



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS

TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO
DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

Título:

“Caracterización del potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013. Diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar”.

Autor: Ing. Quiroz Erazo José Lizandro.

Tutor: MSc. Iván Casals Blet.

LATACUNGA – ECUADOR

Diciembre – 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Quiroz Erazo José Lizandro, con el título de tesis: **“Caracterización del potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013. Diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga diciembre 2013

Para constancia firman:

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
PRESIDENTE

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
MIEMBRO

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
PROFESIONAL EXTERNO

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
OPOSITOR

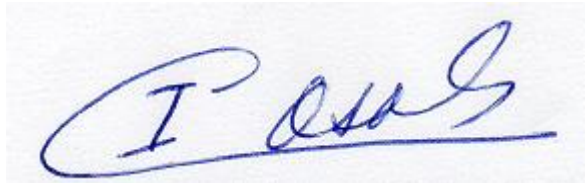
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Latacunga, diciembre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Quiroz Erazo José Lizandro, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Caracterización del potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013. Diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente



MSc. Ivan Casals Blet.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, José Lizandro Quiroz Erazo, portador del número de cédula 0502312796, declaro que la presente Tesis de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

José Lizandro Quiroz Erazo

C. I. 0502312796

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a DIOS, por permitirme terminar mi proyecto de graduación, que es una de mis metas. Gracias a mis Padres, Narcisa y José, que jamás dejaron de apoyarme y me extendieron sus palabras de aliento para poder seguir adelante en momentos difíciles, a mis hermanos Leonidas, Carlos, Erika que son parte fundamental de mi vida y a mis sobrinos Joselyn y Noni que dan felicidad a mi vida. Sin ustedes no lo podría haber hecho. Gracias a mis Abuelitas, Hilda María y Rosita apoyo fundamental de mi vida gracias por creer siempre en mí, a toda mi familia, gracias por su apoyo.

A mis compañeros de aula que desinteresadamente supieron compartir sus valiosos conocimientos cuando lo necesite también a mis profesores de la Maestría en Gestión de Energías con quienes paso a paso llegamos a culminar la meta. Gracias por su apoyo y su amistad.

Un agradecimiento para todos.

José

DEDICATORIA

Este trabajo en opción al título de Magister en Gestión de Energías lo quiero dedicar a mis padres Narcisa Erazo, José Quiroz, y a mis Abuelitas Hilda Laverde y Rosita Holguín. Solo ustedes saben lo que he pasado para poder conseguir mi meta. Los adoro con todas las fuerzas de mi corazón gracias por todo.

Aunque no están con nosotros, mis abuelitos Segundo Leonidas Erazo y Antonio Quiroz que desde el cielo ha guiado mis pasos son nuestro ejemplo a seguir, estarán en mi corazón por siempre.

José

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”

“Caracterización del potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013. Diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar.”

Autor: José Lizandro Quiroz Erazo

Fecha: Diciembre del 2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TÍTULO: Caracterización del potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013. Diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar.

AUTOR: Quiroz Erazo José Lizandro.

TUTOR: MSc. Casals Blet Ivan.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realiza un estudio teórico y experimental del potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura en la ciudad de Latacunga, con el objetivo de que esta investigación sea bien aprovechada como alternativa para su aplicación en el calentamiento en hornos de pintura automotriz, proponiendo una opción eficiente con un diseño simulado y reduciendo de este modo la contaminación ambiental producida por los hornos de pintura automotriz con sistemas de calentamiento tradicionales. La revisión bibliográfica, comprende todas las actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita sobre un tema acotado previamente y sobre el cual, se reúne y discute críticamente, toda la información recuperada y utilizada.

En el desarrollado de pruebas, en las que resumen en mediciones de variaciones de la radiación solar en diferentes condiciones para obtener el potencial energético de las radiaciones solares en la ciudad de Latacunga en el año 2013 y ser utilizados en el diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura, y realizar las simulaciones en el Software SOLIDWORKS.

En la investigación se estableció la bibliografía de estudio referida en consulta de textos, revistas, artículos indexados para un desarrollo metodológico coherente al nivel de Magister en Gestión de Energías.

Los datos obtenidos en las mediciones realizadas son la base fundamental en la investigación, que permiten comprobar el potencial energético de las radiaciones solares como fuente de energía alternativa para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga para ayudar a disminuir la contaminación ambiental.

Descriptor: radiaciones solares, energía alternativa limpia, potencial energético, simulación.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

AVAL DEL ABSTRACT.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO: Characterization of the energy potential of solar radiation for heating furnaces automotive paint in the city of Latacunga, 2013.
Design of a heating furnace painting using solar energy.**

AUTOR: Quiroz Erazo José Lizandro.

TUTOR: MSc. Casals Blet Ivan.

ABSTRACT

In the present investigation a theoretical and experimental study of the energy potential of solar radiation for heating furnaces painting in the city of Latacunga is performed, with the objective of which is research to be well used as an alternative for use in heating automotive paint ovens, proposing an efficient option with a simulated design and thus reducing environmental pollution caused by automotive paint ovens with traditional heating systems. The literature review includes all activities related to finding information on a topic previously written bounded and which meets and critically discussed, information retrieved and used.

The test developed in which summary measures of variations in solar radiation under different conditions to obtain the energy potential of solar radiation in the city of Latacunga in 2013 and used in the design of a heating system paint ovens, and perform simulations on SOLIDWORKS software. In the research literature referred in consultation study of texts, journals, articles indexed for a consistent methodology, the level of Master in Energy Management was established. Data from measurements made are based on the fundamental research, which check the energy potential of the sun's rays as an alternative energy source for heating furnaces automotive paint in the city of Latacunga to help decrease environmental pollution.

Descriptors: solar radiation, clean alternative energy, potential energy, simulation.

ÍNDICE

Contenidos	Páginas
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN.....	viii
AVAL DEL ABSTRACT.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
1.1- Antecedentes del Problema.....	3
1.2- Formulación del Problema.....	4
1.3- Objeto de estudio	4
1.4- Justificación de la Investigación	4
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivos Generales	6
1.5.2. Objetivos Específicos:.....	7
1.5.3- Campo de acción.....	7
1.6. Hipótesis.....	7
1.7. Conclusiones del capítulo	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Categorías fundamentales	10
2.2.1. Eficiencia energética.	10
2.3. Fundamento teórico.....	12
2.3.1 Energía solar.....	12
2.3.2 Energía solar fotovoltaica.	13
2.3.3. Sistema solar fotovoltaico.	14
2.3.4 Propósitos de una instalación solar fotovoltaica	15

2.4. Antecedentes de la energía solar fotovoltaica.....	16
2.5. La energía solar Fotovoltaica en el Ecuador.....	17
2.6. Ventajas de la energía solar Fotovoltaica.....	17
2.7. Desventajas de la energía solar Fotovoltaica.....	18
2.8. Montaje de un sistema fotovoltaico.....	18
2.9. Producción de energía de un sistema fotovoltaico.....	19
2.10. Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.....	20
2.11. Celdas fotovoltaicas.....	20
2.12 Integración del sistema.....	22
2.12.1 Velocidad de aire.....	22
2.12.2 Temperatura.....	22
2.12.3 Recirculación de aire.....	22
2.12.4 Parámetros atmosféricos de la ciudad de Latacunga.....	22
2.12.5 Cálculo del caudal y flujo másico de aire necesario.....	22
2.13. Dimensionamiento de los ductos.....	22
2.13.1. Dimensionamiento del ducto de admisión de aire.....	22
2.13.2 Dimensionamiento de los ductos de la fosa.....	23
2.14. Pérdidas de presión por fricción.....	23
2.14.1 Pérdidas de presión en los ductos.....	23
2.14.1. Pérdidas de presión en los accesorios.....	23
2.14.2 Selección del ventilador.....	24
2.14.3 Cálculo de los requerimientos de calor del horno de pintura automotriz ..	24
Calentamiento inicial del aire dentro del horno.....	24
Calentamiento del flujo de aire recirculado.....	24
Cálculo de las pérdidas de calor.....	25
Pérdidas de calor por conducción:.....	25
Cálculo de la potencia de calentamiento:.....	25
2.15. Marco legal vigente.....	25
2.16. Marco conceptual.....	26
2.16.1 Horno de pintura:.....	26
2.16.2 Acumulador eléctrico:.....	27
2.16.3. Auto descarga.....	27

2.16.4 Capacidad Nominal (Ah).	27
2.16.5 Capacidad útil:	27
2.16.6. Célula Fotovoltaica:	27
2.16.7 CEM (Condiciones Estándar de Medida).	28
2.16.8 Convertidor de continua – continua:	28
2.16.9 Efecto fotovoltaico:	28
2.16.10 Inclinación:.....	28
2.16.11. Orientación:.....	29
2.16.12. Régimen de carga (o descarga):	29
2.16.13. TONC:.....	29
2.17. Conclusión del capítulo.....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	30
3.1. Diseño de la investigación	30
3.2. Modalidad de la investigación	31
3.2.1. Investigación de campo.....	31
3.2.2 Investigación bibliográfica.....	32
3.3 Metodología	32
3.4. Datos estadísticos.....	34
3.5. Métodos y técnicas a ser empleados	37
3.6 Técnicas.....	38
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	39
3.8. Equipos y procedimientos de prueba.....	40
3.9 ADQUISICIÓN DE DATOS.....	46
3.10. Promedio por horas de radiación solar del panel:	49
3.11. Análisis para cuatro diferentes días.....	51
3.12. Conclusiones del capítulo	52
CAPÍTULO IV.....	53
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	53
4.1 Determinación computarizada de la irradiancia solar.....	53
4.2 Diseño del sistema de captación de la energía solar	55
4.3 Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico	56

4.4 Características constructivas.....	56
4.5.1. Parámetros de Diseño.....	58
4.5.2 Cálculo del caudal y flujo másico de aire necesario.....	60
4.5.3.- Dimensionamiento de los ductos.....	62
4.5.4 Dimensionamiento ductos de la fosa.....	63
4.5.5. Pérdidas de presión por fricción.....	65
4.5.6 Pérdidas de presión en los ductos.....	65
4.5.7. Pérdidas de presión en los accesorios.....	66
4.5.8 Selección del ventilador.....	68
4.5.9 Cálculo de los requerimientos de calor del horno de pintura automotriz	69
4.5.10 Calentamiento inicial del aire dentro del horno de pintura.....	69
4.5.11. Calentamiento del flujo de aire recirculado.....	71
4.5.12. Cálculo de las pérdidas de calor.....	72
4.5.13. Pérdidas de calor por conducción (Q_{L1}).....	73
4.5.14 Pérdidas de calor por convección y radiación (Q_{L4}).....	74
4.5.15. Pérdida de calor total (Q_L).....	74
4.5. Cálculo de la potencia de calentamiento.....	75
4.6.- Modelado y ensamblaje.....	75
4.7. Simulación del proceso de calentamiento.....	76
4.9.- Conclusión del capítulo.....	81
CAPÍTULO V: LA PROPUESTA.....	82
5.1- Título de la propuesta.....	82
5.2- Justificación de la propuesta.....	82
5.3. Objetivo de la propuesta.....	82
5.4. Estructura de la propuesta.....	82
5.5. Desarrollo de la propuesta.....	83
5.5.1. Recurso Humano.....	83
5.5.2. Recurso material.....	83
5.5.3. Costo de mano de obra.....	84
5.5.4. Costo total del proyecto.....	85

5.6- Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta.....	85
5.6.1- Valoración económica de la propuesta	85
5.7 Impacto ambiental.....	88
5.8.- Conclusiones del capítulo	89
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	95
PLANOS	96
VISTA LATERAL.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sistema solar fotovoltaico aislado.....	15
Figura 2.2. Célula fotovoltaica.....	21
Figura 3.1. Método Científico.	33
Figura 3.2. Irradiación Solar.	34
Figura 3.3. Centrales de generación de energía eléctrica en el Ecuador (MW)	35
Figura 3.4. Insolación global promedio en el Ecuador durante el año 2008.....	36
Figura 3.5. Generación eléctrica nacional por tipo de energía primaria en el Ecuador.	37
Figura 3.6. Pirheliómetro.....	41
Figura 3.7. Piaranómetro de radiación solar global.....	42
Figura 3.8. Pirorradiómetro.....	43
Figura 3.9. Esquema de un heliógrafo.....	43
Figura 3.10. Orientación y ángulo de inclinación.....	44
Figura 3.11. Representación del ángulo azimut para el hemisferio norte.....	44
Figura 3.12. Horas solares pico de mayor irradiación solar durante el día.....	45
Figura 3.13. Ubicación Física.....	46
Figura 3.14. Orientación.....	47
Figura 3.15. Control del sistema de adquisición de datos.....	47
Figura 3.16. Promedio diario de radiación solar panel.....	49
Figura 3.17. Promedio por horas de radiación solar del panel.....	50
Figura 3.18. Radiación solar para el 2, 10, 19 y 29 de Septiembre con el panel...	51
4.1. Variación de la curva I-V en función de la irradiación solar incidente a temperatura de células constante.....	54
Figura.4.2.Variación de la curva I-V en función de la temperatura de células a radiación incidente constante.	54
Figura. 4.3. Diagrama de Captación de energía solar.....	55
Figura.4.4. Área de paneles en el horno.....	56
Figura. 4.5. Panel Solar Isofoton.....	56
Figura 4.6 Horno de flujo vertical con recirculación de aire.....	59
Figura 4.7. Ducto de admisión.	63
Figura 4.8. Ductos de la fosa.....	64
Figura 4.9. Modelo del horno de pintura.....	76

Figura 4.10. Asignación de los parámetros iniciales de diseño en el estudio de Flow Simulation.....	77
Figura 4.11. Generación de los diferentes tipos de resultados.....	78
Figura 4.12. Distribución de temperaturas.....	79
Figura 4.13. Distribución de velocidades.....	80
Figura 4.14 Diagrama de presión total.....	81

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 2.1. Barreras y soluciones para la implementación de sistemas solares...	16
Tabla 2.2. Tipos principales de células Fotovoltaicas.....	21
Tabla 3.1. Variable independiente.....	39
Tabla 3.2. Variable dependiente.....	40
Tabla 3.3. Ángulos de inclinación para sistemas fotovoltaicos.....	46
Tabla 3.4. Promedio diario de radiación solar del panel.....	48
Tabla 3.5. Promedio por horas de radiación solar del panel.....	50
Tabla 3.6. Desviación estándar para el panel.....	52
Tabla 5. 1 Recursos Humanos.....	83
Tabla 5.2. Desglose de los costos para la construcción de un horno con sistema de calentamiento con el uso de energía solar.....	84
Tabla5.3. Costo de mano de obra estimado.....	84
Tabla 5.4. Costo total estimado	85
Tabla 5.5. Flujo de caja.....	87
Tabla 5.6.Resultado del VAN.	87

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se caracterizó el potencial energético de las radiaciones solares en la ciudad de Latacunga. Para fue necesario verificar continuamente el voltaje producido por los paneles solares como fuentes de energía fotovoltaicas.

Los paneles solares fueron colocados en posición fija, analizando la más eficiente para obtener la mayor radiación solar posible.

La información obtenida de los paneles fue almacenada en un computador con entorno gráfico que genera la información del nivel de la radiación solar en función del tiempo. Lo que permitió realizar el análisis del nivel de radiación solar y la forma apropiada de colocar los paneles para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga.

La investigación dispone de la siguiente información :

En el Capítulo 1, se analizó el Problema de Investigación, la contextualización a niveles macro, meso y micro; determinando el objeto y campo de la investigación, la justificación y los objetivos.

En el Capítulo 2, se consideró en el marco teórico pertinente en relación al problema de investigación que serán fundamentales para caracterizar el potencial energético de las radiaciones solares y el diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar.

En el Capítulo 3, se desarrolló la metodología para efectuar el trabajo de investigación, considerando el enfoque de la metodología, definiendo el tipo de investigación y las técnicas a utilizar entre otros datos de importancia para fortalecer la investigación en el ámbito científico.

En el Capítulo 4, se presentó el análisis de las mediciones y resultados obtenidos , así como también los resultados obtenidos a través de la síntesis computacional obtenida , se incluyó : mediciones, tablas y gráficos estadísticos generados a partir de cálculos, información recolectada.

En el Capítulo 5, se desarrolló la propuesta del horno de pintura con un sistema de calentamiento con el uso de energía solar con la factibilidad económica e impacto ambiental, motivando a la población a su utilización.

Finalmente se planteó las conclusiones y recomendaciones establecidas como resultado de la investigación para que sea considerada como fuente de consulta por investigadores del área.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

En este capítulo se analizó el problema de investigación, realizando la contextualización a niveles macro, meso y micro; determinando el objeto, campo de la investigación, la justificación con sus respectivos objetivos.

1.1- Antecedentes del Problema

El uso de métodos tradicionales como fuente de energía en hornos de pintura automotriz, genera residuos de combustión que contaminan al medio ambiente, lo que puede ser sustituido por una fuente de calentamiento alternativa.

Es usual el uso e implementación de hornos de pintura automotriz tanto a nivel artesanal como industrial.

La investigación respondió a la necesidad de reducir el impacto ambiental en aplicaciones de repinte de vehículos como también utilizar energías limpias.

Con la aplicación del sistema se precinde del uso de quemadores que producen gases y partículas altamente contaminantes que incrementan el impacto ambiental, siendo una solución el uso de celdas solares de energía y acumuladores que usan energía limpia como es la radiación solar que además es una energía renovable, que proviene de una fuente inagotable y que en nuestro país es gratis.

En los hornos de Pintura Automotriz de la ciudad de Latacunga, se utilizan sistemas de calentamiento con quemadores de diferentes tipos como son: gasolina o diesel, secadores a gas y eléctricos.

En la investigación se consideró el diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar a fin de obtener una reducción del ambiental y reducción de costos, usando energías no contaminantes y renovables.

1.2- Formulación del Problema

Desconocimiento de la utilización del potencial energético de la energía solar como fuente alternativa aplicada en hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga que contribuyan a reducir la contaminación.

1.3- Objeto de estudio

Radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz.

1.4- Justificación de la Investigación

La energía solar es gratis y abundante en nuestro país, por eso se debe aprovecharla y convertirla en energía alternativa de utilización, con el uso de celdas fotovoltaicas agrupadas en paneles solares se obtendrá un ahorro energético garantizado.

El Ecuador es un país cuya principal fuente energética proviene de represas hidroeléctricas. Últimamente, sí la lluvia deja de caer, la vida de los ecuatorianos comienza a tener problemas. A esto se suma la cantidad de combustible y contaminación que se genera cuando esto acontece.

Estas condiciones han obligado a implementar fuentes de energía alternativa, en esta aplicación considerando los paneles solares. Estos sistemas,

crean un considerable cambio en cuanto al ahorro económico y ecológico que se evidencia en los primeros cinco años de su uso.

La energía solar es inagotable de lo que se conoce, amigable con el medio ambiente y abundante, lamentablemente se distribuye en un área muy amplia por esta razón es necesario concentrarla para que pueda ser utilizable.

Existen dos maneras de transformar la energía solar en energía eléctrica: directamente, mediante la conversión fotovoltaica o indirectamente, mediante la conversión termal, la cual convierte la energía en calor y luego en energía eléctrica.

En el aspecto ambiental, usar energía solar tendría grandes beneficios, ya que disminuiría la utilización de hidrocarburos y sus efectos como son la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global.

Con la propuesta del diseño del sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar, se dispondrá de una oferta diferente, eficiente, ecológica con disminución de costos, para quienes implementen este sistema como fuente de ingresos económicos.

La producción de electricidad hidráulica, eólica, fotovoltaica, termo solar, geotérmica y otras energías renovables superará la del gas natural y será el doble que la energía nuclear en el mundo en 2016, señala la Agencia Internacional de Energía (AIE) en un informe sobre las perspectivas a mediano plazo de las energías renovables.

El crecimiento de las energías renovables “es un punto brillante en la sombría evaluación del progreso mundial hacia una matriz energética más limpia y diversificada”, dijo la directora ejecutiva de AIE María Van Der Hoeven.

El crecimiento de las energías renovables como la hidroeléctrica, eólica, termosolar, fotovoltaica, geotérmica y biomasa, ha sido reforzado por el aumento de la competitividad en comparación con la energía convencional, agregó la AIE.

El sector está creciendo rápidamente en China, en países en desarrollo y emergentes.

Se proyecta que excluyendo la energía hidráulica, principalmente la eólica y energía solar fotovoltaica, crezcan del 4% de toda la generación de energía en 2011 a 8% en 2018.

“A medida que sus costes siguen bajando, las fuentes de energías renovables están cada vez mejor posicionadas por sus propios méritos contra la nueva generación de combustibles fósiles”, manifestó Van Der Hoeven.

“Esta es una buena noticia para un sistema de energía mundial que necesita ser más limpio y más diversificado, pero no debe ser una excusa para la complacencia gubernamental, especialmente entre los países de la OCDE” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).

La investigación se enfocó en la disminución del uso de sistemas convencionales como el consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga en el año 2013, proponiendo como solución el diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivos Generales

- Evaluar el potencial de energía solar en la ciudad de Latacunga en el año 2013.
- Diseñar un sistema de calentamiento para hornos de pintura utilizando energía solar como fuente alternativa.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la pre factibilidad del diseño y la reducción del impacto medio ambiental negativo.
- Determinar la potencia calórica asociada a la energía solar en la ciudad de Latacunga.
- Identificar los parámetros para el diseño de un sistema ecológico de calentamiento para hornos de pintura automotriz.
- Realizar la propuesta de un sistema de calentamiento ecológico y eficiente para hornos de pintura automotriz utilizando energía solar según las condiciones de la ciudad de Latacunga.

1.5.3- Campo de acción

El potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento en los hornos de pintura automotriz de la ciudad de Latacunga en el año 2013

1.6. Hipótesis

La determinación del potencial energético de la radiación solar permitirá su utilización y aplicación en hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga obteniendo un sistema alternativo de energía para su utilización.

1.7. Conclusiones del capítulo

- Se presentó el problema de la investigación, estableciendo la estructura ordenada para la investigación, delineando los objetivos generales como específicos a conseguir en su desarrollo, definiendo el enfoque y el ámbito del trabajo de tesis de Magister en Gestión de Energías.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se incluyó los conceptos fundamentales de la investigación presentando informa obtenida a nivel internacional, nacional, y regional, con su correspondiente base teórica.

Los antecedentes permiten suministrar información acerca de estudios e investigaciones anteriores que se relacionen o tengan semejanza con la temática a indagar, teniendo en cuenta aspectos importantes como: título, objetivos metodología, y relación con la investigación en estudio. Según Arias, (2006); los describe como “indagaciones previas que sustentan el estudio, que tratan sobre el mismo problema o relacionan” (p. 4)

2.1. Antecedentes

Producir energía limpia, apostar por las renovables, frenar la dependencia de las importaciones energéticas, limitar el efecto invernadero considerando que las energías renovables pueden solucionar muchos de los problemas ambientales, el cambio climático, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica.

Si el horno de pintura automotriz funciona con energía solar responde a la necesidad de tener un menor impacto ambiental con el uso de energías no contaminantes y alternativas.

La implementación del sistema evita usar energía eléctrica, motores de combustión o quemadores a gas que producen gases y partículas altamente contaminantes que dañan nuestro medio ambiente e incrementan el impacto ambiental a nivel mundial.

Según Chávez, L. (2012) La energía solar algún día competirá eficientemente contra los combustibles fósiles, de acuerdo con el Dr. Miguel Contreras, en investigaciones desarrolladas en el laboratorio de Energía Renovable en Golden (NREL por sus siglas en inglés).

Los conjuntos de paneles de energía solar se pueden encontrar en todo Colorado incluyendo un sistema basado en un local de 82-acres en el Valle de San Luis, local de la Alamosa Photo Voltaic Plant, una de las plantas eléctricas de PV más grandes de la nación. Mientras tanto, paneles gigantes de tamaño IMAX sacan la energía del sol como parte de las instalaciones de Solar TAC ubicada en 74 acres de tierra en Aurora.

Según Contreras (2010) existen otros problemas adicionales tanto técnicos como de costo que tienen que ser resueltos antes que los módulos y los sistemas de PV puedan competir con combustibles fósiles", que ha pasado más de 20 años en investigaciones solares. El progreso técnico continúa bajando los precios.

"Sin contar con la instalación", manifestó que: "el costo de la energía solar ha bajado de 20 dólares un vatio en 1980 a 3 dólares por vatio el día de hoy".

Contreras (2008) "Hizo notar en los medios con una celda solar delgada se obtiene una eficiencia del 20%. Eventualmente, espera hacer la energía solar competitiva con los combustibles fósiles, una meta a largo plazo. Todo esto es parte de la iniciativa "SunShot" del Departamento de Energía que tiene el fin de reducir los costos de los sistemas de energía solar en un 75% para el año del 2020".

Contreras, (2008) los científicos alemanes establecieron un nuevo record mundial en la eficiencia. A medida que su equipo se aproxima a la "máxima eficiencia teórica" del 30%, establecer una celda solar de record mundial será uno de los retos más grandes.

Según Davis G, (1990) "La energía disponible en el planeta dispone de tres fuentes fundamentales: el sol en forma directa o indirecta (combustibles fósiles, biomasa, vientos y rayos solares); el proceso de formación cósmica que precedió a la formación del sistema solar actual (energía nuclear y geotermia) y finalmente, una pequeña parte de la energía disponible proviene de los movimientos lunares.

El sol es la fuente de casi toda la energía terrestre permite la fotosíntesis que transforma la energía de los rayos solares en energía química, indispensable para la vida vegetal y animal. La fotosíntesis también ha permitido la formación de los combustibles fósiles. El sol está en la génesis de los vientos y es el motor que mueve los ciclos hidrológicos. En forma directa, la energía solar aparece bajo la forma de energía solar propiamente dicha, hidráulica o de energía eólica".

Las estimaciones del potencial de las energías renovables (biomasa primaria, energía solar, energía hidráulica, energía eólica y energía geotérmica) muestran que su contribución se multiplicará por diez, pudiendo llegar hasta 10 o 15 TW-año. Este crecimiento de las energías renovables dependerá sobretodo de sus costos, de los impuestos a las energías no renovables y de las políticas energética.

2.2. Categorías fundamentales

2.2.1. Eficiencia energética.

Según Hernández (2009), "La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso.

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, siempre que su consecución no afecte negativamente al

volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador generalista que señala la relación entre consumos de energía y el producto interior bruto.

La energía se obtiene a partir de las Fuentes de energía y las cantidades disponibles de dichas fuentes es lo que se denomina Recursos energéticos. El carácter limitado o ilimitado de dichas fuentes nos permite diferenciarlas y valorarlas en términos de sostenibilidad partiendo de la evidencia de que la atmósfera está alcanzando su límite medioambiental y de que el consumo energético sigue creciendo, con zonas del planeta en pleno desarrollo demandando su equiparación energética con el mundo desarrollado".

Condiciones de partida actuales respecto a la energía:

- La gran mayoría de la energía que consumimos es generada mediante productos fósiles.
- El aumento del nivel de vida y de confort se encuentra socialmente asociado a un aumento del consumo de energía.
- Existe una gran dependencia de unas áreas sobre otras, a nivel global y local.
- Incremento de la población mundial.
- Los países no desarrollados demandan los mismos niveles energéticos que los desarrollados.
- Aumento de la conciencia social respecto a temas medioambientales.
- Rechazo social a la energía nuclear con tendencia a su eliminación.
- Creación de redes a nivel mundial.

El objetivo debe ser gestionar un sistema donde se combine la eficiencia energética, con la consecuente reducción del gasto y la potenciación de las energías de carácter renovable, concientizando a todos los actores que intervienen en el multidisciplinar proceso de construir nuestro entorno.

2.3. Fundamento teórico

Según Falconi (2009) " La humanidad atraviesa una etapa clave para la conservación del planeta Tierra y sus recursos. Desde el siglo XIX donde aparecen los motores a vapor, posteriormente los motores de combustión interna, cuyos combustibles se derivan del refinado del petróleo, han ayudado al progreso de la humanidad pero a la vez con el pasar del tiempo han ido generando grandes cantidades de gases combustionados, que producen estragos en el ambiente tanto así que la humanidad está buscando maneras de producir combustibles y energías alternativas para mitigar este efecto".

2.3.1 Energía solar

El Sol es el origen de casi todas las energías , ya que provoca el calentamiento de la Tierra y del agua ocasionando las diferencias de presión que dan origen al viento, fuente de la energía eólica. La energía hidráulica también debe su existencia al Sol ya que este es el responsable del ciclo del agua, además en el proceso de fotosíntesis el Sol es el actor principal para la energía que utiliza la biomasa. La energía solar es un tipo de energía de las conocidas como energía verde. Las distintas tecnologías solares existentes son:

- **Energía solar térmica:**

Utilizada para producir agua caliente.

- **Energía solar fotovoltaica:**

Electricidad producida mediante paneles fotovoltaicos a partir de la radiación solar.

- **Energía solar termoeléctrica:**

Electricidad producida mediante un ciclo termodinámico a partir de un fluido calentado por la radiación solar.

- **Energía solar híbrida:**

Combinación de la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación renovable o fósil.

- **Energía eólico-solar:**

Funciona con el aire calentado por el Sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

2.3.2 Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar por medio de paneles o módulos fotovoltaicos y su transformación en energía eléctrica debido al efecto fotovoltaico.

Se puede mencionar varias causas para el interés por la investigación y desarrollo de la energía solar fotovoltaica:

- Precios crecientes de la energía.
- Toma de conciencia de los riesgos del cambio climático.
- Incrementos en los subsidios a centrales fotovoltaicas por parte de los gobiernos.
- Compromisos internacionales y legislaciones internas para mitigar la emisión de gases nocivos.

La energía solar fotovoltaica se está convirtiendo en una de las más importantes fuentes de electricidad de nuestro planeta, debido a que los costos de construcción e instalación se van reduciendo con el transcurso del tiempo y su

incursión en el mercado de generación eléctrica que al momento se está duplicando. Sin embargo existen ventajas y desventajas al utilizar este tipo de energía

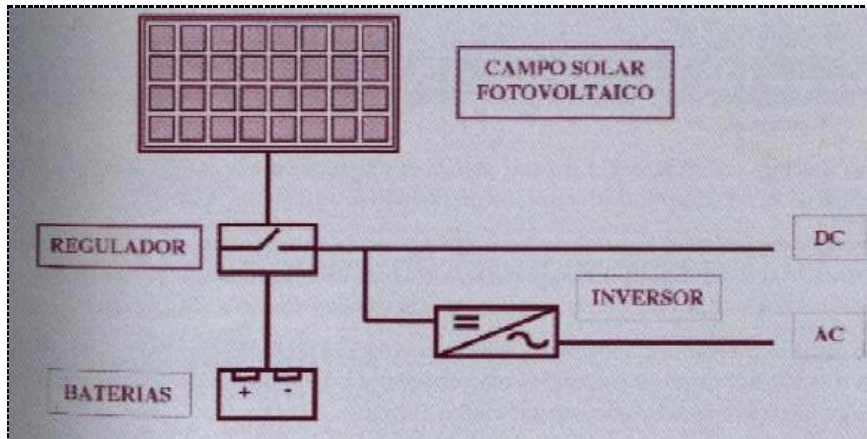
2.3.3. Sistema solar fotovoltaico.

Un sistema solar fotovoltaico es toda instalación destinada a convertir la radiación solar en energía eléctrica.

El sistema solar fotovoltaico, de forma general, requiere el acoplamiento de cuatro elementos principales: Módulos fotovoltaicos, regulador, inversor y baterías.

Los sistemas solares fotovoltaicos se caracterizan por su simplicidad, fácil instalación, modularidad, ausencia de ruido durante su funcionamiento, larga duración, elevada fiabilidad y requerir poco mantenimiento. Por otro lado, la tecnología fotovoltaica tiene el valor añadido de generar puestos de trabajo y emplear recursos autóctonos, disminuyendo la dependencia energética del exterior.

Toda instalación de sistemas de energía solar además de calidad del diseño y equipos de la instalación, debe tener presente la importancia de la correcta ejecución de la instalación, así como la seguridad del entorno que la rodea.



Fuente: Castilla y León

Figura 2.1. Sistema solar fotovoltaico aislado.

2.3.4 Propósitos de una instalación solar fotovoltaica

El propósito de una instalación solar fotovoltaica es conseguir la máxima producción de energía eléctrica.

La cantidad de energía eléctrica solar aprovechada depende de múltiples factores; algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación (orientación, inclinación, ubicación de los módulos fotovoltaicos, etc.), otros se escapan a toda posibilidad de control, ya que son consecuencia de la localización geográfica de la instalación y de los parámetros meteorológicos del lugar.

Básicamente existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica, en las que la dependencia no posee energía eléctrica de la red convencional y, por tanto su consumo eléctrico ha de ser proporcionado íntegramente por la instalación solar fotovoltaica, que almacena la generación eléctrica solar en baterías para su uso cuando sea solicitado.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional, en las que la dependencia posee suministro eléctrico y por tanto, la generación eléctrica

de la instalación solar es destinada, íntegramente a su venta a red eléctrica de distribución convencional.

Para lograr la plena incorporación de las instalaciones fotovoltaicas en la sociedad, como una solución complementaria a los sistemas tradicionales de suministro eléctrico, es necesario superar ciertas barreras.

Tabla 2.1. Barreras y soluciones para la implementación de sistemas solares.

Barreras	Solución
Administrativas	Obtención del máximo apoyo de todas las administraciones públicas.
Económicas	Reducción de costos de fabricación y precio final de la instalación.
Sociales	Difusión de la necesidad de las energías renovables, como solución a los problemas medioambientales.

Fuente: José Quiroz

2.4. Antecedentes de la energía solar fotovoltaica

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el Físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica.

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de Selenio fueron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas.

La celda de Silicio que hoy día utilizan proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946.

La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los Laboratorios Bells. Accidentalmente experimentando con semiconductores se encontró que el Silicio con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz.

2.5. La energía solar Fotovoltaica en el Ecuador

El Ecuador está ubicado sobre la línea Ecuatorial, se encuentra en ambos hemisferios, siendo un país con alta incidencia de radiación solar.

A medida que la luz solar llega a los polos va disminuyendo su intensidad; en cambio esta impacta con más fuerza sobre la línea Ecuatorial. Nuestra posición geográfica hace que la luz solar pase por menos atmósfera, aquí la radiación cae perpendicularmente, situación que no ocurre en otros sitios del planeta en donde el ángulo de incidencia de la luz solar varía acorde a las estaciones del año.

2.6. Ventajas de la energía solar Fotovoltaica

Las ventajas de la energía solar fotovoltaica son:

- Es una fuente inagotable.
- Ahorro de energía
- Es un sistema idóneo para zonas donde la red eléctrica no llega.
- No consume combustibles.
- No produce ruidos.
- Su mantenimiento es sencillo, lo que facilita su elección.
- El coste disminuye a medida que la tecnología va avanzando.
- Tienen un largo período de vida útil.
- Resiste condiciones climáticas extremas.
- No contamina es decir no produce gases contaminantes a la atmósfera.
- No existe una dependencia de los países productores de combustibles.

- Permite aumentar la potencia generada mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos al mismo sistema.

2.7. Desventajas de la energía solar Fotovoltaica

Las desventajas de la energía solar fotovoltaica son:

- Requieren de mano de obra calificada para su instalación.
- No existe un rendimiento óptimo de los paneles fotovoltaicos.
- No puede utilizarse más energía de la acumulada.
- El nivel de radiación de la energía solar es variable de una zona a otra y depende de las condiciones atmosféricas.
- Para grandes demandas energéticas se requieren grandes extensiones de terreno.
- Inicialmente requiere una fuerte inversión económica por lo que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse.
- La estética de las estructuras no es agradable para los usuarios.
- Falta de elementos almacenadores de energía económicos y fiables.
- Algunos materiales en los paneles fotovoltaicos son tóxicos, esto exige un cuidadoso tratamiento al final de su vida útil.

2.8. Montaje de un sistema fotovoltaico

En el hemisferio sur, los paneles se montan orientados hacia el norte geográfico con una inclinación con respecto al horizonte que corresponde al ángulo indicado para obtener la máxima ganancia durante el invierno.

Los paneles se los ubica una estructura adecuada. El lugar que se escoja debe estar libre de cualquier sombra por pequeña que esta sea, esto disminuiría ostensiblemente el rendimiento del panel.

Como regla general, se orientan los paneles para que la superficie colectora se encuentre perpendicular al sol de mediodía para el mes en que se desea máxima ganancia.

Los paneles deben montarse con una distancia mínima de cualquier superficie de aproximadamente 5 cm para permitir la adecuada circulación del aire por su lado inferior, lo que evita que se caliente en exceso y esto disminuya su rendimiento.

Para que el sistema fotovoltaico preste un servicio confiable durante su vida útil, es necesario darle importancia a la adecuada instalación del sistema.

Cualquier defecto puede inducir a una reducción ostensible de su eficiencia y vida útil, que va entre 20 y 30 años.

2.9. Producción de energía de un sistema fotovoltaico.

La cantidad de energía eléctrica producida de un sistema fotovoltaico depende básicamente de la eficiencia de los módulos y de la irradiación solar, o de la radiación solar incidente.

La radiación solar incidente en la tierra tiene un valor variable en función de la distancia entre la Tierra y el Sol, o de la latitud de la localidad donde serán instalados los módulos fotovoltaicos. También es importante la inclinación de los módulos, una correcta inclinación influye en la energía solar captada y por lo tanto en la cantidad de energía eléctrica producida.

La presencia de la atmósfera, finalmente implica una serie de fenómenos sobre la radiación incidente, entre los cuales el efecto de filtro que reduce considerablemente la intensidad de la radiación en el suelo y la fragmentación de la luz.

Se calcula aproximadamente que un metro cuadrado de módulos fotovoltaicos de buena calidad puede producir de media 180 kWh al año (0,35 kWh al día en periodo invernal y 0,65 kWh al día de periodo estival).

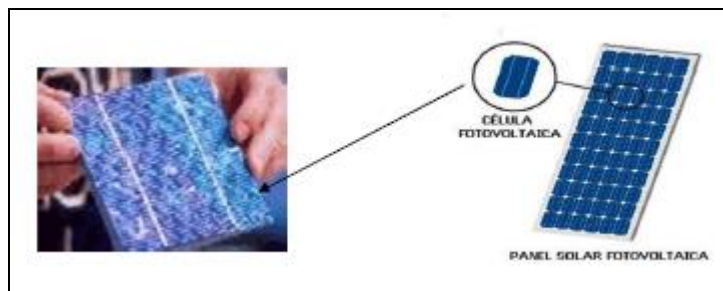
2.10. Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos

Es un sistema estático, sin partes mecánicas, el generador fotovoltaico generalmente no requiere mantenimiento, excepto una limpieza periódica con un paño húmedo de la superficie. Esta limpieza sirve para devolver la transparencia original al cristal que puede haberse reducido por capas de polvo.

Si la batería de acumulación es de tipo plomo – ácido no sellada debe controlarse el nivel del líquido una vez al año. También mantener una limpieza de los contactos entre los bornes y terminales de los cables de conexión, aplicando periódicamente una capa de vaselina. La batería debe instalarse en lugares suficientemente sombreados y ventilados. La conexión de los cables de conexión entre el generador fotovoltaico, la batería y el regulador debe estar en perfecto estado.

2.11. Celdas fotovoltaicas

Una celda o célula fotovoltaica está hecha de materiales semiconductores, en especial de silicio, el que se emplea en la industria microelectrónica. Se usa una delgada rejilla semiconductor para originar un campo eléctrico positivo en un lado y negativo en el otro, cuando la energía proviene de los rayos solares llega a la celda fotovoltaica, los electrones son golpeados y sacados de los átomos del material semiconductor. Su rendimiento varía entre el 8,12 y 15 % de la luminosidad recibida.



Fuente: Falconi

Figura 2.2. Celula fotovoltaica.

Las células fotovoltaicas, fabricadas mediante la cristalización de silicio pueden ser de tres tipos principales:

Tabla 2.2. Tipos principales de células Fotovoltaicas

TIPO	CARACTERÍSTICA
Silicio monocristalino	En las que el silicio que componen las células está formado por un único cristal, cuya red cristalina es idéntica en todo el cristal y caracterizada por la solidificación de los átomos de silicio en tres direcciones espaciales perpendiculares entre sí, y sin imperfecciones
Silicio policristalino	En la que los procesos de cristalización del silicio no son ordenados, obteniéndose redes cristalinas diferentes en cada cristal y conformándose la célula mediante la unión de diferentes cristales
Silicio amorfo	En el cual no hay red cristalina alguna y el material es depositado sobre finas capas que se unen entre sí.

Fuente: Junta de Castilla y León

2.12 Integración del sistema

2.12.1 Velocidad de aire.

Velocidad del aire en el interior del horno: 0.2 a 0.4 m/s.

Para evitar el ruido debe circular a velocidades no mayores a 10 m/s.

2.12.2 Temperatura.

Temperatura de pintado: 20°C

Temperatura en la fase de secado: máxima 50°C.

2.12.3 Recirculación de aire.

Aire en recirculación: 95%

Aire nuevo: 5%

2.12.4 Parámetros atmosféricos de la ciudad de Latacunga

- Temperatura promedio del aire ambiente= 21 °C = 294 °K
- Altitud promedio de la ciudad de Latacunga = 2.850 m
- Presión atmosférica en Latacunga = 521 mm Hg = 69.5 kPa

2.12.5 Cálculo del caudal y flujo másico de aire necesario

Caudal de aire requerido: $\dot{V} = V * \#_{renovaciones}$

Densidad promedio del aire: $\rho = \frac{p}{R \cdot T}$

Flujo másico de aire: $\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$

2.13. Dimensionamiento de los ductos

2.13.1. Dimensionamiento del ducto de admisión de aire

$$\dot{V} = \vec{V} \cdot A$$

$\vec{V} =$ velocidad máxima del aire en los ductos = 10 m/s

Área mínima en el ducto vertical: $A = 0.25 \text{ m}^2$

Sección rectangular de 250 mm por 1000 mm

Sección del “plenum”: rectangular de 5000 mm por 2000 mm

2.12.2 Dimensionamiento de los ductos de la fosa

Máxima distancia entre ejes 4600 mm

Separación entre los neumáticos: 1600 mm

Diámetro mínimo de los ductos cilíndricos que conectan a ambas fosas:

$$A = 6 * \frac{\pi * \phi_{min}^2}{4}$$

$$\phi_{min} = 0.23 \text{ m}$$

2.14. Pérdidas de presión por fricción

2.14.1 Pérdidas de presión en los ductos

Pérdida de presión total:

$$H_{L1} = L_{ducto} * H_l$$

2.14.1. Pérdidas de presión en los accesorios

Codo

Pérdida de presión en el codo es: $H_{L2} = n * P_D$

Plenum.

Ángulo del difusor: 45°

Relación del difusor: $\frac{D}{D_1}$

Pérdida de presión en el plenum: $H_{L3} = n * P_D$

Entrada de aire.

Pérdida de presión es: $H_{L4} = n * P_D$

Filtros.

Pérdidas de presión en los filtros: $H_{L5} = 2 * H_{filtro}$

Pérdida total de presión

$$H_L = H_{L1} + H_{L2} + H_{L3} + H_{L4} + H_{L5}$$

2.14.2 Selección del ventilador

Catálogo Soler

Ventilador de la serie **DA 10/10**

2.14.3 Cálculo de los requerimientos de calor del horno de pintura automotriz

Calentamiento inicial del aire dentro del horno

Masa total de aire (m) en el interior del horno es: $m = \rho * \forall$

\forall = volumen de aire en el interior del horno (es igual al volumen interior del horno)

Calor requerido (q_{req}): $q_{req} = m * c_p * \Delta T$

c_p = Calor específico del aire = 1004.7 J/kg °K

ΔT = Diferencia de temperatura

Tiempo: 30 minutos

Flujo de calor requerido: $\dot{Q}_{req1} = \frac{q_{req}}{tiempo}$

Calentamiento del flujo de aire recirculado

Cierre de la compuerta: 5%

Descenso de la temperatura en el aire recirculado: 5°C

Flujo másico de aire a 45°C: $\dot{m}_{45^{\circ}\text{C}} = 0.95 * \dot{m}$

\dot{m} = flujo másico de aire requerido para el horno de pintura automotriz

Flujo másico de aire a 17°C es: $\dot{m}_{17^{\circ}\text{C}} = 0.05 * \dot{m}$

Temperatura de la mezcla viene dado por:

$$\dot{m}_{45^{\circ}\text{C}} * c_v * (T_m - 45^{\circ}\text{C}) + \dot{m}_{17^{\circ}\text{C}} * c_v * (T_m - 17^{\circ}\text{C}) = 0$$

Calor requerido para llegar a los 50°C: $\dot{Q}_{req2} = \dot{m} * c_p * \Delta T_m$

Cálculo de las pérdidas de calor

Pérdidas de calor por conducción:

$$Q_{L1} = \frac{k * A * \Delta T * t_e}{3.412 * L}$$

Pérdidas de calor por convección y radiación:

$$Q_{L4} = A * F_{SL}$$

Pérdida de calor total:

$$Q_L = Q_{L1} + Q_{L4}$$

Cálculo de la potencia de calentamiento:

$$Pot = \dot{Q}_{req1} + Q_L$$

2.15. Marco legal vigente

En la Constitución Política de la República del Ecuador, Registro Oficial 449, del 20 de octubre del 2008. En el Título II Derechos, Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales

Sección séptima

Biósfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

2.16. Marco conceptual.

Para un mejor entendimiento de la investigación es necesario definir algunos términos y palabras claves que permitirán comprender la necesidad de investigación, el estudio realizado y la prospectiva que se espera alcanzar.

2.16.1 Horno de pintura:

Es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no sólo aporta ventajas de cara a garantizar un acabado perfecto, sino también desde el punto de vista medio ambiental, ya que se retienen la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles.

2.16.2 Acumulador eléctrico:

Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica transformada en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o paralelo.

2.16.3. Auto descarga.

Pérdida de carga de la batería cuando esta permanece en circuito abierto. Habitualmente esta se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, durante un mes y a una temperatura de 20 grados.

2.16.4 Capacidad Nominal (Ah).

Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20° C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 V/vaso.

2.16.5 Capacidad útil:

Capacidad disponible a utilizarse de la batería. Se define como producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida.

2.16.6. Célula Fotovoltaica:

Elemento de la instalación en el que se transforma la energía solar en energía eléctrica.

2.16.7 CEM (Condiciones Estándar de Medida).

Condiciones de irradiación y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidos del modo siguiente:

- Irradiación: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Incidencia normal
- Temperatura de la célula

2.16.8 Convertidor de continua – continua:

Elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

Corriente de cortocircuito o intensidad de corriente de cortocircuito: Intensidad de la corriente de un cortocircuito eléctrico cuando este cortocircuitado y sin cargas.

2.16.9 Efecto fotovoltaico:

Conversión directa de energía luminosa en energía eléctrica.

2.16.10 Inclinación:

Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.

2.16.11. Orientación:

Ángulo de desviación respecto al sur geográfico de una superficie. El sur real no debe confundirse con el magnético, del que se diferencia por efecto de la declinación magnética.

2.16.12. Régimen de carga (o descarga):

Parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a cual se realiza la carga (o la descarga). Se expresa normalmente en horas, y se representa como un subíndice en el símbolo de la capacidad y de la corriente a la cual realiza la carga (o la descarga). Por ejemplo, si una batería de 100 Ah se descarga en 20 horas a una corriente de 5 A, se dice que el régimen de descarga es 20 horas ($C_{20} = 100 \text{ Ah}$) y la corriente se expresa como $I_{20} = 5 \text{ A}$.

2.16.13. TONC:

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se someten al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1.5 G, la temperatura ambiente es de 20° C y la velocidad del viento de 1 m/s .

2.17. Conclusión del capítulo

En la bibliografía investigada se verificó la importancia de las instalaciones solares fotovoltaicas, para el diseño de un sistema de calentamiento ecológico para hornos de pintura automotriz como una alternativa a las formas convencionales de calentamiento, teniendo así la base teórica de la investigación.

Se evidenció la importancia y trascendencia que tiene la energía solar en los distintos entornos de la humanidad, para incursionar en la exploración del potencial de la energía solar y convertirse en una alternativa viable para reducción de la contaminación ambiental.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

La investigación caracterizó el potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013. Para conseguir este propósito se utiliza un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar.

Los paneles solares estarán colocados en una determinada posición fijo, previamente analizada como la más eficiente para obtener la mayor radiación solar posible.

3.1. Diseño de la investigación

Permitió la elaboración de la propuesta del modelo operativo viable, o una solución posible, cuyo propósito es satisfacer una necesidad o solucionar un problema.

La investigación evaluó la caracterización del potencial energético de las radiaciones solares como fuente alternativa para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad Latacunga en el año 2013, estudiando la factibilidad del uso frente a los sistemas convencionales de calentamiento tradicionales.

La información obtenida de los paneles fue almacenada, y presentó el nivel de la radiación solar en un determinado tiempo.

Teniendo ya un historial de la información será posible realizar un análisis del nivel de radiación solar en Latacunga y la mejor forma de colocar los paneles.

Está relacionada en la investigación experimental, debido a que para su elaboración es necesaria el uso de instrumentos medición específicos.

Marín (2001) define que: ésta obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo, sobre la misma se puede o no usar un grupo de control, con el fin de hacer las comparaciones necesarias para comprobar las hipótesis o rechazarlas según el caso; lo cual el nivel de conocimientos que se adquieren se divide en: exploratoria, descriptiva explicativa. (p.120).

Según la definición anterior la investigación se clasifica entre la naturaleza experimental descriptiva debido a que fundamentalmente por describir un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferencias.

3.2. Modalidad de la investigación

De acuerdo a los objetivos planteados en la investigación se ubicó en la modalidad de campo. Este diseño de investigación permite la recolección de los datos reales. Por tanto, en este caso el potencial energético de las radiaciones solares para calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013, es factible de desarrollarlo por las características que estos disponen.

La investigación de campo permitió obtener los parámetros en condiciones existentes, documentada el uso de energías alternativas para solucionar problemas referentes al uso de métodos tradicionales de calentamiento en hornos de pintura para reemplazarlos por sistemas de calentamiento ecológicos reduciendo así la contaminación ambiental.

3.2.1. Investigación de campo

Sabino (2010) "El proceso de investigación" señala que se basa en informaciones obtenidas directamente de la realidad, permitiéndole al investigador a cerciorarse de las condiciones reales en que se han conseguido los datos.

La investigación de campo se concreto desarrollando la medición de datos a través de paneles solares ubicados en la terraza del edificio de la ESPE Extensión Latacunga, los permitieron generar los datos de radiación en diferentes horas y condiciones que se presentan en el día para lograr determinar el potencial energético de las radiaciones solares.

En la investigación se analiza resultados de comparación de indicadores de las variables de estudio y se elabora una propuesta de solución y eficiencia energética para el calentamiento de hornos de pintura automotriz.

3.2.2 Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica proporciona al investigador criterios y conocimientos ya utilizados y estudiados por personas involucradas con temas relacionados con el problema propuesto, además brinda conocimientos sobre nuevas alternativas tecnológicas, que contribuyan a mejorar y optimizar el sistema energético existente.

3.3 Metodología

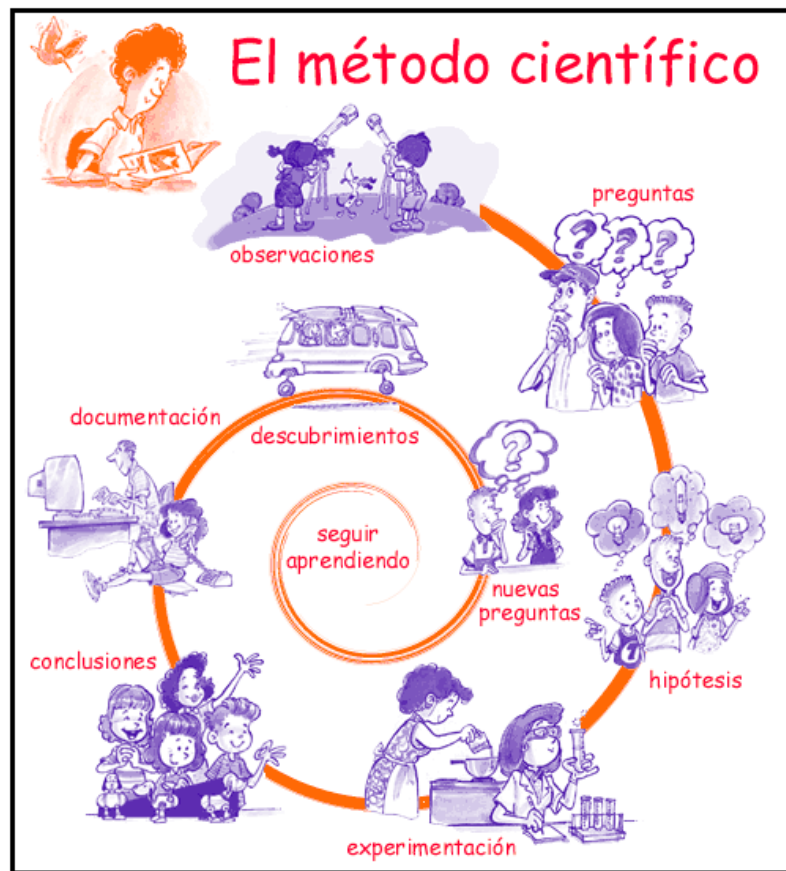
La investigación es experimental, consiste en la manipulación de una variable experimental , en condiciones controladas, con el fin de describir de que modo o porque causa se produce la situación o acontecimiento en particular.

Fue una experimentación porque el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en los resultados observados. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas.

Según Bisquerra R. (2004), las limitaciones de tipo ambiental con este tipo de limitaciones están referidas a las situaciones ambientales como pueden ser las

condiciones del ambiente, características de los sujetos que pueden afectar los resultados de la investigación.

Las variables que intervienen en este tipo de investigación y que difieren de unos contextos a otros son múltiples, hace que los resultados sean aplicables al ámbito estudiado, pero a veces son difíciles de generalizar a otros ámbitos. Las condiciones ambientales determinan el proceso de generalización y ponen límites al alcance de los resultados de la investigación.



Fuente: Rojas

Figura 3.1. Método Científico

La investigación fue experimental, ya que debido a que se tiene control sobre la variable independiente, con respecto al consumo de los energéticos, pero si otras variables para mitigar y dar solución al problema planteado.

Según Hernández, (2000) dice que: “La muestra es, un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características a los que llamamos población”.

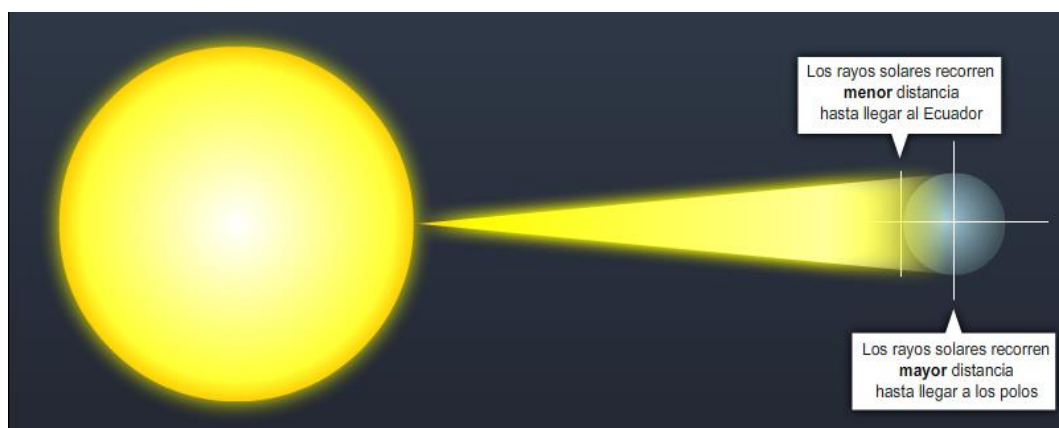
Un muestreo intencional, según Ramírez (1996), “Es un tipo de muestreo que implica que el investigador obtiene información de unidades de la población escogidas de acuerdo con criterios previamente establecidos, seleccionando unidades tipo o representativas”.

Hernández (1997) “Para seleccionar una muestra, lo primero entonces es definir nuestra unidad de análisis —personas, organizaciones, periódicos, etc. — El ‘quiénes van a ser medidos’ ”, depende de precisar claramente el problema a investigar y los objetivos de la investigación. Estas acciones nos llevarán al siguiente paso, que es el de delimitar una población.

La investigación se enfoca en los hornos de pintura automotriz en Latacunga, no se generó una muestra sino se desarrollaron múltiples mediciones.

3.4. Datos estadísticos.

El Ecuador está ubicado sobre la línea Ecuatorial, se encuentra en ambos hemisferios, siendo un país con alta incidencia de radiación solar.



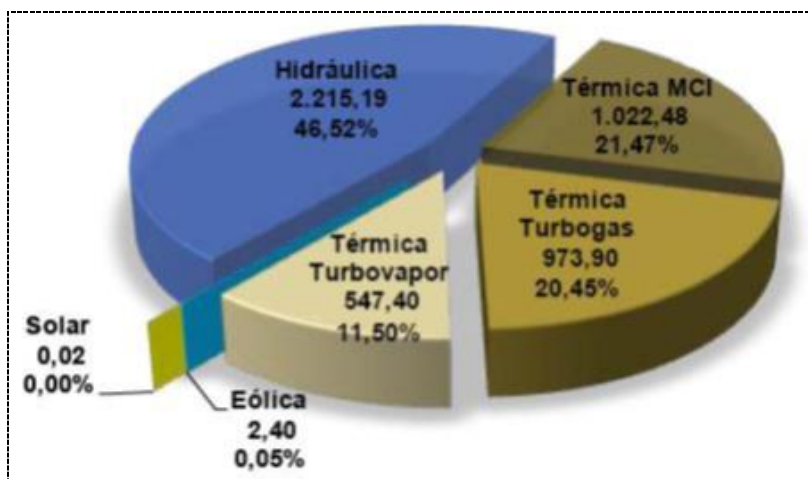
Fuente: Diario El Telégrafo

Figura 3.2. Irradiación Solar

En nuestro país depende de las condiciones climatológicas locales y de la cercanía o lejanía del Sol, convirtiéndolo en un país privilegiado en lo que a recurso solar se refiere aunque debido al deterioro de la capa de ozono es más vulnerable a la radiación solar.

Otro dato a considerar es la cobertura de las redes eléctricas. Debido a que hay comunidades donde no existe disponibilidad de energía eléctrica, siendo posible la instalación de sistemas de generación fotovoltaica.

En la figura 3.3 se muestra porcentualmente la potencia eléctrica obtenida de las diferentes centrales de generación, observando que las de mayor representación son las centrales termoeléctricas que representan el 53,43% de la potencia efectiva, en tanto que las centrales hidráulicas el 46,52% siendo el más bajo porcentaje la generación mediante energía solar y eólica con 0,00% y 0,05% respectivamente.



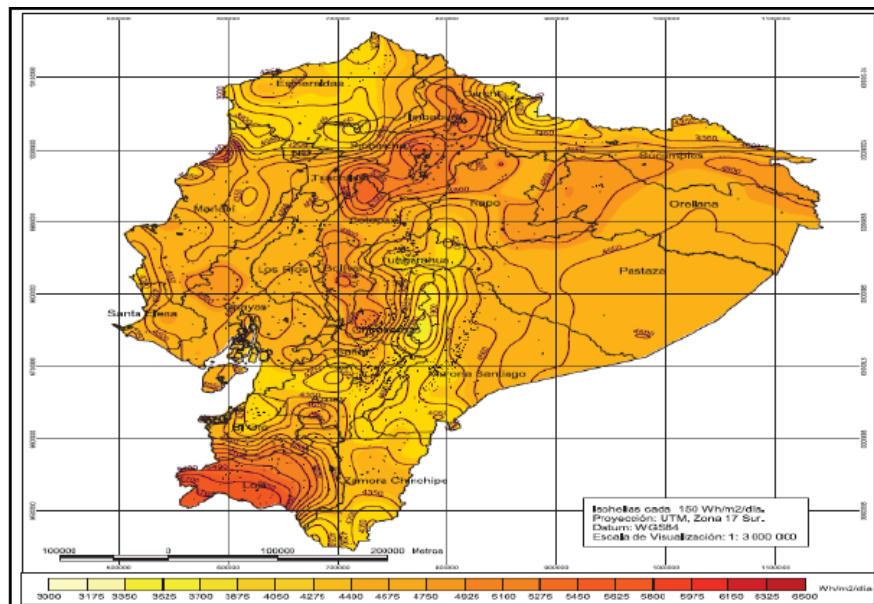
Fuente: CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, 2010

Figura 3.3. Centrales de generación de energía eléctrica en el Ecuador (MW)

En Ecuador la Agencia Espacial Civil está dedicada al monitoreo de la radiación solar mediante investigaciones sobre la concentración de la capa de ozono en la franja ecuatorial con mediciones vía satélites. La misma cuenta con

un atlas de irradiación solar desde el 2008, desarrollado por el Consejo Nacional de Electricidad, en la que se pueden encontrar datos sobre insolación difusa, directa y global en el Ecuador. El Monitor Nacional de Radiación se encuentra activo y provee lecturas cada cinco minutos de la radiación durante el día.

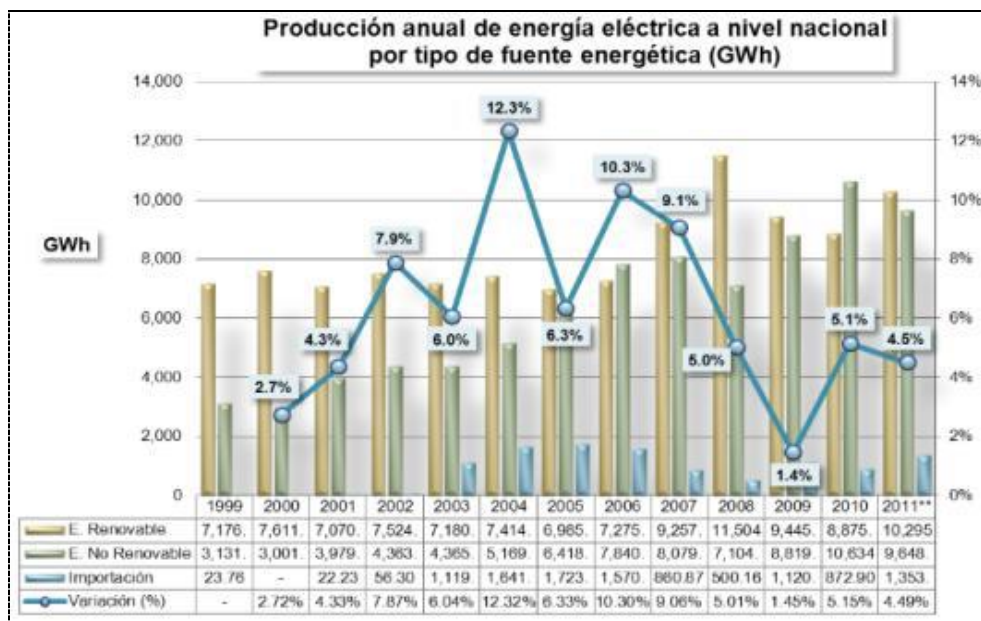
Insolación: Es la cantidad de energía solar que llega a una superficie, medida en kWh/m². Que llega a la superficie terrestre, puede ser directa o difusa.



Fuente: CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, 2010

Figura 3.4. Insolación global promedio en el Ecuador durante el año 2008

En nuestro país existe una pequeña producción de energías renovables entre las que encontramos la energía fotovoltaica, la figura 3.5 indica el desarrollo de las energías renovables desde el año 1999 hasta su estimación del año 2011.



Fuente: CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad, 2010

Figura 3.5. Generación eléctrica nacional por tipo de energía primaria en el Ecuador

3.5. Métodos y técnicas a ser empleados

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, fueron los recursos que permitieron acceder a los datos requeridos para conocer más sobre la investigación, a fin de alcanzar los objetivos específicos propuestos. En la presente investigación se aplicarán las siguientes técnicas: observación directa, experimentación y encuestas.

La observación directa puede aplicarse en algunas investigaciones con el objetivo de tener un registro sistemático del evento que se desea analizar.

Según Sabino (1976), “La observación directa es definida como el uso sistemático de nuestros sentidos, en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación.”

3.6 Técnicas

Medición

Según Méndez (2001), en su trabajo menciona que: “Es la comparación que se establece entre una cierta cantidad y su correspondiente unidad para determinar cuántas veces dicha unidad se encuentra contenida en la cantidad en cuestión. La medición, en definitiva, consiste en determinar qué proporción existe entre una dimensión de algún objeto y una cierta unidad de medida. Para que esto sea posible, el tamaño de lo medido y la unidad escogida tienen que compartir una misma magnitud” (p. 35).

A través de mediciones de la radiación solar en forma directa utilizando instrumentos que con el nombre de radiómetros y en forma indirecta mediante modelos matemáticos de estimación que correlacionan la radiación con el brillo solar. Los radiómetros solares como los piranómetros o solarímetros y los pirheliómetros, servirán para medir la radiación solar incidente global (directa más difusa), la directa (procedente del rayo solar), la difusa, la neta y el brillo solar.

Observación

Según Méndez (2001), “La observación es un proceso cuya función primera e inmediata es recoger información sobre el objeto que se toma en consideración. Esta recogida implica una actividad de codificación: la información bruta seleccionada se traduce mediante un código para ser transmitida a alguien (uno mismo u otros). Los numerosos sistemas de codificación que existen, podrían agruparse en dos categorías: los sistemas de selección, en los que la información se codifica de un modo sistematizado mediante unas cuadrículas o parrillas preestablecidas, y los sistemas de producción, en los que el observador confecciona él mismo su sistema de codificación” (p. 48).

La caracterización del potencial energético de las radiaciones solares en la ciudad de Latacunga se obtuvo a través del monitoreo continuo de las radiaciones solares captadas por los paneles solares fuentes de energía fotovoltaicas. Esta

técnica de investigación fue necesaria para recopilar toda la información que sirva para la implementación de un sistema de calentamiento de los hornos de pintura automotriz.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Dos variables de interés surgieron de la investigación.

1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Energía solar.
2. VARIABLE DEPENDIENTE: Eficiencia energética de hornos de pintura automotriz.

Tabla 3.1. Variable independiente.

Cuadro No.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

Energía solar.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Fuente de energía natural proporcionada por el sol	Térmica	Generación de energía solar	w/m ²	Medición	Software
		Consumo de energía solar promedio del horno de pintura	w/m ²	Medición	Calculo
		Consumo de energía eléctrica	kW/h	Medición	Cálculo
	Dimensión Paneles solares	Área de transferencia de calor	m ²	Cálculos	Ecuaciones
		Eficiencia de calentador solar	%	Cálculos	Ecuaciones
	Energía requerida	Potencia de calentamiento	kW	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: José Quiroz E.

Tabla 3.2. Variable dependiente: Eficiencia energética

Cuadro No.2. VARIABLE DEPENDIENTE:		Eficiencia energética de hornos de pintura automotriz.			
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es la determinación de la cantidad de energía que consume el sistema vs la cantidad de energía que entrega, tomando en cuenta perdidas".	Perdidas de energía	Temperatura	°C	Cálculos	Ecuaciones
	Eficiencia energética	Calor aprovechado	kJ	Cálculos	Ecuaciones
	Pre factibilidad	Costo	\$	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: José Quiroz.

3.8. Equipos y procedimientos de prueba.

Con los equipos de medición se procedió a realizar las respectivas mediciones para establecer potencial energético de las radiaciones solares, para el calentamiento de hornos de pintura automotriz en la ciudad de Latacunga, año 2013.

Sensores de radiación solar.

La unidad de medición de la radiación solar es el Watt/m². Existe una variedad de instrumentos para medir la radiación solar, entre estos tenemos:

Pirheliómetro.

Mide la irradiación solar directa del sol en una superficie perpendicular al rayo solar, evitando la radiación difusa desde otras direcciones.



Fuente: Instrumentos de Medida Electrónicos

Figura 3.6. Pirheliómetro

Está compuesto por un receptor protegido de la irradiación indirecta, ubicado en el fondo de un tubo. Los diferentes tipos de pirheliómetros dependen de las formas del receptor y del tubo que posean. Internamente existe una placa negra, cuya temperatura, que se mide con un sistema de termocuplas, varía con la radiación solar directa que llega a la placa.

Pirómetro

Permite medir la irradiación solar global (directamente y difusa) incidente sobre una superficie de la Tierra. Está diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (w/m^2).

El pirómetro tiene buena precisión, pueden ser usados para medir irradiación a escala diaria, horaria o menor, lo que va a depender más de la programación del instrumento de adquisición de datos asociados. Poseen buena respuesta espectral, linealidad, uniformidad de respuestas y tiempo de respuesta.

Es resistente a la corrosión se lo utilizó a la intemperie, utiliza sensores termoeléctricos, fotoeléctricos, piroeléctricos o elementos bimetálicos; sus propiedades en relación a su grado de precisión y confiabilidad son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta.



Fuente: Instrumentos de Medida Electrónicos

Figura 3.7. Piranómetro de radiación solar global

Entre los principales tipos de Piranómetros tenemos:

Piranómetro para medir la radiación solar difusa

Instrumentos para medición de la radiación solar, utilizados en investigaciones atmosféricas, meteorología, climatología, agricultura, sector energético, instalaciones fotovoltaicas.

Piranómetro fotovoltaico

Poseen como elemento sensor una célula fotovoltaica. Su uso es recomendado para mediciones diarias de irradiación solar sobre un plano horizontal o para observar pequeños cambios rápidos de irradiación debido a su gran sensibilidad y respuestas casi instantáneas

Piroradiómetro

Su sensor está constituido por termopares en serie que generan una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre sus uniones, las cuales se encuentran en contacto térmico con placas metálicas que se calientan de forma distinta cuando están iluminadas. Por lo tanto, una diferencia de potencia medida en la salida del instrumento puede ser relacionada con el nivel de irradiación.

Mide la radiación global e infrarroja que viene desde la atmósfera. Este tipo de sensor se protege mediante cúpulas de silicona, que para evitar la condensación interior, se inflan con aire de bajo de vapor de agua.

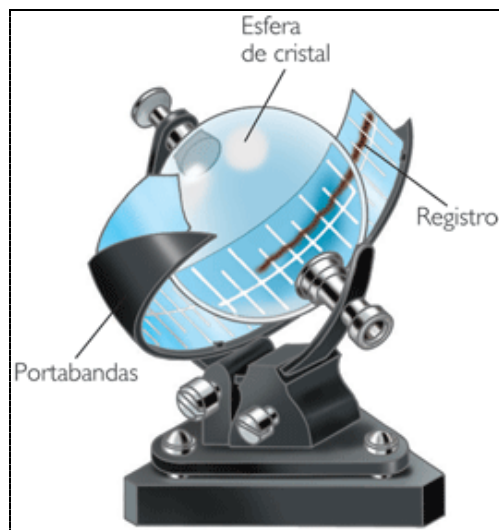


Fuente: Instrumentos de medida electrónicos

Figura 3.8. Piroradiómetro

Heliofanógrafo

También conocido como Heliógrafo, registra el período en que el sol alumbra en un lugar determinado.

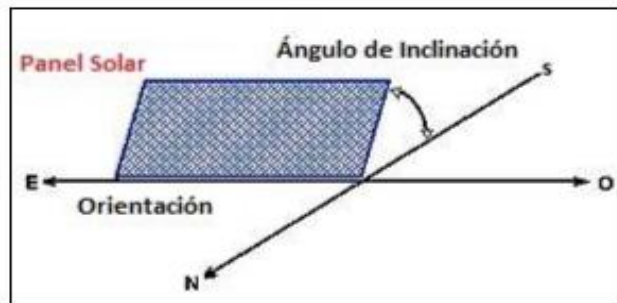


Fuente: Instrumentos de Medida Electrónicos

Figura 3.9. Esquema de un heliógrafo

Orientación y ángulo de inclinación.

Para que un panel solar trabaje lo mejor posible hay dos factores muy importantes que hay que tener en cuenta, la orientación y la inclinación.

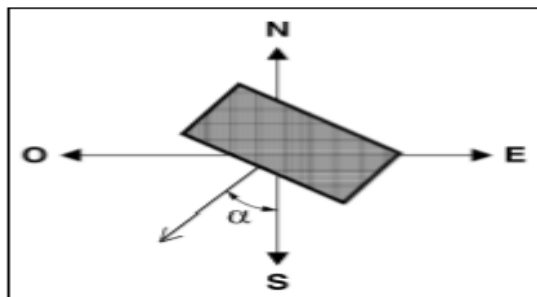


Fuente: Guía de energía

Figura 3.10. Orientación y ángulo de inclinación

Orientación y ángulo de inclinación del panel solar

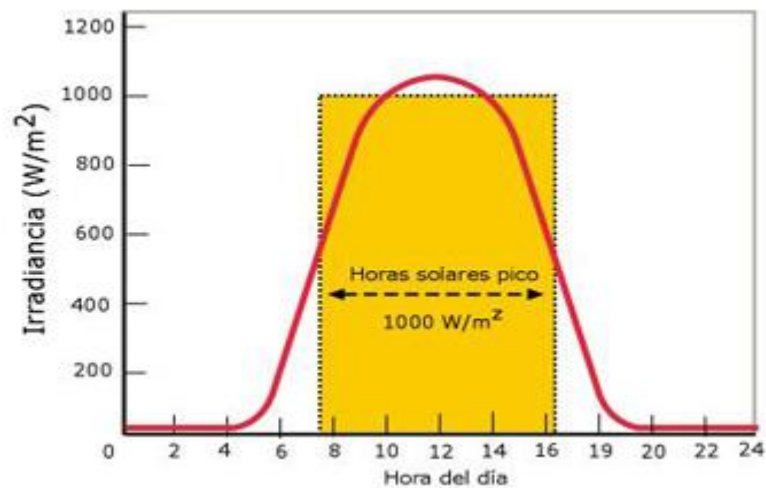
La parte frontal del panel solar se orienta hacia el norte debido a que la ciudad de Latacunga se encuentra en el hemisferio sur, en caso de que se instale el panel en alguna lugar del hemisferio norte, deberá orientarse hacia el sur porque la trayectoria que describe el Sol desde que sale hasta que se oculta se ve de manera diferente en el hemisferio norte y sur. La orientación se define por el ángulo llamado azimut α , que es el ángulo que mide la desviación respecto al sur, en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur.



Fuente: Guía de energía

Figura 3.11. Representación del ángulo azimut para el hemisferio norte.

Para optimizar la captación de rayos solares puede existir una desviación máxima de $\pm 15^\circ$ del azimut, debido a que una pequeña desviación en la orientación no influye significativamente en la captación de energía solar. El panel solar se debe colocar con un ángulo de inclinación 30 grados, óptimo para que garantice la máxima producción de energía eléctrica, alcanzando su máxima efectividad cuando está orientado perpendicularmente con los rayos del Sol a las horas solares pico.



Fuente: Exa

Figura 3.12. Horas solares pico de mayor irradiación solar durante el día

Durante las estaciones del año se debe considerar diferentes ángulos de inclinación en el mismo lugar debido a la aparente trayectoria del sol durante el año. Para alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, el panel solar deberá ser instalado en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada rango de latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. La ciudad de Latacunga se ubica geográficamente a una latitud de -0.9333° y longitud de $-78.6116897^\circ 31$, el ángulo de inclinación seleccionado para el panel solar es de 10° , con esta ligera inclinación se logra además que la lluvia limpie el polvo acumulado en la superficie del panel.

Tabla 3.3. Ángulos de inclinación para sistemas fotovoltaicos

Latitud del lugar	Ángulo de inclinación fijo
0° a 5°	0 a 10°
6° a 20°	Latitud + 5°
21° a 45°	Latitud + 10°
46° a 65°	Latitud + 15°
66° a 75°	80°

Fuente: José Quiroz.

Tanto la orientación como la inclinación tienen una influencia en el rendimiento de la captación energética de los paneles solares.

3.9 ADQUISICIÓN DE DATOS.

Ubicación Física

Está ubicado en la terraza del edificio Central de la ESPE Extensión Latacunga por ser un lugar libre de objetos o estructuras que pueden provocar sombras en la superficie de los paneles, para obtener unas correctas medidas de radiación solar.



Fuente: José Quiroz

Figura 3.13. Ubicación Física

Es necesario recalcar que el panel solar se encuentra orientada al norte como se muestra en la figura 3.14.



Fuente: José Quiroz

Figura 3.14. Orientación

El control del sistema está en la Figura 3.15 se encuentran ubicados en el laboratorio de Control Eléctrico a una distancia de 50 m. desde la caja de circuitos.

The screenshot shows the CENSOLAR software interface with the following sections:

- Ubicación:** A dropdown menu for location and a text field for 'Nombre del proyecto: (sin nombre)'.
- «H»:** A slider for 'radiación diaria media sobre horizontal (MJ/m²)' set to +40°.
- «H.S.P.»:** A slider for 'número corregido de horas de sol pico' set to -90°.
- Calendar:** A grid for months (ENE to DIC) with columns for 'H', 'H correg.', and 'H.S.P.'.
- Inclinación:** A slider set to 00°.
- Desviación N-S:** A slider set to 00°.
- Corrección de H:** A slider set to ×1.00.
- Generación FV anual:** A text field for 'generación anual en sistemas de conexión a red (kW-h/kW instalado)'.
- «P»:** A text field for 'Potencia FV (W) necesaria para satisfacer el consumo diario'.
- «F»:** A text field for 'Energía FV diaria disponible (kW-h) Consumo diario (kW-h)'.
- Consumo diario (W·h):** A text field.
- Potencia FV a instalar (W):** A text field for 'la del mes peor, por defecto'.
- Calendar (P/F):** A grid for months (ENE to DIC) with columns for 'P' and 'F'.
- Potencia FV (W) para el cálculo del factor F:** A text field.
- Bottom row:** Fields for 'Nº de paneles', 'Nº instalados', 'A·h necesarios', 'Serie', 'Serie', 'Paralelo', 'W instalados', 'A·h instalados', and 'Paralelo'.
- Buttons:** 'Leer datos', 'Guardar datos', 'Archivo de datos', and 'Menú'.
- Right sidebar (© CENSOLAR):**
 - Rendimiento (%):** A slider.
 - kb:** 0.05
 - ka:** 0.0050
 - pd:** 0.50
 - kc:** 0.00
 - kv:** 0.15
 - Autonomía (días):** A slider.
 - Cálculo automático
 - Panel FV:**
 - Potencia pico (W):
 - Tensión nominal (V):
 - Elemento acumulador:**
 - Tensión nominal (V):
 - Capacidad (A·h):
 - Temperatura (°C): 20
 - Circuito de c.c.:**
 - Tensión nominal (V):

Fuente: José Quiroz

Figura 3.15. Control del sistema de adquisición de datos

Los datos de radiación fueron tomados en un día nublado por la mañana y soleado por la tarde, obteniéndose la curva de radiación.

Para el análisis de las medidas del nivel de radiación solar se investigó durante el período 1 de septiembre hasta el 1 de octubre, estos datos se tomaron del historial almacenado por el sistema.

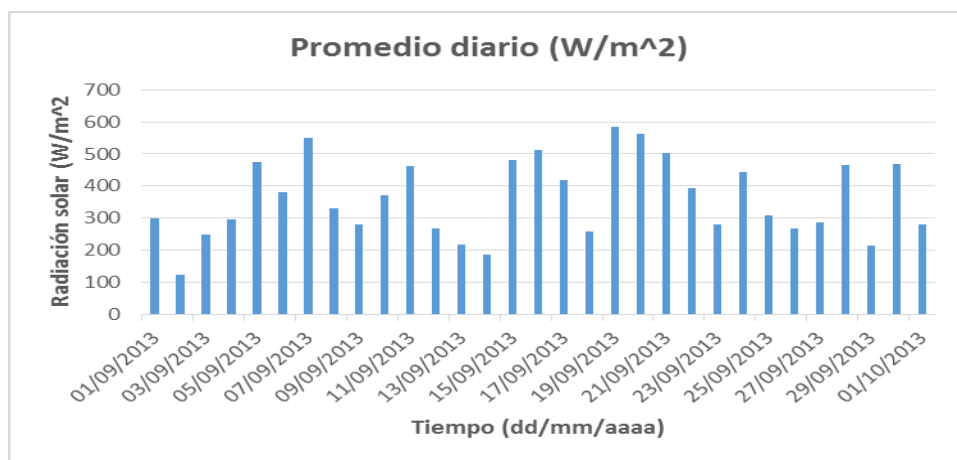
El promedio fue calculado con las medidas de radiación solar adquiridas cada minuto desde que sale hasta que se oculta el Sol, es decir desde las 06:00 hasta las 18:30 almacenadas en el historial del sistema, para obtener un valor de radiación solar con el panel.

Tabla 3.4. Promedio diario de radiación solar del panel

Fecha	Energía solar [W/m²]
01/09/2013	297.93
02/09/2013	121.76
03/09/2013	247.28
04/09/2013	296.54
05/09/2013	475.84
06/09/2013	379.38
07/09/2013	550.4
08/09/2013	331.08
09/09/2013	278.73
10/09/2013	369.79
11/09/2013	460.96
12/09/2013	268.15
13/09/2013	218.61
14/09/2013	187.08
15/09/2013	481.7
16/09/2013	513.38
17/09/2013	419.41
18/09/2013	258.99
19/09/2013	585.92
20/09/2013	564.05
21/09/2013	503.03
22/09/2013	393.89
23/09/2013	281.23
24/09/2013	444.26
25/09/2013	309.54
26/09/2013	266.28
27/09/2013	285.18
28/09/2013	465.91
29/09/2013	213.08
30/09/2013	468
01/10/2013	280.39

Fuente: José Quiroz.

En la Figura 3.16 se puede observar que el promedio de radiación solar diario se encuentra en constante variación durante el mes. Estas variaciones dependen del estado climático de cada día, pudiéndose presentar cambios bruscos de un día al otro como los observados en los días 18 y 19 de septiembre. Para los días nublados o con lluvia el promedio de radiación solar diario disminuye de su valor máximo hasta en un 79.22% en el panel.



Fuente: José Quiroz

Figura 3.16. Promedio diario de radiación solar panel.

3.10. Promedio por horas de radiación solar del panel:

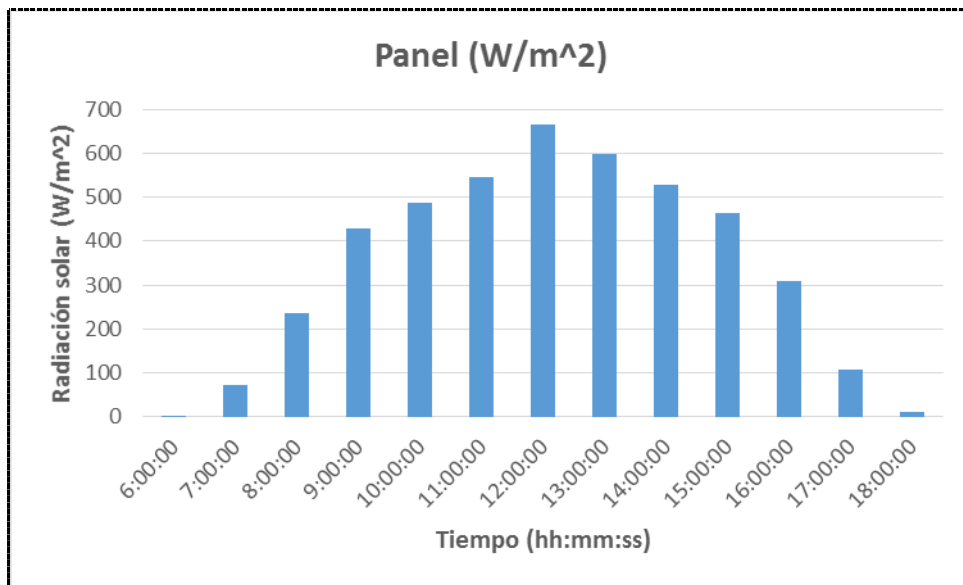
El promedio se calculó tomando los valores de radiación solar medidos cada hora con el panel. Las horas consideradas fueron desde las 06:00 hasta las 18:00 y las curvas obtenidas se muestran en la Figura 3.16.

Tabla 3.5. Promedio por horas de radiación solar del panel.

Horas	PANEL [W/m ²]
6:00:00	1.90
7:00:00	72.52
8:00:00	237.26
9:00:00	430.19
10:00:00	486.45
11:00:00	544.90
12:00:00	664.48
13:00:00	598.13
14:00:00	529.45
15:00:00	464.81
16:00:00	308.68
17:00:00	107.35
18:00:00	11.10

Fuente: José Quiroz.

Basándonos en la Figura 3.17 se determinó que para el panel las horas en las que se producen mayor captación de radiación solar son a partir de las 11:00 hasta las 14:00, para el mes en análisis.



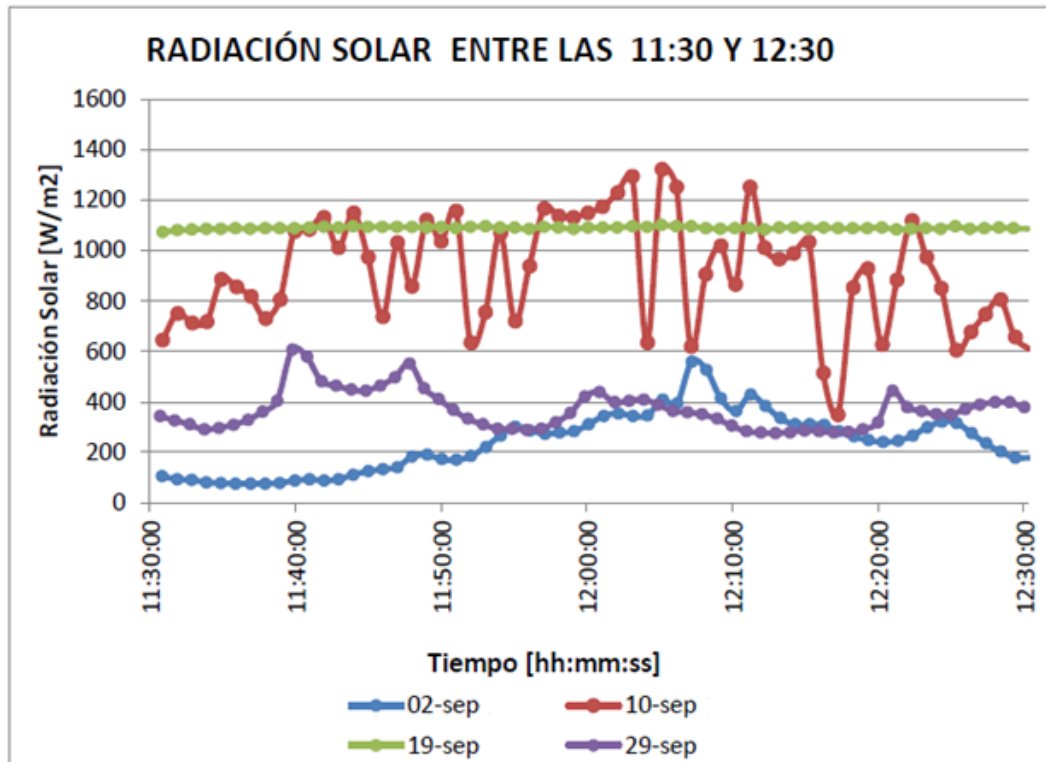
Fuente: José Quiroz

Figura 3.17. Promedio por horas de radiación solar del panel.

3.11. Análisis para cuatro diferentes días.

Se seleccionaron las mediciones de radiación solar del panel, en los días 2, 10, 19 y 29 de septiembre, tomándose una muestra de las horas de mayor captación, desde las 11:30 hasta las 12:30 cada minuto.

Estas mediciones se las presenta en la Figura 3.18



Fuente: José Quiroz

Figura 3.18. Radiación solar para el 2, 10, 19 y 29 de Septiembre con el panel

La menor desviación encontrada para el paneles se encuentra en el día 19 de septiembre, que estuvo totalmente despejado; mientras que la desviación mayor se encuentra en el día 10 de septiembre que fue un día totalmente nublado, así se determinó que si el día se encuentra despejado las medidas de radiación solar obtenidas variarán en menor razón en relación al promedio, caso contrario si el día está nublado, las medidas de radiación solar variarán demasiado en relación al promedio.

Tabla 3.6. Desviación estándar para el panel.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
DÍA	PANEL W/m²
02/09/2013	118.61
10/09/2013	219.05
19/09/2013	4.55
29/09/2013	77.42

Fuente: José Quiroz.

Así se concluyó que en un día soleado el panel capta radiación solar con menores variaciones debido a que la radiación obtenida es en su mayoría la radiación directa, mientras que en un día nublado los paneles captan valores de radiación solar muy variados porque la radiación obtenida en su mayoría es la radiación difusa y reflejada que puede provenir desde cualquier lado por la refracción y reflexión en los objetos.

3.12. Conclusiones del capítulo

- Con los datos recolectados a través del panel solar se determinó la mayor captación de radiación solar con el panel se obtiene colocándolo en dirección al norte y con un ángulo de inclinación de 10°.
- Es de gran importancia almacenar los datos de radiación solar medidos por el panel y que se encuentren siempre a disposición de las personas que los necesiten.
- Con las mediciones realizadas con el panel solar se determinó que potencial energético de las radiaciones solares es elevado entre las 11:00 hasta las 14:00, que serían las jornadas en las que se debería establecer para realizar el pintado de vehículos en la ciudad de Latacunga.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

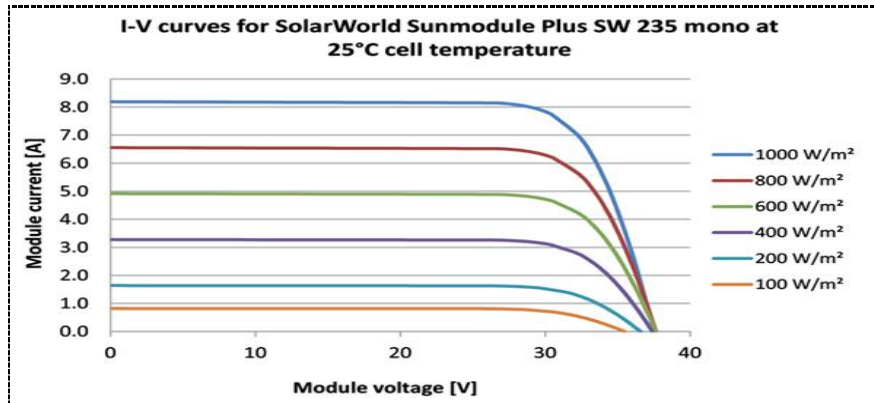
La Investigación se basó en los factores de estudio registrados en el potencial energético de las radiaciones solares, para el diseño de un sistema de calentamiento hornos de pintura con el uso de energía solar.

A través del uso de SolidWorks se ingresa los parámetros de diseño para obtener un sistema de calentamiento eficiente.

4.1 Determinación computarizada de la irradiancia solar.

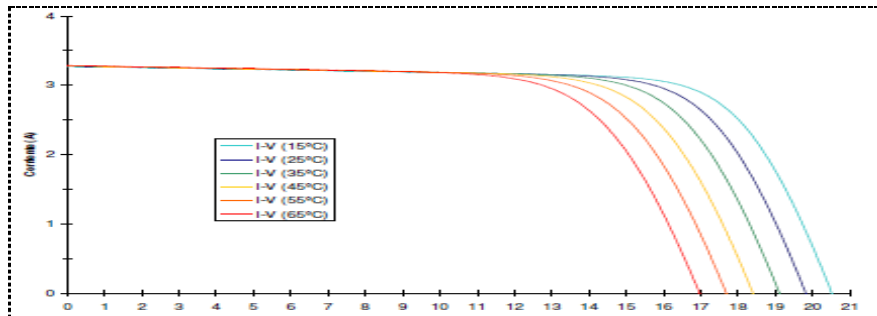
Los valores eléctricos se obtienen en condiciones estándares de medida que corresponden con una irradiación de 1000 W/m^2 , y una temperatura de la célula de 25°C .

Ahora bien, las condiciones de trabajo reales de los módulos pueden ser muy diferentes, por lo que conviene conocer las variaciones que pueden producirse, a fin de efectuar las pertinentes correcciones en los cálculos. Por otra parte, mientras la corriente generada por un módulo fotovoltaico es proporcional a la intensidad de la radiación solar, la tensión varía con la temperatura de las células en los diferentes meses del año. En las figuras 4.1 y 4.2 se representan ambos efectos.



Fuente: Energética

Figura. 4.1. Variación de la curva I-V en función de la irradiación solar incidente a temperatura de células constante.



Fuente: Energética

Figura 4.2. Variación de la curva I-V en función de la temperatura de células a radiación incidente constante

La variación con la temperatura de las magnitudes eléctricas de los módulos, es la siguiente:

- El voltaje disminuye a razón de 2,22 mV/°C por cada célula en serie que contenga el módulo y cada grado que supere los 25° C.
- La corriente aumenta a razón de 17A/cm2·°C de área de células en paralelo y cada grado que supere los 25° C.

Hay que tener en cuenta que la temperatura de la célula a que referida no coincide con la temperatura ambiente debido a que la célula, se calienta al incidir la luz del sol.

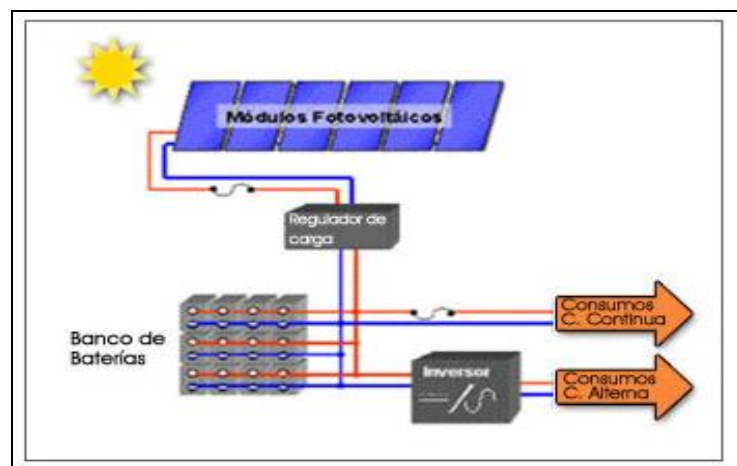
El incremento de temperatura de la célula respecto a la temperatura del aire depende de las características de la misma y de las de construcción del propio módulo.

En función de la radiación incidente, la temperatura y la carga que esté alimentando, el módulo fotovoltaico podrá trabajar a distintos valores de corriente y tensión.

4.2 Diseño del sistema de captación de la energía solar

La captación de la energía solar es por medio de los paneles solares que están conectados: 2 de 50w de 12V en serie para generar 100w de 24V, 2 paneles de 100w de 24V en paralelo para generar 200w de 24V, y dos de 165w de 12V en serie para generar 330w en 24V.

En la figura 4.3 se esquematiza la captación de los rayos solares por medio del panel solar para este estar conectado a un regulador de voltaje este ayudara en las descargas para no quemar los paneles solares y luego ser acumulados en las baterías.



Fuente: Sistemas fotovoltaicos

Figura. 4.3. Diagrama de Captación de energía solar.

4.3 Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico

El área que se requiere cubrir con los paneles solares en el horno de pintura automotriz es de:

4m. x 1,20m.

$A= 4,80\text{m}^2$.



Fuente: Isofoton, S.A.

Figura.4.4. Área de paneles en el horno.

4.4 Características constructivas.

Los paneles presentan una vida útil por encima de los 20 años con un funcionamiento óptimo desde el primer al último día.



Fuente: Isofoton.com

Figura. 4.5. Panel Solar Isofoton

Tipo de célula:

Silicio mono cristalino, texturada, con capa anti reflexiva, tamaño 156 x 156 cm.

Contactos:

Redundantes, múltiples, en cada célula 60 células en serie

Estructura:

Vidrio templado y micro estructurado de alta transítividad

Células laminadas en EVA (etilen-vinil acetato)

Capa posterior de Tedlar / Poliéster de varias capas

Marco:

Aluminio anodizado

Cajas de conexión:

1 caja IP 65 con diodos de bypass

Valores característicos para la integración del sistema**Tensión máx.:**

Permisible en sistema: 1.000 V

Sobrecarga en corriente inversa:

2 h de sobrecarga al 135% del valor máximo de protección

Máxima carga física admisible: 5.400 Pa

Condiciones de operación: - 40 °C a 85 °C

Resistencia impacto: Granizo de 25 mm, desde 1 m de distancia a 23 m/s

4.5. Diseño Térmico y Neumático Del Sistema De Calentamiento

4.5.1. Parámetros de Diseño

El horno de pintura automotriz es un componente fundamental en el taller de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no sólo aporta ventajas para garantizar un acabado de calidad, sino también desde el punto de vista medio ambiental, y desde el punto de vista económico, ya que reduce los tiempos de secado.

Para que el sistema de calentamiento eficiente pueda proporcionar todas las ventajas de calidad, funcionalidad y seguridad, es necesario que el horno de pintura cumpla con los siguientes parámetros de diseño.

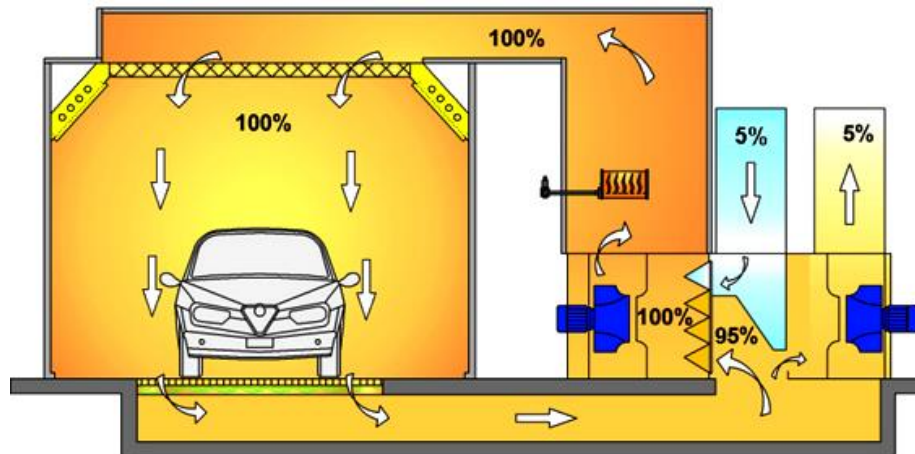
Dimensiones.

Debido a que el horno se va utilizar para pintar y secar diferentes tipos de vehículos desde todos los tipos de automóviles y tomando en cuenta que la distancia del vehículo a las paredes del horno debe ser de alrededor de 1m es necesario que posea las dimensiones siguientes:

- Largo = 7.0 m
- Ancho = 4.0 m
- Altura = 2.8 m

Tipo de horno.

Por la necesidad de recirculación del aire y a las ventajas que presenta éste tipo, de hornos será de flujo vertical (figura 4.6) por lo que, la corriente de aire bajará desde el techo filtrada hacia el suelo en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de canales en el piso.



Fuente: Hornos y cabinas

Figura 4.6 Horno de flujo vertical con recirculación de aire

Flujo de aire.

La norma NFPA-33(Standard for Spray Application using Flammable or Combustible Materials) menciona que el caudal del aire que entra al horno debe ser lo suficiente para garantizar por lo menos 120 renovaciones completas de aire por hora.

Velocidad de aire.

Con el objeto de evacuar con rapidez las sustancias perjudiciales para la salud de los operarios, se recomienda que el aire en el interior del horno circule con velocidades medias de 0.2 a 0.4 m/s. Por otro lado, para evitar ruido excesivo y grandes pérdidas de presión, el aire debe circular por los ductos con velocidades no mayores a 10 m/s.

Temperatura.

Durante la fase de pintado el horno debe mantenerse a una temperatura cercana a la 20°C, mientras que para la fase de secado, la temperatura máxima requerida es de 50°C.

Recirculación de aire.

Con el propósito de reducir al mínimo la cantidad de calor que se requiere para calentar el flujo de aire que entra al horno, la misma será diseñada con un sistema que permita la recirculación del 95% del aire y sólo entrará un 5% de aire nuevo (Figura 4.6).

Fue necesario considerar los parámetros atmosféricos de la ciudad de Latacunga que influyen directamente:

- Temperatura promedio del aire ambiente = $21\text{ C}^\circ = 294\text{ }^\circ\text{K}$
- Altitud promedio de la ciudad de Latacunga = 2.850 m
- Presión atmosférica en Latacunga = 521 mm Hg = 69.5 kPa

4.5.2 Cálculo del caudal y flujo másico de aire necesario

El caudal de aire (Q) que deben suministrar los ventiladores se determina en función del volumen interior del horno y el número de renovaciones de aire por hora recomendado para hornos de pintura automotriz.

Para un espesor de aislante de 5 cm (2 plg), el volumen interior del horno es:

$$V = (7.0 - 2 * 0.05) * (4.0 - 2 * 0.05) * 2.8$$

$$V = 75.35\text{ m}^3$$

El caudal de aire (\dot{V}) requerido viene dado por:

$$\dot{V} = V * \#_{\text{renovaciones}}$$

$$\dot{V} = 75.35 \frac{\text{m}^3}{\text{renov}} * 120 \frac{\text{renov}}{\text{hora}}$$

$$\dot{V} = 9042 \text{ m}^3/\text{hora} = 2.5 \text{ m}^3/\text{s} = 5320 \text{ cfm}$$

En el cálculo el flujo másico del aire, es necesario determinar primero la densidad (ρ). La densidad promedio que tiene el aire ambiente en la ciudad de Latacunga se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{p}{R \cdot T}$$

Donde:

$$\begin{aligned} p &= \text{presión atmosférica} = 69500 \text{ Pa} \\ R &= \text{Constante de los gases} = 287 \text{ Nm/kg } ^\circ\text{K} \\ T &= \text{temperatura ambiente} = 21 \text{ C}^\circ = 294 \text{ } ^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Reemplazando los valores se obtuvo:

$$\rho = \frac{69500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{287 \frac{\text{Nm}}{\text{kg } ^\circ\text{K}} * 287 \text{ } ^\circ\text{K}}$$

$$\rho = 0.843 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto, el flujo másico de aire(\dot{m}) requerido para el horno de pintura automotriz es:

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$$

$$\dot{m} = 0.843 \text{ kg/m}^3 \cdot 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 2.10 \text{ kg/s}$$

4.5.3.- Dimensionamiento de los ductos

Para evitar ruido excesivo y grandes pérdidas de presión, las dimensiones de los ductos debe ser tal que la velocidad del aire que circula por su interior no sobrepase los 10 m/s.

4.5.4. Dimensionamiento del ducto de admisión de aire

El área mínima requerida en el ducto vertical que suministra aire al horno de pintura se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\dot{V} = \vec{V} \cdot A$$

Donde:

\vec{V} = velocidad máxima del aire en los ductos = **10 m/s**

A = área transversal mínima requerida en los ductos

Despejando de la ecuación el área y reemplazando los datos conocidos, tenemos:

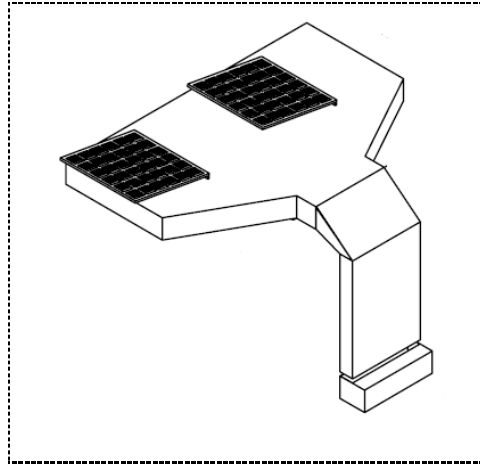
$$A = \frac{2.5 \text{ m}^3/\text{s}}{10 \text{ m/s}}$$
$$A = 0.25 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, el ducto vertical que capta el aire exterior, tendrá una sección rectangular de 250 mm por 1000 mm.

Antes que el aire captado del exterior ingrese al horno, se lo hace pasar por unos filtros o “plenum” que eliminan las partículas finas de polvo para evitar que la suciedad quede adherida a la película de pintura.

En el “plenum” la velocidad de aire debe disminuir significativamente de forma que ingrese al horno lo más laminar posible y envuelva completamente la

superficie del vehículo que se desea pintar. Por tal motivo el “plenum” tendrá una sección rectangular de 5000 mm por 2000 mm (Figura 4.7).



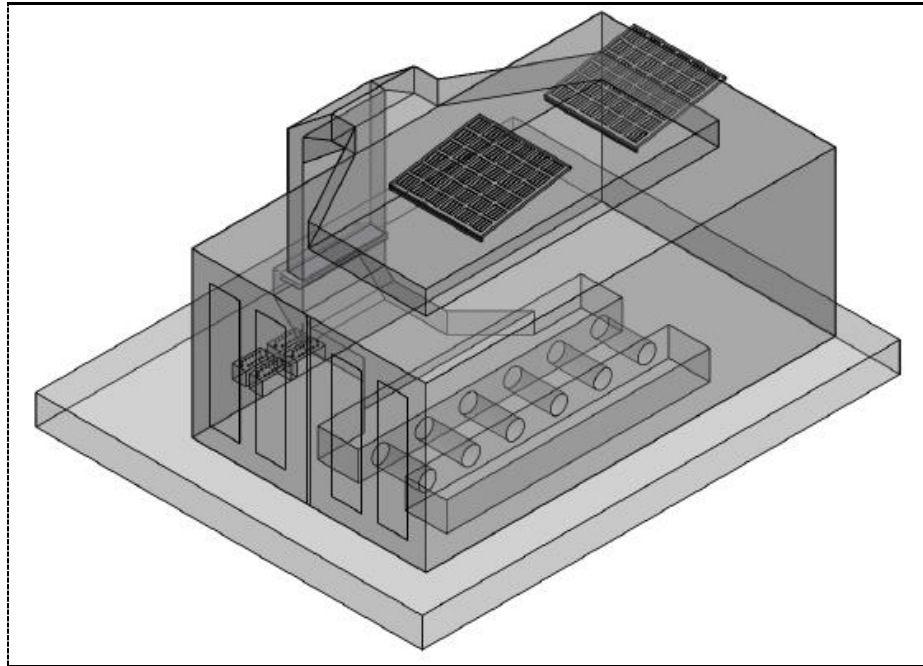
Fuente: José Quiroz.

Figura 4.7. Ducto de admisión

4.5.4 Dimensionamiento ductos de la fosa

El aire en el horno circula de arriba hacia abajo, creando un flujo vertical y descendente que garantiza la adecuada renovación de aire del interior del horno. Las salidas de este aire se realizan por una fosa en rejillada (Figura 4.8), con filtros que se encuentran debajo de las rejillas y que retienen los restos de la pintura en suspensión.

La longitud y la separación de los colectores de la fosa (Figura 4.8) se determinan en función de la máxima distancia entre ejes (4600 mm) y la separación entre los neumáticos (1600 mm) de un camión pequeño. Mientras que para el ancho del colector se multiplicó por tres el ancho de los neumáticos (800 mm), lo que garantiza un movimiento envolvente del aire y así evitar que se disipe la pintura por el resto del horno.



Fuente: José Quiroz.

Figura 4.8. Ductos de la fosa

El diámetro mínimo de los 6 ductos cilíndricos que conectan a ambas fosas, se calcula en función del área transversal mínima requerida en los ductos, determinada en la sección anterior.

$$A = 6 * \frac{\pi * \varnothing_{min}^2}{4}$$

$$\varnothing_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0.25}{6 * \pi}}$$

$$\varnothing_{min} = 0.23 \text{ m}$$

Por lo tanto, para garantizar la adecuada renovación de aire del interior del horno de pintura, se selecciona un diámetro de los ductos de 300 mm.

4.5.5. Pérdidas de presión por fricción

Para determinar la capacidad de los ventiladores, se calculó las pérdidas de presión debidas a la fricción del aire con los ductos y accesorios.

4.5.6 Pérdidas de presión en los ductos

Para calcular la pérdida por fricción en los ductos se utilizó los nomogramas de los Anexos 1 y 2 que corresponden a pérdidas por fricción en ductos rectangulares. Los mismos son adecuados para ductos limpios de acero galvanizado con 40 empalmes o uniones por cada 100 pies de longitud y con aire en condiciones normales.

En la gráfica del anexo 1 se determina que para un ducto rectangular de 250 mm por 1000 mm, el diámetro de un ducto redondo equivalente es 52 cm (520 mm).

En la gráfica del anexo 2 se determina que para un ducto de 520 mm con un caudal 9042 m³/h, las pérdidas de presión por metro de longitud del ducto es 2.6 Pa.

Para una longitud total del ducto de 2.8 m, la pérdida de presión total es:

$$H_{L1} = 2.8m * 2.6 Pa/m$$

$$H_{L1} = 7.28 Pa = 0.74 mm cda$$

La pérdida originada se debe a que la parte interna de los conductos por donde circulará el aire no es completamente liso, presentan irregularidades o rugosidades que impiden que el aire fluya de forma continua generando disminución de la velocidad del aire y por lo tanto de la presión dinámica.

4.5.7. Pérdidas de presión en los accesorios

Antes de encontrar las pérdidas de presión en los accesorios es necesario determinar la presión dinámica del aire en función de su velocidad.

Codo. En la gráfica del Anexo 3 se determinó que para una velocidad del aire de 10 m/s, la presión dinámica es:

$$P_D = 6.1 \text{ mm cda}$$

La relación R/D del codo ante del plenum es:

$$\frac{R}{D} = \frac{150 \text{ mm}}{520 \text{ mm}} = 0.29$$

Entonces, en la gráfica del anexo 4 se determinó que el coeficiente de proporcionalidad “n” es 0.6.

Por lo tanto, la pérdida de presión es:

$$\begin{aligned} H_{L2} &= n * P_D \\ H_{L2} &= 0.6 * 6.1 \text{ mm cda} \\ H_{L2} &= 3.66 \text{ mm cda} \end{aligned}$$

Todos los acoplamientos dirigen la trayectoria del flujo o hacen que cambie su tamaño. Es importante tomar en cuenta los valores y geometría determinados por el tipo de accesorio que se vaya a utilizar, en el Anexo 4 se pueden observar los valores de las pérdidas de energía para tres tipos de codos, donde se ha seleccionado el codo de tres piezas, el cual aunque produce mayores pérdidas, la simplicidad en su geometría permite que el diseño de los soportes sea más simple así como su construcción de ser necesaria.

Plenum.

De forma semejante, la gráfica del Anexo 5 se determina que, para el ángulo del difusor de 45°, la pérdida de presión en el plenum viene dado por:

$$\frac{D}{D_1} = \frac{1000 \text{ mm}}{5000 \text{ mm}} = 0.2$$

$$n = 0.92$$

$$H_{L3} = 0.92 * 6.1 \text{ mm cda}$$

$$H_{L3} = 5.61 \text{ mm cda}$$

Las pérdidas de energía dadas en una expansión gradual son mucho menores que en una expansión súbita, debido a que las paredes inclinadas guían el fluido durante la desaceleración y expansión del mismo; en este caso este cambio de área se da entre el conducto de entrada de aire y el filtro o plenum.

Entrada de aire.

El coeficiente de proporcionalidad “n” para la entrada de aire hacia el ventilador se determinó el valor es de 1.25, por lo tanto, la pérdida de presión es:

$$H_{L4} = n * P_D$$

$$H_{L4} = 1.25 * 6.1 \text{ mm cda}$$

$$H_{L4} = 7.62 \text{ mm cda}$$

Las características del ventilador que se busca para este tipo de aplicaciones deben cumplir que pueda trabajar con presiones elevadas y con caudales bajos, por lo que producirá un flujo de aire laminar uniforme y constante.

Filtros.

Las pérdidas de presión en los filtros se determinarán con la gráfica del Anexo 6 a partir del caudal de aire (9040 m³/h).

$$H_{L5} = 2 * 4.9 \text{ mm cda}$$

$$H_{L5} = 9.8 \text{ mm cda}$$

Las pérdidas de presión en los filtros se multiplican por 2 debido a que se instalarán filtros secos tanto en el plenum como en la fosa.

Tomando en cuenta que la eficiencia de los filtros se da por la carga de polvo, se considero el estado del filtro como nuevo, donde su capacidad de filtrado es máxima y su caída de presión es mínima.

La pérdida total de presión por fricción en el horno es igual a la sumatoria de las pérdidas parciales.

$$H_L = H_{L1} + H_{L2} + H_{L3} + H_{L4} + H_{L5}$$

$$H_L = (0.74 + 3.66 + 5.61 + 7.62 + 9.8) \text{ mm cda}$$

$$H_L = 27.43 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, el ventilador seleccionado debe entregar una presión estática mayor a la pérdida de presión total.

4.5.8 Selección del ventilador

Debido a que el aire en el interior del horno de pintura recircula continuamente, el ventilador seleccionado cumple la función tanto de impulsor como de extractor de aire.

El ventilador se selecciona del catálogo de Soler & Palau (anexo 7) a partir de los siguientes datos:

- Caudal requerido = 9040 m³/h
- Presión estática > 27.43 mm cda
- Velocidad de motor = 1700 rpm

Del catálogo Soler & Palau (Anexo 7) se seleccionó el ventilador de la serie **DA 10/10**, el mismo que fue fabricado en lámina galvanizada resistente a la corrosión y lleva acoplado un motor eléctrico de 2.0 kW de potencia que gira a 1700 rpm.

4.5.9 Cálculo de los requerimientos de calor del horno de pintura automotriz

El horno de pintura automotriz se utilizó tanto para la etapa de pintado del vehículo calentando el aire a unos 20°C (293.15°K), como para la etapa de secado de la pintura en la que se calienta el aire hasta unos 50°C (323°K). Por lo tanto, los requerimientos de calor serán mayores en la etapa de secado, por lo que, el diseño térmico del horno será para la etapa de secado.

4.5.10 Calentamiento inicial del aire dentro del horno de pintura

Para poner en marcha el horno en la etapa de secado, es necesario abrir completamente la compuerta de recirculación de aire, de manera que, el 100% de la masa de aire en el interior del horno recircule a través de las resistencias eléctricas hasta alcanzar la temperatura de 50°C.

La masa total de aire (m) en el interior del horno es:

$$m = \rho * \forall$$

Donde:

\forall = volumen de aire en el interior del horno (es igual al volumen interior de la horno) = 75.35 m³

Reemplazando los datos se tiene:

$$m = 0.843 \frac{kg}{m^3} * 75.35 m^3$$

$$m = 63.5 kg$$

El calor requerido se define como la cantidad energía receptada por un cuerpo para variar su temperatura, está en función de su masa y de la variación de la temperatura requerida.

Por lo tanto, la cantidad de calor (q_{req}) que se requiere para calentar la masa total de aire del horno de pintura, desde la temperatura ambiente hasta los 50°C viene dado por:

$$q_{req} = m * c_p * \Delta T$$

Donde:

c_p = Calor específico del aire = 1004.7 J/kg °K

ΔT = Diferencia de temperatura

Reemplazando los valores se obtiene:

$$q_{req} = 63.5 kg * 1004.7 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K} * (323 - 294)^\circ K$$

$$q_{req} = 1.85 \cdot 10^6 J$$

Al contar con la energía necesaria para el cambio de temperatura de la masa de aire, se sabe que existirá un flujo de dicha energía entre los cuerpos involucrados, generándose un trabajo; si dicho trabajo se produce en un determinado intervalo de tiempo, esto se define como potencia.

Tomando en cuenta que se requiere que el horno de pintura alcance la temperatura de secado en un tiempo no mayor a 30 minutos, el flujo de calor requerido para el calentamiento inicial del horno de pintura es:

$$\dot{Q}_{req1} = \frac{q_{req}}{tiempo}$$

$$\dot{Q}_{req1} = \frac{1.85 \cdot 10^6 J}{30 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$\dot{Q}_{req1} = 1027.7 \text{ W} = 1.027 \text{ kW}$$

4.5.11. Calentamiento del flujo de aire recirculado

Una vez que el aire en el interior del horno de pintura ha alcanzado la temperatura de 50°C se cierra un 5% la compuerta de recirculación de manera que recircule el 95% de aire caliente y entre solo un 5% de aire nuevo.

Asumiendo que cuando el aire completa todo el trayecto de recirculación, su temperatura desciende 5°C, se tiene que el flujo másico de aire a 45°C es:

$$\dot{m}_{45^\circ\text{C}} = 0.95 * \dot{m}$$

$$\dot{m}_{45^\circ\text{C}} = 0.95 * 2.28 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{45^\circ\text{C}} = 2.17 \text{ kg/s}$$

Donde:

\dot{m} = flujo másico de aire requerido para el horno de pintura automotriz

De manera semejante, debido a que solo un 5% del aire ambiente entra al horno, el flujo másico de aire a 17°C es:

$$\dot{m}_{17^\circ\text{C}} = 0.05 * \dot{m}$$

$$\dot{m}_{17^\circ\text{C}} = 0.05 * 2.28 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{17^\circ\text{C}} = 0.11 \text{ kg/s}$$

Cuando existe contacto entre dos cuerpos a diferentes temperaturas, estos intercambian calor en cantidades iguales donde el calor cedido por un cuerpo debe ser igual al calor absorbido por el otro, llegando a un equilibrio.

Debido a que en el ducto de admisión, los dos flujos de aire se mezclan, la temperatura de la mezcla viene dado por:

$$\dot{m}_{45^{\circ}\text{C}} * c_v * (T_m - 45^{\circ}\text{C}) + \dot{m}_{17^{\circ}\text{C}} * c_v * (T_m - 17^{\circ}\text{C}) = 0$$

$$2.17 * (T_m - 45^{\circ}\text{C}) + 0.11 * (T_m - 17^{\circ}\text{C}) = 0$$

$$2.28 T_m = 95.78^{\circ}\text{C}$$

$$T_m = 42.0^{\circ}\text{C} = 315.0^{\circ}\text{K}$$

Por lo tanto, la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de la mezcla de aire a 50°C es:

$$\dot{Q}_{req2} = \dot{m} * c_p * \Delta T_m$$

$$\dot{Q}_{req2} = 2.28 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 1004.7 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}} * (323 - 315)^{\circ}\text{K}$$

$$\dot{Q}_{req2} = 18325 \text{ W} = 18.32 \text{ kW}$$

4.5.12. Cálculo de las pérdidas de calor

Para reducir las pérdidas de calor en el horno de pintura, sus paredes deberán ser construidas con paneles prefabricados de espuma de poliuretano de 5 cm de espesor (2 plg).

Las pérdidas de calor en el horno de pintura se producen por conducción, por convección y por radiación.

4.5.13. Pérdidas de calor por conducción (Q_{L1})

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas.

Estas pérdidas se producen a través de las paredes en el horno de pintura y para hornos de secado, fueron determinadas a partir de la ecuación del Anexo 8.

$$Q_{L1} = \frac{k * A * \Delta T * t_g}{3.412 * L}$$

Donde:

k = coeficiente de conductividad térmica del aislante (espuma de poliuretano) = $0.033 \text{ W/m } ^\circ\text{C} = 0.228 \text{ Btu in/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

A = área total de transferencia de calor

$$A = (2(7.0 * 2.8) + 2(4.0 * 2.8) + (7.0 * 4.0)) \text{ m}^2 = 89.6 \text{ m}^2 = 964.5 \text{ ft}^2$$

ΔT = Diferencia de temperatura = $T_{int} - T_{ext}$

T_{int} = temperatura interior del horno = $50^\circ\text{C} = 122.0^\circ\text{F}$

T_{ext} = temperatura exterior del horno = $17^\circ\text{C} = 62.6^\circ\text{F}$

t_g = tiempo promedio de secado de un vehículo = 1 hora

L = espesor del aislante = 2 plg

Reemplazando los valores se obtiene:

$$Q_{L1} = \frac{0.228 \text{ Btu in/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} * 964.5 \text{ ft}^2 * (122 - 62.6)^\circ\text{F} * 1 \text{ hr}}{\frac{3.412 \text{ Btu}}{1 \text{ Whr}} * 2 \text{ plg}}$$

$$Q_{L1} = 1915 \text{ W} = 1.915 \text{ kW}$$

4.5.14 Pérdidas de calor por convección y radiación (Q_{L4})

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro.

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones.

Estas pérdidas se producen como resultado del movimiento del fluido y por la emisión del sólido. Para el horno de pintura estas pérdidas fueron determinadas a partir de la ecuación del Anexo 8.

$$Q_{L4} = A * F_{SL}$$

Donde:

$$A = \text{área total de transferencia de calor} = 89.6 \text{ m}^2 = 1.38 \cdot 10^5 \text{ plg}^2$$

$$F_{SL} = \text{factor de pérdida combinada de convección y radiación (Anexo 9)} = 0.005 \text{ W/plg}^2 \text{ (para una temperatura de la superficie aislada de } 122^\circ\text{F)}$$

Reemplazando los valores se obtiene:

$$Q_{L4} = 1.39 \cdot 10^5 \text{ plg}^2 * 0.005 \text{ W/plg}^2$$

$$Q_{L4} = 695 \text{ W} = 0.695 \text{ kW}$$

4.5.15. Pérdida de calor total (Q_L)

Son igual a la suma de las pérdidas de calor por convección más las pérdidas combinadas por convección y radiación.

$$Q_L = Q_{L1} + Q_{L4}$$

$$Q_L = (1.915 + 0.695) \text{ kW}$$

$$Q_L = 2.61 \text{ kW}$$

4.5. Cálculo de la potencia de calentamiento

La potencia total requerida para mantener el horno a 50°C durante la etapa de secado, se obtiene sumando calor requerido para el calentamiento inicial del horno más las pérdidas de calor.

$$Pot = \dot{Q}_{req1} + Q_L$$

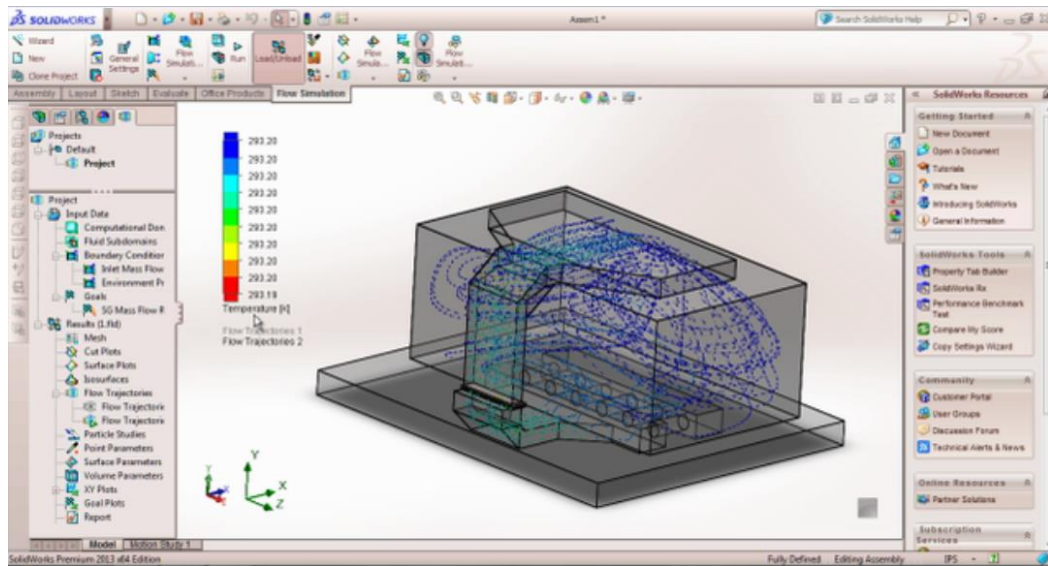
$$Pot = (1.027 + 2.61) \text{ kW}$$

$$Pot = 3.63 \text{ kW}$$

Con el objetivo de contemplar situaciones particulares adversas así como diferentes tipos de pérdidas en el sistema de captación y acumulación de energía, se incrementa el 15% a la potencia calculada, por lo que fue necesario seleccionar células solares cuya potencia combinada sea de 4.5 kW.

4.6.- Modelado y ensamblaje

En SolidWorks, se modela en tres dimensiones los diferentes componentes del horno de pintura automotriz, para posteriormente realizar su ensamblaje y análisis de fluidos con el software Solid Works Flow Simulation.



Fuente: José Quiroz.

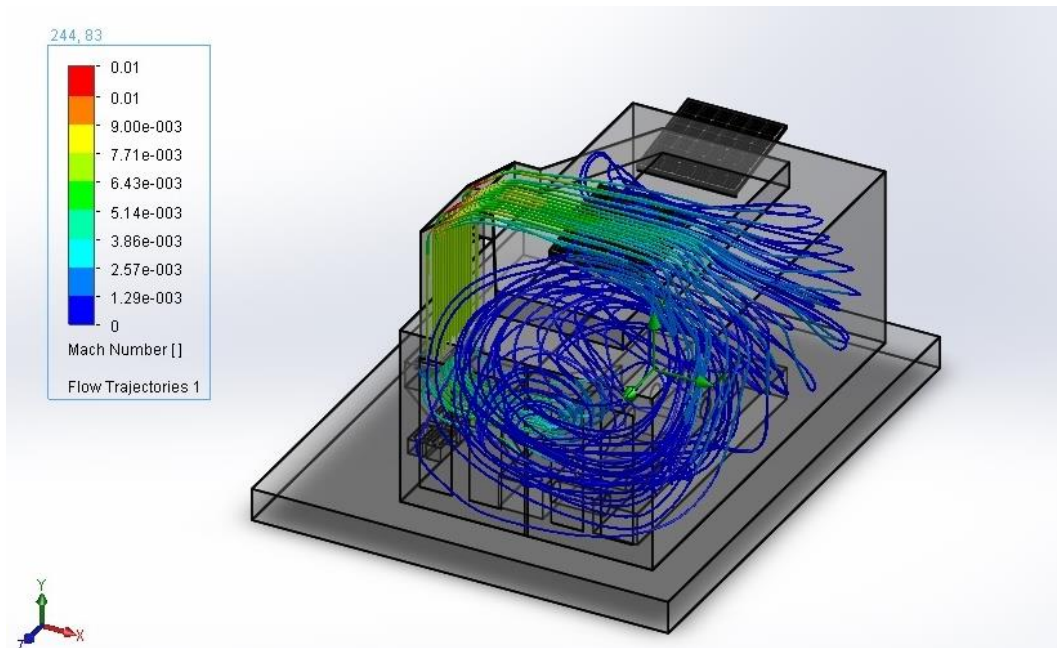
Figura 4.9. Modelo del horno de pintura

4.7. Simulación del proceso de calentamiento

Partiendo del ensamblaje del horno de pintura automotriz, se generó en SolidWorks Flow Simulation un proyecto de análisis computacional de fluidos con el objetivo de simular el funcionamiento térmico del mismo y obtener los resultados de temperatura, velocidad y presión del aire a medida que circula por los ductos y dentro del horno, para de ésta manera asegurar su funcionamiento seguro y eficiente.

Una vez finalizada la configuración inicial con la ayuda del Wizard, con lo que SolidWorks crea un estudio térmico y neumático para el ensamble del horno en el módulo de FlowSimulation, el mismo que permitió ingresar y asignar de forma rápida y sencilla los siguientes parámetros iniciales requeridos para el diseño térmico y neumático del horno de pintura automotriz

- Flujo másico de aire = 2.28 kg/s
- Presión atmosférica = 0.076 MPa
- Potencia de calentamiento = 3.88 kW

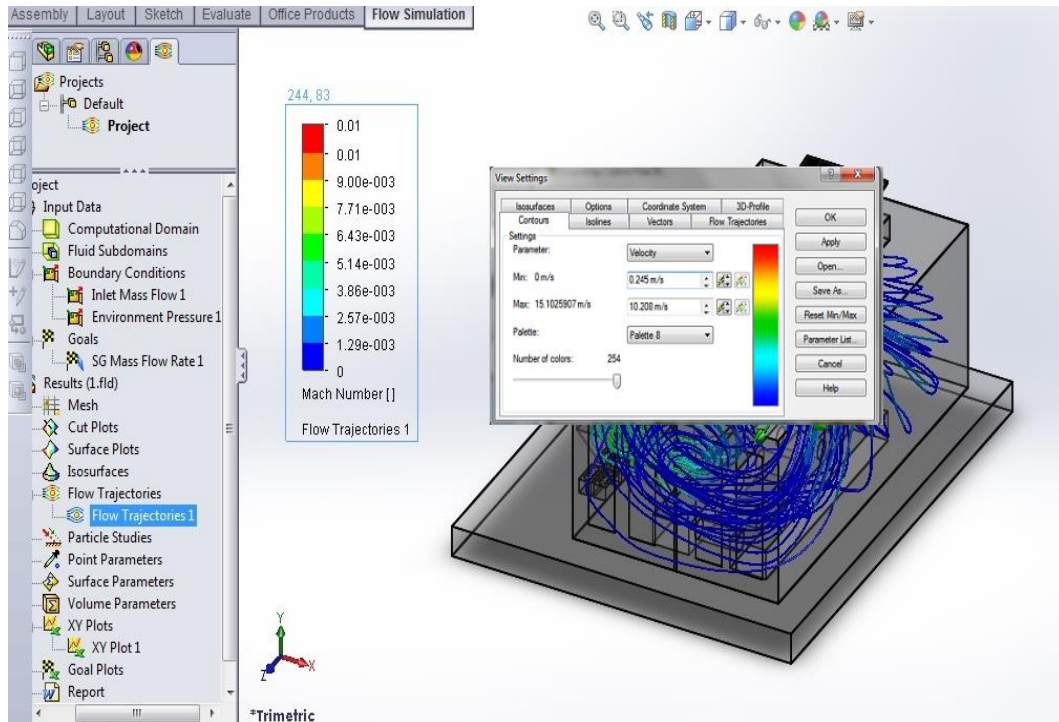


Fuente: José Quiroz.

Figura 4.10. Asignación de los parámetros iniciales de diseño en el estudio deFlowSimulation

2.10.2. Resultados

Finalizada la ejecución de los Solvers, en el estudio térmico de SolidWorksFlow Simulation se procedió a generar los diferentes resultados del análisis, de forma gráfica, mediante la configuración de las distintas opciones de la herramienta Results en la pestaña Flow Simulation analysistree, como se indica en la figura 4.11.

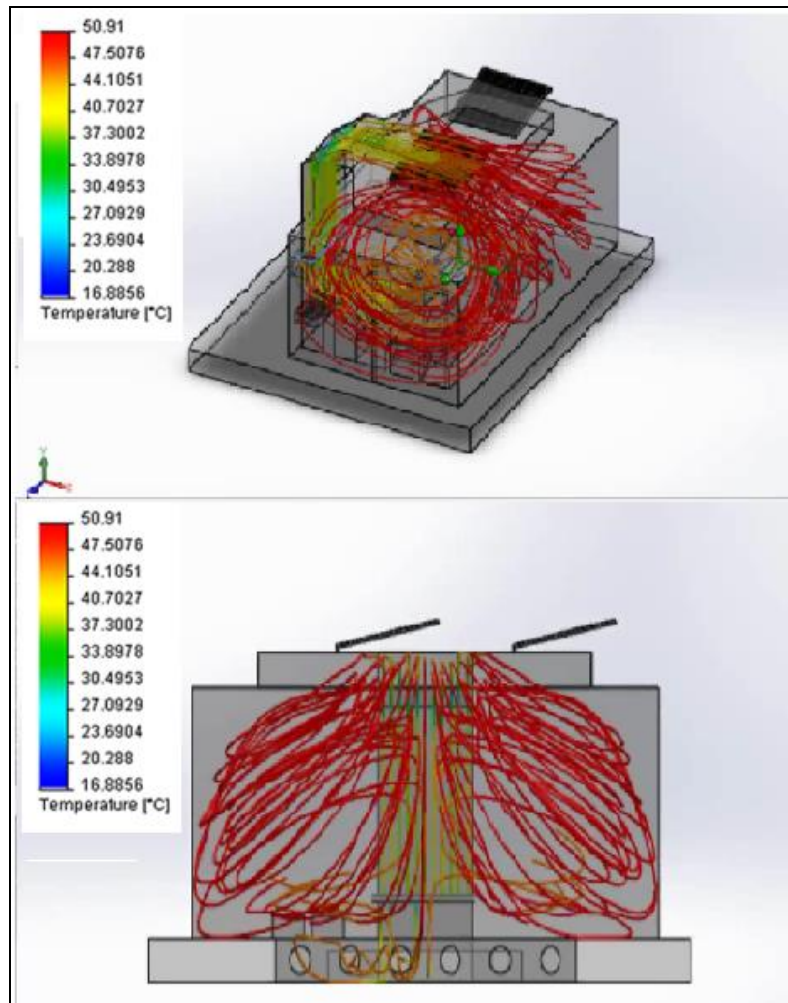


Fuente: José Quiroz..

Figura 4.11. Generación de los diferentes tipos de resultados

A continuación se presentarán los resultados obtenidos de temperaturas, velocidades y presiones que se generan cuando el aire caliente circula por el interior del horno y los ductos durante la etapa de secado de la pintura.

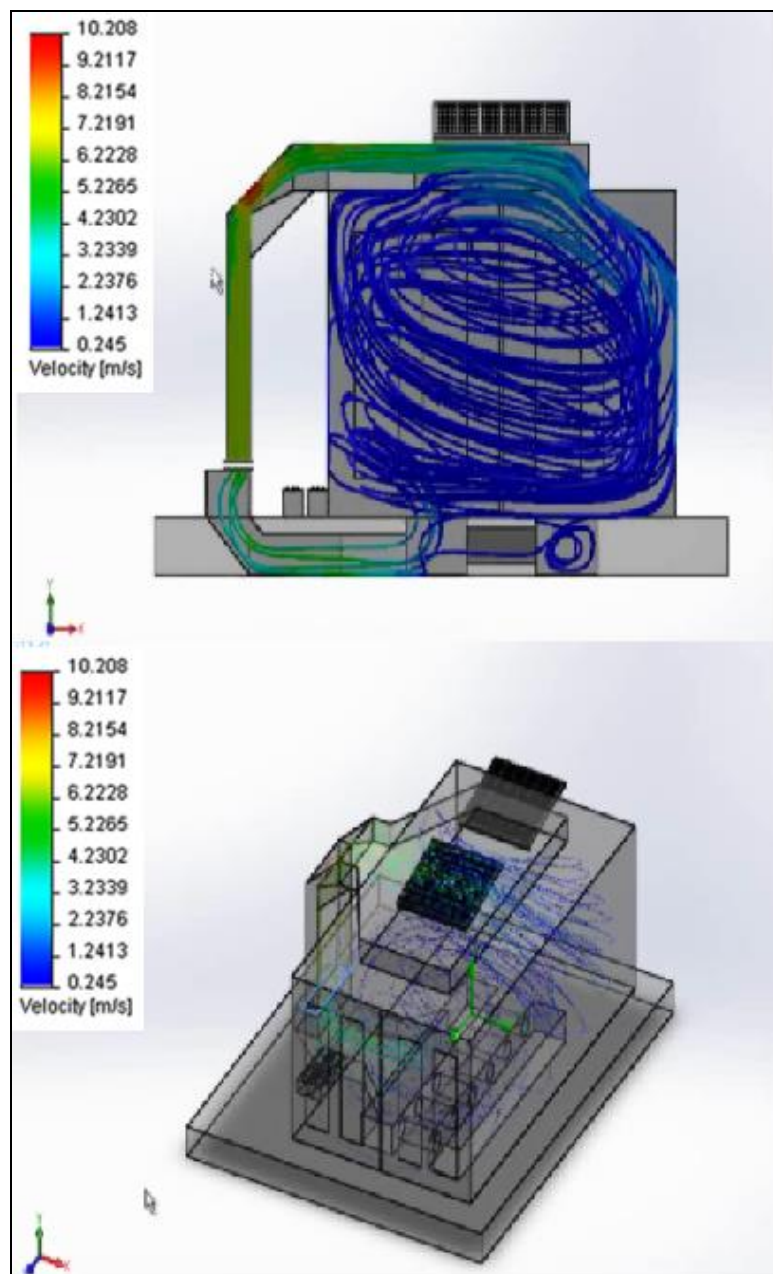
Al analizar la figura 4.12 se observa que la temperatura del aire varía, desde un valor mínimo de 16.88 °C a la entrada del aire en los ductos, hasta un valor máximo de 50.91 °C al pasar por las resistencias eléctricas, y esta temperatura se mantiene en la mayor parte del interior del horno de pintura automotriz, por lo que, la potencia de calentamiento calculada es correcta.



Fuente: José Quiroz.

Figura 4.12. Distribución de temperaturas

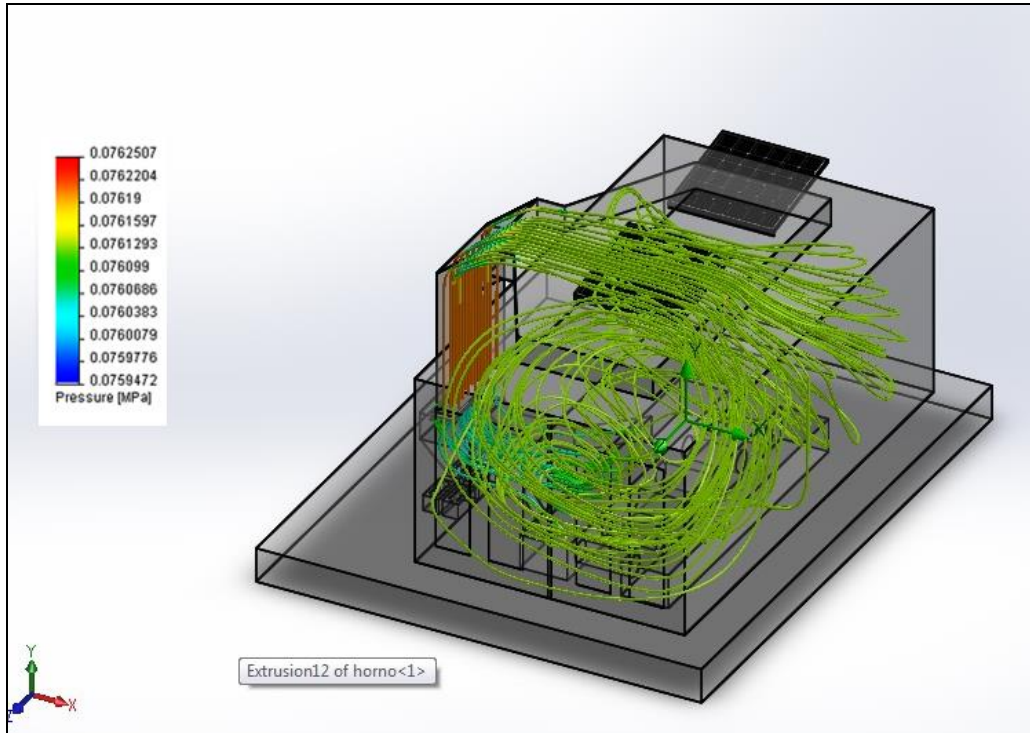
En la figura 4.13 se muestra la distribución de velocidades y se observa que la velocidad máxima del aire es de 10.20 m/s, mientras que la velocidad mínima es de 0.24 m/s, por lo tanto se concluye que la distribución de velocidades del aire en los ductos y el horno de pintura automotriz cumple con los requerimientos de diseño.



Fuente: José Quiroz.

Figura 4.13. Distribución de velocidades

Del diagrama de presión total se determina que la presión total varía, desde un valor máximo de 0.0762507 MPa hasta un valor mínimo de 0.0759472 Mpa, por lo tanto, la caída de presión total es de 303.5 Pa (30.9 mm cda), valor que se aproxima bastante a los 27.43 mm cda de la pérdida total de presión por fricción en el horno calculada en la sección 4.5.7.



Fuente: José Quiroz.

Figura 4.14 Diagrama de presión total

4.9.- Conclusión del capítulo

Con la utilización del software Solid Works de simulación, como herramienta computacional se observó que la temperatura del aire varía, desde un valor mínimo de 16.88°C a la entrada del aire en los ductos, hasta un valor máximo de 50.91°C al pasar por las resistencias eléctricas, y esta temperatura se mantiene en la mayor parte del interior del horno de pintura automotriz, por lo que, la potencia de calentamiento calculada es correcta.

Existe un comportamiento adecuado del horno de pintura con energía solar, con la simulación se observa que la velocidad máxima del aire es de 10.20 m/s, mientras que la velocidad mínima es de 0.24 m/s, la distribución de velocidades del aire en los ductos cumple con los requerimientos de diseño.

CAPÍTULO V: LA PROPUESTA

5.1- Título de la propuesta

Diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar.

5.2- Justificación de la propuesta

La instalación de sistemas de calentamiento eficientes en los hornos de pintura automotriz permitirá que se beneficien, principalmente los talleres de la ciudad de Latacunga que cuenten con hornos de pintura y opten por usar un sistema de calentamiento eficiente y ecológico. A través de este proceso, tendrán la opción de aprovechar de manera eficiente el potencial energético de las radiaciones solares, obteniendo así como resultado aumentar la productividad en sus trabajos de pintado y secado en hornos de pintura.

La meta es crear el interés por el uso de este tipo de sistemas de calentamiento eficiente en hornos de pintura y que la población de la ciudad de Latacunga, se beneficie de su uso aprovechando un recurso natural como lo es la energía solar al usar el proceso para generar su suministro energético y con ello contribuir a su desarrollo económico y social, así como la conservación del medio ambiente.

5.3. Objetivo de la propuesta

Desarrollar la investigación para establecer el diseño de un horno para pintura automotriz usando la energía solar fotovoltaica.

5.4. Estructura de la propuesta

La organización de la propuesta se encamina al diseño de un sistema de calentamiento de hornos de pintura con el uso de energía solar en la ciudad de Latacunga, proyectada para ser utilizada en sistemas artesanales o industriales.

5.5. Desarrollo de la propuesta

La propuesta aplica recursos humanos, físicos, tecnológicos y materiales que se incluyen desde la investigación hasta la posible estimación de costos.

La planificación mediante el marco administrativo tiene como objetivo principal optimizar los recursos que se emplean en la investigación.

En la sección de anexos se muestran planos de la estructura y dimensionamiento del horno con un sistema de calentamiento mediante la energía solar.

5.5.1. Recurso Humano

El objetivo básico que persigue la función de Recursos Humanos con estas tareas es alinear el área o profesionales afines, para implementar la investigación en análisis.

El recurso humano involucrado en el desarrollo de la investigación es el siguiente:

Tabla 5. 1 Recursos Humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	José Quiroz Erazo	1	Investigador
2	Phd. Secundino Marrero	1	Asesor
3	MSc.Ivan Casals Blet	1	Asesor
4	Msc. Gabriel Hernández	1	Asesor

Fuente: José Quiroz

5.5.2. Recurso material.

Se definió en este punto los recursos materiales que se van a utilizar para la ejecución de la investigación, entre las cuales tenemos:

Tabla 5.2. Desglose de los costos para la construcción de un horno con sistema de calentamiento con el uso de energía solar

Cant.	Detalle	Costo Aproximado USD	Unidad	Costo \$
3	Varilla 8 mm	10	U	30
4	Disco de corte	4	Unidad	16
2	Laca	10	Litros.	20
10	Cemento	7	Quintales	70
10	Broca ¼	1	Unidad	10
1	Material Eléctrico	1	Global	240,22
40	Espuma Bison	40	Unidad	1600
2	Platina 4 x 1/4 m	15	Unidad	30
1	Pistola de aire	1	unidad	120
10	Lámparas	50	unidad	500
100	Remaches 5/32x1/2	0,05	unidad	5
3	Disco Piedra	8	unidad	24
2	Electrodos 60-11	2	Libras.	4
2	Angulo 40 x 4	10	unidad	20
15	Canal "U" 60x30x4	30	unidad	450
10	Tubo Rectangular 50x30x3	10	unidad	100
4	Ángulo 1 1/2x3/16	15	Unidad	60
6	Ángulo 2 1/2x1/4	20	Unidad	120
5	Correa G100x50x15 3mm	20	Unidad	100
2	Ventilador	120	Unidad	240
1	Motor	300	Unidad	300
4	Baterías	150	Unidad	600
6	Paneles solares	300	Unidad	1800
30	Tol galvanizado	10	Unidad	300
	TOTAL			6759,22

Fuente: José Quiroz

5.5.3. Costo de mano de obra

Tabla 5.3. Costo de mano de obra estimado.

Descripción	Total USD
Construcción de piso	350,00
Obra civil	112,00
Construcción estructural: Montaje estructural, construcción de ductos, montaje ductos, pintura de paredes, piso, puerta y accesorios, arreglo puerta, techo	1443,50
Instalaciones eléctricas	197,00
Total =	2102,50

Fuente: José Quiroz

5.5.4. Costo total del proyecto

Tabla 5.4 Costo total estimado

Costo Total.	USD
Descripción	
Materiales	6759,22
Mano de obra y otros	2102,50
Total =	8861,72

Fuente: José Quiroz

5.6- Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta

Se verificó el aspecto socio-económico-ambiental a fin de contribuir en un nivel significativo al desarrollo económico de la ciudad de Latacunga.

5.6.1- Valoración económica de la propuesta

Realizada una investigación básica de mercado en la ciudad de Latacunga, se encontró que existen talleres que cuentan con equipos de pintura tradicionales y el promedio de cada trabajo de repintado básico es de 500 USD, y este es el valor que tomaremos en cuenta en los cálculos financieros.

- EL Horno de pintura tendrá una capacidad de 10 vehículos mensuales, pero se ha considerado que tendrá una acogida del 50%, durante los 3 primeros años de operación, hasta tener una acogida mayor por parte del mercado.
- Los egresos aumentarán en un 5% cada año.
- La tasa de inflación será del 6%.

Procedemos a calcular el flujo de caja con la ecuación

$$FNCK = Unk + Ak$$

Donde:

$FNCK$ = Flujo neto de caja en el año k

Unk = Utilidad neta del año k

Ak = Depreciación constante del año k

El flujo neto para el último año se calculará con la ecuación.

$$FNC8 = Un8 + (1 - t') (Vr)$$

Donde:

t' = Tasa de impuesto a los trabajadores por utilidades

Vr = Valor residual del proyecto

$$Ak = A'k / (1 + d)^k$$

Donde:

$A'k$ = Depreciación corriente del año k

d = Tasa de inflación

$$Unk = (Rk - Ck - Ak) (1 - t)$$

Donde:

Rk = Ingresos o ahorros del proyecto correspondientes al año k

Ck = Costos totales o egresos del año k

t = Tasa de impuesto al fisco de las utilidades

$$A'k = Io / n'$$

Donde:

Io = Inversión inicial

n' = Años de vida fiscal

n = Años de vida útil del proyecto

Reemplazando los siguientes datos en las ecuaciones:

$$d = 6\%$$

$$t = 20\%$$

$$t' = 15\%$$

$$n = 8 \text{ años}$$

$$n' = 5 \text{ años}$$

En resumen el flujo de caja se encuentra en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Flujo de caja

AÑO	Rk	Ck	Ak'	Ak	UNk	FNCK
0						-19118,00
1	31920,00	19211,00	3823,60	3607,17	7281,46	10888,63
2	29400,00	20171,55	3440,00	3061,59	4933,49	7995,08
3	58800,00	42360,26	3440,00	2888,29	10841,16	1372945
4	58800,00	444778,27	3440,00	2724,80	9277,54	12002,35
5	58800,00	46702,18	3440,00	2570,57	7621,80	10192,37
6	58800,00	19037,29		0,00	7810,17	7810,17
7	58800,00	51589,15		0,00	5848,68	5848,68
8	58800,00	54063,61		0,00	3789,11	7189,11

Fuente: Ing. José Quiroz Erazo

Para calcular el valor actual neto (VAN) usamos la ecuación:

$$VAN = (FNCK / (1 + r)^k)$$

r = Tasa de actualización

El cálculo del VAN se encuentra en la tabla 5.6.

Para r = 30% el resultado del VAN = 10616.798 positivo indica que el proyecto es viable y se acepta.

Tabla 5.6 Resultado del VAN

AÑO	FNCK	VAN30%	VAN55%
0	-19118,00	-19118,00	-19118,00
1	10888,63	8375,87	7024,93
2	7995,08	4730,82	3327,82
3	13729,45	6249,18	3686,87
4	12002,35	4202,36	2079,41
5	10192,37	2745,10	1139,24
6	7810,17	1618,08	563,21
7	5848,68	932,08	272,10
8	7189,11	881,31	215,79
10616,7984		808,63665	

Fuente: Ing. José Quiroz Erazo

La TIR (Tasa de retorno de la inversión) es cuando con un determinado valor de r el VAN = 0, y la calcularemos mediante la ecuación:

$$TIR = VAN30 + ((r55 - r30) (VAN30) / (VAN55 + VAN30))$$

Reemplazando tenemos:

$$TIR = 0.30 + ((0.55 - 0.30) (10616.79) / (-808.63 + 10616.79))$$

$$TIR = 0.53 = 53\%$$

El proyecto se acepta debido a que la TIR es mayor a la tasa de interés bancaria (12%).

Finalmente para calcular el periodo de recuperación del capital usamos la ecuación:

$$PRI = (\sum FNCK - I_0) / FNCK$$

Como resultado tenemos:

La inversión se recuperará en 2 años 5 meses.

5.7 Impacto ambiental

El sistema de calentamiento para hornos de pintura automotriz con el uso de energía solar, constituye, frente a las formas de calentamiento tradicionales, es una alternativa que ayuda a mejorar la matriz energética, es menos perjudicial para el medio ambiente.

Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno.

Las instalaciones solares fotovoltaicas disminuyen las emisiones de CO₂. Por cada 20 kWh de electricidad producida a partir de energía solar se dejan de emitir unos 10 Kg de CO₂ al año, en 25 años se evitan 250 Kg de CO₂.

Se reduce la contaminación atmosférica, del efecto invernadero producido por las emisiones de CO₂ y del cambio climático provocado por el efecto invernadero.

5.8.- Conclusiones del capítulo

- Se planteó la propuesta de un horno con calentamiento a través de energía solar en la ciudad de Latacunga aprovechando las radiaciones solares con una tecnología nueva y ecológica.
- La propuesta del aprovechamiento de energía solar para el calentamiento de hornos es una alternativa eficiente libre de contaminación que evita el uso de fuentes convencionales de calentamiento ayudando a preservar el medio ambiente.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se caracterizó el potencial energético de la radiación solar en la ciudad de Latacunga, obteniendo con ello el diseño de un sistema de calentamiento eficiente para el calentamiento de hornos de pintura automotriz.
2. Se determinó que debido a que el horno con uso de energía solar se va a utilizar para pintar y secar diferentes tipos de vehículos, se considera la distancia del vehículo a las paredes del horno debe ser de alrededor de 1 m. es necesario que cumpla las dimensiones siguientes para el diseño, largo 7.0 m, ancho 4.0 m, altura 2.8 m, además de cumplir con las siguientes condiciones ambientales de la ciudad de Latacunga promedio del aire ambiente= $21\text{ }^{\circ}\text{C} = 294\text{ }^{\circ}\text{K}$, altitud promedio de 2.850 m y presión atmosférica 521 mm Hg = 69.5 kPa.
3. Para el diseño del sistema de calentamiento fue necesario que las celdas solares cumplan con los valores correspondientes para la captación de la energía solar, deben estar conectados: 2 de 50w de 12V en serie para generar 100w de 24V, 2 paneles de 100w de 24V en paralelo para generar 200w de 24V, y dos de 165w de 12V en serie para generar 330w en 24V.
4. Se diseñó un sistema de calentamiento eficiente aprovechando las radiaciones solares permitiendo limitando el uso de los sistemas convencionales de calentamiento. Determinando la potencia total requerida que debe mantener el horno a 50°C durante la etapa de secado, se obtiene sumando calor requerido para el calentamiento inicial del horno más las pérdidas de calor, debiendo contemplar los diferentes tipos de pérdidas en el sistema de captación y acumulación de energía, se incrementa el 15% a la potencia calculada, por lo que es necesario seleccionar células solares cuya potencia combinada sea de 4.5 kW.
5. Se determinó que la mayor captación de radiación solar es a partir de las

11:00 hasta las 14:00, las cuales serían óptimas para realizar trabajos en el horno de pintura automotriz con un sistema de calentamiento con energía solar, dependiendo las condiciones climáticas presentadas en la ciudad de Latacunga.

6. Se determinó en función de la simulación realizada a través de Solid work que la temperatura del aire varía, desde un valor mínimo de 16.8 °C a la entrada del aire en los ductos, hasta un valor máximo de 50.91°C para el óptimo funcionamiento del sistema de calentamiento con paneles solares.

RECOMENDACIONES

1. Difundir este tipo de investigación que está alineado a la utilización de energías renovables y así poder implementarlos en el sector automotriz de la ciudad de Latacunga dedicado al uso de hornos de pintado de automotores.

2. Es preciso seguir incursionando en la producción y uso de energía solar fotovoltaica en diferentes aplicaciones como en instalaciones domiciliarias, calentamiento de agua etc, que sean de beneficio de la sociedad.

3. Realizar el mantenimiento adecuado a las instalaciones solares fotovoltaicas ya que depende del buen funcionamiento para una generación optima de energía.

4. Fomentar proyectos de investigación relacionados con la energía solar como es la electrificación de zonas rurales.

5. Incursionar en las nuevas aplicaciones tecnológicas que se pueden dar a la energía solar como por ejemplo en el funcionamiento de vehículos eléctricos alimentado por energía solar.

BIBLIOGRAFÍA

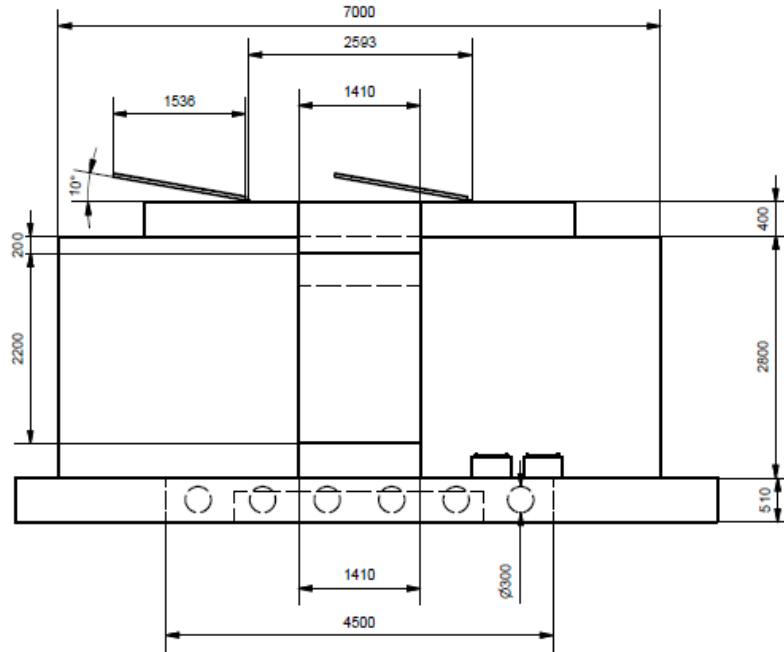
- ALCOR “Instalaciones Solaros Fotovoltaicas”...
- CABRERIZO, F “Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica... “Serie mono- gráfica: Energía solar y ahorro energético“
- CENSOLAR (Centro de estudios de la energía solar). “Instalaciones de Energía Solar. Sistemas de Conversión Eléctrica”.
- CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA. “El sol. un viejo conocido”. Ministerio de Industria y Energía.
- EREN (Ente Regional de la Energía de Castilla y León). Plan Solar de Castilla y León. Convocatoria 2004.
- FAIRES V Termodinámica. Segunda edición México Unión Tipográfica 2006.
- GILLEÍ. G.B Fotovoltaic Technologies. I lie State of the Art..; .Vlunto, O.K.; kanl. W., Seminario y Salón de las Energías Renovables. EIJRES, Sevilla, 1992.
- IDAE (Instituto para la Di versificación y Ahorro de la Energía). ”Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red“. Octubre 2002. IDAE (Instituto para la Di versificación y Ahorro de la Energía). "Pliego de condi-ciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red". Octubre 2002.
- IDAE (Instinno para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Manuales de Energías Renovables. Energía Solar Fotovoltaica”. Octubre 1992.
- IDAE (Instituto para la Diversiñcación y Ahorro de la Energía). “Manuales de Energías Renovables. Energía Eolica". Octubre 1992.

- OLMOS MARTÍN, ELENA. “Integración Arquitectónica de Captadores de Baja Temperatura en la Envolvente de los Edificios“. Proyecto fin de carrera., 2001.
- GREENPEACE. “Cómo disponer de energía solar fotovoltaica en edificios conectados a la red eléctrica". 1999.
- GREGORY J. Jennifer Kinkcad. “Optiinal Building - integrated Photovoltaic Applications".
- HOLMAN J Transferencia de calor., Octava edición.
- LIBRO VERDE. “Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético”. Oficina de publicaciones de las comunidades europeas. Luxemburgo, 2001.
- LORENZO E. KREIZINGER, A. “Manual de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica.
- ROBERTS, S Solar Electricity.. Prentice Hall International. Ilertfordside (Gran Bretaña), 1991.
- SHINGLEY J - Charles R Diseño En Ingeniería Mecánica. Sexta edición.
- YUNUS A. Cengel Transferencia De Calor Y Masas., Tercera Edición.

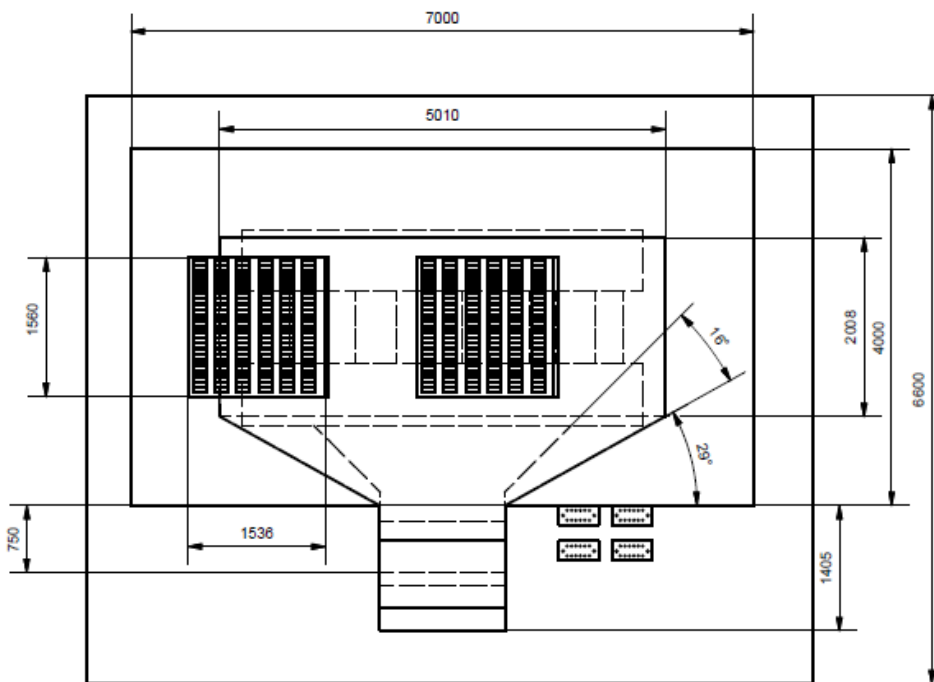
ANEXOS

PLANOS

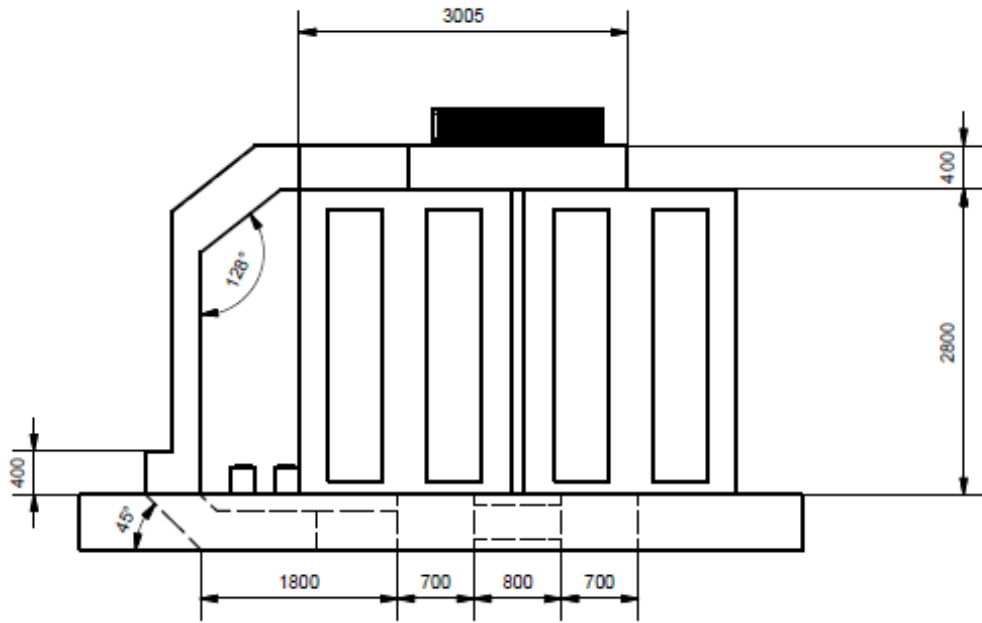
VISTA LATERAL



SUPERIOR



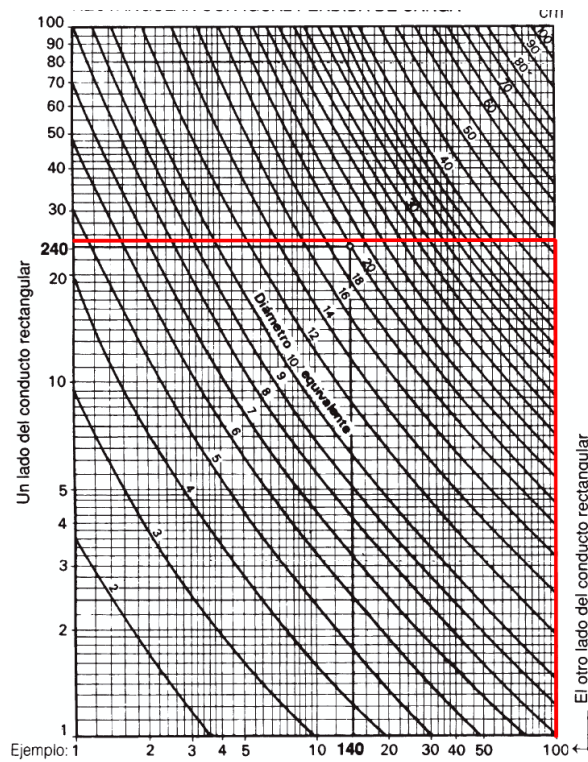
FRONTAL



TABLAS

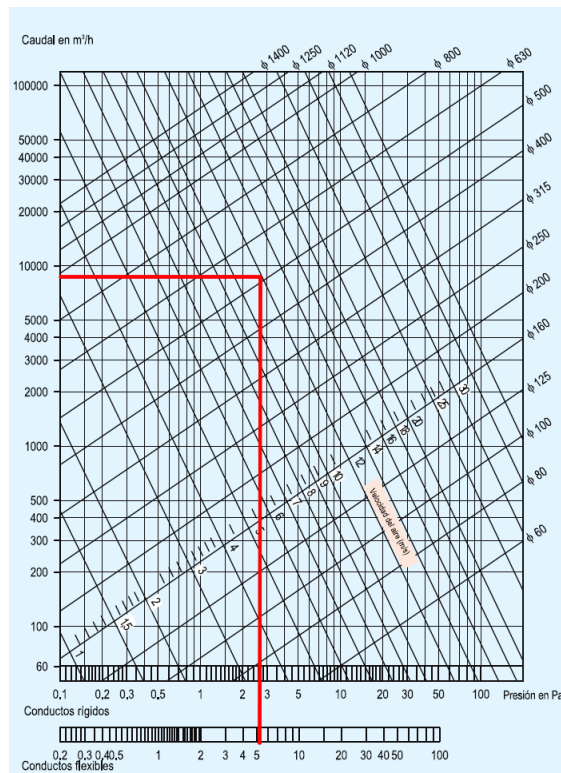
Anexo 1

Diámetro equivalente de un conducto rectangular con igual pérdida de carga



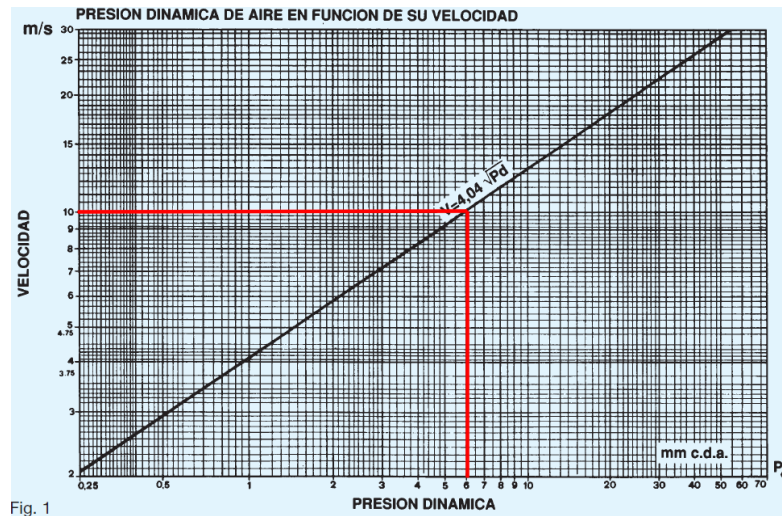
Anexo 2

Pérdida de carga por rozamiento del aire-conductos circulares rectilíneos.



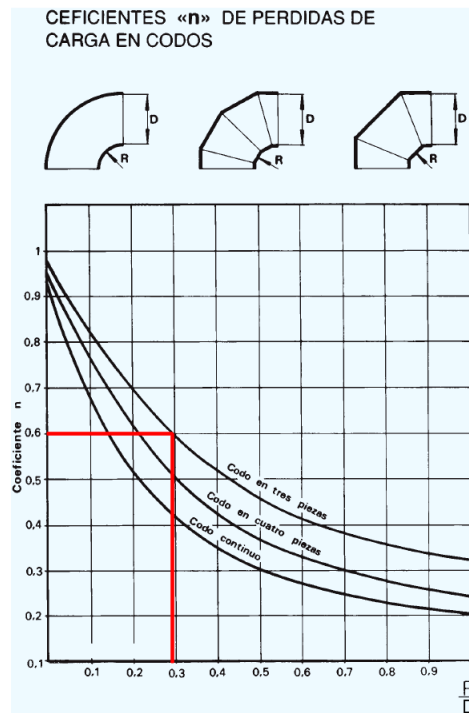
Anexo 3

Presión dinámica del aire en función de su velocidad.



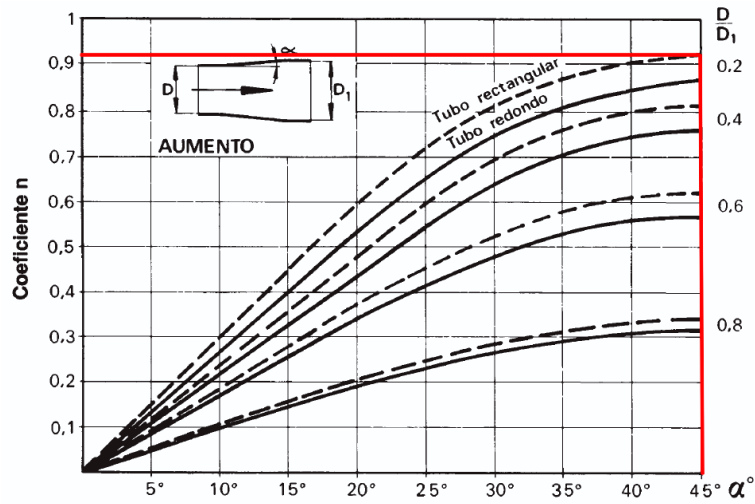
Anexo 4

Coefficientes de pérdidas de carga en codos.



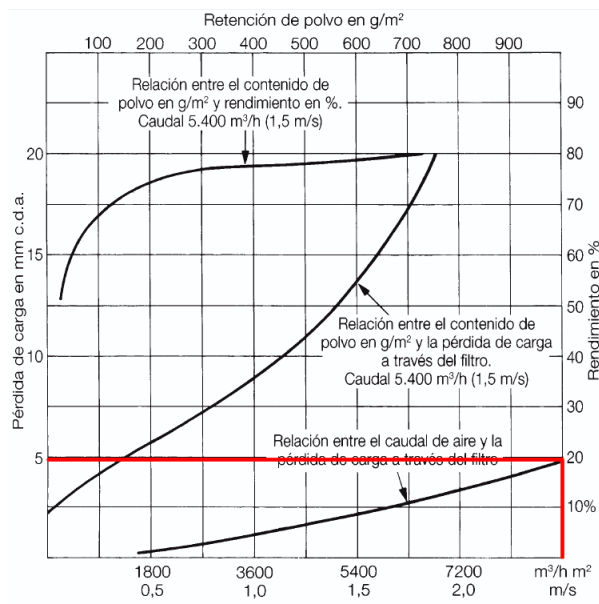
Anexo 5

Coeficiente “n” de pérdida de carga en aumentos.

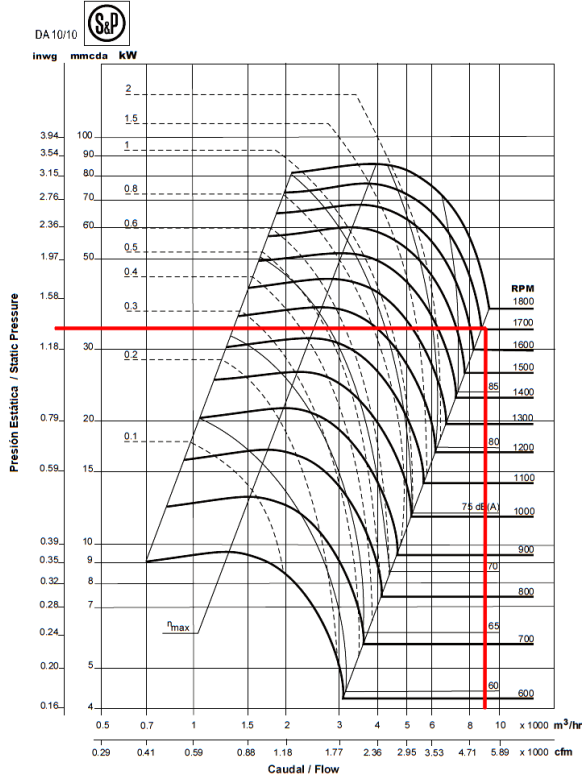


Anexo 6

Pérdida de carga en filtros.



Anexo 7 Gráfica para selección de ventilador.



Anexo 8 Ecuaciones para cálculos de pérdidas de calor. Application Guide

Electric Heaters Power Calculations Continued

Conduction Heat Losses

Heat transfer by conduction is the contact exchange of heat from one body at a higher temperature to another body at a lower temperature, or between portions of the same body at different temperatures.

Equation 3A—Heat Required to Replace Conduction Losses

$$Q_{L1} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T \cdot t_e}{3,412 \cdot L}$$

- Q_{L1} = Conduction Heat Losses (Wh)
- k = Thermal Conductivity (Btu · in./ft² · °F · hour)
- A = Heat Transfer Surface Area (ft²)
- L = Thickness of Material (in.)
- ΔT = Temperature Difference Across Material ($T_2 - T_1$) °F
- t_e = Exposure Time (hr)

This expression can be used to calculate losses through insulated walls of containers or other plane surfaces where the temperature of both surfaces can be determined or estimated. Tabulated values of thermal conductivity are included in the Reference Data section (begins on page 134).

Electric Heaters

Power Calculations

Continued

Combined Convection and Radiation Heat Losses

Some curves in Reference 139 (page 155) combine both radiation and convection losses. This saves you from having to use both Equations 3B and 3C. If only the convection component is required, then the radiation component must be determined separately and subtracted from the combined curve.

Equation 3D—Combined Convection and Radiation Heat Losses

$$Q_{L4} = A \cdot F_{SL}$$

- Q_{L4} = Surface Heat Losses Combined Convection and Radiation (Wh)
- A = Surface Area (in²)
- F_{SL} = Combined Surface Loss Factor at Surface Temperature (W/in²)

This equation assumes a constant surface temperature.

Total Heat Losses

The total conduction, convection and radiation heat losses are summed together to allow for all losses in the power equations. Depending on the application, heat losses may make up only a small fraction of total power required.

Equation 3E—Total Losses

$$Q_L = Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3}$$

If convection and radiation losses are calculated separately. (Surfaces are not uniformly insulated and losses must be calculated separately.)

OR

$$Q_L = Q_{L1} + Q_{L4}$$

If combined radiation and convection curves are used. (Pipes, ducts, uniformly insulated bodies.)

Electric Heaters

Anexo 9

Pérdidas de calor de superficies verticales aisladas.

1. Based upon combined natural convection and radiation losses into 70°F environment.
2. Insulation characteristics
 $k = 0.67 @ 200^\circ\text{F}$
 $k = 0.83 @ 1000^\circ\text{F}$
3. For molded ceramic fiber products and packed or tightly packed insulation, losses will be lower than values shown.
 For 2 or 3 inches Insulation multiply by 0.84
 For 4 or 5 inches Insulation multiply by 0.81
 For 6 inches Insulation multiply by 0.79

