación termográfica, la demanda y el consumo energético?

- ¿Cómo calcular la cantidad de ahorro de consumo energético en Kwh de la planta de producción?
- ¿Cuáles serán las mejores oportunidades de inversión con la tasa de retorno más alta?

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis de eficiencia energética de la planta de producción e identificar si tiene el potencial óptimo para la posible colocación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red distribuida bajo la figura de energía renovable o para autoconsumo.

Específicos

Identificar la situación termográfica actual de la planta de producción, la demanda y las mediciones de consumo energético.

Determinar la cantidad de ahorro de energía eléctrica en Kwh y quetzales, mediante el análisis de una matriz energética de consumo mensual, según recibos en un período determinado.

Mostrar las mejores posibilidades para inversión con tasas de retorno utilizando método de análisis VAN y TIR.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

Para el cumplimiento a cabalidad de todos los objetivos planteados en esta investigación, es necesario describir ciertas técnicas, métodos y procesos, los cuales se especifican a continuación.

La investigación se realizó por medio de una investigación tipo descriptivo, debido a que se tiene solo una oportunidad para recolectar los datos y son de un período determinado de tiempo.

Se realizó un diseño de investigación no experimental, se utilizó una técnica de recolección de datos de observación y de recolectar registros, las observaciones deben enfocarse en verificar cómo se maneja todo el sistema de energía eléctrica en la empresa, así como la cantidad de lámparas que se utilizan, cantidad de aires acondicionados, tipos de acometidas utilizadas dentro de las instalaciones, así mismo, verificar que no existan fugas de aire en las áreas donde se utilizan aires acondicionados, fugas de aire en las tuberías donde se maneja aire comprimido transferido por los compresores y verificar que las acometidas se encuentren en buen estado, tanto su cableado como el equipo como tal.

Se recolectaron registros de recibos de energía eléctrica y se comparó el comportamiento entre los meses, se realizaron lecturas con un registrador de energía, para cada una de las dos acometidas, de la principal y de la secundaria y de esta forma tener un dato exacto de cuántos Kwh se han consumido y verificó el consumo que refleja las facturas de energía eléctrica y validó que tuvieran coherencia con las lecturas de Kwh que se estén consumiendo.

La investigación permitió encontrar focos de generación de ahorro de energía y evitar cualquier corto circuito, por exceso de calentamiento en los cables o acometidas, detectándolo por medio de un análisis termográfico y así mismo, permitirá encontrar oportunidad de generar nuestra propia energía de consumo de forma renovable por medio de paneles fotovoltaicos y de la misma manera, evitar el exceso de emisión de CO₂.

Se realizó un estudio de retorno de la inversión para mostrar de forma analítica los beneficios obtenidos por medio del ahorro de energía y así se mostraron los porcentajes de ingreso que puede generar a largo plazo, el tema de energía renovable y auto suministrada.

Todas las variables e indicadores utilizadas en la investigación son de tipo cualitativo y cuantitativo, de esta forma se puede realizar un análisis más exacto de los cálculos necesarios para llegar a cumplir con los objetivos de eficientar la energía eléctrica en la planta de producción.

La muestra que se tomó para realizar los análisis consistió en el inventario de todos los equipos que necesitan suministro de energía eléctrica para su funcionamiento y las variables tomadas, para el análisis consistió en el consumo y la demanda de energía eléctrica, curva de energía y potencia consumida, cantidad de Kwh consumidos, tipo de iluminación, tipo de máquinas y porcentaje de retorno de la inversión.

INTRODUCCIÓN

El sector energético es un sector vulnerable a diversos factores a nivel nacional; el costo que representa para las empresas, especialmente de producción, equivale casi a un 70 % del costo operacional lo que hace que las empresas busquen opciones y alternativas para reducir el consumo a la vez que hacen más eficiente el uso.

El consumo de energía eléctrica ha venido incrementando desde enero del 2015 al mes de septiembre del 2015 y ha pasado de Q4, 121.00 (equivalentes USD\$ 533.19), Kwh 2000 (Activa Kwh BT) a Q5, 106.00 (equivalentes USD\$ 660.50), Kwh 2,586 (Activa Kwh BT), consumido solamente en Planta de producción, por lo que es evidente que no existe una utilización eficiente de la energía consumida.

Es de suma importancia la solución encontrada, debido a la mal administración de la energía real utilizada por la planta de producción.

Se realizó un análisis de eficiencia energética de la planta de producción e identificar si tiene el potencial óptimo para la posible colocación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red distribuida bajo la figura de energía renovable o para autoconsumo.

Para la empresa, el consumo de energía en el taller es del 86 % del consumo total del día, esto equivale diariamente 111,35 Kwh/DIA, por lo cual es

de suma importancia aplicar medidas de ahorro, como la implementación de paneles fotovoltaicos, iluminación LED, motores ahorradores.

El sistema propuesto para planta de producción de muebles, está diseñado para compensar 30 % de la energía consumida por el edificio.

La inversión en sistemas solares fotovoltaicos para autoproducción es una inversión a largo plazo, la recuperación se realiza en 6 años y el proyecto tiene un tiempo de vida de 20 años, lo cual realiza el proyecto rentable.

La metodología que se implementó, es por medio de un estudio de tipo descriptivo, debido a que se tiene solo una oportunidad para poder recolectar los datos y son de un período determinado de tiempo, por lo que el diseño de la investigación es no experimental.

En el capítulo uno, se hizo referencia a todo el marco conceptual, que da un amplio panorama de conceptos relacionados con la energía renovable, energía no renovable, sobre paneles fotovoltaicos conectados a la red, así como, herramientas que se pueden utilizar para medir los Kwh consumidos.

En el segundo capítulo, se generó un análisis de la demanda y todas las mediciones del consumo de energía eléctrica, que incluye mediciones de consumo en la acometida uno y acometida dos, luego se ejecuta una comparación de lo facturado y lo real consumido, evaluando así, posibles fugas de energía eléctrica, luego se utiliza el termómetro visual para realizar un análisis termográfico se pretende indicar que los defectos de aislamiento, los saltos térmicos y las filtraciones de aire en los componentes estructurales de un edificio pueden ser localizados e investigados.

En el tercer capítulo, se efectuó una propuesta detallada de todas las acciones que se pueden tomar, para mejorar y llevar a cabo un ahorro en costos en el consumo de la energía eléctrica

En el capítulo cuarto, se muestran las recomendaciones de inversiones a corto, mediano y largo plazo para disminuir el consumo energético. Por lo tanto, se muestran los mejores posibilidades para inversión con una tasa de retorno desde 5 % al 20 %, a través de métodos de análisis VAN y TIR, los cuales permiten saber en cuánto tiempo se recupera la inversión y si la inversión es rentable.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Producción de muebles

En la fabricación de muebles existen variedad de estilos y diseños, es de suma importancia entender los procesos y actividades de una fábrica de muebles.

Suarez (1995) afirma: las actividades de una fábrica de muebles son:

- Fabricación y/o instalación de carpintería y muebles en pequeñas series.
- Construcción de carpintería y pequeños muebles por encargo y a medida.
- Instalación de parque y revestimiento.
- Instalación de puertas y ventanas.
- Instalación de carpintería de armar y estructuras ligeras de madera. (p. 270)

La planta de producción cuenta con 23 empleados (15 hombres, 8 mujeres). La empresa es privada y se dedica a producir muebles, gabinetes de cocinas, closets de madera. Su papel fundamental es el diseño y la construcción de muebles.

La planta de producción fue fundada hace más de 20 años y su mercado directo, son proyectos de construcción de viviendas y se dedican a la venta individual, trabajan con materiales como Melamina, Mdf y madera de Castilla (de producción nacional).

1.2. Producción y consumo de energía

La energía para el consumo humano se obtiene de fuentes energéticas existentes en la naturaleza. A partir de aquí se puede hacer una distinción entre dos tipos de fuentes de energía:

- Fuentes de energía renovable
- Fuentes de energía no renovable

1.2.1. Fuentes de energía renovable

“En última Instancia, todas las fuentes de energía renovable tienen su origen en la energía solar, excepción hecha de la energía geotérmica”. (Guerra, 2008, p.58).

De Juana (2003) afirma: “son fuentes que producen constantemente energía, de forma que la energía consumida se renueva continuamente y en consecuencia, su utilización es ilimitada” (p. 8).

Fuentes de energía renovables: Estas son las que se tienen de fuentes naturales que están contempladas como inagotables y producirlas genera un impacto menor en el medio ambiente: el sol, el viento, las olas, el agua, el calor de la tierra, entre otros.

En la tabla I, se muestra el tipo de energía renovable y el tipo de procedencia.

Tabla I. **Fuentes de energía renovable**

Tipo de energía	Procedencia
Energía eólica	El viento
Energía geotérmica	El calor del interior de la Tierra
Energía hidráulica	El agua
Energía mareomotriz	El mar
Energía solar térmica	El Sol
Energía fotovoltaica	El Sol
Energía proveniente de la biomasa	Materias agrícolas diversas
Energía de gradiente térmico oceánico	El mar
Otras energías	Origen diverso

Fuente: Fuentes de Energía, Editorial Paraninfo, 2008, p. 6

1.2.2. Fuentes de energía no renovable

Este tipo de energía se encuentra en la naturaleza en una cantidad limitada, su transformación ocasiona graves sobre el medio ambiente.

Puid (1990) afirma: “el carácter de fuente de energía no renovable les viene dado por el hecho de que una vez liberada la energía que contienen, deberían transcurrir muchísimos años para que volvieran a generarse” (p. 204).

Fuentes de energía no renovables: se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada, su transformación ocasiona graves impactos sobre el medio ambiente y, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse. Estas son básicamente dos: los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y los nucleares.

En la tabla II, se muestra el tipo de energía no renovable y el tipo de procedencia.

Tabla II **Fuentes de energía no renovable**

Tipo de energía	Procedencia
Carbón	Minas
Gas natural	Pozos
Otros gases	Obtención diversa
Petróleo y sus derivados	Pozos
Madera leña ⁽¹⁾	Naturaleza
Nuclear	Mineral

Fuente: Fuentes de Energía, Editorial Paraninfo, 2008, p. 7

El encarecimiento del petróleo en los últimos años ha complicado enormemente la situación actual del mercado de la madera debido a que han aumentado todos los precios de los costes de producción y del transporte de la materia, además, todo lo relacionado con el tipo de cambio entre euro y dólar, ha dificultado la exportación del mismo.

La evolución más evidente a nivel internacional, como experiencia lo ha vivido China, por lo que refleja a que va encaminado a ser el país con un potencial más alto en el sector de la madera y por lo tanto en la actualidad es el principal.

Sobre la cuenta de los resultados, la energía tiene un coste que incide en ellos, desde el punto de vista de la empresa. Por lo tanto, todas las empresas industriales, para que pueda competir con los grandes países y pelear por una competitividad elevada, debe de estar a la vanguardia con respecto a este tipo de instalaciones, por lo que deben contar con todo lo adecuado con el tema de la eficiencia energética, para una gestión adecuada energéticamente hablando, se debe tener altos estándares de eficiencia energética y en eficiencia de costes, para poder hacer más rentables los recursos utilizados en los mismos.

1.3. Consumo energético

Todo lo relacionado a la transformación de madera en productos de consumo masivo, son actividades que las dirigen directamente las industrias de madera y para dicha transformación se requiere de un consumo de energía el cual debe de administrarse eficientemente.

Epalza (2012) afirma: “el uso eficiente de la energía (UEE) constituye una de las más importantes opciones tecnológicas para enfrentar los problemas señalados” (p.5).

Consumo energético: son por tanto acciones urgentes a emprender por la empresa para contribuir a solucionar la crisis ambiental y la reducción del gasto energético.

1.4. Iluminación en planta de producción

Epalza (2012) expresa:

La selección de un sistema de iluminación es extraordinariamente compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. Se puede afirmar que ellos se relacionan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se requieren en el Área a iluminar; las respuestas Al color; exigencias estáticas y encandilamiento reducido o controlado como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia (lúmenes/watt), Sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida. (p.7).

La iluminación representa entre el 11 % que equivale a 13,8 Kwh/día del consumo total de la energía eléctrica de la empresa diaria. Para conseguir una iluminación eficiente, es fundamental en primer lugar conocer las necesidades reales que tiene cada una de las zonas del edificio, en las diferentes áreas de trabajo como en la vivienda, ya que no todos los espacios requieren la misma intensidad, ni durante el mismo tiempo.

Los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes.

1.5. Ahorro de energía utilizando lámparas de iluminación LED

Según los patrones establecidos en las fábricas de producción, la iluminación constituye el 11 % del consumo energético, este consumo se puede reducir sustituyendo la iluminación fluorescente por la iluminación LED en un 75 % del consumo actual de iluminación, más un 8% de reducción, por apagar la iluminación a la hora que no sea necesario utilizarlo.

Dorremocha (2010) afirma:

Los diodos luminiscentes, más conocidos por sus siglas en inglés LED (Light-Emitting Diode) aún representan una novedad en el mercado de la iluminación de las áreas exteriores que se deben estudiar y darle su valor por su potencial de desarrollo a futuro en lo que respecta a la eficiencia energética, al control de las diferentes formas de contaminación lumínica y a su capacidad de regulación por medios electrónicos. (p.37).

“Se trata de un sistema moderno, seguro y rentable que supone ahorros de energía eléctrica, en gastos de mantenimiento y reposición y emisión de CO₂” (Martínez, 2006, p.60).

Zaragoza (2011) afirma:

Existen unas ventajas obvias como son la resistencia mecánica (algunos de nosotros hemos llevado LED rojos en el casco, directamente expuestos a los golpes, en un tiempo, no más de 3 años y el resultado es que aún sobreviven), luz muy similar a la luz natural (se adecua mucho más al ojo humano), no contaminan el ambiente y alargan la duración eléctrica (prácticamente toda la vida), en comparación con una bombilla de convencional suele durar menos de 100 horas y con un golpe suelen romperse. Sin embargo existen algunas diferencias que no son tan evidentes, pero son las que marcan una gran ventaja con respecto a las otras iluminaciones eléctricas. Cabe destacar: pueden ser regulables y se pueden utilizar diferentes intensidades sin perder eficacia, incluso utilizando bajas

intensidades esta aumenta hasta en un 30%. Se puede aprovechar totalmente la capacidad de las pilas. Son una clara diferencia entre las lámparas normales. (p. 2).

1.6. Ofimática

Abalo (2005) afirma:

La informática es la ciencia que estudia los ordenadores en su conjunto (máquinas y programas). El concepto de informática viene dado de la unión de dos palabras información y automática. Consiste en el “conjunto de todos los conocimientos científicos, que pueden hacer posible por medio de ordenadores un tratamiento automático de información” - Concepto de informática según el diccionario académico de la lengua española. (p.9).

El estudio de los valores de consumo y potencia, se centran en el conjunto CPU + Monitor, lo que se ha denominado a lo largo de todo el documento “ordenador”. La gran mayoría de ordenadores disponían de WINDOWS XP .La potencia real de un ordenador es respectivamente del orden de 150.0, 151.3 y 150.6 W. El valor medio del factor de potencia es de 0.53.

La potencia utilizada por maquinas laptop es alrededor de 60 W. y 5 W en energy Star.

La potencia real registrada para un ordenador con el sistema Energy Star en funcionamiento es de 35.4 W. Esto representa un ahorro de 114.6 W frente al consumo habitual de Windows.

La potencia de una impresora láser durante el proceso de impresión es de unos 300W y en estado de espera es de 20 W, lo que produce un ahorro de 280 W.

1.7. Análisis termográfico

Castilla (2010) Afirma:

La termografía estudia las propiedades energéticas o niveles de aislamiento de una edificación, permitiendo identificar, entre otros, problemas de humedad (problemas de condensación), falta de aislamiento, debilidades de infraestructura y fallos en cerramientos.

Se utiliza como una herramienta de diagnóstico en sectores como la industria energética, la arquitectura, la ingeniería y la medicina. (p.2).

Para detectar todos los cuerpos que emiten radiación por encima de un cero absoluto en la temperatura, se utiliza la herramienta de la termografía infrarroja, mostrado en la Figura 1, con esta herramienta se puede medir cualquier elemento, sin necesidad de tener un contacto físico y así hacer más eficiente el proceso de medición y no poner en riesgo al personal el cual lo esté elaborando y detectar de esta forma la estabilidad de la energía en ese momento. Todas estas medidas deben de ser precisas, fiables y rápidas.

El análisis termográfico sirve para realizar estudios de variaciones de energía y es muy aplicable en la ingeniería de ambiente. Los cambios en las temperaturas de las superficies pueden ser provocadas por las variaciones de las resistencias térmicas en el ambiente y esto es provocado en algunas circunstancias que están fuera del alcance del usuario como tal. En el 2010, Castilla escribe sobre las cámaras termográficas. “Es el dispositivo que mide el patrón térmico del cuerpo al que se apunta, en el espectro de la longitud de onda infrarroja y sin entrar en contacto con ese cuerpo. Registra la radiación del objeto y la convierte en una imagen visible” (Castilla, p.3).

Otros aspectos relevantes que afectan, son las filtraciones de aire frío o caliente, se deben de identificar ciertas ventajas que se pueden obtener al momento de realizar una contención de pasillos dentro de una edificación de aire frío o caliente, las cuales pueden identificarse como:

- Un aumento de la capacidad de climatización, para las áreas intervenidas.
- Un ahorro energético aproximado del 30 %.
- Un aumento más exacto en la temperatura de los pasillos del edificio.
- Aumento de un 25 % de la capacidad de enfriamiento.
- Se prolonga la vida útil de todos los equipos de aire acondicionado.
- El periodo de amortización de lo implementado, puede ser menor a un año.
- Verificación y localización de fugas en tuberías de la edificación.
- Fugas de aire, humedad y pérdidas térmicas.
- Prevención anticipada de enmohecimientos.
- Detección de sobrecalentamientos en bornes de conexión eléctricos en cuadros de distribución.

Figura 1. **Termómetro visual VTR02 marca Fluke**



Fuente: <https://www.reichelt.de>

Fecha de consulta: abril 2016..

1.8. Registrador de consumo de energía

Durante muchos años, el registrador, era un dispositivo separado del contador de energía, cuya función era de registrar los datos horarios de las energías medidas por el contador. En la actualidad los contadores multifunción integran el registro, mostrado en la figura 2.

La misión de un registrador, es la de almacenar registros de energía con una periodicidad fijada. En el caso de España, los registradores tienen que tener una profundidad de registro de como mínimo 4000 registros. Esta capacidad puede ser duplicada, dependiendo del tipo de suministro o cliente.

Balcells (2010) afirma:

Actualmente los contadores multifunción, se programan con periodos de 60 min, lo que lo convierte en lo denominado curva de carga horaria. Si el equipo tiene que disponer de un segundo registro de energía, éste se programa con una periodicidad de 15 min, y es la curva cuarto-horaria (p. 201).

“El registrador de un contador multifunción, también puede tener la capacidad de almacenar eventos y cierres de factura. Los sucesos son eventos que tiene el contador, tales como cambios en la programación, fallos de tensión, incidencias en comunicaciones, etc.” (Balcells, 2010, p. 201).

Figura 2. **Registrador de energía marca AEMC modelo PEL103**



Fuente: <http://fonkel.com.mx/> Fecha de consulta: abril 2016

1.9. Descripción de un sistema fotovoltaico conectado a la red

Conde del Oso (2013) afirma:

El arreglo de paneles fotovoltaicos recibe la radiación solar y la transforma en energía eléctrica que, el almacenamiento ya no sería en baterías, se puede utilizar directamente para el propio consumo o bien entregarla a la red eléctrica de distribución para ser consumida por otros- (pp 39-48).

Los módulos fotovoltaicos, son los dispositivos que convierten la energía solar en energía eléctrica. Sin embargo, en las instalaciones generadoras fotovoltaicas son necesarios otros componentes adicionales para el correcto funcionamiento. Los sistemas de acumulación almacenan la energía para su posterior utilización en aquellos momentos en los que la energía demandada por las cargas es mayor que la energía generada por los módulos, en las instalaciones aisladas, también se utiliza el regulador de carga. Se trata de un dispositivo electrónico que controla el funcionamiento del sistema fotovoltaico aislado. Otros componentes muy importantes en las instalaciones fotovoltaicas es el inversor, el cual es según Mascaros (2015) Afirma “un dispositivo eléctrico-electrónico cuyo principal objetivo es la conversión de la corriente continua a corriente alterna”. (Mascarós, p.112)

Las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red responden a un sencillo esquema de funcionamiento detallado en la tabla III, que se compone, a grandes rasgos, de tres elementos claramente diferenciados: el generador fotovoltaico, el equipo de acondicionamiento de potencia y el sistema de evaluación de energía.

Tabla III. **Instalaciones fotovoltaicas**

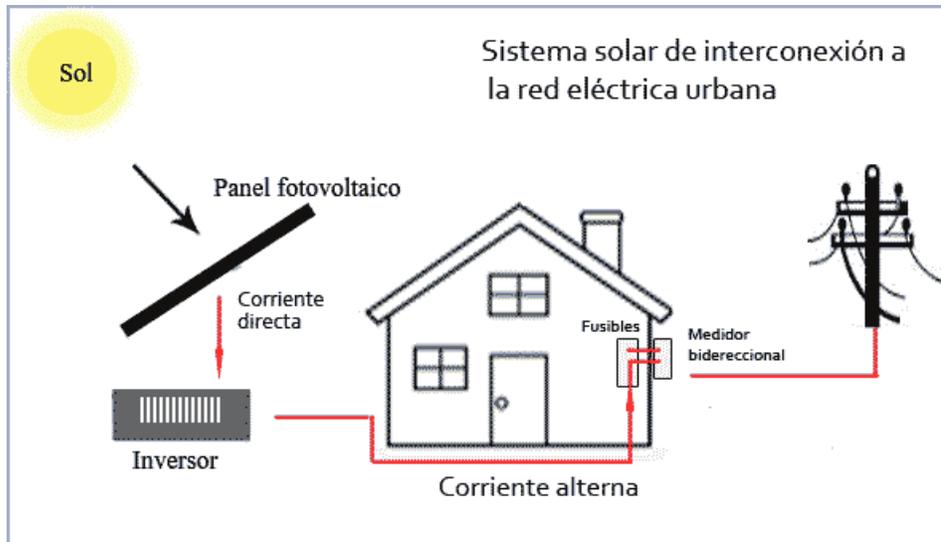
Generador Fotovoltáico	Acondicionamiento de Potencia	Sistema de Evacuación de Energía
<ul style="list-style-type: none"> - Paneles fotovoltaicos. - Estructura Soporte. - Cajas de paralelos y protecciones DC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversores. - Protecciones para personas. - Dispositivos de control y monitorización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protecciones AC. - Contadores de energía. - Centros de transformación y línea de evacuación MT. - Centro de Seccionamiento.

Fuente: elaboración propia

“Un sistema fotovoltaico para conexión a la red está constituido básicamente por un generador fotovoltaico y un inversor que convierte la corriente continua del generador en corriente alterna con la tensión y las frecuencias requeridas por las compañías eléctricas” (Agustín, 2010, p. 166).

En la Figura 3, se muestra un esquema gráfico de cómo es el funcionamiento de un sistema fotovoltaico para conexión a la red.

Figura 3. **Sistema fotovoltaico para conexión a la red**



Fuente: http://www.esco-tel.com/interconexion_cfe.html

Fecha de consulta: abril 2016.

Al conjunto de módulos con modelos similares conectados entre sí, se les conoce como generadores fotovoltaicos y son los que se encargan de transformar la energía solar en energía eléctrica utilizable, las cuales tienen la capacidad de generar una corriente continua proporcional a las irradiaciones solares.

Para un generador fotovoltaico, no es posible entrar directamente a la red eléctrica e inyectar directamente energía del mismo, esta energía puede ser transformada en corriente alterna para poder acoplarse totalmente.

Toda la corriente generada por el módulo fotovoltaico es conducida al inversor, que este tiene la tarea de convertir la corriente alterna a las mismas frecuencias y tensiones de la red eléctrica y así de esta manera puede quedar disponible la utilización de la energía para el consumidor final.

1.10. Inversores

“El inversor es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados en red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga”. (Lavandeira, 2008, P.204). Según se muestra en la figura 4.

Figura 4. **Inversor**



Fuente: <http://arcondicionadoefrontair.blogspot.com/> Fecha de consulta: abril 2016.

Trabaja conectado por su lado DC a un generador fotovoltaico, y por su lado AC a un transformador que adapta la tensión de salida del inversor a la de la red. Este transformador permite además el aislamiento galvánico entre la parte DC y la AC.

Es capaz de transformar en corriente alterna y entregar a la red la potencia que el generador fotovoltaico genera en cada instante, funcionando a partir de un umbral mínimo de radiación solar.

Los paneles se conectan en serie; el número de estos depende del rango de tensión de entrada admisible del inversor. Además, las series se conectan en paralelo, el número de ramas en paralelo que se conectan a cada inversor dependen de la corriente máxima admisible por el mismo.

“Los inversores para la conexión a la red eléctrica están equipados con un dispositivo electrónico que permite extraer la máxima potencia del generador fotovoltaico” (Lavandeira, 2008, p.204).

Dentro del sistema de evacuación encontramos los contadores de energía, equipos que medirán la producción de la planta y determinaran la facturación de la misma, si procede.

“El contador de energía mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento”. (Lavandeira, 2008, p.204)

1.11. Descripción de los componentes de los sistemas fotovoltaicos

1.11.1 Módulos fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos: son elaborados de distintos tipos de células de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. En este caso nos refiere exclusivamente a los paneles realizados con células de silicio policristalino de elevado rendimiento de 250Wp.

La tecnología de fabricación de estos módulos ha superado las pruebas de homologación. Los cuales pueden garantizar, una muy excelente resistencia a los exteriores y un alto aislamiento entre sus partes eléctricamente y accesibles externamente.

Los módulos fotovoltaicos vienen preparados para interconectarse entre ellos con conectores multicontact, ya que la salida de energía del panel se realiza a través de dos conductores libres de halógenos de 4 mm², que salen de una caja de conexiones en la parte posterior del panel, y en los extremos de dichos conductores están preparados los conectores multicontact.

1.11.2. Células de silicio policristalino

Moro (2010) afirma:

Las células de silicio policristalino tienen una estructura no uniforme; se fabrican en moldes rectangulares y su coste de fabricación es menor que el del silicio monocristalino, hoy en día, la mayor parte de los paneles solares que se comercializan están formados por células policristalino". (p.35)

1.11.3. Curvas características de una célula fotovoltaica

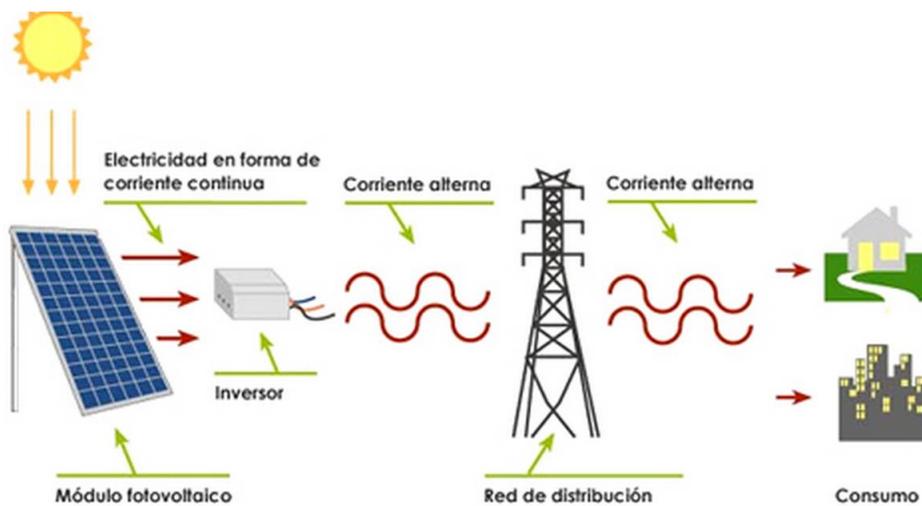
Estas curvas proporcionan de un modo gráfico el comportamiento energético de una célula fotovoltaica.

Para la obtención experimental de los datos que conforman dichas curvas hay que partir de una determinada célula y colocarla en condiciones normalizadas de temperatura y radiación. Estas condiciones, fijadas en la norma IEC 60904, son:

- Irradiancia: 1,000 W/m²
- Distribución espectral: 1,5 AM (estas letras corresponden a un modo de definir la gama de frecuencias)
- Incidencia: normal (perpendicular a la superficie)
- Temperatura de la célula: 25 °C0020 (Valentín, 2012, p.35.)

Las curvas características de una célula fotovoltaica y los componentes se un sistema fotovoltaico se especifican en la figura 4.

Figura 5. **Componentes de un sistema fotovoltaico**



Fuente: <http://photos1.blogger.com/> Fecha de consulta: abril 2016.

1.12. Puesta a tierra para sistemas fotovoltaicos

El objetivo de aterrizar todos los sistemas eléctricos es reducir cualquier voltaje que este elevado y que pueda resultar de rayos, este es conocido como fenómenos de inducción o de contactos no intencionales con cables de voltajes

más altos. Esto se ejecuta, por medio de un conductor apropiado a la corriente de falla a tierra total del sistema.

García (1990) afirma:

En las líneas de tierra no podrán insertarse fusibles ni interruptores. Todos los empalmes y todas las uniones deberán realizarse con todas las formas de unión debidamente necesarios, que aseguren la resistencia de la unión, para que de esa forma no experimenten al paso de la corriente calentamientos superiores a los del conductor y estén protegidos contra la corrosión galvánica. (p.123).

Transhorras (2015) afirma: “Puesta a tierra de sistemas, es la conexión deliberada a tierra de un sistema eléctrico. Normalmente esta conexión se realiza en los puntos neutros, aunque existen otras soluciones” (p. 135).

1.13. Medidor bidireccional

Los paneles solares transforman los fotones emitidos por el sol en energía DC, los inversores conectados a cada panel, transforman la energía DC a AC, para garantizar que se está recibiendo un voltaje correcto y así poder utilizarlo en la planta de producción. La energía generada se utiliza en la empresa y el excedente que es la energía que no se utilizará, es enviado a la red de la empresa distribuidora de energía eléctrica, para descontarlo del recibo.

El medidor bidireccional da la oportunidad de tomar el registro de la energía excedente generada por el sistema fotovoltaico del autoproducer, la cual se resta del total del consumo. Según se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Medidor bidireccional**



Fuente: <http://solarenergymexico.mx/faq-page/>

Fecha de consulta: abril 2016.

1.14. Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedente de energía.

Según el artículo 40 de la norma técnica de la generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedente de energía (NTGDR, 2014) afirma:

Los usuarios autoprodutores con excedentes de energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución. Para efectos de la factura mensual del usuario, el distribuidor medirá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al usuario, de conformidad a la tarifa que le corresponda; por el contrario, si la medición neta corresponde a una inyección de energía del usuario generador de energía hacia el sistema de distribución, el distribuidor deberá reconocerlo como crédito de energía a favor del usuario autoprodutor de la energía, hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del usuario autoprodutor con excedente de energía; no obstante, el distribuidor cobrará el cargo fijo y los cargos por potencia que

sean aplicables a cada usuario, según la tarifa correspondiente. Para los casos de tarifas sin medición de potencia, el distribuidor podrá cobrar los cargos distribución correspondiente en función de la energía que entregue al usuario. Todos los cargos deben ser detallados en la factura (p. 20).

1.15. Diseño de puesta a tierra, según el NEC_2008 NFPA-70/ 250.2

Se sugiere la colocación de capas de grafito o carbón situadas directamente en contacto con cada uno de los electrodos, además de capas de bentonita para cada electrodo se debe de realizar un agujero de 1 metro de profundidad y 0.25 m de diámetro con una capa de carbón mineral de 0.40 m y una capa de tierra de 0.20 m otra capa de 0.4 m de bentonita en cada electrodo.

Los electrodos a utilizar 3 copper well de 5/8 de 8 ft de largo. Utilizar 20 metros de cable desnudo No. 6.

15 g de carbón mineral

12 Kg de bentonita

Tierra del lugar

3 soldaduras exotérmicas y molde de 5/8

1.16. Evaluación de proyecto de inversión a corto y mediano plazo

La forma de evaluar el retorno de la inversión de un proyecto es utilizando el método del VAN y TIR.

1.16.1. Valor actual neto (VAN)

Sapag (2010) afirma: “Es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión” (p 253).

“El valor actual neto de un proyecto de inversión se conceptualiza como el valor actual de absolutamente todos los flujos de caja que serán generados por los proyectos de inversión menos el coste inicial necesario para la realización del mismo” (Aguar, 2005, p.5)

Aguar (2005) afirma: “La expresión para calcular el VAN es la siguiente:”

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+k)^1} + \frac{FNC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+k)^n}$$

Siendo,

A = Capital invertido o coste inicial.

FNC = Flujo neto de caja o flujo de tesorería al final de cada período (año, mes, etc.).

K = Tipo de actualización

N = Horizonte temporal de la inversión o vida útil estimada para la inversión.

1.16.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Sapag (2010) afirma: “Un segundo criterio de evaluación lo constituye la tasa interna de retorno, TIR, que mide la rentabilidad como porcentaje” (p. 254).

Aguilar (2005) afirma: “La tasa interna de rendimiento de un proyecto de inversión se define como aquel tipo de actualización o descuento que iguala el valor actual de los flujos netos de caja con el desembolso inicial” (p. 6).

Es aquella tasa de descuento que hace que el VAN = 0. Permite medir directamente la rentabilidad del proyecto. La TIR debe ser mayor que la tasa de descuento para aceptar el proyecto: (TIR > td).

$$TIR = td1 + \frac{VAN1 (td2 - td1)}{VAN1 + VAN2}$$

1.17. Consumo de energía

1.17.1. Factores de emisión

Para realizar el cálculo de las emisiones de CO₂ asociadas, deben aplicarse un elemento fundamental el cual es el “factor de Emisión de CO₂” y todo el factor antes mencionado es atribuible al suministro eléctrico, el cual es conocido también como “mix eléctrico (Kg de CO₂ /Kwh)”, que representa las emisiones asociadas a la generación eléctrica conectada a la red nacional necesaria para cubrir el consumo. Toda energía eléctrica que consumimos en Guatemala y que no es autogenerada, proviene de la red eléctrica SIN, es difícil investigar, si la energía suministrada es un si la generación eléctrica conectada a la red nacional, se ha producido de una electricidad importada. Por este motivo, se recomienda utilizar el mix que utiliza el sistema nacional interconectado a la red, que refleja las emisiones de CO₂ y que tiene en cuenta unas pérdidas de electricidad por el tema de la distribución y el transporte.

1.17.2. Combustibles fósiles

Ramos (2005) afirma: los combustibles fósiles “fueron las primeras fuentes de energía primaria y seguramente las que en mayor medida han contribuido al alto grado de desarrollo de la humanidad” (p.96)

Kramer (2003) afirma:

Los combustibles fósiles son sustancias ricas en energía que se han formado a partir de plantas y microorganismos enterrados durante mucho tiempo. Estos combustibles incluyen el petróleo, el carbón y el gas natural, son los responsables de proporcionar la mayor parte de la energía que se distribuye entre la moderna sociedad industrial” (p. 68).

1.17.3. Cálculo de emisores evitados de CO₂

Alrededor de las 3/4 partes de las emisiones de CO₂ responsabilidad del ser humano, que se han producido en los últimos 20 años en el mundo se deben a las emisiones producto de la quema de combustibles fósiles. El resto se debe fundamentalmente a los cambios en el uso del suelo y, especialmente, a la deforestación.

El cambio climático va unido a un modelo energético dependiente del petróleo, el carbón y el gas. Toda la quema de todos estos combustibles fósiles tiende a liberar grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, este mismo, es conocido como el gas de efecto invernadero más abundante.

Las concentraciones atmosféricas de CO₂ a nivel mundial se han incrementado un 35 % por encima de los niveles preindustriales.

Actualmente, los océanos y los suelos están absorbiendo en conjunto aproximadamente la mitad de las emisiones antropogénicas de CO₂. A pesar de esto, las concentraciones de CO₂ en la atmósfera siguen aumentando en torno a un 0.4 % anual.

Para el cálculo de las emisiones evitadas de CO₂, se toma de referencia, la energía anual generada –EAG- como si la generación se llevara a cabo con carbón. 1 Kwh producido con carbón producen 0,75 kg de un dato aproximado, ya que depende del tipo de carbón que se utilice.

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ANÁLISIS DE DEMANDA, MEDICIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA Y ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

2.1. Equipo de trabajo y equipo utilizado

Para la ejecución del estudio de eficiencia energética, se requirió del apoyo de un técnico con experiencia en temas energéticos, así como la asesoría de un licenciado en administración de empresas para el análisis financiero.

El equipo a utilizar para el análisis real del consumo de Kwh consumidos, es un registrador de energía marca AEMC modelo PEL103, el sistema informático utilizado es el DataWiev 1.0.8. Según se muestra en figura 7.

Figura 7. Registrador de energía colocado en acometida principal No. 1



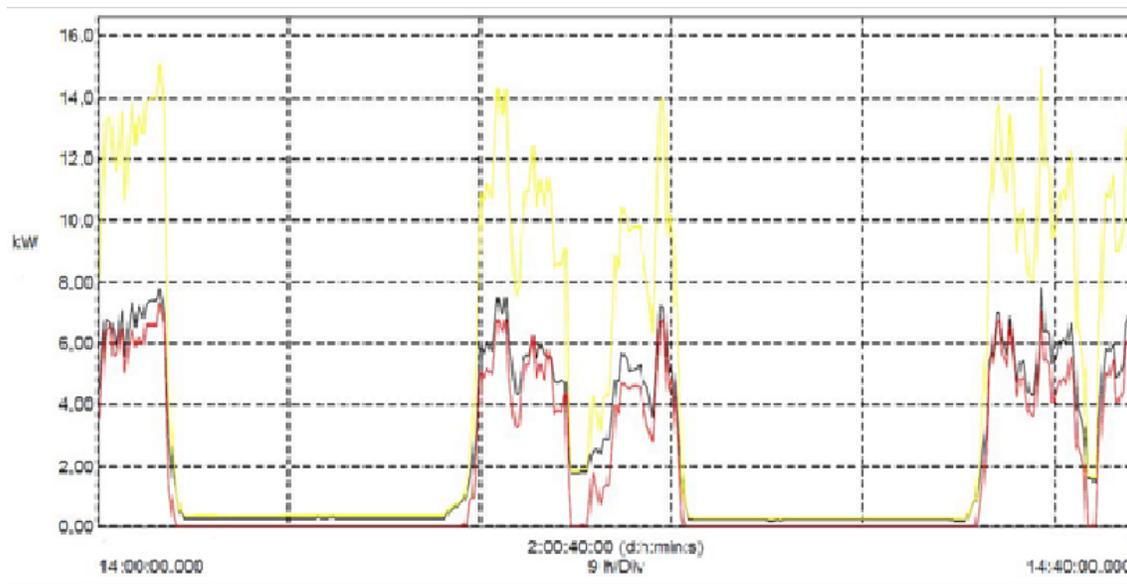
Fuente: elaboración propia.

2.2. Análisis de la demanda de la planta de producción de madera

Es evidente que ante el incremento acelerado de la energía eléctrica es prioritaria la necesidad de reducir su impacto en todo lo relacionado con los costos de producción, una de las opciones más adoptables para lograrlo es el control de la demanda máxima de potencia eléctrica y la forma más adecuada de administrar el uso de la energía eléctrica.

El control de la demanda máxima en su planta de producción sería un elemento importante para la reducción de costos de energía. Se muestra el análisis de la demanda en Kw en la planta de producción, según la figura 8.

Figura 8. Análisis de demanda en Kw



Fuente: elaboración propia.

Se observa que la demanda máxima se produce entre 9:00 horas y 10:00 horas está por 13 Kw, según la medición realizada en sitio esto se debe

que en este horario se coloca en funcionamiento los compresores y la máquina filker que es un equipo que equivale a un costo mensual solo por demanda mensual de USD \$83.80 o Q 648.00.

Sobresale un pico como los más altos de la figura 6, uno de magnitud superior a los 14 kW se produce a aproximadamente a las 3 PM, las necesidades en promedio se mantienen abajo de los 10 kW, existen algunos lapsos en que la demanda está por debajo de los 9 kW. La empresa está obligado a pagar por potencia eléctrica 13 kW que equivalen a USD\$ 83.80.

La figura 8 muestra que en un día típico de trabajo, en la parte central de la curva, la demanda máxima sería aproximadamente 9 kW, esto significa que la empresa no pagaría el concepto de potencia máxima y demanda máxima. En otras palabras, se está pagando un excedente por falta de control de 4 kW equivalentes a USD\$ 83.80. Una de las formas más adecuadas de definir la forma de controlar el conocimiento de la curva de demanda y se debe de manejar el consumo mínimo de Kwh, reportado en la facturación mensual por el servicio de consumo eléctrico y así mismo, lograr un ahorro sustancial en el uso de la energía y no desperdiciar la utilización de la misma. Para controlar la demanda máxima es importante conocer cuáles son las cargas o equipos básicos para el desarrollo de las actividades en el trabajo, y aquellas que operan de forma periódica o esporádica.

2.3. Optimización del consumo de la energía en consumo producción

Se realizó el trabajo de inventario en el cual se tomó en cuenta todos los equipos de consumo sus horarios de uso potencia y energía diaria utilizada, lo cual generó la siguiente matriz energética del edificio de planta de producción.

2.3.1. Resumen matriz de energía eléctrica

De inicio para realizar el análisis de la matriz energética, se identificó las áreas de consumo a evaluar, se todo en consideración el área de iluminación, taller y ofimática. Mostrado en tabla IV. Importante evaluar la potencia instalada, la energía consumida diaria y mensual, así como el costo de energía consumida por área.

Tabla IV. Resumen de matriz energética eléctrica

ÁREA DE COSUMO	POTENCIA INSTALADA W	ENERGÍA COSUMIDA DIARIA WH	ENERGÍA CONSUMIDA MENSUAL WH	POTENCIA INSTALADA KW	ENERGÍA COSUMIDA DIARIA KWH	ENERGÍA CONSUMIDA MENSUAL KWH	COSTO DE ENERGÍA EN Q	AHORRO POR SECTOR	AHORRO EN Q
ILUMINACION	3,760	13,800	303,600	3.76	13.8	303.6	Q510.05	65%	Q331.53
TALLER	62,565	111,351.36	2,449,729.92	62.56	111.35	2,449.73	Q4,115.55	20%	Q823.11
OFIMATICA	950	3567	78,474	0.95	3.57	78.47	Q131.84	2%	Q2.64
TOTALES	67,275			67,275	12,871,836	283,180,392	Q4,757.43		Q1,157.28

Fuente: elaboración propia.

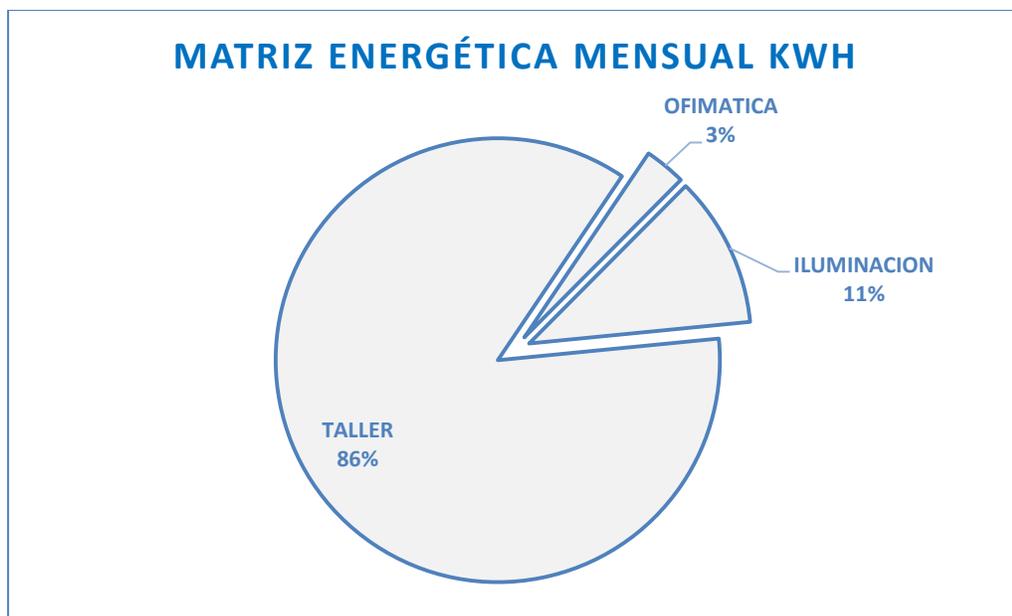
En la matriz energética mensual, mostrada en figura 9, se observa que el 86 % del consumo de energía de la planta de producción es relacionado al equipo y maquinaria, equivalente a 111.35 Kwh diarios equivalente mensualmente es de 2449.72 Kwh, equivalente Q4, 115.55 o USD\$ 532.00 de esta cantidad se puede reducir el 20 % del consumo aplicando ahorradores de energía y variadores de frecuencia.

Se observa que el 11 % del consumo de energía es el de iluminación de esta área se puede reducir sustituyendo la iluminación fluorescente por la iluminación LED en un 65 % del consumo actual de iluminación esto equivale a 13.15 kwh diarios y mensualmente a 303.60 Kwh consumido equivalentes

a Q510.00 o USD\$ 67.00, el ahorro que se obtiene sería de Q 332.00 o USD\$ 42.94, adicional debe manejarse una campaña de concientización con el personal de turno.

El porcentaje que se utiliza para equipo de ofimática y otros también es del 3 % para esta parte, se recomienda cambiar los hábitos de consumo, realizar el apagado de los equipos en la hora de almuerzo se lograría reducir un 2 % del consumo total 3.57 Kwh diarios y 78 Kwh mensuales el total del ahorro estimado en Kwh, 0.0714 Kwh diarios 1.57 kwh que equivalen a Q 2.64 mensuales o USD\$ 0.34.

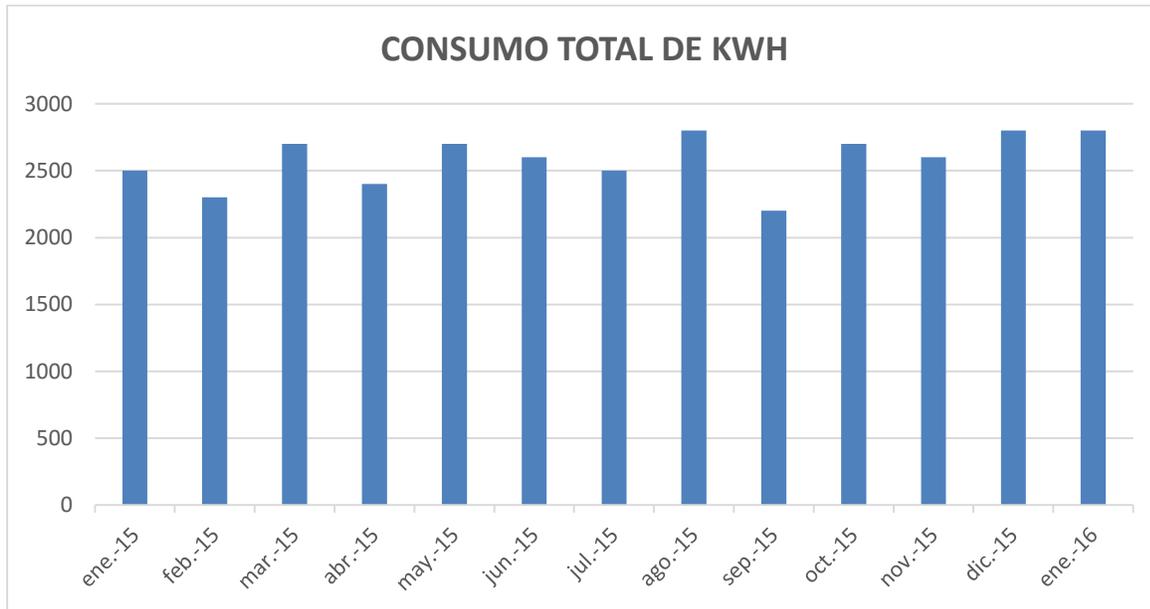
Figura 9. **Matriz energía mensual Kwh**



Fuente: elaboración propia.

Se realiza gráfica de análisis del consumo en Kwh, la cual se muestra en la figura 10, del mes de enero de 2015 hasta enero de 2016, con la finalidad de evaluar el incremento del decremento del consumo en Kwh y la tendencia ha sido al aumento de consumo. Por lo que el costo del servicio eléctrico va de igual forma en ascenso, afectando directamente las utilidades de la empresa.

Figura 10. Consumo total en Kwh



Fuente: elaboración propia.

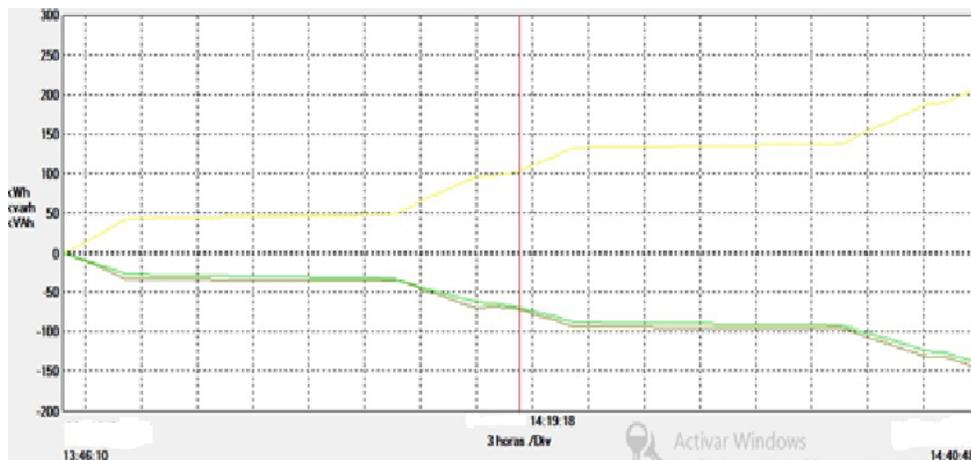
2.4. Medición de energía consumida sobre periodos determinados en planta de producción.

Con referencia a ubicar el punto donde la demanda de potencia llega a ser máxima, se realiza una medición de energía consumida en un período de tiempo en horario laboral, se determina que el punto máximo de potencia demandada llega a los 13 Kwh, el cual llega a su punto en un período de 9:00 am a 10:00am, donde se observó que todas las máquinas de la planta están en total funcionamiento, al igual que los compresores.

2.4.1. Curva de potencia acometida principal

En la figura 11, se muestra la curva de consumo de energía, la cual fue tomada en un período de 24 horas, con previa autorización. En el cual se tomó una lectura de 68.4 Kwh del contador No. 1 y 60 Kwh del contador No. 2 aproximado al promedio encontrado de 128 Kwh diarios, en la medición completa de 48 horas se obtuvo una medición de Kwh, lo cual confirma los datos que se ha obtenido en el análisis de demanda de energía.

Figura 11. Curva de potencia acometida principal

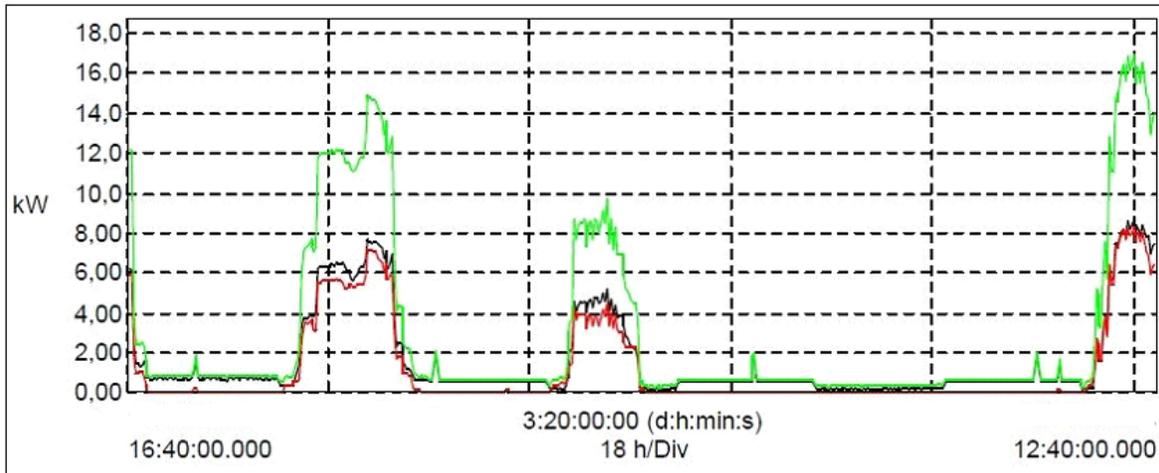


Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Curva de consumo de energía contador número 1

En la figura 12, se observa el comportamiento de consumo de energía activa en Kwh de contador no. 1 de la planta de producción, el lapso de consumo más fuerte se detectó en un período de 7:30 a.m. a 18:00 horas, teniendo una pequeña baja en el medio día y su punto máximo entre las 9:00 horas y 10:00 horas por ser las horas en que la mayor cantidad de máquinas están siendo utilizada.

Figura 12. Diagrama de consumo de energía contador número 1



Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Consumo de energía aparente en acometida principal

Tomando de referencia el contador No. 1 y el contador No. 2, se realizan las mediciones de potencia consumida (Wh), potencia proporcionada (Wh), potencia neta (Wh), potencia reactiva inductiva (**Q consumida inductiva (varh)**), potencia reactiva capacitiva (**Q proporcionada capacitiva (varh)**), Q proporcionada inductiva (varh), Q consumida capacitiva (varh), Q neta (varh), S consumida (VAh), S proporcionada (VAh) y S neta (VAh). Para un análisis más detallado de la situación en la que se encuentra la planta de producción, las cuales se detallan en la tabla V y tabla VI.

Tabla V. Contador No. 1

Nombre	Valor
P consumida (Wh)	0 kwh
P proporcionada (Wh)	136,2 kwh
P neta (Wh)	-136,206 kwh
Q consumida inductiva (varh)	0 kvarh
Q proporcionada capacitiva (varh)	1,313 kvarh
Q proporcionada inductiva (varh)	-144,006 kvarh
Q consumida capacitiva (varh)	0 kvarh
Q neta (varh)	142,7 kvarh
S consumida (VAh)	205,6 kvah
S proporcionada (VAh)	0 kvah
S neta (VAh)	205,6 kvah

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Contador No 2

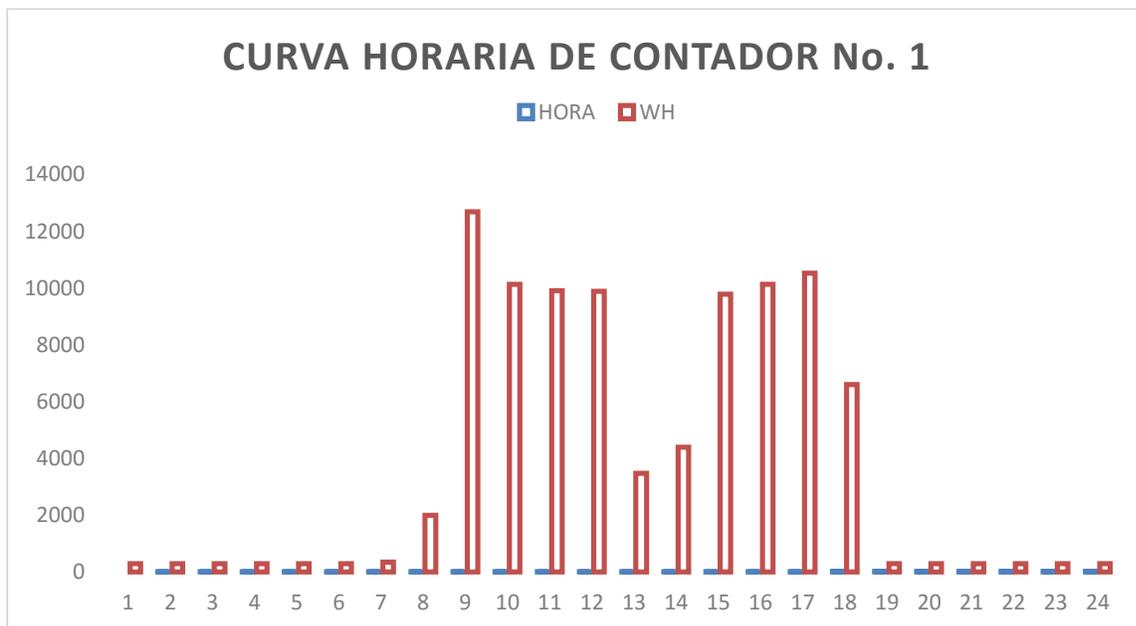
Nombre	Valor
P consumida (Wh)	274 kwh
P proporcionada (Wh)	0 kwh
P neta (Wh)	274 kWh
Q consumida inductiva (varh)	96,78 kvarh
Q proporcionada capacitiva (varh)	0 kvarh
Q proporcionada inductiva (varh)	0 kvarh
Q consumida capacitiva (varh)	0,373 kvarh
Q neta (varh)	97,16 kvarh
S consumida (VAh)	292,8 kvah
S proporcionada (VAh)	0 kvah
S neta (VAh)	292,8 kvah

Fuente: elaboración propia.

2.4.4. Tabla de medición de contadores de consumo de contador No. 1 y contador No. 2

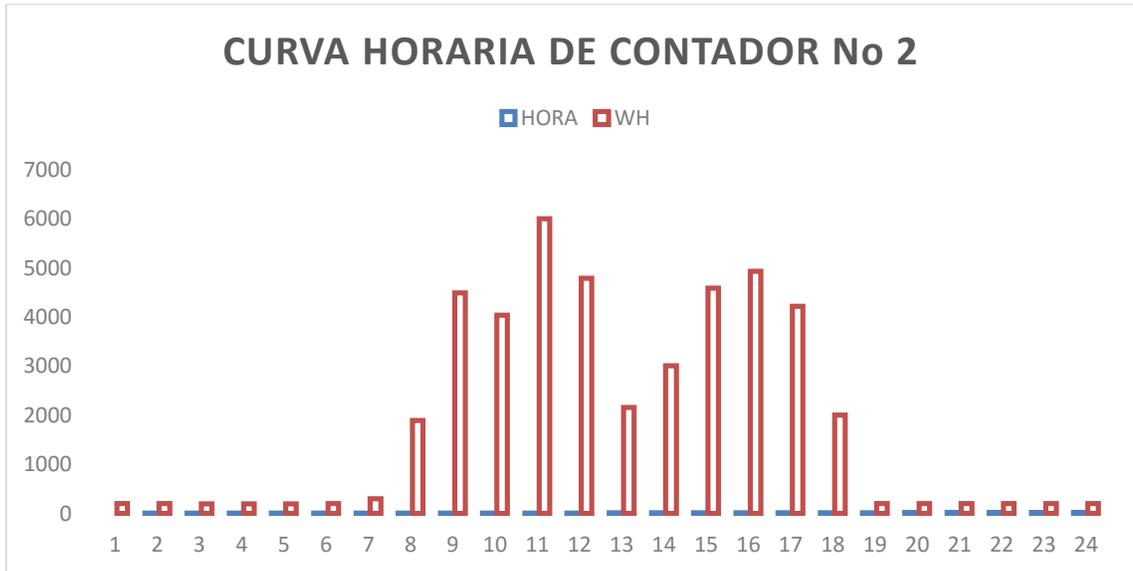
Con los datos obtenidos de las mediciones se realizó la curva horaria de contador No.1 y contador No. 2. Los cuales se muestran en la tabla VII. En esta curva se observa que hay una carga constante de consumo en planta de producción, que muestran los picos de demanda se producen entre las 9:00 horas y 10:00 horas. Se observó que el funcionamiento de la maquinaria de las 8:00 a 18:00 horas el consumo de iluminación y taller es desde las 8:00 a 16:00 horas. Siempre al medio día hay una baja en el consumo, por la hora de almuerzo. Las cuales se grafican en de la figura 13 a la figura 15.

Figura 13. Curva de consumo de energía contador número 1



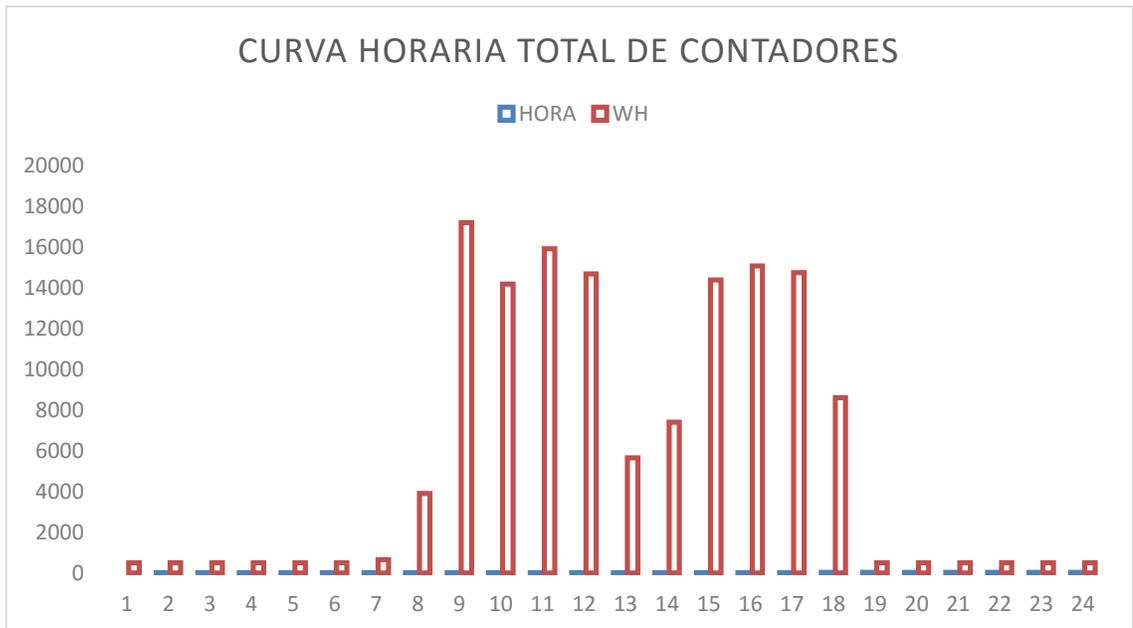
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Curva de consumo de energía contador número 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Curva de consumo de energía total de contadores



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Tabla de medición de contadores de consumo de contador número 1 y contador número 2**

CONTADOR 1		CONTADOR 2		Total entre contadores	
HORA	WH	HORA	WH	HORA	WH
0	291,67	0	201,67	0	493,33
1	290,25	1	200,25	1	490,50
2	289,17	2	199,17	2	488,33
3	288,67	3	198,67	3	487,33
4	289,42	4	199,42	4	488,83
5	290,33	5	200,33	5	490,67
6	352,67	6	302,67	6	655,33
7	1995,50	7	1895,50	7	3891,00
8	12692,42	8	4492,42	8	17184,83
9	10135,08	9	4035,08	9	14170,17
10	9902,00	10	6002,00	10	15904,00
11	9888,75	11	4788,75	11	14677,50
12	3478,42	12	2160,42	12	5638,83
13	4387,75	13	3007,75	13	7395,50
14	9787,47	14	4587,47	14	14374,94
15	10129,17	15	4929,17	15	15058,33
16	10519,25	16	4219,25	16	14738,50
17	6595,92	17	2005,92	17	8601,83
18	294,17	18	204,17	18	498,33
19	292,50	19	202,50	19	495,00
20	291,17	20	201,17	20	492,33
21	291,67	21	201,67	21	493,33
22	292,33	22	202,33	22	494,67
23	292,25	23	202,25	23	494,50
	93357,97		44839,97		138197,94

Fuente: elaboración propia.

El análisis de demanda que se realiza es el contador número 1, por ser el único que tiene cobro por demanda máxima y potencia máxima

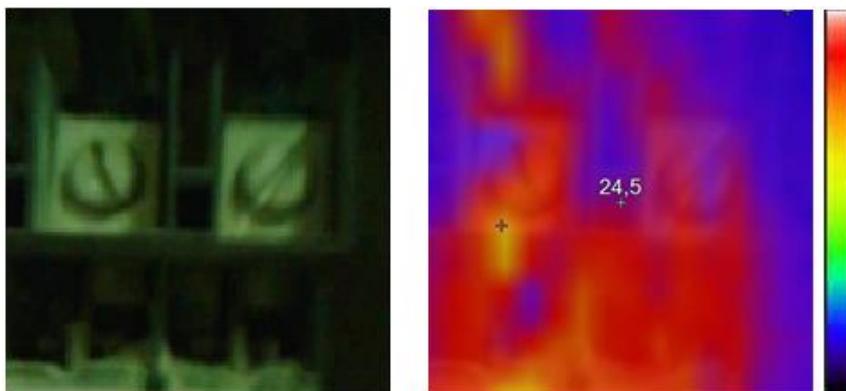
El consumo de energía en más de 86 % se concentra en el uso de maquinaria de taller, en el documento se establece que una posible solución para bajar el consumo de los mismos es a través ahorradores de energía para motores, ya que él no se cuenta con un banco de capacitores en la planta.

El consumo de energía por iluminación se puede reducir hasta en un 65 % utilizando lámparas LED.

2.5 Análisis termográfico

Análisis termográfico del contador No. 1, mostrado en figura 16. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 24.5 °C, la cual se considera que es una temperatura adecuada para evitar fugas de energía y una emisividad de 0.95.

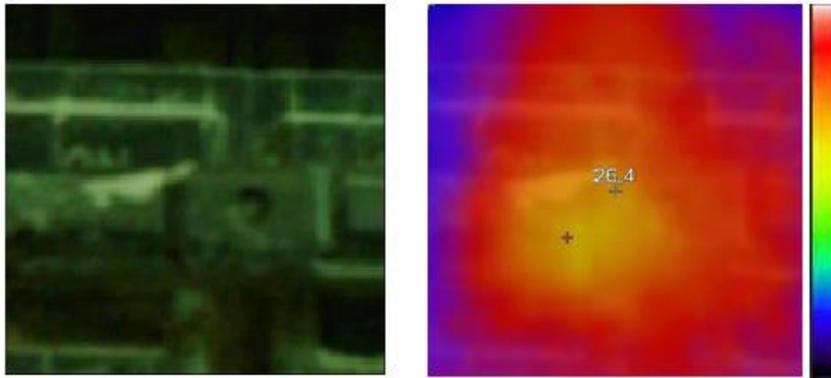
Figura 16. **Termografía contador No.1**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del flipón principal de cortadora, mostrado en figura 17. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 26.4 °C y una emisividad de 0.95.

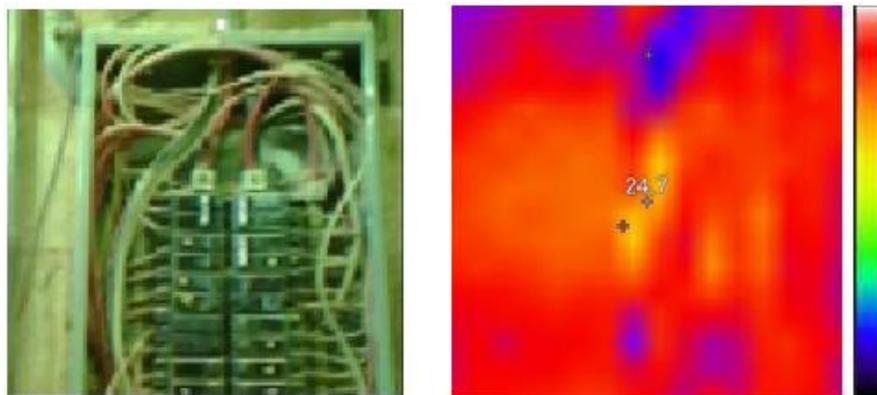
Figura 17. **Flipón principal de cortadora**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del breaker de la máquina de corte, mostrado en figura 18. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 24.7 °C, la cual se considera que es una temperatura adecuada para evitar fugas de energía y una emisividad de 0.95.

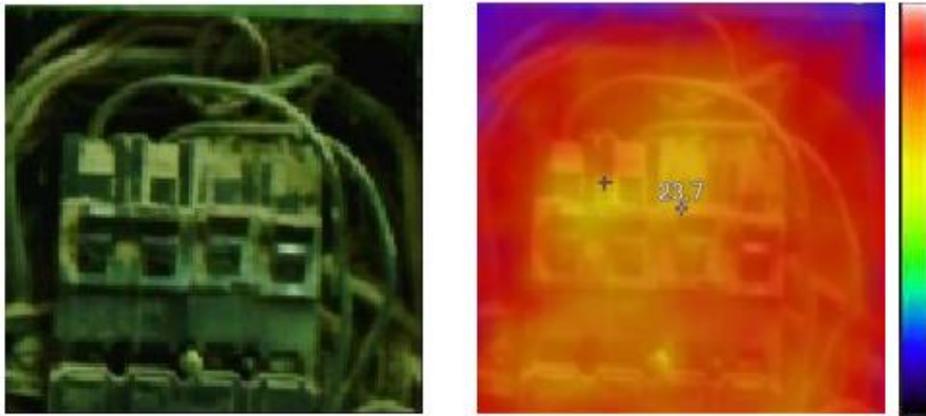
Figura 18. **breaker de la máquina de corte**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del flipón principal de cortadora, mostrado en figura 19. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 23.7 °C y una emisividad de 0.95.

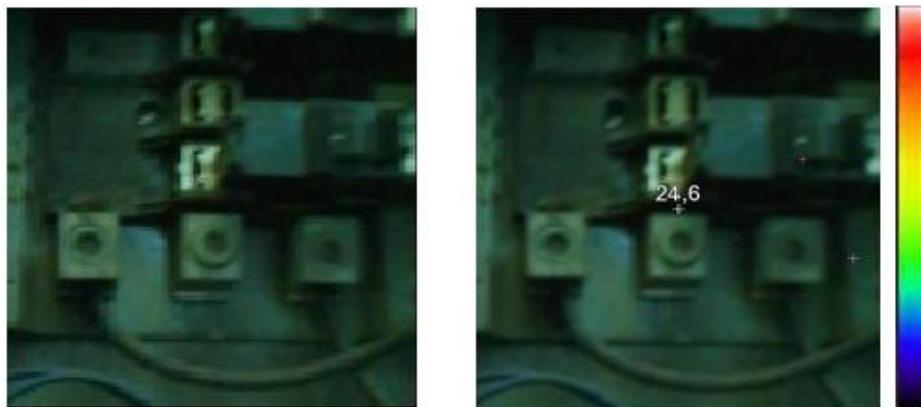
Figura 19. **Flipón principal de cortadora**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del contador No.2, mostrado en figura 20. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 24.6 °C, la cual se considera que es una temperatura adecuada para evitar fugas de energía y una emisividad de 0.95.

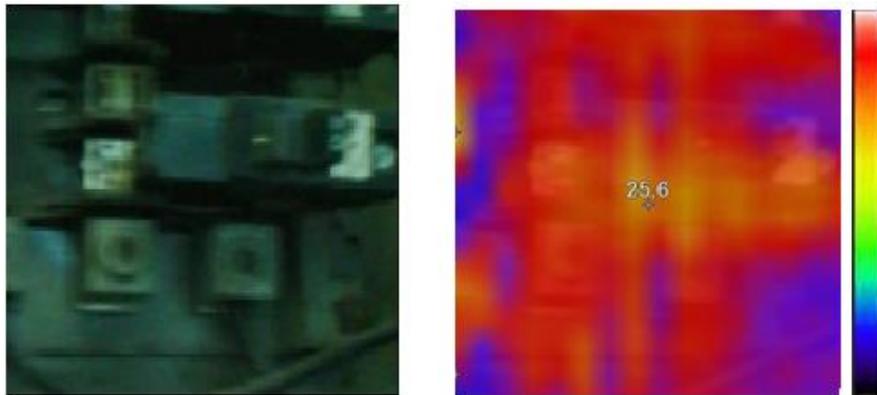
Figura 20. **Termografía contador No.2**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del Breaker principal contador No 2, mostrado en figura 21. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 25.6 °C y una emisividad de 0.95.

Figura 21. **Breaker principal contador No 2**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del cableado contador No 1, mostrado en figura 22. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 24.6 °C, la cual se considera que es una temperatura adecuada para evitar fugas de energía y una emisividad de 0.95.

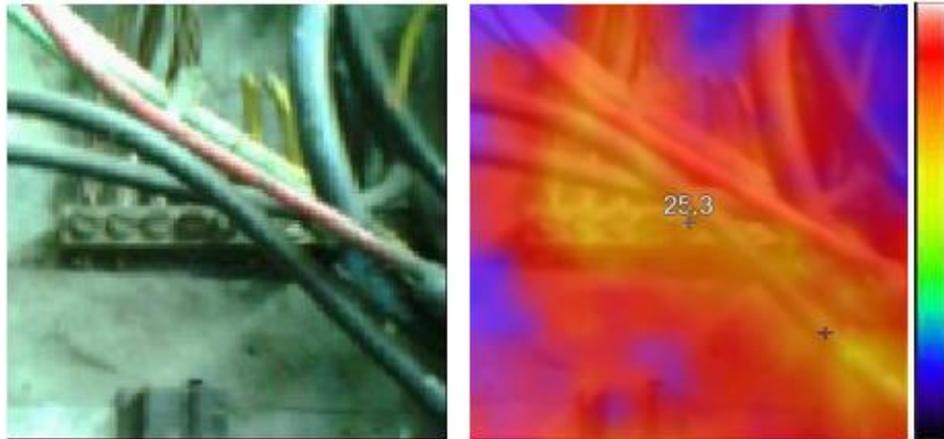
Figura 22. **Cableado contador No 1**



Fuente: elaboración propia.

Análisis termográfico del cableado contador No 2, mostrado en figura 23. Identifica una temperatura en los bornes de conexión de línea viva de 25.3 °C y una emisividad de 0.95.

Figura 23. Cableado contador No 2



Fuente: elaboración propia.

2.5.1. Equipo de trabajo y equipo utilizado

El equipo a utilizar para el análisis termográfico, es termómetro visual VTR02 marca fluke y el Sistema informático de adquisición smartview 3.4 Software de climatización. Mostrado en la figura 24.

Figura 24. Termómetro visual VTR02 marca fluke



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DETALLADA DE ACCIONES DE MEJORAS PARA AHORRAR LOS COSTOS DE ENERGÍA

3.1. Propuesta de ahorro por iluminación LED

Para el análisis detallado de la calidad de iluminación y el ahorro que se puede obtener por medio de la iluminación LED, se realiza el siguiente procedimiento para poder ejecutarlo:

Delimitar las áreas de cada nivel del edificio, identificando las necesidades de iluminación requeridas de cada ambiente, para desarrollar las tareas asignadas al área correspondiente.

Realizar el conteo e identificación de luminarias y elementos lumínicos de toda la instalación para determinar el consumo eléctrico en concepto de iluminación. Para ello es necesario conocer específicamente la potencia eléctrica de cada elemento y el tiempo de uso por día, semana y año.

Realizar la medición, en luxes, en varios puntos de cada área de trabajo, para determinar la realidad lumínica actual en cada área.

En la tabla VIII, se muestra la propuesta de ahorro por iluminación que obtendría si se realizara el cambio de iluminación convencional a iluminación LED.

Tabla VIII. Propuesta de ahorro por iluminación LED

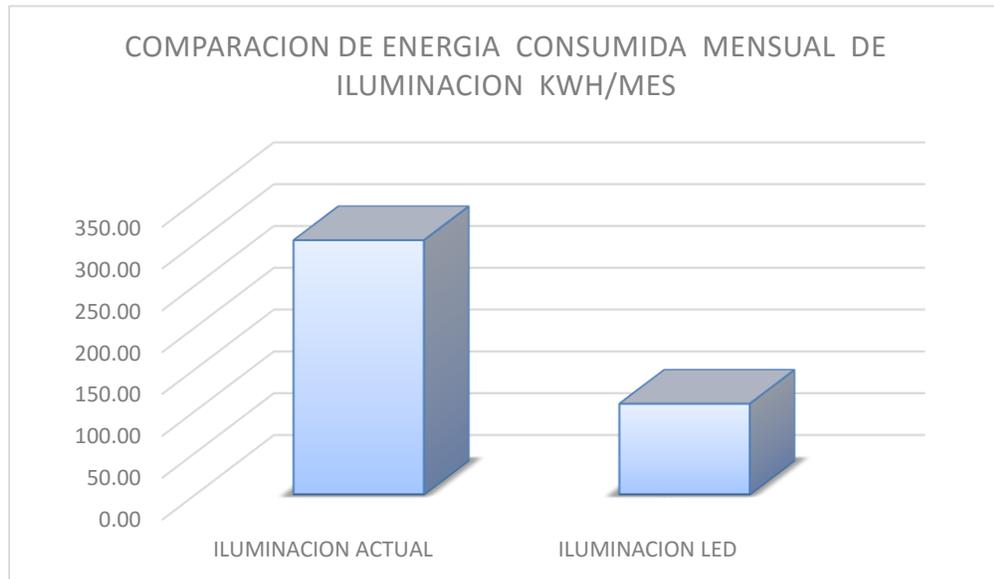
DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA KW	ENERGÍA CONSUMIDA DIARIA KWH/DIA	ENERGÍA CONSUMIDA MENSUAL PROMEDIO KWH/MES	COSTO POR ENERGÍA Q	COSTO POR DEMANDA Q	AHORRO TOTAL DE ENERGÍA Q	PORCENTAJE
ILUMINACION ACTUAL	3,71	13,80	303,60	Q801,52	Q270,00	Q0,00	0,00%
ILUMINACION LED	0,82	4,91	108,02	Q199,88	Q0,00	Q601,64	75,06%

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Comportamiento de energía consumida mensual de Iluminación Kwh/mes

Es evidente la mejora obtenida al realizar el cambio de una lámpara fluorescente normal a unas lámparas de iluminación LED, el consumo de energía eléctrica diaria en Kwh es de 13.8 con la iluminación actual y con el cambio a iluminación LED tendríamos un consumo promedio de 4.91 Kwh, si se proyecta de una forma mensual, el consumo con la iluminación actual es de 303.6 Kwh y con iluminación LED es de 108.02 Kwh, en la figura 25. Se muestra de una forma gráfica la disminución en el consumo de energía eléctrica en Kwh y el ahorro es de un 64.42 %

Figura 25. **Comportamiento de energía consumida mensual de Iluminación Kwh/mes**

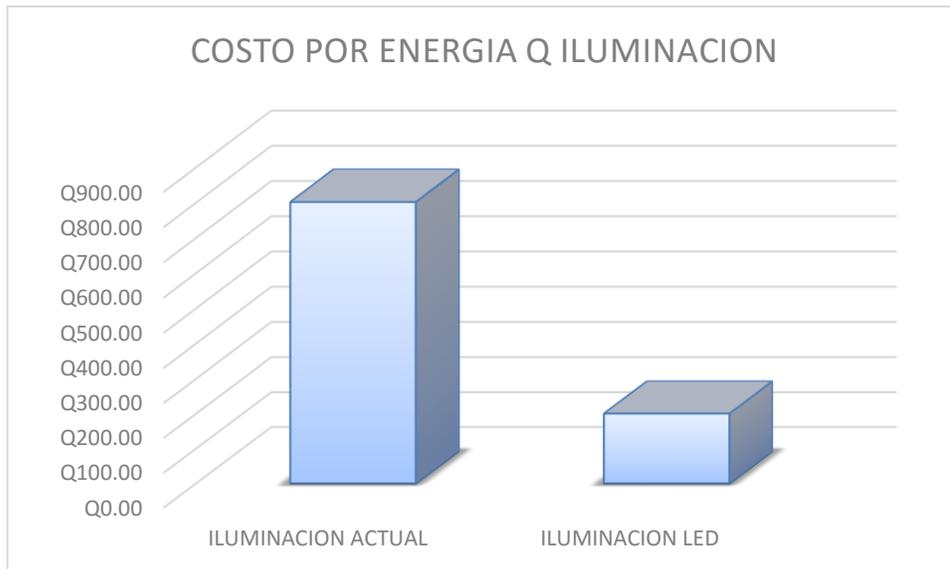


Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Comparación de costo de energía en (Q) por iluminación con iluminación LED

Según el consumo eléctrico en la planta de producción en Quetzales mensual es de Q801.52 con la iluminación actual, si se realiza el cambio de la iluminación actual a una iluminación LED, es un costo mensual de Q199.88, según se muestra en la figura 26. Esto equivale a un 75.06 % de ahorro que se obtendría, más un 8 % de ahorro que se obtendría, si se genera la cultura de apagar las luces en la hora de almuerzo.

Figura 26. Comparación de costo de energía en (Q) por iluminación con iluminación LED



Fuente: elaboración propia.

3.2. Propuesta para disminución de demanda de energía por ahorradores de energía para motores

La maquinaria del taller de planta de producción representa una buena oportunidad para lograr ahorros de energía, para abordar sus potenciales de ahorro energético es preferible dividir esta área en a través del uso de ahorradores de energía inductivas para motores y conexión a la red de sistemas solares. Según la tabla IX.

Tabla IX. **Propuesta para disminución de demanda de energía por ahorradores de energía para motores**

ESCENARIOS	watts hora diario	watts hora mensual	Costo mensual en Q	Costo por demanda	costo mensual en Q	Porcentaje de ahorro	Ahorro en Q
Energía consumida por motor	111,351.36	244,972.99	Q5,426.40	Q378.00	Q0.00	0.00%	Q367.46
Energía consumida por motores con ahorrador	94,648.66	208,227.04	Q4,291.14	Q0.00	Q1,135.26	20.92%	Q757.26

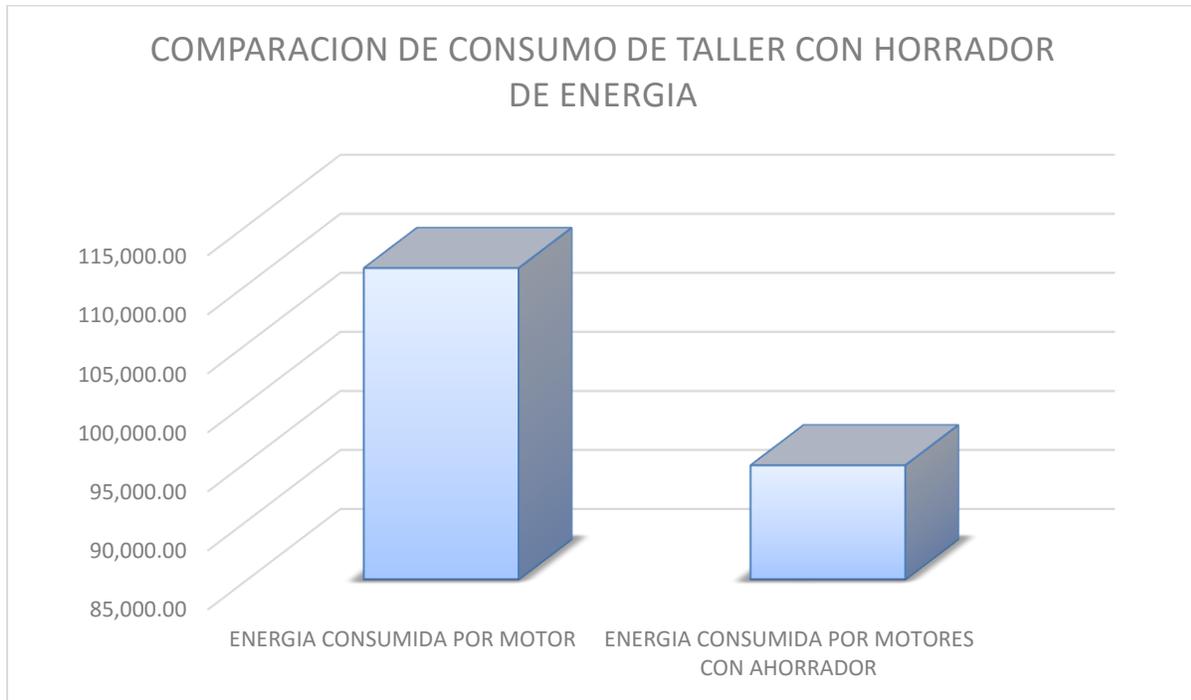
Fuente: elaboración propia.

Según lo que se observa aplicando un ahorrador de energía para motores en la planta de producción, se puede tener un ahorro de costos en energía de un 21 % mensual que es de 367.50 Kwh mensual equivalente a Q757.26 o USD\$ 97.96 en ahorro mensual en energía más Q 378.00 de ahorro en costo por demanda máxima. En total el ahorro en costo por motores es equivalente al 21 % .

3.2.1. Comportamiento de energía consumida diario con ahorrador de energía (Watts/diario)

Según la figura 27, se muestran las ventajas en el consumo de watts, al adquirir un equipo ahorrador de energía para las máquinas de la planta de producción, de un consumo de watts diario equivalente a 111,351.36, la reducción esperada es de 94,648.66 watts, esto equivale a un ahorro del 21 %.

Figura 27. **Comparación de consumo de taller con ahorrador de energía**

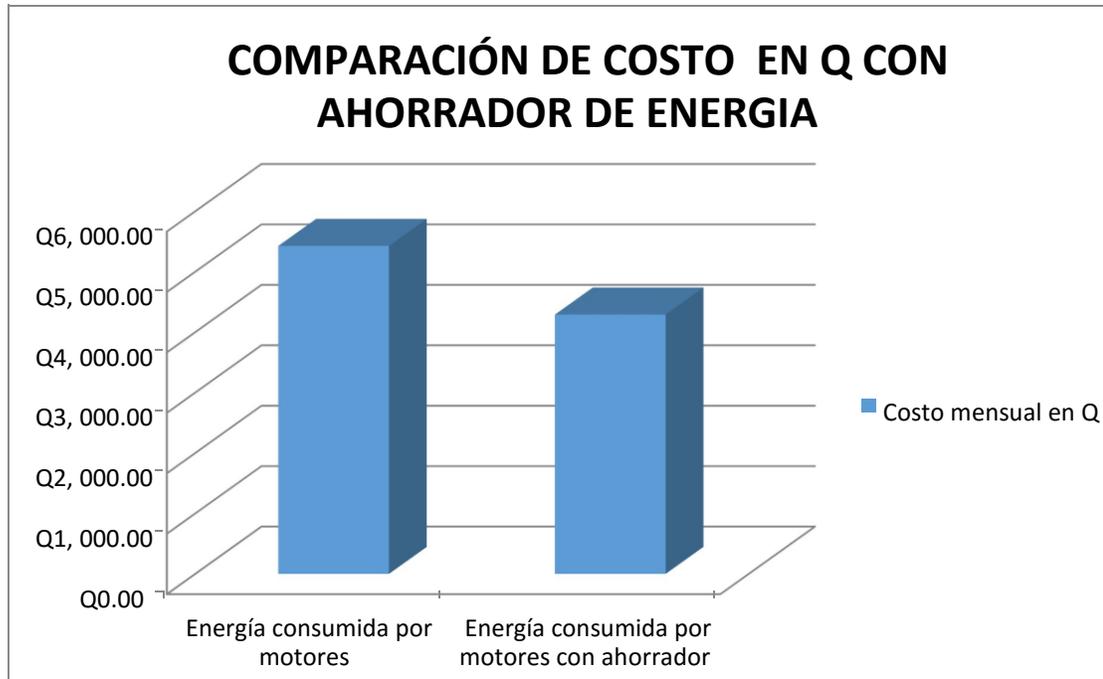


Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Comparación de costo de energía en (Q) con ahorrador de energía

La figura 28 muestra el comportamiento del costo en Quetzales, del colocar motor ahorrador en la planta de producción, es de una forma muy benéfica, ya que sin la utilización de motor ahorrador, el gasto el Quetzales es de Q5,426.40 y el gasto en Quetzales ya utilizando motor ahorrador es de Q4,291.14.

Figura 28. Comparación de costos en Q con ahorrador de energía



Fuente: elaboración propia.

3.3. Inventario de mobiliario y equipo en planta de producción

El inventario que se realizó en la planta de producción, fue ejecutado con la finalidad de tener un amplio panorama de las cargas reales que se tienen instaladas, enfocando directamente a los tipos de máquinas utilizadas, evaluar el rendimiento, la potencia que consume el equipo, la antigüedad del mismo, el tiempo que es utilizada, el detalle se muestra en la tabla X y XI.

3.3.1. Potencia del equipo

Es de vital importancia el conocer la potencia de cada uno de los equipos para determinar la potencia a instalar necesaria en nuestros elementos de alimentación para la realización del cálculo real de nuestra potencia a instalar es

necesario conoce su factor de simultaneidad y factor de utilidad de cada uno de nuestros equipos instalados.

3.3.2. Antigüedad del equipo

La importancia de la antigüedad del equipo así va a dar la información histórica de nuestro equipo y realizar una investigación, según sus especificaciones técnicas para aplicar un mantenimiento predictivo y así velar por la eficiencia energética de cada uno de ellos.

3.3.3. Horas de operación diaria

Esta información podrá ayudar en realizar una curva de demanda de potencia y energía y así tener una gráfica de demanda horaria en relación al tiempo que puede ser diario, mensual o anual, lo cual permitirá tener el criterio para garantizar que nuestra potencia a instalar sea la adecuada.

3.3.4. Energía consumida en W

Esta información es necesaria para dimensionar la demanda energética multiplicada por el tiempo, esto podrá ser útil para evaluar el costo que tiene el equipo y así determinar qué tan eficiente energéticamente es.

Tabla X. Inventario maquinaria de empresa, parte I

No.	Estancia	MAQUINA	NO MOTOR	POTENCIA	AÑOS	VOLTIOS	FP	Horas de operación diaria	Energía consumida	Energía consumida por motores factor de planta	Ahorro de Energía consumida por motores	Energía consumida por motores con ahorrador
1	Administración	refrigeradora	1	300	?	120	0,8	12	3600	2160	324	1836
2	Planta de producción	Cierra de banco	1	2.238	14	240	0,8	5	11190	6714	1007,1	5706,9
3	Planta de producción	Esmeril	1	248	4	120	0,8	1	248	148,8	22,32	126,48
4	Administración	horno microondas	1	700		120	0,8	1	700	420	63	357
5	Planta de producción	Pegadoras de canto	3 trifásicos	2640	7		0,8	4	10560	6336	950,4	5385,6
6	Planta de producción	Extractor	1	1492	7	240	0,8	4	5968	3580,8	537,12	3043,68
7	Planta de producción	Barreno de pedestal	1	373	14	120	0,8	2	746	447,6	67,14	380,46
8	Planta de producción	Rauter	1	25	5	120	0,8	4	100	60	9	51
9	Planta de producción	Cepillo	1	746	4	120	0,8	2	1492	895,2	134,28	760,92
10	Planta de producción	Trompo	1	2238	5	240	0,8	6	13428	8056,8	1208,52	6848,28
11	Planta de producción	Extractor	1	1492	8	240	0,8	4	5968	3580,8	537,12	3043,68
12	Planta de producción	Escuadrador de banco	1	3730	10	240	0,8	4	14920	8952	1342,8	7609,2
13	Planta de producción	Escuadrador vertical	1	1865	8	240	0,8	4	7460	4476	671,4	3804,6
14	Planta de producción	Extractor	1	1492	8	240	0,8	4	5968	3580,8	537,12	3043,68

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Inventario maquinaria de empresa, parte II

No.	Estancia	MAQUINA	NO MOTOR	POTENCIA	Antigüedad	Voltaje Nominal	FP	Horas de operación diaria	Energía consumida		Energía consumida por motores		Energía consumida por motores con ahorrador	
									W	H	W	W	W	W
15	Planta de producción	Escuadrador de banco	1	5.76	0,5	240	0,8	2	3456	2073,6	311,04	1762,56		
16	Planta de producción	Lijadora	1	746	3	240	0,8	2	1492	895,2	134,28	760,92		
17	Planta de producción	Lijadora	1	396	2	120	0,8	4	1584	950,4	142,56	807,84		
18	Planta de producción	Perforadora	1	560	1	120	0,8	4	2240	1344	201,6	1142,4		
19	Planta de producción	Perforadora multiple	1	560	7	120	0,8	4	2240	1344	201,6	1142,4		
20	Planta de producción	Barrenos	1	560	8	120	0,8	4	2240	1344	201,6	1142,4		
21	Planta de producción	Posformador	1	9120	2	240	0,8	4	36480	21888	3283,2	18604,8		
22	Planta de producción	Compresor	1	4560	5	240	0,8	4	18240	10944	1641,6	9302,4		
23	Planta de producción	Laminador de formica	1	250		120	0,8	2	500	300	45	255		
24	Planta de producción	Compresor	1	746		240	0,8	2	1492	895,2	134,28	760,92		
25	Planta de producción	Pegadora membrana de	1	2200	6	240	0,8	4	8800	5280	792	4488		
26	Planta de producción	Estractor	1	500		120	0,8	4	2000	1200	180	1020		
27	gerencia	aire acondicionado	1	1200		240	0,8	0,3	360	216	32,4	183,6		
28	gerencia de procesos	aire acondicionado	1	1200		240	0,8	3	3600	2160	324	1836		
29	contabilidad	aire acondicionado	1	1200		240	0,8	2	2400	1440	216	1224		
		filk 2.9	1	13428		240	0,8	4	16113,6	9668,16	1,450,224	8217,94		

Fuente: elaboración propia.

3.4. Diseño de red de tierra física para la planta de producción

Se detectó que en planta de producción, no existe un sistema de tierra para el taller, ni para el área de oficinas por esta razón se sugiere el diseño de un sistema de tierra para el edificio de planta de producción.

Puesta a tierra para sistemas eléctricos. Uno de los objetivos principales de aterrizar los sistemas eléctricos reducir los voltajes elevados que pueda resultar de rayos, contactos no intencionales con cables de voltajes más altos. Esto puede ejecutarse por medio de un conductor adecuado a la corriente de falla a tierra total del sistema.

El terreno encontrado en la planta de producción es de tipo orgánico, pero no húmedo, por lo tanto, se debe de realizar una fosa y tratamiento químico para la red de tierra física.

La configuración que se ha elegido para el diseño de red de tierra es una red triangular.

3.5. Identificación de posibles oportunidades de implementación de sistemas alternativos de generación de energía

El generador fotovoltaico está formado por un conjunto de módulos del mismo modelo conectados eléctricamente entre sí, encargados de transformar la energía del Sol en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiación solar que incide sobre ellos.

Se debe de tomar en cuenta, que no es posible inyectar de forma directa la energía del generador fotovoltaico en la red eléctrica, debe ser transformada en corriente alterna para acoplarse.

Toda corriente proveniente del generador, es conducida al inversor, que la debe convertir en corriente alterna a la misma frecuencia y tensión que la red eléctrica, de esta forma está disponible para cualquier usuario.

Los paneles se conectan en serie; el número de éstos depende del rango de tensión de entrada admisible del inversor. Además, las series se conectan en paralelo, el número de ramas en paralelo que se conectan a cada inversor dependen de la corriente máxima admisible por el mismo.

Dentro del sistema de evacuación encontramos los contadores de energía, equipos que medirán la producción de la planta, y determinarán la facturación de la misma, si procede.

De acuerdo con un correcto Know-How y en concordancia con las normativas fotovoltaicas de los países más desarrollados en la materia, a la hora de diseñar un sistema fotovoltaico conectado a red se deben seguir una serie de aspectos técnicos. Contando con ellos, la instalación que se presenta tendrá las siguientes características:

- La instalación fotovoltaica no contemplará ningún sistema de acumulación y/o equipos de consumo de energía, intermedios entre el campo de módulos fotovoltaicos y la red de distribución de la compañía.

- La variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación de red no superará el 5 %, quedando esta premisa garantizada por el inversor.

El proyecto consiste en la construcción de una Planta fotovoltaica de 5kW basada en paneles solares de silicio policristalino que se instalarán sobre el techo de la edificación que ocupa la planta de producción.

En la tabla XII, se muestra un resumen de las características de los equipos que constituyen la Planta, como el tipo y número de módulos fotovoltaicos, inversores, entre otros.

Tabla. XII. Característica de equipo fotovoltaico

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Potencia Nominal	5kW
Potencia Pico Instalada	5kW
Paneles Fotovoltaicos	Marca atersa de 250 Wp
Inversores	SUNNY TRIPOWER de KW

Fuente: elaboración propia

Para la realización de esta instalación se utilizarán módulos fotovoltaicos con células de silicio policristalino de elevado rendimiento de 250Wp.

Garantiza una gran resistencia a la intemperie y un elevado aislamiento entre sus partes eléctricamente activas y accesibles externamente. Los paneles deben garantizar, por los periodos indicados en la tabla XIII, que

durante y hasta el final de dichos períodos, la potencia entregada por el módulo, medida en condiciones estándar de ensayo, no será inferior a los valores que se indican en el siguiente cuadro:

Tabla. XIII. **Valor mínimo de potencia entregada**

PERIODO	VALOR MÍNIMO DE POTENCIA ENTREGADA
12 AÑOS	90 %
25 AÑOS	80 %

Fuente: elaboración propia.

La radiación de 1000 W/m²; distribución espectral a 1,5 AM (Masa Atmosférica) y 25°C de temperatura de célula.

Los módulos fotovoltaicos vienen preparados para interconectarse entre ellos con conectores multicontact, ya que la salida de energía del panel se realiza a través de dos conductores libres de halógenos de 4 mm², que salen de una caja de conexiones en la parte posterior del panel, y en los extremos de dichos conductores están preparados los conectores multicontact.

Las estructuras de sujeción de paneles serán tipo carril de aluminio, y serán fijadas a las correas del techo, sobre los que se montarán los módulos fotovoltaicos mediante grapas. Mostrado en figura 29.

El peso total incluyendo el peso del módulo y de la estructura de fijación, es inferior a los 15 Kg/m².

El área requerida para la instalación para la planta de producción de 5kW, es de aproximadamente 45mt de ancho y el techo de planta de producción es aproximadamente de 200 mt. Se cuenta con el espacio suficiente para el montaje de sistema de autogeneración.

En una planta fotovoltaica es fundamental estimar la producción energética para determinar, el ahorro estimado en la factura de la compañía eléctrica. Para ello se presenta una estimación preliminar de la energía, teniendo en cuenta el ahorro estimado en la factura de la compañía, estos valores pueden variar ligeramente considerando ángulos y orientaciones de cada una de las placas fotovoltaicas. La producción de energía eléctrica de una planta de 5kWatt será de 25kWatt-hora por cada día, el tiempo promedio anual previsto de máxima producción de energía es de 5 horas diarias. En otras palabras la potencia total de los paneles multiplicada por las horas de sol con intensidad de radiación máxima de 1,000 W/m² producirá la energía mensual de 750 kW-H por mes.

Figura 29. **Panel fotovoltaico**



Fuente: <http://energia-renovable.eu/> Fecha de consulta: abril 2016.

4. PLAN DE INVERSIÓN DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO

4.1. Inversiones a corto plazo

Esta es la inversión que se cataloga como urgente de realizar, evidenciando ineficiencia en la estructura de la acometida principal y de las tierras físicas

4.1.1. Acometidas y tierras físicas

Una de las inversiones que la empresa debe realizar antes de invertir en equipo como iluminación LED o paneles para autogeneración eléctrica es la mejora de la calidad de las instalaciones tanto en la acometida comercial como en la tierra física. En la figura 30, se muestra cotización del costo de materiales necesarios para realizar la mejora que se necesita y hacer más eficiente la recepción de la energía.

Dentro del listado de material que se debe de adquirir, podemos nombrar las siguientes cantidades y descripciones:

- 3 Varillas de cobre 5/8" *8 UL Marca Erico.
- 3 Mordaza varilla de cobre 5/8" Bronce UL Marca Erico.
- 6 Carga soldadura 90 Erico.
- 6 Carga soldadura 45 Erico.
- 20 Cable de cobre desnudo #2.
- 12 Cable thhn #6 verde marca Viakon
- 2 sacos de Bentonina.
- 1 cinta scotch de 3/4" * 66' marca 3M

Figura 30. Cotización de material para reparación de acometida principal

Página 1

COTIZACIÓN

FECHA:	26/06/2016	No. Cotización:	MST0010450
PARA:		DE:	
COMPANIA:		EMPRESA:	IMPELSA GUATEMALA
TELEFONO:	00 502 5748-451	TELEFONO:	00 502 2312140
FAX:		E-mail:	
E-mail:		FAX:	00 502 2312140
PROY/REF.			

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
ERC0025	3	VARILLA DE COBRE 5/8" * 8' UL MARCA: ERICO CATALOGO: 615880 ENTREGA: 00/00/0000	Q176.87	Q530.61
ERC0145	3	MORDAZA VARILLA COBRE 5/8" UL BRONCE MARCA: ERICO CATALOGO: CP58 ENTREGA: 00/00/0000	Q20.00	Q60.00
ERC0033	6	CARGA SOLDADURA 90 ERICO MARCA: ERICO CATALOGO: 90 ENTREGA: 00/00/0000	Q55.68	Q334.08
ERC0038	6	CARGA SOLDADURA 45 ERICO MARCA: ERICO CATALOGO: 45 ENTREGA: 00/00/0000	Q29.16	Q174.96
IMP0036	20	CABLE DE COBRE DESNUDO #2 MARCA: CATALOGO: ENTREGA: 00/00/0000	Q50.61	Q1,012.20
IMP0441	12	CABLE THHN #6 VERDE MARCA: VIAKON CATALOGO: ENTREGA: 00/00/0000	Q21.76	Q261.12
IMP0031	2	SACO DE BENTONITA MARCA: PULMIGUA CATALOGO: ENTREGA: 00/00/0000	Q72.92	Q145.84
03M0003	1	CINTA SCOTCH 33 DE 3/4" * 66' MARCA: 3M CATALOGO: 6132 ENTREGA: 00/00/0000	Q46.25	Q46.25

EMITIR CHEQUE A NOMBRE DE:

FECHA DE ENTREGA: 00/00/0000
LUGAR DE ENTREGA: CIUDAD
CONDICIONES DE PAGO: CONTADO
VALIDEZ DE LA OFERTA: (15) DÍAS

OBSERVACIONES:

CONDICIONES DE PAGO: CONTADO
TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA, SALVO VENTA PREVIA
VALIDEZ DE LA OFERTA: 10 DIAS - DESPACHO BODEGAS

Subtotal:		Q2,565.06
Descuento: %	40	Q1,026.02
Flete:		Q0.00
Otros Gastos:		Q0.00
TOTAL:		Q1,539.04

GUATEMALA GUATEMALA 01010

Fuente: elaboración propia.

Para el arreglo de acometida de mano de obra se calcula un costo de Q700.00 además de Q1,539.04 de material.

Como se puede observar en la figura 31, la acometida de la planta de producción necesita aterrizarse a tierra y elaborar una tierra física adecuada que igualmente se incluye en el presupuesto.

Figura 31. Acometida principal



Fuente: elaboración propia

4.1.2. Sistema de tierras para la planta de producción

Además, se debe de realizar el sistema de tierras para planta de producción debido a que no se cuenta con ello esta inversión del sistema de tierras tiene un costo aproximado de Q3,800.00 de materiales que se listaron en el apartado anterior, además de Q4,300.00 de mano de obra para la realización del sistema de tierras.

Estas inversiones no producen una reducción de costos en energía, pero son necesarias debido a que si no se realizan no es conveniente utilizar lámparas LED o sistemas de paneles solares para autogeneración y demás

componentes de ahorro energético por falta de protección y condiciones adecuada para su funcionamiento.

4.2. Inversiones a mediano plazo

4.2.1. Iluminación LED

Se realizó el inventario de lámparas lo cual facilito sacar un listado de lámparas LED adaptados a los ambientes de planta de producción, la cual se muestra en la tabla XIV.

Tabla XIV. Inventario de iluminación en planta de producción

CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA w	LUMENES	VOLTAJE V	FOTO	COLOR
31	TUBOS LED T8 DE 18	18	2800	85/266		LUZ BLANCA
5	bulbos E27	10	1000	110/220		LUZ blanca
7	TUBOS LED T8 DE 36 watts	36	5000	110/220		Luz blanca

Fuente: elaboración propia.

Se sabe que la matriz de consumo de energía la iluminación compone el 11 % del consumo de energía, de iluminación se puede reducir sustituyendo la iluminación fluorescente por la iluminación LED en un 75 % del consumo actual de iluminación más un 8% de reducción, por apagar la

iluminación a la hora del almuerzo esto equivaldría a 195.69 Kwh mensualmente, consumido equivalentes a Q 601.04 el ahorro que se obtiene.

La propuesta consiste en cambiar la iluminación actual de la planta de producción por iluminación LED.

Se realiza una evaluación económica y financiera del proyecto mediante el método de VAN y TIR.

4.2.1.1. Cálculo del VAN y TIR de inversión iluminación LED

La inversión inicial se toma como desembolso de USD\$ 2485.00 americanos y un ahorro del primer año de \$ 936.00 y en los siguientes años un crecimiento del 2% por lo cual se observa que la inversión se paga en 2.5 años de haber realizado la inversión el proyecto tiene 6 años de vida, según especificaciones de las lámparas por lo cual el proyecto se hace rentable en ese tiempo de vida. Según figura 32.

Figura 33. **Motor ahorrador de energía**



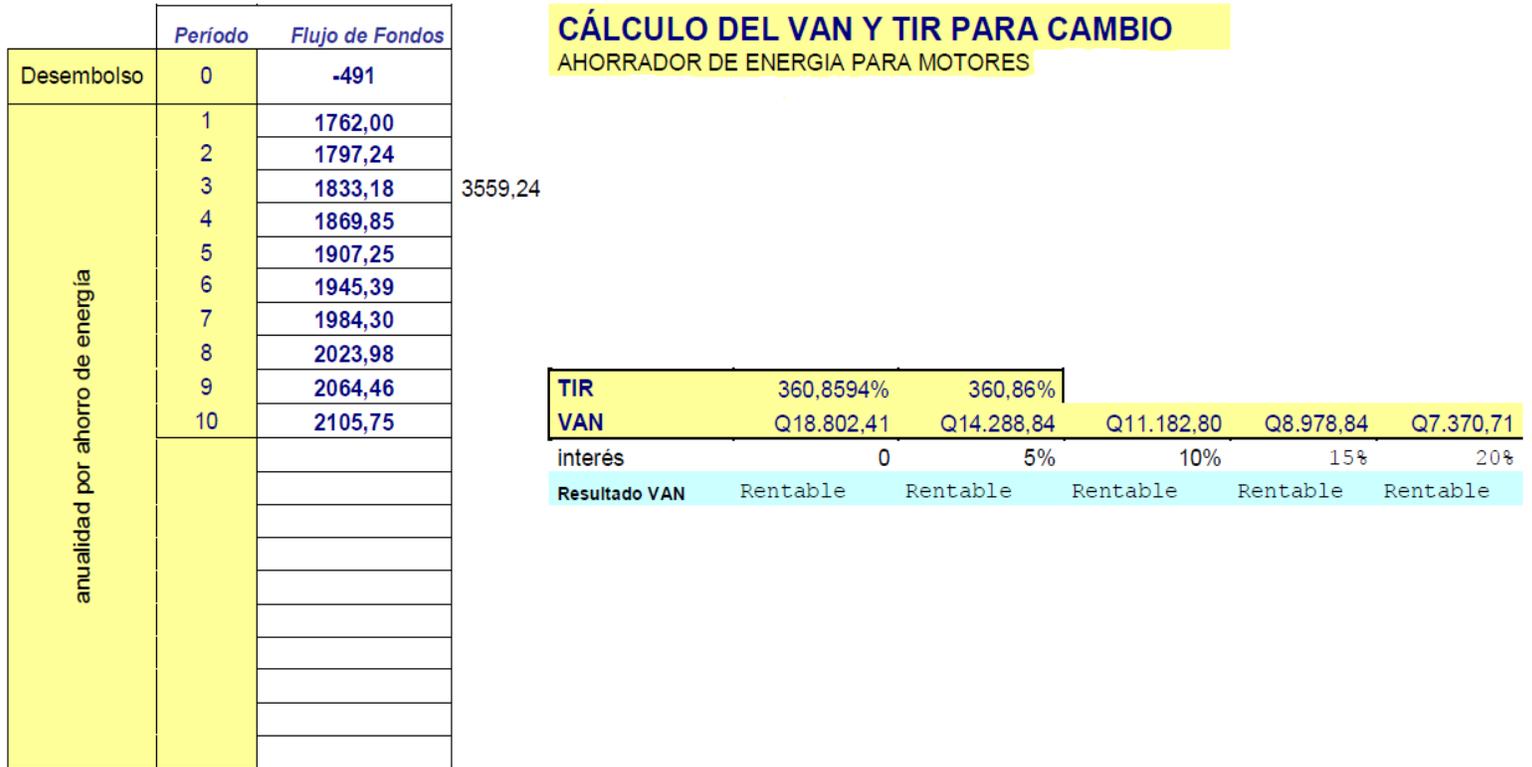
Fuente: elaboración propia.

Según lo que se observa aplicando un ahorrador de energía para motores en la planta de producción se puede tener un ahorro de costos en energía de un 20 % mensual, que es de 367.50Kwh mensual, equivalente a Q 757.26 en ahorro mensual en energía, más Q 378.00 de ahorro en costo por demanda máxima. En total el ahorro en costo por motores es equivalente al 21 % mensual 1135.26 mensuales.

4.3.1. Cálculo del VAN y TIR de inversión ahorrador de energía para motores

La inversión inicial se toma como desembolso de USD\$ 491.00 americanos y un ahorro del primer año de USD\$ 1762.00 y en los siguientes años un crecimiento del 2 % por lo cual se observa que la inversión se paga en 4 meses de haber realizado la inversión el proyecto tiene 10 años de vida según especificaciones de ahorrador de energía por lo cual el proyecto se hace rentable en ese tiempo de vida. Según se muestra en la figura 34.

Figura 34. Cálculo del VAN y TIR para ahorrador de energía para motores



Fuente: elaboración propia.

4.4. Inversión a largo plazo

4.4.1 Sistema solar fotovoltaico para autogeneración sincronizada con la red convencional

En el documento de Identificación de posibles oportunidades de implementación de sistemas alternativos de generación de energía. Se describió un sistema de conexión a la red para planta de producción.

Cuando existe la radiación solar o cuando existe una duración de horas de luz, el auto productor tiende a consumir la energía solar producida por las celdas fotovoltaicas, en caso que no haya luz solar o esta no es lo suficiente, el usuario toma la energía faltante de la red eléctrica.

4.4.2. Características del sistema fotovoltaico a utilizar

Las características del sistema fotovoltaico a utilizar en la planta de producción se describen en la figura 35. Donde se especifica la cantidad de paneles a utilizar, la cual es de 20 paneles.

Figura 35. Descripción del sistema de generación de energía

Planta para autogeneración con capacidad instalada de 5kWp		5	
Planta kW			
Planta de producción	5,000	Wp	
U\$			
Cantidad	Concepto	P.U.	P.total
20	KOMAES 250	500.00	10,000.00
2	SUNNY TRIPOWER 2500TL-US	1,000.00	2,000.00
1	Estructuras de soporte	600.00	600.00
1	Cableado Dc y Protecciones	400.00	400.00
1	Cableado AC y protecciones	500.00	500.00
1	Mano de Obra	15,00.00	15,00.00
TOTAL U\$		15,000.00	

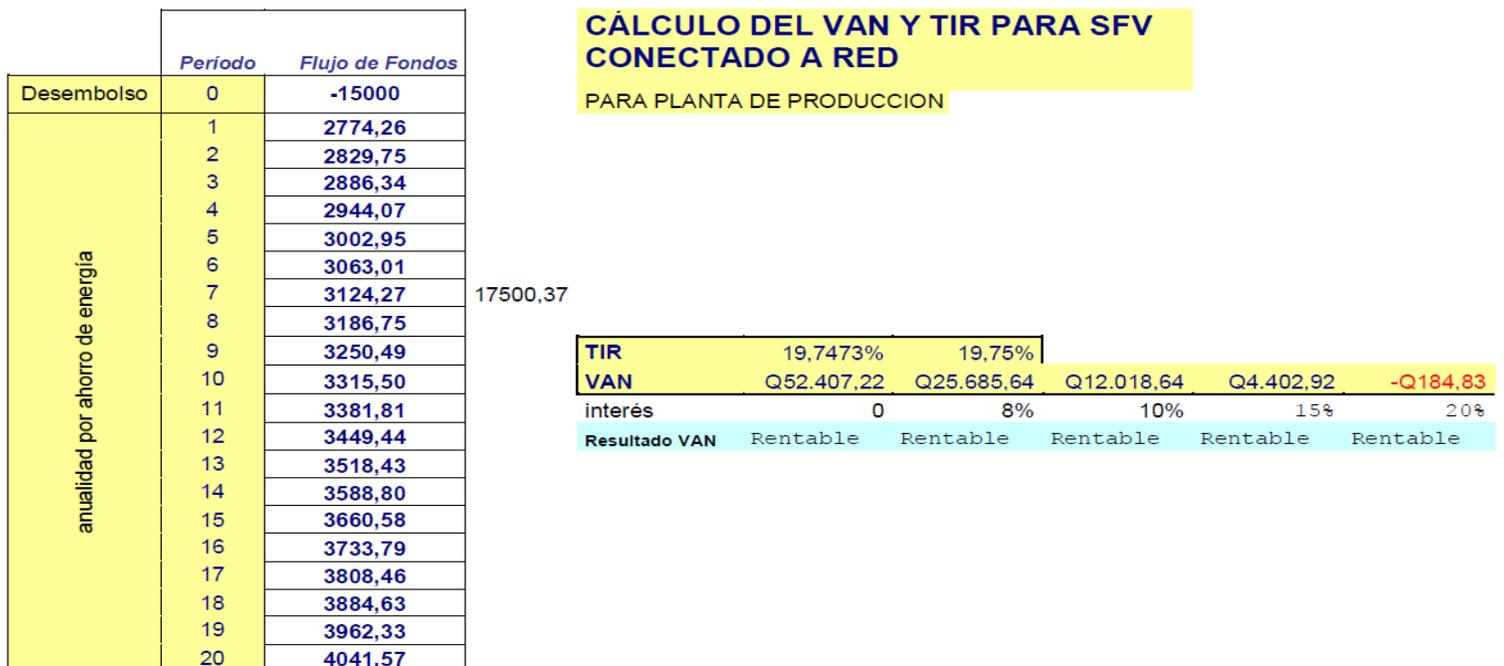
Fuente: elaboración propia.

4.4.2.1. Cálculo del VAN y TIR de inversión sistema solar fotovoltaico.

La inversión inicial para planta de producción de un sistema conectado a la red es USD\$ 15,000.00 dólares americanos según presupuesto el ahorro previsto por este proyecto es el siguiente.

El gasto mensual de electricidad de la planta de producción, es de USD\$ 660.54, el sistema está diseñado para compensar el 35 % de este gasto equivalente a USD\$ 231.18 al mes y USD\$ 2,774.26 al año por lo cual se realiza el análisis VAN y TIR para comprobar la rentabilidad del proyecto. Según figura 36.

Figura 36. Cálculo de VAN y TIR para paneles solares conectados a la red



Fuente: elaboración propia.

Según el análisis Van TIR de sistema solar conectado a la red para la planta de producción es rentable el proyecto, se recupera en 6 años y tiene un tiempo de vida de 20 años por lo cual es recomendable.

4.5. Cuantificación de la reducción de emisiones atmosféricas de CO₂ a través de la implementación de eficiencia energética

Alrededor de las 3/4 partes de las emisiones de CO₂ responsabilidad del ser humano, que se han producido en los últimos 20 años en el mundo se deben a las emisiones producto de la quema de combustibles fósiles. El resto se debe fundamentalmente a los cambios en el uso del suelo y, especialmente, a la deforestación.

El cambio climático va unido a un modelo energético dependiente del petróleo, el carbón y el gas. Toda la quema de todos estos combustibles fósiles tiende a liberar grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, este mismo, es conocido como el gas de efecto invernadero más abundante.

Las concentraciones atmosféricas de CO₂ a nivel mundial se han incrementado un 35% por encima de los niveles preindustriales.

Actualmente, los océanos y los suelos están absorbiendo en conjunto aproximadamente la mitad de las emisiones antropogénicas de CO₂. A pesar de Esto, las concentraciones de CO₂ en la atmósfera siguen aumentando en torno a un 0,4% anual.

Para el cálculo de las emisiones evitadas de CO₂, se toma de referencia, la energía anual generada –EAG- como si la generación se llevara a cabo con

carbón. 1 Kwh producido con carbón producen 0,75 kg de Es un dato aproximado ya que depende del tipo de carbón que se utilice.

En la tabla XV. Se muestra el resumen de ahorro de energía tanto térmica como eléctrica para Restaurante el Encuentro y el cálculo de CO₂ emitido por el restaurante sin las medidas de ahorro y con las medidas de ahorro energético.

Tabla XV. Resumen de ahorro de toneladas de CO₂

AREA DE COSUMO	POTENCIA INSTALADA W	ENERGIA COSUMIDA DIARIA WH	ENERGIA CONSUMIDA MENSUAL WH	POTENCIA INSTALADA KW	ENERGIA COSUMIDA DIARIA KWH	ENERGIA CONSUMIDA MENSUAL KWH	ENERGIA CONSUMIDA ANUAL KWH	Kg Co2 TOTALES	% DE AHORRO	AHORRO DE Kg Co2	AHORRO DE TON Co2
ILUMINACION	3,760	13,800	303,600	3.76	13.8	303.6	3,643.20	2,732.40	65%	1,776.06	1.78
TALLER	62,565	111,351	2,449,729.92	62.565	111.35	2,449.73	29,396.76	22,047.57	45%	9,921.41	9.92
OFIMATICA	950	3,567	78,474	0.95	3.57	78.47	941.69	706.27	2%	14.13	0.01
TOTALES	67,275			67.275	128.71836	2,831.80	33,981.60	25,486.20	1.12	11,711.59	11.71

Fuente: elaboración propia

4.6. Indicadores de desempeño energetico

4.6.1. Consumo energético/cantidad de producto fabricado

Este es el indicador por excelencia del sector industrial. Jugando en la fórmula con numerador y denominador, obtenemos las múltiples variantes utilizadas en la industria:

4.6.1.1. Variantes del numerador: consumo energético

Variando el numerador o tipo de consumo que irá en la fórmula del indicador, podemos establecer diferentes indicadores:

Consumo total/cantidad de producto fabricado, si partimos de la energía total consumida en la organización.

Consumo eléctrico/cantidad de producto fabricado, Consumo de energía térmica/cantidad de producto fabricado, Consumo de energías renovables/cantidad de producto fabricado... si nos centramos en el consumo de cada una de las fuentes de energía empleadas en la organización.

Consumo de la línea de corte/cantidad de producto fabricado, Consumo de la cortadora/cantidad de producto fabricado, Consumo del proceso de pegado de canto/cantidad de producto fabricado.

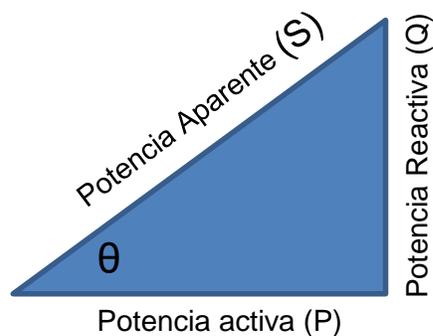
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se realizó el análisis de eficiencia energética de la planta de producción y el diagnóstico por ahorro de energía en las instalaciones, se encontró que realizando algunas inversiones y modificaciones a los hábitos de consumo, se puede de esta manera, minimizar el consumo de potencia máxima es un 30%, entre las acciones identificadas a tomar son las siguientes:
 - Invertir en iluminación LED
 - Invertir en ahorradores de energía para motores.
 - Mejoramiento de los hábitos de consumo.
 - Implementación de sistemas solares fotovoltaicos.
- Se conoce que el factor de potencia es el que cuantifica que la energía efectivamente fue convertida en trabajo y no fue convertida en calor, por lo tanto si un factor de potencia es demasiado bajo, se tendrá que utilizar un cable de calibre más grueso para evitar calentamientos en el mismo y sobre todo mayor corriente.

De manera que es impráctico que se utilice a mayor costo un cable tan grueso para transportar la misma capacidad de energía, proporcionada para una acometida con un factor de potencia muy bajo, comparándolo con otra acometida que demanda la misma capacidad de energía con un factor de potencia cercano a 1 y un cable de menor calibre.

Elaborando los cálculos del factor de potencia de la acometida 1 y acometida 2, tenemos los siguientes resultados:

Cálculo del factor de potencia:



Factor de potencia = $\cos \theta$

$\cos \theta = \text{potencia activa (P)} / \text{potencia aparente (S)}$

$\theta = \tan^{-1} (\text{potencia reactiva (Q)} / \text{potencia (P)})$

Factor de potencia = $\cos \theta = \cos (\tan^{-1} (\text{potencia reactiva (Q)} / \text{potencia (P)}))$

Medidor 1:

$f.p = \cos (\tan^{-1} (142,7 \text{ kvarh} / -136,206 \text{ Kwh})) = 0.6904$

Medidor 2:

$f.p = \cos (\tan^{-1} (97,16 \text{ kvarh} / 274 \text{ Kwh})) = 0.9424$

Se observa que en el análisis del factor de potencia para el medidor 1 es muy bajo y que es correspondiente a que en dicho medidor está conectada toda la maquinaria que es utilizada en el taller.

En el medidor 2, como se encuentran conectadas únicamente las oficinas el balance de las cargas es correcta, por lo que se aprecia en un factor de potencia aceptable y cercana a 1.

- Los análisis termograficos son utilizados para mantenimientos “predictivos”, por lo que se sobre entiende que es para hallar fallas en uniones eléctricas, debido a sobre cargas o corrosiones en fases tempranas, para no esperar a que ocurra un fallo mayor y grave.

Basado en la medición referenciada a puntos neutrales, se puede dar por temperatura normal a 25°C, ya que la temperatura ambiente del lugar debe estar un poco por debajo de esta medición, por lo tanto:

Para la acometida 1:

Mediante el análisis de termografía se aprecia que en los bornes de acometida y flipón la temperatura es bastante normal, por lo que indica que el calibre del cableado general interno está bien, por lo que no es necesario realizar ningún cambio en cableado, únicamente es apreciada las corrientes parasitas que circula por el borne de la acometida y flipón.

Para acometida 2:

Aparentemente según las mediciones de termografía se encuentra entre las temperaturas adecuadas tanto los bornes de acometida como el del flipón general.

- La implementación del sistema de puesta de tierra para la planta, es una de las acciones primordiales antes de realizar cualquier otro cambio, ya que la implementación de paneles solares o luces LED, sin tener una puesta a tierra adecuada, puede afectar el funcionamiento de los mismos, igual que a los sistemas de cómputo.

- El horario de utilización de la iluminación en la mayoría de las estaciones de trabajo de la planta de producción se utiliza entre las 8 o 10 horas diarias, porque las lámparas se mantienen encendidas desde la hora de entrada 8:00 AM, hasta las horas de salida 17:00 o 18:00 sin apagarse a la hora de almuerzo. Realizando la simulación con los datos obtenidos y reduciendo una hora a las estancias de trabajo el consumo se reduce en 1.3 % que equivale a 1.5 Kwh/día.
- Antes de realizar una inversión en equipo de iluminación LED y paneles solares, debe de invertirse en la mejora de las instalaciones, tanto en la acometida comercial como en las tierras físicas, la inversión aproximada es de Q9,639.04

Una de las opciones rentables para la empresa es la implementación de ahorradores capacitivos de motores eléctricos debido a que en la planta de producción, no se cuenta con un equipo de banco de capacitores. La inversión es de Q3, 682.50 y se tiene un retorno en 4 meses. Luego de realizada la inversión el proyecto tiene 10 años de vida según especificaciones de ahorrador de energía, por lo cual el proyecto se hace rentable en ese tiempo de vida.

- Los beneficios que se obtendrán es una reducción significativa en el consumo de energía eléctrica, así como evitar el aumento de emisión de CO₂ al medio ambiente y así contribuir a la conservación del mismo. La importancia del estudio realizado, es sobresaliente, debido a que se enfoca en administrar el uso de la energía de una forma adecuada.
- El sistema propuesto para planta de producción está diseñado para compensar 30 % de la energía consumida por este edificio.

- La implementación de paneles solares en un sistema eléctrico, reduce la utilización de la energía comercial; los paneles solares actualmente son bien aceptados en áreas abiertas en donde no sean cubiertas fácilmente por sombra.

El coeficiente de rendimiento se propondrá aproximadamente en 0.75 que se refiere a una eficiencia máxima de un panel de generación por en circunstancias normales, por lo que se debe tomar en cuenta que los paneles propuestos generan 5,000w pico, medida referenciada a medio día y un sol radiante.

Por lo que realizando el cálculo efectivo se obtiene un rendimiento por metro cuadrado de: 3,750w pico.

Por lo que asumiendo que se generan 3.75 kw durante 4 horas de sol efectivas se tendrá una potencia generada por día de aproximadamente 15 kw, que durante un mes será de 450kw de potencia generada.

Si el total de consumo del taller es de: 93.4kwh al día, durante un mes aproximadamente consume: 2,241kwh, por lo que al implementar paneles solares logramos una reducción de aproximadamente 20 % del consumo total eléctrico.

CONCLUSIONES

1. En el análisis termografico en los breakers de los diferentes contadores de la planta de producción, no mostraron problemas de sobre carga en los cables de los conductos eléctricos, por lo tanto no existe problema de fuga de energía por calentamiento de cables.
 - a. El análisis de demanda se realiza es el contador número 1, por ser el único que tiene cobro por demanda máxima y potencia máxima.
 - b. El consumo de energía por iluminación se puede reducir hasta en un 65 % utilizando lámparas LED.
2. En la matriz de energía eléctrica mensual, tomando en cuenta el consumo en Kwh, se observa que el 86 % del consumo de energía en la planta de producción, es por equipo y maquinaria de taller. Esto es equivalente a 2,499.72 Kwh de consumo y en Q 4,115.55, de estas dos cantidades consumidas, implementando ahorradores de energía y variadores de frecuencia, es posible reducir hasta un 20 % del 86 % actualmente consumido.

El 11 % del consumo de energía en la planta de producción, está asignado al concepto de iluminación, este rubro se puede reducir sustituyendo la iluminación fluorescente por la Iluminación LED en un 65 % del consumo actual de iluminación esto equivale a 303,60 Kwh mensualmente de consumo de energía y Q 510.00 del monto a pagar, el ahorro que se obtendría sería de Q 332.00.

El porcentaje que se utiliza para equipo de ofimática y otros, será del 3 % para esta parte, se recomienda cambiar los hábitos de consumo, realizar el

apagado de los equipos en la hora de almuerzo, para reducir un 2 % del consumo total de 78 Kwh mensual. El total del ahorro estimado en KWH es de 1,57 que equivalente a Q 2.64 mensuales.

3. La inversión en iluminación LED en empresa será una de las opciones que pueden ser complementarias a fin de lograr ahorros considerables para la empresa, la inversión es de Q18, 637.50 y se recupera la inversión en 2 años y el tiempo de vida de la iluminación será de 6 años.

La inversión en sistemas solares fotovoltaicos para autoproducción es una inversión a largo plazo y es de Q112, 500.00. La recuperación se realiza en 6 años y el proyecto tiene un tiempo de vida de 20 años; lo cual realiza el proyecto es rentable.

RECOMENDACIONES

1. Que la maquinaria que utiliza alta demanda de potencia y que estén motorizados (arriba de 1Kwh) será necesario que se implemente una medida más eficiente de arranque para minimizar picos de corriente, con estas medidas se puede disminuir consumos de energía, esto es debido a que cuando un motor arranca puede llegar a alcanzar hasta 8 veces la corriente nominal, por lo que al incrementar la corriente la potencia aumenta drásticamente.

Si de igual forma las máquinas no se encuentran sobre dimensionadas, en lo único que debe preocupar es en la reducción de consumo de potencia en arranque, ya que en operación el consumo está establecido, según la eficiencia de la máquina.

Los factores que se pueden implementar pueden ser 4:

- a) Utilización de bancos de capacitores paralelos a cada línea trifásica cuando los motores son trifásicos (ahorradores), la finalidad de estos son para reducir la potencia reactiva, como es bien sabido la potencia que se cobra es la potencia aparente, ésta potencia, en su cálculo incluye a la potencia Activa (esta NO es posible eliminarla) y la potencia reactiva (es posible disminuirla), por lo que al disminuir la potencia reactiva automáticamente esta disminuyendo los costos y haciendo mayormente eficiente el sistema eléctrico del taller.

- b) Utilización de un arranque Estrella-delta para minimizar la corriente de arranque, porque lo único que se requiere es mover el rotor, por lo que eso sería suficiente para alcanzar la potencia nominal. (es el método más ineficiente, pero económico).
- c) Utilización de variadores de frecuencia para arranque suave de motor, cabe recordar que esta es la manera más eficiente de arrancar motores de alta demanda de potencia.
- d) Utilización de un arrancador suave, este es un dispositivo electrónico que únicamente puede variar la velocidad del motor, mas no la frecuencia como lo realiza el variador.

Con cualquiera de los factores que se implemente no es necesario utilizar un esquema de cascada para arrancar motores y se evita el problema de pico de tensión de arranque y más si estuviera arrancándose en hora pico puede incurrir en multas por sobre pasar la demanda contratada.

Para los ítems a, b y c, que son los que utilizan electrónica adicional, debe establecerse una rampa suave de arranque, aparte, que con estas formas de arranque se logra proteger al motor y por consiguiente alargar la vida de la maquinaria en cuanto a su parte eléctrica.

2. Para mejorar el factor de potencia es necesario integrar bancos de capacitores para disminuir la potencia reactiva generada por la utilización de motores, también se requiere la adecuación de calibre de cableado eléctrico para disminuir pérdidas por calentamiento si existieran posteriormente a la integración del banco de capacitores.

3. La implementación de paneles solares para obtener una reducción del 20 % en el consumo del contador 1 y así tener los dos contadores con una tarifa sin contratación de potencia. De esta forma en lugar de consumir en promedio 14 kw de potencia, se consumirían en promedio 9 Kw de potencia, lo cual sería aceptable para mantener una tarifa de baja tensión simple.
4. Que en todas las áreas se apague la iluminación y las maquinas en el tiempo de almuerzo y buscar el aprovechamiento de la luz natural.
5. Antes de cualquier inversión relacionada con paneles solares, es recomendable volver eficiente el uso de la energía eléctrica en la planta de producción, si de alguna forma no se hace eficiente dicho uso y se colocan paneles solares, no se logrará el objetivo esperado de ahorro ya proyectado.
6. Con respecto al tema de inversión, se recomienda la realización de los mismos, debido a que el retorno de dicha inversión es eficiente versus los tiempos de vida de los equipos, de igual forma se recomienda buscar otras cotizaciones para poder ver si baja el monto a invertir, siempre tomando en cuenta la calidad del equipo que se va adquirir, con esto no podemos sacrificar la calidad del equipo, por un mejor precio. Si de alguna manera se logra mejorar el precio de inversión, sin poner en riesgo la calidad de los equipos, se podrá de esta forma, mejorar el tiempo de retorno de la inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abalo Santos, N. (2005), *Introducción a la ofimática: Windows*, Escuela de Administración Pública, Imprenta Regional. p.9.
2. Aguilar Díaz, I. (2005). *Finanzas Corporativas en la Práctica*. Delta Publicaciones. pp. 5-6.
3. Austin Castejón, G.S. (2010). *En Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editorial Editex. pág. 166.
4. B Van Campen, D.G. (1991). *Energía Solar Fotovoltaica para la Agricultura y Desarrollo Rural Sostenible África*. p.10.
5. Balcells, J.M. (2010). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Editorial Marcombo. p.201.
6. Bolaños, F. (marzo de 2013). *Usos Productivos de la Energía Renovable en Guatemala*. Obtenido de http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/operations/projects/environment_and_energy/PURE.html
7. Castillo de León, E. (2010). *Análisis Termográfico*, TRC informática, S.L. Madrid. p.2.
8. Conde de Oso, L.E. (2013). *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba*. p. 39-48. Cuba
9. De Juana Sardón, J.M. (2003). *Energía Renovable para el Desarrollo*. Editorial Paraninfo. P.8.
10. Dorremochea, C. (2010). *La iluminación con LED y el problema de la contaminación lumínica*. Editorial Astronomía. p.37.
11. Epalza, M. (2012). *Análisis de la eficiencia en el consumo de energía en el edificio Yariguies*. Universidad de Santander Bucaramanga. p.5.
12. Fernandez Pola, F.B. (noviembre de 2013). *Energía Solar Fotovoltaica*. (R. d. Publicas, Ed.) P. 5.
13. García Martínez, R. (1990). *La puesta a tierra de Instalaciones Eléctricas y el R.A.T.* Marcombo. p.103.

14. Guerra Plasencia, I.B. (2008). *Fuentes de energía para el futuro*. Ministerio de Educación España. p.53. España.
15. Kramer, F. (2003). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible*. Los Libros de la Catarata. p. 68
16. Lavandeira, A.J. (2008). *Fuente de Energía para el Futuro*. Ministerio de Educación. P.204
17. Martínez García, A. (2006). *Disminución de costes energéticos en la empresa*. Fc Editorial. P.60.
18. Mascaros Mateo, V. (2015). *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*. Ediciones. Paraninfo, S.A. p. 112.
19. Moro Vallina, M. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editorial Paraninfo. p.35.
20. Paneque Rondon, P.G. (2004). *Ahorro del costo energético utilizando Sistemas Conservacionistas*. (R. C. Agropecuarias, Ed.). p.15.
21. Puig, J.C. (1990). *La Ruta de la Energía*. Anthropos Editorial. p.204
22. Ramírez, S.M. (junio de 2006). *La Gestión Energética. Una Herramienta Indispensable en la Gestión Empresarial*. Pp. 1-8.
23. Ramos Castillo, P. (2005). *Energías y Medio Ambiente*. Universidad de Salamanc. P.96.
24. Roldán Vilorio, J. (2008). *Fuentes de Energía*. Editorial Paraninfo. P.135.
25. Sapag Chain, N. (2007). *Proyectos de Inversión*. Pearson Educación. pp.253-254.
26. Suarez Pertierra, G (1995). *Madera y Mueble*. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid España. p. 270.
27. Transhorras Montecelos, J. (2015). *Subestaciones Eléctricas*. Ediciones Paraninfo, S.A. p.135.
28. Valentín Labarta, J.L. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editorial Donostiarra Sa. P.35. Madrid España.

29. Zaragoza, J. (2011), *Iluminación con LEDs blancos*, perteneciente al Grupo de Espeleología Comando (G.E.C.). p.2

