



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOTÉRMICO EN LOS  
PROCESOS DE LAVANDERÍA Y PLANCHADO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE  
JEANS DE MEZCLILLA MINIMIZANDO LOS COSTOS DE OPERACIÓN**

**Eduardo David Coronado Palencia**

Asesorado por el Msc. Ing. Oscar Fernando Argueta Mayorga

Guatemala, febrero de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOTÉRMICO EN LOS  
PROCESOS DE LAVANDERÍA Y PLANCHADO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE  
JEANS DE MEZCLILLA MINIMIZANDO LOS COSTOS DE OPERACIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDUARDO DAVID CORONADO PALENCIA**

ASESORADO POR EL MSC. ING. OSCAR FERNANDO ARGUETA MAYORGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## 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:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOTÉRMICO EN LOS PROCESOS DE LAVANDERÍA Y PLANCHADO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE JEANS DE MEZCLILLA MINIMIZANDO LOS COSTOS DE OPERACIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de la Escuela de Posgrados, con fecha 28 de enero 2013.



**Eduardo David Coronado Palencia**



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0022-2013

Guatemala, 28 de enero de 2013.

Director:  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Eduardo David Coronado Palencia** con carné número **2001-17551**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

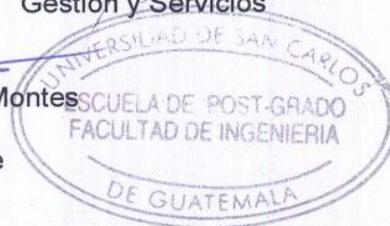
"Id y enseñad a todos"

Msc. Ing. Oscar Fernando Argueta M.  
Asesor (a)

Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de  
Postgrado

César Akú Castillo MSc.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073



Cc: archivo  
/la





REF.DIR.EMI.042.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOTÉRMICO EN LOS PROCESOS DE LAVANDERÍA Y PLANCHADO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE JEANS DE MEZCLILLA MINIMIZADO LOS COSTOS DE OPERACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo David Coronado Palencia**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

/mgp





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 Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOTÉRMICO EN LOS PROCESOS DE LAVANDERÍA Y PLANCHADO EN UNA EMPRESA DE MANUFACTURA DE JEANS DE MEZCLILLA MINIMIZANDO LOS COSTOS DE OPERACIÓN**, presentado por el estudiante universitario: **Eduardo David Coronado Palencia**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, febrero de 2013

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por guiarme a lo largo de este camino en todo momento, por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **Mis padres**

David Jesús Coronado Gonzalez y Dominga del Carmen Palencia Pineda de Coronado, por su apoyo incondicional, por la educación que me brindaron y por su cariño.

### **Mi familia**

Por alentarme día a día, motivándome a seguir adelante.

### **Mis amigos**

Por todo su apoyo, por estar a mi lado en las buenas y en las malas y por enseñarme el verdadero significado de la palabra amistad.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme ser parte de tan gloriosa casa de estudios superiores.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme inculcado dentro de sus aulas la responsabilidad, el trabajo y la dedicación.
<b>Los catedráticos de la Facultad de Ingeniería</b>	Por compartir sus conocimientos y enseñanzas, por su paciencia y apoyo.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Oscar Fernando Argueta Mayorga, por su tiempo invertido, sus comentarios y observaciones durante la elaboración de este trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN .....	IX
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. OBJETIVOS .....	5
4. JUSTIFICACIÓN .....	7
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	9
6. ALCANCES .....	11
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	13
8. HIPÓTESIS .....	21
9. CONTENIDO .....	23
10. MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	27

11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	29
12.	RECURSOS NECESARIOS .....	31
13.	BIBLIOGRAFÍA .....	33

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama del efecto de la radiación debido al eje de rotación. ....	15
2.	Diagrama del efecto de la radiación debido al movimiento de traslación.....	16
3.	Diagrama de factores atmosféricos e la radiación solar.....	17
4.	Diagrama de inclinación de paneles dependiendo de latitud .....	18
5.	Diagrama de inclinación del plano receptor .....	19
6.	Cronograma de actividades .....	29

### TABLAS

I.	Potencial de las Energías Renovables en Guatemala.....	14
II.	Recursos .....	31



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>d</b>	Día
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>kWh</b>	Kilo watt hora
<b>km</b>	Kilómetros
<b>MW</b>	Mega watt
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados



## GLOSARIO

<b>Biomasa</b>	Materia orgánica originada en un proceso biológico utilizable como fuente de energía.
<b>Biodiesel</b>	Combustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales.
<b>Combustible fósil</b>	Combustible que procede de la biomasa obtenida hace millones de años y ha sufrido grandes procesos de transformación hasta la formación de sustancias de gran contenido energético.
<b>GPS</b>	Sistema de posicionamiento global ( <i>Global Positioning System</i> ).
<b>Radiación</b>	Propagación de la energía en forma de ondas electromagnéticas.
<b>ROI</b>	Retorno sobre la inversión ( <i>Return on investment</i> ).
<b>SWERA</b>	Programa que proporciona las valoraciones de energía solar y de viento para promover el uso eficaz de la energía alternativa ( <i>Solar and wind energy resource assessment</i> ).
<b>VESTEX</b>	Comisión de Vestuarios y Textiles de Guatemala.



## RESUMEN

La radiación solar ha sido aprovechada por todos los seres vivos a lo largo de la historia, el sol es considerado fuente inagotable de energía, y es el origen de todas las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde la antigüedad.

Se estima que el sol arroja sobre la tierra 4 mil veces más energía de la que se puede consumir, hasta hace unos años las tecnologías para aprovechar la energía solar eran consideradas poco viables comparado con los métodos de generación convencionales, sin embargo, la escases del petróleo, el calentamiento global y la necesidad de reducir los gases efecto invernadero, ha permitido que se le de mayor interés los métodos alternativos entre ellos destacando la energía proveniente del Sol.

Actualmente se pueden contar con paneles fotovoltaicos y paneles fototérmicos estos últimos son utilizados generalmente en viviendas para suplir las necesidades básicas de agua caliente, sin embargo sería poco racional no aprovecharla de manera industrial tomando en cuenta la demanda de vapor en los procesos de manufactura, de esta forma es posible elevar la temperatura reduciendo el consumo de combustibles fósiles y por ende los costos de operación.



# 1. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de energías alternativas, se hace referencia a la generación de energía a partir de sistemas que replacen los combustibles fósiles que utilizamos actualmente como el petróleo o el carbón. El objetivo del presente trabajo es confirmar el potencial energético que posee la región, brindando alternativas sostenibles, ecoamigables y que generen una reducción de costos al sustituir los métodos convencionales de generación de vapor.

Se procederá a medir las variables atmosféricas específicamente la radiación solar para cuantificar la capacidad que tiene un sistema fototérmico de adicionar energía, en forma de calor al agua previo a utilizar calderas reduciendo de esta forma el consumo de combustible.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:

Capítulo 1. En este capítulo se describe la situación actual de la industria textil, también se describe específicamente la empresa donde se realiza la investigación, los procesos y la maquinaria utilizada.

Capítulo 2. Se presenta la actualidad energética de Guatemala, el potencial teórico que posee la región de explotar la energía solar y las ventajas de implementar un sistema fototérmico.

Capítulo 3. Se describen los sensores y dispositivos utilizados para la captación de datos, también se describen los procedimientos de instalación.

Capítulo 4. En esta parte se evalúa económicamente el proyecto tomando en cuenta los costos asociados como instalación, mantenimiento, realizado análisis de costo beneficio y de retorno de inversión.

Capítulo 5. Se presentan los resultados, conclusiones y recomendaciones.

## 2. ANTECEDENTES

Chávez & Cerda (2008) muestran en su publicación un escenario fatídico afirmando que al ritmo que se consumen los combustibles fósiles las reservas mundiales se agotarán en el presente siglo, durante el desarrollo del artículo describen las alternativas renovables que se han desarrollado hasta el momento como por ejemplo energía eólica, biomasa, biodiesel, energía hidráulica y entre ellas destaca a la energía solar de esta forma el escenario poco alentador presentado al principio se transforma en un serio de alternativas en las cuales es necesario continuar la investigación y el desarrollo de nuevos proyectos.

E. Lorenzo (1994) describe a la energía solar como una fuente inagotable y limpia para la generación de energía, y a los sistemas fotovoltaicos como alternativas energéticas para el desarrollo sostenible en beneficio de la protección ambiental y generación de energía verde, ya a nivel mundial se han implementado esta tecnología a gran escala generando oportunidades de desarrollo es necesario adoptar estas iniciativas en nuestro país tomando como modelo este tipo de investigaciones.

Suarez & Martínez (2007) realizan un estudio de factibilidad para el aprovechamiento de la energía solar en sistemas de bombeo, en su investigación determinan que México es uno de los países que cuenta con mayor radiación a nivel mundial, tomando en cuenta que una de las variables más importantes para que un lugar tenga niveles de radiación aceptables para su explotación es la latitud, por lo tanto es alentador para la investigación saber que el país vecino cuenta con estos niveles de radiación.

Narvaez, Dielman & Gordillo (2008) Determinan durante su estudio de potencia de la radiación Solar en Lorca-Córdoba, que la forma óptima para dimensionar los sistemas fototérmicos a través de la medición sistemática de las variables atmosféricas (radiación y temperatura) mediante estaciones meteorológicas y sensores especializados, a lo largo de su investigación utilizaron sensor de radiación SP-LITE y software LabVIEW7, para determinar el potencial solar, las aplicaciones y características de estas herramientas son comparables con la tecnología NRG Symphonie disponible en Guatemala con la que se harán las mediciones en esta región.

Claus Schieber (2006) define a Guatemala como un país con dos alternativas para aprovechar la energía solar, generando electricidad y para aprovechamiento térmico, en Guatemala aproximadamente 2/3 de energía se producen quemando combustibles fósiles, se estima que a lo largo de todo el año hay suficiente radiación solar para satisfacer el 95 % de todas las necesidades de agua caliente, la investigación de Claus Schieber fue enfocada a las necesidades cotidianas del hogar, sin embargo menciona que según la región el rendimiento y los costos varían, y que la radiación en nuestro país oscila entre los 4,5 y 6,5 kWh, esta información es valiosa como punto de arranque para determinar cuanta energía térmica se puede aprovechar.

### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Determinar si la utilización de un sistema fototérmico en los procesos de lavandería y planchado en una empresa de manufactura de jeans de mezclilla reducen los costos de operación.

#### **Específicos**

1. Determinar si el recurso solar existente alcanza los niveles necesarios para la instalación de un sistema fototérmico, para el precalentamiento de agua en la generación de vapor en un proceso de lavandería y planchado industrial.
2. Cuantificar la reducción de combustibles fósiles al implementar un sistema fototérmico para el precalentamiento de agua en la generación de vapor en un proceso de lavandería y planchado industrial.
3. Evaluar económicamente el impacto de utilizar un sistema fototérmico para el precalentamiento de agua en la generación de vapor en un proceso de lavandería y planchado industrial.



## **4. JUSTIFICACIÓN**

La industria de la confección de vestir en Guatemala prácticamente está desapareciendo. Según estadísticas ofrecidas por la Comisión de la Industria de Vestuario y Textiles de Guatemala –VESTEX-, muestran que en los últimos siete años han cerrado sus puertas unas 133 empresas, dedicadas a la confección, esto obliga a las empresas que aún se mantienen en el mercado a permanecer en constante búsqueda de mecanismos y alternativas para la reducción de costos de operación y mantener precios competitivos en el mercado internacional.

La energía solar es una alternativa capaz de sustituir el consumo de combustible en el precalentamiento de agua, además de contribuir con una cultura de producción más limpia al mismo tiempo responde a la necesidad de identificar proyectos que contribuyan en la reducción de costos de operación.



## 5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se identificó que en los últimos 2 años el consumo de combustible conforma más del 50 % de los costos de operación en los procesos de lavandería y planchado en una empresa de manufactura de jeans de mezclilla, principalmente empleado para la generación de vapor.

Actualmente, en Guatemala la generación de vapor se realiza exclusivamente mediante la quema de combustibles fósiles, tomando en cuenta los márgenes tan ajustados que se manejan en esta industria, la escases del crudo, el comportamiento del precio de los derivados del petróleo que durante los últimos años a presentado aumentos y la necesidad mundial de reducir las emisiones de gases efecto invernadero entre ellos el CO<sub>2</sub> que es producto de la quema de hidrocarburos; es necesario establecer nuevas alternativas como el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de combustibles y por lo tanto reducir los costos de operación.

La propuesta que se plantea para sustituir parcialmente el consumo de combustibles fósiles son los sistemas fototérmicos, obteniendo las siguientes preguntas de investigación:

- a. ¿La utilización de un sistema fototérmico para precalentamiento de agua en la generación de vapor reducirá los costos de operación en los procesos de lavandería y planchado en la industria textil?
- b. ¿Existe el recurso solar necesario para la implementación del proyecto?
- c. ¿En cuánto se reduciría el consumo de combustibles?

d. ¿Cuál es el impacto económico de la implementación del proyecto?

## 6. ALCANCES

La primera parte de la investigación está enfocada a determinar la cantidad y calidad del recurso solar en la empresa de manufactura de jeans, para esto serán utilizados sistemas y dispositivos de medición de alta precisión, diseñados para monitorear y captar cuantitativamente las variables atmosféricas, sin embargo, en el caso particular de la radiación solar, es una variable estable y sensible a factores como la altura sobre el nivel del mar y posición geográfica (latitud y longitud), es decir la radiación solar no varía de manera significativa a lo largo de kilómetros cuadrados, al mantenerse la altura sobre el nivel del mar, por lo tanto, la información captada sobre el recurso solar podrá ser utilizada para todas las empresas e instituciones que generan vapor en calderas a través de métodos convencionales que se encuentren a una altura entre (1 530 – 1 600) metros sobre el nivel del mar y estén ubicadas en el perímetro de la ciudad capital, como por ejemplo hoteles, hospitales, producción de cosméticos, alimentos, etc.

La segunda parte en donde se hace el análisis económico está limitada por los costos que intervienen como por ejemplo el precio de combustible, los costos de instalación como mano de obra, materiales, los cuales pueden variar a lo largo del tiempo y posición geográfica variando la rentabilidad del proyecto.



## 7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### Energía solar

Es la energía del sol que a través de su radiación produce calor e iluminación. Es una energía que necesita sistemas de captación y de concentración; es constante e intermitente (por lo que se necesita sistemas de almacenamiento). Dirección General de Energía (2009).

Las aplicaciones más conocidas son para paneles solares que captan la energía del sol con una superficie oscura, y se utiliza para calentar agua, para generar vapor que luego de un proceso produce electricidad, transforma la energía solar en eléctrica a través de células fotovoltaicas (formadas por silicio). Dirección General de Energía (2009).

Sus ventajas son que es una fuente de energía inagotable, escaso impacto ambiental, no produce residuos perjudiciales para el medio ambiente, distribuida por todo el mundo, y con más intensidad en las zonas tropicales, costos muy reducidos en operación, una vez instalada, no hay dependencia de las compañías suministradoras y su mantenimiento es sencillo. Dirección General de Energía (2009).

Sus desventajas son que los paneles fotovoltaicos contienen agentes químicos peligrosos, puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles, el impacto visual es negativo. Dirección General de Energía (2009).

Tabla I. **Potencial de las Energías Renovables en Guatemala**

Potencial de las Energías Renovables

Fuente	Potencial	Utilizado	Porcentaje utilizado
	MW	MW	
Hidroeléctrico	5,000	801.7	13.01
Geotérmico	1,000	35.8	2.65
Eólico	7,800	0.1	0
Solar	5.3 kWh/m <sup>2</sup> /d	N/C	N/C
Biomásico	N/C	837.5	N/C

Fuente: MEM (2007).

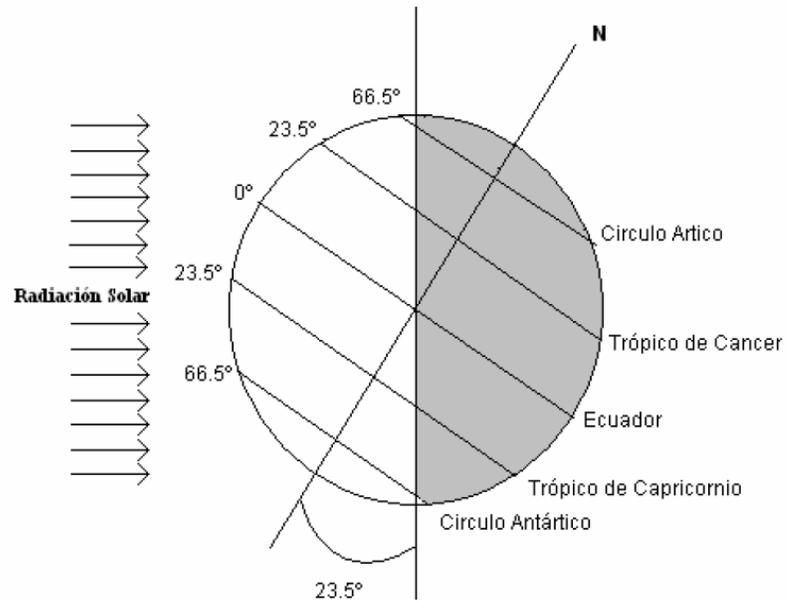
Factores que afectan la intensidad de la radiación solar:

La radiación solar que llega sobre la superficie plana que se encuentra sobre la superficie terrestre tiene variaciones, estas variaciones se deben básicamente a tres factores:

Factores astronómicos, la tierra gira alrededor del sol en un movimiento llamado movimiento de traslación. Dicho movimiento tarde 1 año terrestre la trayectoria que describe nuestro planeta es una elipse que se acerca a una trayectoria circular, como el sol está en uno de los focos de la elipse, el planeta está más cerca del sol en una época y más lejos en otra. La tierra alcanza su máxima aproximación al Sol cuando se encuentra a  $1,45 \times 10^8$  kilómetros, posición llamada perihelio, a la que llega aproximadamente el 4 de enero de cada año y alcanza su posición más separada aproximadamente el 5 de julio. Pero la tierra no solo se mueve alrededor del Sol, también tiene un movimiento de rotación sobre un eje imaginario que forma un ángulo de  $0^\circ$  hasta  $\pm 23,5^\circ$  con respecto a la normal del plano de la órbita terrestre, esta inclinación del eje

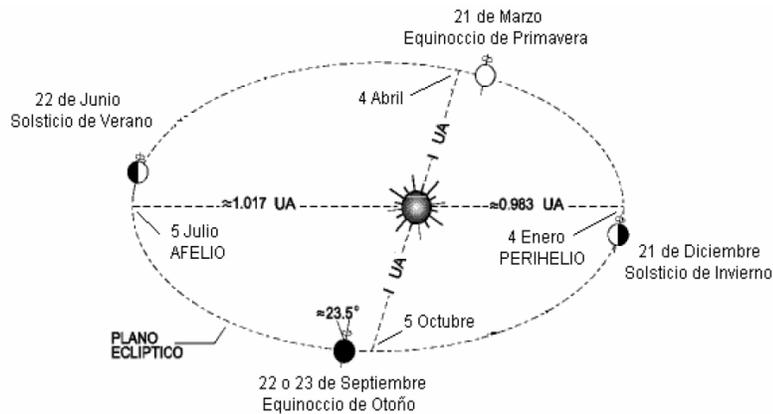
de la tierra ocasiona las estaciones del año y, por lo tanto la cantidad de radiación que recibimos del Sol. Suarez & Martínez (2007).

Figura 1. **Diagrama del efecto de la radiación debido al eje de rotación**



Fuente: Hernández Suarez & Martínez Martínez (2007).

Figura 2. **Diagrama del efecto de la radiación debido al movimiento de traslación**

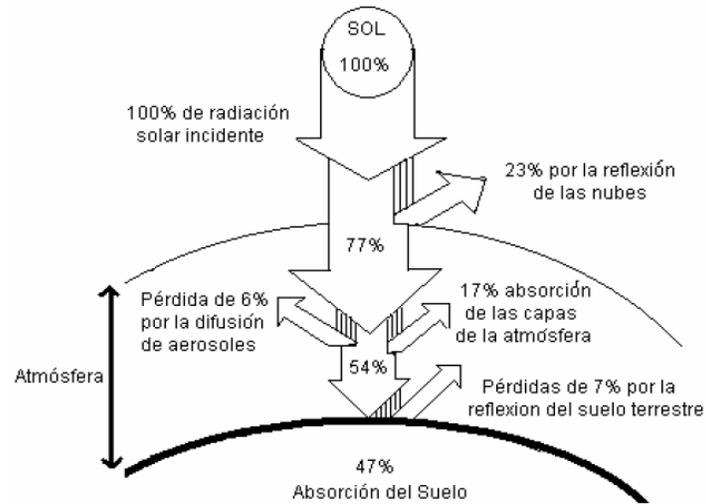


Fuente: Hernández Suarez & Martínez Martínez (2007).

Factores atmosféricos, la tierra tiene una atmosfera cuyo límite se fija convencionalmente a dos mil kilómetros de altura sobre la superficie y está compuesta de diferentes capas como son troposfera, estratosfera, ionosfera y exosfera. Esta funciona como un gran invernadero que guarda parte del calor proveniente del Sol. Suarez & Martínez (2007).

La radiación solar que no puede ser aprovechada tiene las siguientes estimaciones: 23 % se va al espacio exterior por reflexión en la capa superior de la atmosfera, 6 % se pierde por difusión de aerosoles, 17 % lo absorben las distintas capas de la atmosfera y el 7 % que refleja en el suelo terrestre. La suma de estas pérdidas da un total de 53 %, por lo que solo el 47 % de la radiación total llega a la superficie terrestre y podría ser aprovechada. Suarez & Martínez (2007).

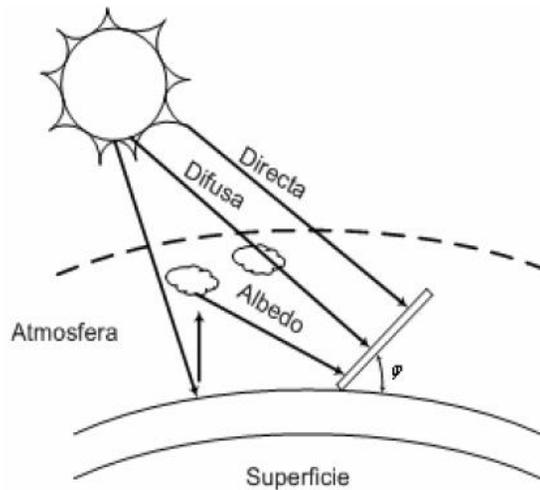
Figura 3. Diagrama de factores atmosféricos en la radiación solar



Fuente: Hernández Suarez & Martínez Martínez (2007).

Del 47 % de la radiación que se encuentra en la superficie terrestre se divide en un 31 % como radiación directa y el 15 % como radiación difusa o indirecta, esta última puede ser por atenuación por causa de las nubes y por la reflexión del suelo a la nube y nuevamente a la superficie terrestre, conocida como radiación del albedo. Suarez & Martínez (2007).

Figura 4. Diagrama de inclinación de paneles dependiendo de latitud

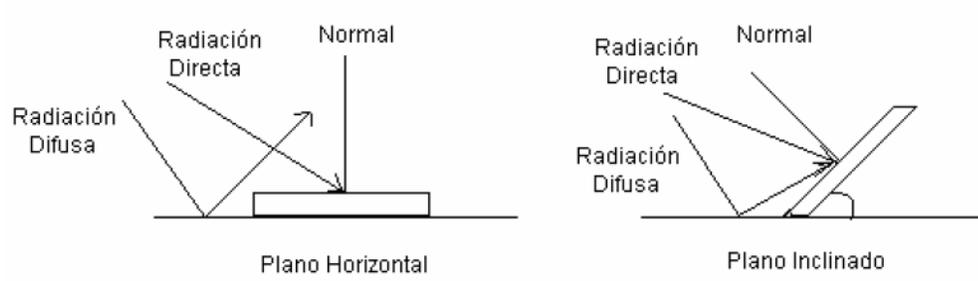


Fuente: Hernández Suarez & Martínez Martínez (2007).

Factor de orientación e inclinación, estudios sobre la disponibilidad de este recurso han mostrado que la orientación más adecuada para captar la energía solar si el dispositivo a utilizar es un colector solar plano, es la orientación nortesur. Suarez & Martínez (2007).

Con respecto a la inclinación del plano receptor, la cual se ve afectada por el ángulo de declinación del eje terrestre, se recomienda colocar el colector a una inclinación equivalente a  $\pm 10^\circ$  la latitud del lugar en cuestión. Suarez & Martínez (2007).

Figura 5. Diagrama de inclinación del plano receptor



Fuente: Hernández Suarez & Martínez Martínez (2007).



## 8. HIPÓTESIS

Se reducen los costos de operación con la implementación de un sistema fototérmico, para el precalentamiento de agua en la generación de vapor en los procesos de lavandería y planchado en una empresa de manufactura de jeans de mezclilla.

### Hipótesis Nula

La implementación de un sistema fototérmico no reduce los costos de operación en los procesos de lavandería y planchado en una empresa de manufactura de jeans de mezclilla.

### Variable Independiente

#### Sistema Fototérmico

Indicador: rendimiento de paneles fototérmicos expresado de forma porcentual.

### Variable Dependiente

#### Costos de Operación

Indicador: reducción del costo de combustible por unidad.



## 9. CONTENIDO

1. EMPRESA DE MANUFACTURA
  - 1.1. Historia de la industria textil en Guatemala
  - 1.2. Análisis de la situación actual de la industria textil
  - 1.3. Descripción de la empresa
  - 1.4. Descripción de los procesos de lavandería y planchado dentro de la empresa
    - 1.4.1. Descripción de calderas tipo, capacidad, consumo
    - 1.4.2. Descripción de lavadoras tipos, capacidad y consumo
    - 1.4.3. Descripción de planchas tipos, capacidad y consumo
  - 1.5. Distribución de costos actual
    - 1.5.1. Pareto de primer y segundo grado
    - 1.5.2. Costo de combustible por unidad
  - 1.6. Proyección de la demanda
    - 1.6.1. Proyección de consumo de combustible
    - 1.6.2. Costo de combustible por unidad proyectada
  
2. ENERGÍA ALTERNATIVA
  - 2.1. Actualidad energética global
    - 2.1.1. Recursos inagotables
    - 2.1.2. Recursos renovables
    - 2.1.3. Recursos no renovables
  - 2.2. Calentamiento global y efecto invernadero
    - 2.2.1. Gases efecto invernadero
    - 2.2.2. Modelos climáticos

- 2.2.3. Respuestas al calentamiento global
  - 2.3. Energía renovable en Guatemala
    - 2.3.1. Energía eólica
    - 2.3.2. Energía biomásica
    - 2.3.3. Cogeneración
    - 2.3.4. Energía geotérmica
  - 2.4. Ventajas del uso de energía renovable
    - 2.4.1. Cuadro comparativo entre energías renovables y no renovables
  - 2.5. Potencial de energía solar en Guatemala
    - 2.5.1. Matriz energética de Guatemala
- 3. CÁLCULO DE RECURSO SOLAR
  - 3.1. Descripción de dispositivos y sensores de medición
    - 3.1.1. Funciones de sensores
    - 3.1.2. Confiabilidad de los dispositivos de medición
  - 3.2. Procedimiento de programación e instalación de dispositivos de medición
  - 3.3. Procedimiento de recuperación de datos
    - 3.3.1. Instalación de software para lectura de datos
    - 3.3.2. Descripción básica de software y sus funciones
  - 3.4. Almacenamiento e interpretación de datos
- 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA
  - 4.1. Costos de instalación
    - 4.1.1. Detalle de costo de materiales utilizados para la instalación
    - 4.1.2. Detalle de costo de mano de obra utilizado para la instalación

- 4.2. Análisis costo beneficio
  - 4.2.1. Detalle de inversión
  - 4.2.2. Detalle de costos de operación
- 4.3. Análisis ROI

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1. Presentación de resultados
- 5.2. Conclusiones
- 5.3. Recomendaciones



## 10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para responder a las diferentes preguntas de investigación se optó por un diseño metodológico cuantitativo de tipo no experimental, ya que consiste en observar, interpretar y evaluar el comportamiento de variables atmosféricas como lo es la radiación solar, la cual no puede ser alterada intencionalmente.

FASE 1. Se realizará una recopilación y monitoreo de las variables atmosféricas a lo largo de 2 meses utilizando la estación meteorológica simphonie 2000 NRG, de esta forma cuantificar el nivel de radiación solar en el sitio de estudio. El software que se utilizara para la recopilación de data será Symphonie Data Retriever v5.08, de esta forma determinar si el recurso existente cumple con los niveles necesarios para instalación del sistema fototérmico.

FASE 2. Se realizará una proyección con la data obtenida en la primera fase, pronosticando la cantidad de combustible se reducirá con la implementación del sistema fototérmico el software a utilizar en esta parte será SWERA y EXCEL.

FASE 3. Se realizará un estudio económico costo beneficio y ROI para determinar económicamente la factibilidad de el proyecto utilizando el software EXCEL, cumpliendo así con el tercer objetivo de la investigación.

La captación de datos se efectuará con equipos y sensores diseñados para medir la radiación solar con alto nivel de precisión y confiabilidad.







## 12. RECURSOS NECESARIOS

### Herramientas y equipo

- Data logger Simphonie2000 NRG
- Sensor de Radiación Solar S 110
- Software NRG Data
- Multimedia Cards
- Computadora de Escritorio
- GPS Garmin eTrex H
- Arnés de seguridad

### Financieros

Tabla II. Recursos

Descripción	Costo/ Unidad	Costo total
Renta de Dattalogger (3 meses)	Q 1 000,00	Q 3 000,00
Renta sensores de radiación solar (3 meses)	Q 500,00	Q 1 500,00
Compra de tarjeta de multimedia SD	Q 150,00	Q 150,00
Renta de GPS Garmin e Trex H.	Q 250,00	Q 250,00
60 Horas de análisis y procesamiento de datos	Q 100,00	Q 6 000,00
Asesor del Proyecto	Q 2 500,00	Q 2 500,00
<b>Total</b>		<b>Q 13 400,00</b>

Fuente: Elaboración propia.



## 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Claus Schieber (2006)  
*Energía Solar en Guatemala*  
Recuperado (Febrero 2012)
2. Dirección General de Energía (2009)  
*Energía Renovable*  
<http://www.mem.gob.gt/Portal/memdocuments/DGE/DER/DEFINICIONES.pdf>
3. E. Lorenzo (1994)  
*Energía Solar, Ingeniería de de sistemas fotovoltaicos*  
Madrid
4. Hernández Suarez & Martínez Martínez (2007)  
*Estudio de Factibilidad de la implementación de paneles Fotovoltaicos para la alimentación de un sistema de bombeo de casa habitación*  
México D .F.
5. Mariana Chavez & Adrian Cerda (2008)  
*La energía renovable ya está aquí*  
Ideas para el Cambio Recuperado (Marzo 2012)

6. MEM (2007)  
*Potencia de Energía Renovables en Guatemala*  
[http://www.mem.gob.gt/Portal/memdocuments/DGE/DER/POTENCIAL\\_ENERGIA\\_RENOVABLE.pdf](http://www.mem.gob.gt/Portal/memdocuments/DGE/DER/POTENCIAL_ENERGIA_RENOVABLE.pdf)
  
7. Miguel Villattubia, (2004)  
*Energías Renovables*  
Ed. Ceac
  
8. Narváez, G. Dielman<sup>2</sup> & G. Gordillo (2008)  
*Estudio del Potencial de Radiación Solar y de la Temperatura Ambiente en Lorica-Córdoba*  
Revista Colombiana de Física, Recuperado (Marzo 2012)
  
9. Rafael Beltrán Pulido (1997)  
*Principios de Conversión Energía*  
Ed. Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería