



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS DIFERENTES
MATERIALES REFLECTANTES EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
DE UN HORNO SOLAR, ESPAM MFL**

AUTORES:

**OREJUELA SUAREZ ROMMEL JOHAN
VILLAVICENCIO BRAVO JERIKSON DAVID**

TUTOR:

ING. CARLOS VILLAFUERTE VÉLEZ

CALCETA, NOVIEMBRE 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

Rommel Johan Orejuela Suarez y Jerikson David Villavicencio Bravo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
Rommel J. Orejuela Suarez

.....
Jerikson D. Villavicencio Bravo

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Carlos Andree Villafuerte Vélez, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN HORNO SOLAR, ESPAM MFL**, que ha sido desarrollada por Rommel Johan Orejuela Suarez y Jerikson David Villavicencio Bravo, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Carlos Andree Villafuerte V. M.Sc

APROBACIÓN DE TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN HORNO SOLAR, ESPAM MFL** , que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Rommel Johan Orejuela Suarez y Jerikson David Villavicencio Bravo, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

Ing. Verónica Vera Villamil, M.Sc.

MIEMBRO

.....

Ing. Jonathan Chicaiza Intriago, M.Sc.

MIEMBRO

.....

Blga. María Pincay Cantos, M.Sc.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios ante todo por permitirnos la oportunidad de vivir y con sus bendiciones haber logrado tanto en la vida y hacer de este sueño de ser profesionales una realidad.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por darnos la oportunidad de una educación superior, permitiéndonos forjar nuestros conocimientos profesionales día a día con esfuerzo y dedicación, por enseñarnos a ser personas con gran calidad humana, humildad y profesionalismo.

A nuestro tutor el Ing. Carlos Andree Villafuerte Vélez, por ser nuestra guía en los momentos difíciles, por todo el apoyo brindado de manera incondicional para el desarrollo de nuestra tesis.

A los miembros del tribunal Blga. María Fernanda Pincay, Ing. Jonathan Chicaiza Intriago y a la Ing. Verónica Vera Villamil ya que sin su aprobación y tiempo dedicado a esta investigación nada de esto sería posible.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y en los momentos difíciles que han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres Salomón y Zonia por ser la persona que ha acompañado durante todo el trayecto de mi vida estudiantil, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, el cual este es un logro más de ustedes.

A mi novia y familia en general que de una u otra manera me apoyaron, ya sea motivacional o económicamente.

Jerikson D. Villavicencio Bravo

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y en los momentos difíciles que han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres Leidy Suárez y Abdón Orejuela por ser las personas que me han acompañado durante todo el trayecto de mi vida estudiantil, y por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, el cual este es un logro más de ustedes.

A mis hermanos, a mi esposa e hija y a toda mi familia en general que de una u otra manera me apoyaron, ya sea motivacional o económicamente.

A una persona muy especial en mi vida, y aunque ya no se encuentre físicamente conmigo, yo sé que en todo momento al desarrollar este trabajo estuvo conmigo, en las investigaciones, en mis desvelos, en mis momentos más difíciles, por eso a ti MAYKEL JARETH sobrino querido te dedico mi esfuerzo donde te encuentres.

Rommel J. Orejuela Suárez

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DE TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	viii
CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS.....	x
FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
PALABRA CLAVE.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
KEYWORDS.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivo específicos.....	4
1.4. Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Horno solar	5
2.2. Horno solar tipo caja.....	5
2.3. Horno solar tipo parabólico	5
2.4. Tipos de materiales reflectantes	6
2.5 papel de aluminio	6
2.6. Vidrio	7
2.7. Mylar (tereftalato de polietileno).....	7

2.8. Cocinas solares	8
2.9. La energía solar térmica	8
2.10. Tipos de radiación solar	9
2.10.1. Radiación absorbida.....	9
2.10.2. Radiación directa	9
2.11. Aislante térmico	10
2.12. Conductividad térmica	10
2.13. Calor.....	11
2.14. Horas del sol, estaciones y zonas horarias	11
2.15. El sol.....	11
2.16. Energía solar	11
2.17. Radiación solar	12
2.18. Radiación que llega a la tierra	12
2.19. Radiación solar, su incidencia en el ecuador	13
2.20. Ley de reflexión	14
2.21. Ley de refracción	14
2.22. Estudio experimental y teórico de un horno solar práctico.	14
2.23. Datos de heliofanía del 2017 de la estación meteorológica de la espam mfl.	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	19
3.1. UBICACIÓN.....	19
3.2. DURACIÓN	20
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	20
3.3.1. Método experimental.....	20
3.3.2. Método de campo	20
3.4. Técnicas	20
3.4. 1.técnicas estadísticas	20
3.5. Factores en estudio	20
3.6. Diseño experimental	21
3.7. Unidad experimental.....	21
3.8. Variables a medir.....	22

3.8.1. Variable dependiente	22
3.8.2. Variable independiente.....	22
3.9. Análisis estadístico	22
3.10. Procedimientos.....	22
3.10.1. Fase i. Analizar la capacidad térmica de los materiales reflectantes a partir de sus componentes físicos	22
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
Resultados.....	26
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1. Conclusiones	36
5.2. Recomendaciones	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS.....	40

CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

CUADROS

Cuadro 2. 1. Datos de heliofanía del año 2017.....	17
Cuadro 2. 2. Datos de Heliofania del mes de septiembre del 2017.	18
Cuadro 3. 1. Tratamientos de la investigación.....	21
Cuadro 3. 2. Parámetros a utilizar para la eficiencia energética de hornos solares.	21
Cuadro 3. 3. Esquema de ANOVA para tratamientos.....	22
Cuadro 3. 4. Tabla de Conductividad térmica.....	23
Cuadro 3. 5. Medidas del horno de caja.	24
Cuadro 3. 6. Medidas del horno parabólico.	24
Cuadro 4. 1. Materiales, cantidades y medidas.....	27
Cuadro 4. 2. Materiales, cantidades y medidas.....	28
Cuadro 4. 3. Análisis de varianza para temperatura.....	31

FIGURAS

Figura 2. 1. Horno solar tipo caja.....	5
Figura 2. 2. Horno solar tipo parabólico.....	6
Figura 2. 3. Horno solar tipo caja.....	16

Figura 2. 4. Horno solar tipo caja.....	16
--	----

GRÁFICOS

Gráfico 2. 1. Datos de heliofanía del 2017.	18
---	----

Gráfico 2. 2. Heliofanía de Septiembre del 2017.	18
--	----

Gráfico 4. 1. Relección de temperatura por el tipo del horno caja	33
--	----

Gráfico 4. 2. Relección de temperatura por el tipo del horno parabólico	34
--	----

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la incidencia del uso de los diferentes materiales reflectantes en la eficiencia energética de hornos solares, esta investigación se llevó a cabo en la ciudad de Calceta en los predios de la carrera de Ingeniería Ambiental, se elaboraron dos diseños de hornos solares: uno de caja y un parabólico en base a tres tipos de materiales (aluminio, mylar y vidrio) con un total de seis tratamientos. De acuerdo a los datos registrados en la estación meteorológica de la ESPAM MFL se determinó los horarios de mayor incidencia de radiación solar (heliofanía), la temperatura se midió por medio de un termómetro digital en intervalos de 30 minutos con horarios pre-establecidos desde las 11:30 hasta las 14:30, durante los días laborables del mes de septiembre; una vez obtenidos los resultados fueron ingresados en la base Statgraphics Centurion en donde se procesó los datos en función a los resultados obtenidos en la investigación, por lo que a partir de lo antes mencionado se acepta la hipótesis alternativa planteada, por encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, ya que se determinó que el T4 (vidrio-horno caja) alcanzó una eficiencia del 34,18%, el T6 (mylar-horno caja) una eficiencia del 34,09%, mientras que el T5 (aluminio-horno caja) obtuvo una eficiencia del 31,71%.

PALABRA CLAVE

Hornos solares, material reflectante, eficiencia energética, mylar

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the incidence of the use of different reflective materials in the energy efficiency of solar ovens, this research was carried out in Calceta city in the lands of the Environmental Engineering career, two designs of solar ovens were elaborated: one box and one parabolic based on three types of materials (aluminum, mylar and glass) with a total of six treatments. According to the data recorded at the ESPAM MFL weather station, the hours of greatest incidence of solar radiation (heliophany) were determined, the temperature was measured by means of a digital thermometer at 30 minute intervals with pre-established schedules from the 11:30 to 2:30 p.m., during the working days of the month of September; Once the results were obtained, they were entered into the Statgraphics Centurion database, where the data was processed according to the results obtained in the investigation, so according with the aforementioned, the alternative hypothesis is accepted, since there are significant differences between the treatments, and it was determined that the T4 (glass-oven box) reached an efficiency of 34.18%, the T6 (mylar-oven box) an efficiency of 34.09%, while the T5 (aluminum-oven box) obtained an efficiency of 31.71%.

KEYWORDS

Solar ovens, reflective material, energy efficiency, mylar.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los hornos solares son una fuente de energía limpia que sirve para mitigar el impacto producido por el consumo de hidrocarburos y otros contaminantes, ya que los hornos solares funcionan a base de energía solar y no contaminan (Portilla, Tapia, y Jaramillo, 2010); debido a que en la actualidad nos encontramos con una humanidad carente de conocimiento ambientales, es difícil combatir esta dificultad por lo tanto son pocas las personas que tienen interés de proteger la naturaleza y cambiar la problemática ecológica en el mundo (Cuevas, 2006)

Los hornos solares tienden a tener sus carencias, las cuales limitan su uso, por lo tanto, una de sus desventajas relevantes es el tiempo de cocción ya que en la mayoría los casos se han comparado con las cocinas tradicionales, obteniendo una diferencia significativa en el tiempo de cocción (Portilla; *et al*, 2010). También uno de los factores que incide en la temperatura es el clima ya que se necesita de la luz solar para el funcionamiento del horno, el proceso se hace difícil durante de los meses de invierno y en días de lluvia ya que durante ese tiempo no existe la presencia de la energía solar (Arboleda, 2013).

Tanto el gas doméstico como la leña representan una amenaza para el medio ambiente, ya que liberan contaminantes al ambiente como el CO₂ y metano (Ramírez, 2017). Cocinar con leña y carbón son tradiciones, costumbres o simplemente la falta de recursos económicos de las comunidades rurales, ya que cocer los alimentos genera altos niveles de contaminación al aire, es por esto que el nivel global de contaminación intradomiciliaria produce alrededor de 1,5 millones de muertes al año, afectando de esta manera a casi la mitad de la población mundial (Cortés, 2013). El uso de la madera como carburante es comúnmente utilizado en las sociedades rurales, ya que la madera es más accesible que el gas y la electricidad, por tal motivo las cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) muestran que 48.528 familias manabitas aún utilizan leña o carbón

para cocinar sus alimentos frente a 287.939 familias manabitas que aún recurren al gas licuado de petróleo, publicado por El Comercio en su Tercera Edición pag18. (2014).

Según el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovables INER (2014), Ecuador posee un gran potencial de radiación solar y brinda condiciones para su aprovechamiento, la cual puede suplir la demanda de energía en nuestro país ya que estamos cerca de la línea equinoccial. Según Cedeño (2017), la provincia de Manabí tiene uno de los valores más altos del potencial solar en el Ecuador es decir que se cuenta con suficiente energía solar, lo que constituye una gran ventaja para la implementación de la cocina solar, esto representa una reducción considerable en el uso de leña, combustibles fósiles convencionales o energía eléctrica.

Con lo antes expuesto se planteó la siguiente interrogante:

¿Cómo inciden los diferentes materiales reflectantes (vidrio, mylar, aluminio) en la conversión térmica de la radiación solar en hornos solares?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el inicio de la energía alternativa el ser humano ha intentado aprovechar en el mayor grado posible las distintas fuentes de energía que están a su alcance para hacer su vida más cómoda. La forma de energía por excelencia es la solar, pues el sol es necesario para la vida de la gran mayoría de seres vivos que se encuentran en el planeta Tierra, por ello la podemos catalogar como la primera fuente de energía usada (Sánchez, 2016).

El sol al ser una buena alternativa energética natural, inagotable, limpia y gratuita, en ciertas ocasiones es aprovechado para la fabricación de cocinas y hornos solares, actualmente esto puede reemplazar, parcial o totalmente a la leña, además permite un ahorro diario en gas, carbón o electricidad, esto mostrará un

cambio en la conciencia de las personas y un aprendizaje que se orienta hacia el desarrollo sostenible (Paz, 2008).

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2013), como ente de formulación de la política nacional del sector eléctrico, promueve la adecuada y exitosa gestión de proyectos de electrificación rural con energía renovable no convencional, para lo cual se encuentra trabajando con varios actores del sector eléctrico, organizaciones no gubernamentales, entre otros, a fin de definir una estrategia que permita la consolidación de proyectos de energía renovable en zonas aisladas, a través de la sostenibilidad de dichos proyectos.

La implementación de los hornos solares podría ser una herramienta útil para las familias de bajos recursos económicos, de esta forma se pretende mejorar su estilo de vida, dándole un avance positivo en todos los ámbitos tales como la salud, la economía, lo social y el gran beneficio hacia el medio ambiente ya que esto repercute en ellos de manera favorable, al ser un camino hacia la sostenibilidad con nuestro entorno (Escudero, 2009), haciendo relevancia al artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, donde se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Los principios básicos para esta investigación son el diseño de los hornos solares, así como determinar qué tipo de material incide favorablemente en la conversión de la radiación solar, los cuales pueden utilizarse en su construcción mejorando el tiempo de cocción; entre los factores que favorecen a que los hornos solares sean accesible para las personas se tienen: el clima, el acceso a los materiales, el tipo de alimento a cocinar y la capacidad térmica (Costas, 2013). Los hornos solares captan energía del sol para preparar toda clase de alimentos sin necesidad de electricidad o gas como en las cocinas convencionales, lo que las convierte en un sistema muy ecológico y económico. Además, los tipos de materiales empleados son de bajo costo lo que brinda facilidad para utilizarlo en los hogares (Fernández, 2014).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incidencia del uso de los diferentes materiales reflectantes en la eficiencia energética de un horno solar, en la ESPAM MFL.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Analizar la capacidad térmica de los materiales reflectantes a partir de sus componentes físicos.
- Construir los hornos solares con diferentes materiales reflectantes (vidrio, mylar, aluminio) para medir su temperatura máxima.
- Determinar la eficiencia de los materiales reflectantes y la incidencia de los tipos de hornos en las horas del día de mayor radiación solar.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los materiales reflectantes utilizados en los hornos solares presentará mayor eficiencia en la conversión de la energía térmica de la radiación solar.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. HORNO SOLAR

El horno solar es un dispositivo que utilizan las personas a diario, el mismo que concentra la radiación solar en un área denominada foco en donde es acumulada toda la energía obtenida del sol y de esta manera poder alcanzar temperaturas altas (Sánchez, 2016), los hornos solares pueden ser un aporte al ecosistema ya que con la implementación de los mismo se reducirá el uso de combustible fósiles y los recursos naturales (Castro, 2014).

2.2. HORNO SOLAR TIPO CAJA

El horno solar tipo caja más simple y barata consiste en una caja aislada, con una ventana de plástico o vidrio esta ventana actúa como una trampa para retener el calor de la energía solar por efecto invernadero. Las paredes del horno se revisten con papel aluminio de forma que refleje toda la radiación hacia el centro de la cocina. Para aumentar la radiación solar que entra en el horno, pueden usarse reflectores, los cuales deben ubicarse para reflejar la radiación solar hacia el interior de la caja. La caja debe estar aislada lo mejor posible, para minimizar el flujo de aire caliente al exterior (Torres, Polo, Lopéz y Milla, 2017).



Figura 2. 1. Horno solar tipo caja.

2.3. HORNO SOLAR TIPO PARABÓLICO

Los hornos solares tipo parabólico son fácilmente identificables por su diseño característico. La denominación que recibe este horno solar hace honor a la forma

que presenta, una parábola y a su gran semejanza a las antenas parabólicas que se encargan de captar la señal de televisión. Esta forma que toma el horno solar no es coincidencia, ya que, al igual que estas antenas, la forma parabólica permite captar la mayor parte de ondas incidentes y que estas sean concentradas en un mismo punto común, lo que es denominado como foco receptor (Machado, 2010).



Figura 2. 2. Horno solar tipo parabólico

2.4. TIPOS DE MATERIALES REFLECTANTES

Dentro de los materiales calificados como buenos reflectantes, se debe de tener en cuenta la uniformidad de su superficie, para predecir la dirección que van a tomar las ondas incidentes (Machado, 2010).

2.5 PAPEL DE ALUMINIO

El papel de aluminio o papel de plata es una de las primeras y más comunes posibilidades que se pueden encontrar ya que sin duda esta opción va a ser la más económica y sencilla de utilizar, ya que su uso estandarizado hace de él un material de fácil obtención y manejabilidad y, sobre todo, aporta una alta reflexión de las ondas incidentes (más del 90% de la radiación visible se ve reflectada). Todo esto, junto a su capacidad de soportar temperaturas muy altas, hace que sea un material idóneo (Machado, 2010).

2.6. VIDRIO

Los vidrios son muy utilizados por sus cualidades que son la transparencia óptica, la resistencia, el aislamiento y la facilidad con que puede fabricarse. Difícil es imaginarse hoy en día una sociedad que no utilice el vidrio (Salvador y Vázquez, 2014). El principio de la fabricación del vidrio y sus materias primas han permanecido invariables durante el tiempo. Las mejoras han venido de los avances técnicos en el procesamiento para lograr mayor eficiencia y calidad y en las modificaciones de su composición para variar propiedades físicas y químicas del mismo (López, 2013).

Los componentes básicos del vidrio se pueden clasificar según los siguientes grupos o familias:

- Vitrificantes.
- Óxidos.
- Fundentes.
- Afinantes.
- Colorantes.

2.7. MYLAR (TEREFTALATO DE POLIETILENO)

Es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan el PET y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales, por ejemplo, en los Estados Unidos y el Reino Unido usan los nombres de Mylar y Melinex, químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres. (Chiluiza y Tacle, 2013).

2.8. COCINAS SOLARES

Las cocinas solares ofrecen un sistema simplificado de cocinar con un total ahorro de dinero, al no necesitar ningún aporte de combustible u otra fuente de energía que no sea la solar directa libre y gratuita, todo ello va acompañado de otras múltiples ventajas como son: mayor seguridad en la operación de cocinar y calidad nutricional de los alimentos cocinados, Pues al no utilizar fuego, no se generan humos ni dióxido de carbono y así se mejoran las condiciones medio ambientales tanto locales como generales.

A su vez, en las cocinas de acumulación (hornos solares o cajas solares) permiten una cocción de los alimentos con un mayor mantenimiento de sus contenidos nutricionales. También en estas últimas cocinas se permite una mayor disponibilidad de tiempo, pues es posible ausentarse del lugar durante el proceso de cocción de los alimentos. Por otro lado, las cocinas parabólicas son muy eficientes y no requieren de mucho mantenimiento (Castro, 2014).

2.9. LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica se refiere al calor generado por la radiación solar. Esta energía se utiliza en aplicaciones industriales, comerciales y residenciales a través de tecnologías diferentes, que incluyen la producción de vapor, los sistemas de calefacción, los sistemas de refrigeración e incluso la generación de electricidad. Puede producir temperaturas que van desde los 45°C hasta más de 300°C, por lo cual es potencialmente útil para una amplia gama de sectores. A finales de 2010, la capacidad mundial de los sistemas instalados de energía solar térmica era de aproximadamente 195GWth¹ (ocupando una superficie total instalada de 279 millones de m²) frente a los 282GWe² de viento, 10,7GWe de energía geotérmica y 40 GWe de energía solar fotovoltaica (PV). Hoy en día la mayoría de las instalaciones de energía solar térmica proporcionan energía a los hogares para calentar el agua (Bohorquez, 2013).

2.10. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

Toda la radiación que llega a la superficie terrestre, ya sea en forma de radiación directa o indirecta, va a ser absorbida por el suelo, el agua o diferentes organismos. Toda esta energía que ha sido absorbida se va a repartir en la que luego es reflejada de nuevo hacia la atmósfera y en la que se reirradia en forma de calor.

2.10.1. Radiación Absorbida

Los primeros rayos que inciden sobre la Tierra, y los cuales no tienen ningún efecto sobre nosotros, son los rayos absorbidos. El fenómeno de la absorción se va a producir de forma directa sobre la radiación ultravioleta mediante el ozono, y sobre la infrarroja mediante el vapor de agua, el dióxido de carbono o el humo entre otros gases presentes en la atmósfera. Una vez se sabe cuáles son los rayos no incidentes, se puede estudiar aquellos que sí afectan a la vida en la Tierra. La primera clasificación que tiene es la que diferencia a los rayos directos y a los indirectos.

2.10.2. Radiación Directa

La radiación directa va a ser consecuencia de aquellos rayos del Sol que llegan hasta la Tierra de forma directa, sin verse afectados por fenómenos de reflexión o refracción desde el foco solar hasta la superficie terrestre. Aunque a simple vista el ojo humano no lo pueda diferenciar, no todos los rayos que pasan a través de la capa exterior de la atmósfera llegan a nosotros de forma directa. o Radiación Indirecta o Difusa: El recorrido que siguen hasta llegar a la superficie es largo, y en él se pueden encontrar con numerosos factores ambientales (nubes, humos, lluvia, etc.) que hacen que la dirección que llevaban hasta ese momento se vea modificada. Esto es lo que antes, en la definición de radiación directa, se ha nombrado como reflexión y refracción (Castro, 2014).

2.11. AISLANTE TÉRMICO

Los materiales aislantes se pueden definir como aquellos que presentan una elevada resistencia al paso del calor, reduciendo la transferencia de este calor a su cara opuesta, por lo tanto, podemos decir que protegen del frío y del calor. Por otro lado, sabemos que el aislamiento térmico contribuye a la eficiencia energética, que consiste en disminuir el consumo energético sin disminuir el confort. (Palomo, 2017)

Esta transmisión de calor se produce de un lugar a otro por tres maneras diferentes:

Conducción: el calor se transmite desde regiones de alta temperatura a otras de baja temperatura dentro de un mismo material o entre sólidos contiguos en contacto, hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Convección: la transmisión de calor se produce por los movimientos de la masa de un fluido.

Radiación: la emisión de energía se transmite a través de ondas electromagnéticas producidas en cualquier cuerpo que se encuentre a una cierta temperatura. No se precisa contacto entre el emisor y el receptor.

2.12. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La Conductividad Térmica (λ con unidades $W/(m \cdot K)$) describe el transporte de energía en forma de calor a través de un cuerpo con masa como resultado de un gradiente de temperatura. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el calor siempre fluye en la dirección de la temperatura más baja. La Conductividad Térmica es, por consiguiente, una propiedad específica de cada material usada para caracterizar el transporte de calor en ritmo estacionario (NETZSCH, 2013).

2.13. CALOR

Según Carrillo (2013) el calor es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. La transferencia de calor, es la ciencia que trata de la determinación de las razones de esa transferencia.

2.14. HORAS DEL SOL, ESTACIONES Y ZONAS HORARIAS

Las condiciones ambientales del lugar no van a ser las únicas variables que determinen la cantidad de radiación incidente sobre una determinada superficie; ya que, al igual que estas condiciones climatológicas, la intensidad de la radiación va a estar sujeta a la zona horaria y a la época del año en cuestión. Al igual que cambian las horas de Sol, va a cambiar la intensidad de radiación que llega hasta la superficie terrestre. Esta radiación variará de forma directamente proporcional a como varía la sensación de calor en la superficie, todo ello sujeto a cada estación del año en la que se encuentre (Carrillo, 2013).

2.15. EL SOL

El sol es la estrella central de nuestro sistema solar su formación fue hace 6.5 mil millones de años de una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente toda (99.8%) la masa del sistema solar y su radio es de 700,000 km. El Sol está compuesto principalmente de dos elementos hidrógeno y helio, sus abundancias han cambiado a lo largo de su vida, por lo que hoy el hidrógeno y el helio representan el 74.9% y el 23.8%, respectivamente de su masa total. El oxígeno sólo contribuye con el 1%, el carbono con el 0.3%, el neón y el hierro con el 0.2% (Blanco, 2009).

2.16. ENERGÍA SOLAR

Según Duffie y Beckman (2013) citado por Castro (2014), la energía solar es una fuente de energía de origen renovable, adquirida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La energía solar térmica o

energía termo solar son llamadas también como energías renovables o energías limpias que consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para promover calor que puede ser aprovechada por el ser humano mediante los diferentes medios de captadores como células fotovoltaicas, heliostatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica.

2.17. RADIACIÓN SOLAR

Según el Centro Nacional de Investigación Científica (2012), los rayos solares llegan permanentemente a la tierra y calientan la superficie de nuestro planeta ya que, sin este aporte de energía, la Tierra sería glacial. La energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética de la cual forma parte la luz visible, una radiación electromagnética se descompone en ondas de radio, milimétricas, infrarrojas, luz visible, ultravioletas, rayos X y rayos gamma.

Un cuerpo frío como la Tierra, emite principalmente ondas de radio, milimétricas e infrarrojas y un cuerpo caliente como el sol emite en todo el espectro y nos envía un flujo de energía de la cual una parte es absorbida por la atmósfera. Las radiaciones ultravioletas y los rayos X son principalmente absorbidas por encima de los 100 km de altitud, mientras que las radiaciones visibles e infrarrojas son en parte reflejadas por la atmósfera y las nubes.

2.18. RADIACIÓN QUE LLEGA A LA TIERRA

Según el Centro Nacional de Investigación Científica (2012), la energía solar, recibida por la Tierra no es constante en el tiempo. El ciclo solar, cuyo periodo es de 11 años, se observa desde hace siglos por la variación del número de manchas en la superficie del Sol. Sin embargo, el flujo de energía emitido por el Sol solo varía de una milésima durante dicho ciclo.

De acuerdo a Duffie y Beckman (2013) citado por (Castro, 2014), la Tierra recibe 174 petavatios de radiación solar entrante, aproximadamente el 30% regresa al espacio, mientras que las nubes, los océanos y las masas terrestres absorben lo sobrante. El espectro electromagnético de la luz solar en la superficie terrestre lo

ocupa principalmente la luz visible y los rangos de infrarrojos con una pequeña parte de radiación ultravioleta. La potencia de la radiación se modifica según el horario del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. En condiciones de radiación admisibles, la potencia se la denomina irradiación cuando equivale aproximadamente a 1000 W/m^2 en la superficie terrestre.

2.19. RADIACIÓN SOLAR, SU INCIDENCIA EN EL ECUADOR

El lugar geográfico del Ecuador es el factor que determina la elevada radiación solar que recibimos al encontrarnos cerca de la línea Equinoccial estamos más próximos al sol y los rayos caen perpendicularmente. La capa de ozono juega un papel importante, pues funciona como un filtro que absorbe parte de los rayos solares. Cuando desaparece o se vuelve más fina, debido a la contaminación ambiental, la intensidad aumenta. Además, en ciudades de mayor altitud, como Quito o Riobamba, la radiación supera los 19 puntos, de acuerdo con los datos registrados en el 2015. El 7 de marzo del 2015, la radiación UV en Quito alcanzó los 19,58 puntos, un valor muy por encima de lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera extrema (Comercio, 2014).

Según Diario El Comercio al mediodía del martes 19 de septiembre del 2017, el índice de radiación ultravioleta (UV) alcanzó un pico de 12 puntos, es decir, llegó a la categoría de 'Muy alto'. Los niveles más alarmantes se registraron en la época de incendios, cuando los valores sobrepasaron el rango de 18 puntos, considerado ya un nivel alarmante.

La escala utilizada para medir los UV señala que de 0 a 7 la radiación va de muy baja a moderada, de 8 a 10, alto, de 11 a 15 muy alto, y más de 16 extremos. Según la Secretaría de Ambiente, los niveles más altos de UV se registran generalmente en julio, agosto y septiembre cuando el nivel es muy alto, se debe evitar la exposición innecesaria entre las 10:00 y 15:00.

2.20. LEY DE REFLEXIÓN

El fenómeno de la reflexión tiene lugar cuando las ondas inciden sobre una superficie dada, impulsadas de nuevo hacia el exterior al entrar en contacto con un segundo medio. La dirección de propagación de las ondas va a depender de las características de la superficie incidente. La característica que va a definir la reflexión de una onda va a ser el ángulo con el que se ve reflejada, el cual dependerá no sólo de la naturaleza de dicha onda, sino de las propiedades de reflexión de dicha superficie (Machado, 2010).

2.21. LEY DE REFRACCIÓN

El fenómeno de la refracción es el cambio de dirección y velocidad de propagación que experimenta una onda que viaja por un medio y se encuentra con otro medio transparente, parte de él se refleja y la otra ingresa al segundo medio originando el fenómeno conocido como de refracción. Este fenómeno solo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos tienen índices de refracción distintos (Castro, 2014).

2.22. ESTUDIO EXPERIMENTAL Y TEÓRICO DE UN HORNO SOLAR PRÁCTICO.

El mundo actual se enfrenta a grandes problemas medioambientales. Todos estos problemas están teniendo graves repercusiones en la agricultura, bosques, reserva de agua y en definitiva en la salud humana (Carretero, 2010). Alrededor del 40 % de la población costarricense todavía cocina con leña, lo cual ha incrementado el problema de deforestación en el país. De la energía que se consume en una casa un gran porcentaje se emplea para cocinar alimentos. En el mundo hay millones de individuos que no tienen ningún tipo de combustible para cocinar alimentos. En muchos países en vía de desarrollo el combustible principal para cocinar es la leña y esto atrae un problema en la actualidad como la deforestación y erosión del suelo, actualmente cada día la leña para cocinar es

más difícil de conseguir y en algunos países las personas tienen que caminar hasta 30 km para obtenerla. (Nandwani, 2013).

Según Daniels y Halaey (1978) citado por Nandwani (2013), se han desarrollado dos tipos básico de cocinas solares:

- ✓ La directa o cocina de enfoque en la cual los alimentos o el recipiente que los contiene se colocan en el punto focal de un espejo parabólico. En régimen de concentración entre 20 y 100 dará un rendimiento similar al de un fuego abierto.
- ✓ La cocina del tipo caja u horno, es una cámara aislada con una ventanilla a un lado, a través de la que penetra la radiación solar generalmente con un número de espejos planos. Un régimen de concentración entre 2 y 4 dará más o menos el mismo rendimiento que un horno domestico medio.

2.22.1. MATERIAL Y MÉTODOS

En las figuras 2.3 y 2.4 se observa el diseño y modelo actual del horno solar en estudio. Consiste en una caja de madera, con dos láminas de vidrio plana en la parte superior separadas por una distancia de 2 a 2.5 cm. Dentro de la caja hay una placa metálica de hierro galvanizado pintada de negro mate. En la parte del fondo y a los lados de la placa hay un aislante de calor construido por lana de vidrio (4cm a los lados laterales y 7.5 cm debajo de la lámina). La parte del frente de la caja tiene una puerta para introducir y sacar los alimentos. Para el aumento de la radiación se utilizó un reflector. Para evitar fugas utilizaron pegamento silicón y las ollas y bandejas son de aluminio.



Figura 2. 3. Horno solar tipo caja.

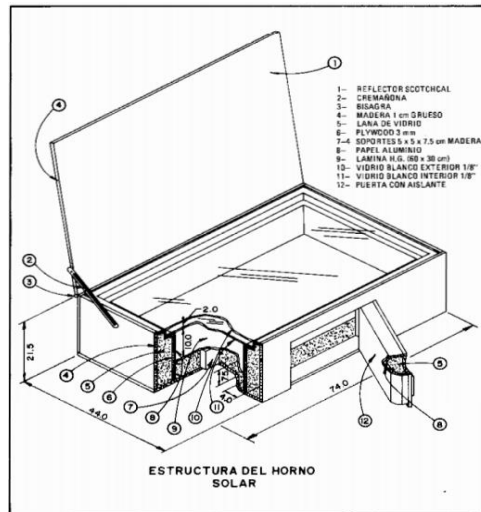


Figura 2. 4. Horno solar tipo caja.

2.22.2. FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DEL HORNO SOLAR

Nandwani (2013) refiere que lograr la mayor eficiencia del horno solar, no basta solo tener una cantidad adecuada de radiación solar. El sol tiene un movimiento aparente, en cuanto a la altitud (movimiento norte-sur) y principalmente, el acimut (movimiento este-oeste). Por ello, es recomendable mover el horno y orientar el reflector hacia la dirección del sol cada 45 - 60 minutos (aunque no es indispensable); con el fin de aprovechar la mayor cantidad de radiación solar durante el día.

Dependiendo del clima, la orientación del horno y el reflector, la máxima temperatura que la placa puede alcanzar es entre 130°C a 160°C. Dicha temperatura, es suficiente para cocinar los alimentos lentamente, pero con gusto. El tiempo de cocción de los alimentos depende de la cantidad y calidad de los alimentos, cantidad de radiación solar, velocidad del viento, de la temperatura ambiente, así como tipo de los utensilios, entre otras.

Este horno solar, con 0.25 m² de área, puede preparar una comida para cuatro o cinco personas en dos o tres horas (sea entre 9 a 12 hrs.); y dos comidas completas en cuatro o cinco horas (sea entre 9 a 14 hrs.). Con base de nuestra experiencia, en un día con dos horas o menos de horas sol no se puede cocinar; de dos y media a tres y media horas de radiación, puede cocinar una comida diaria para una familia; en cambio con más de cuatro horas de brillo solar, puede cocinar dos comidas diarias, para una familia.

2.23. DATOS DE HELIOFANÍA DEL 2017 DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA ESPAM MFL.

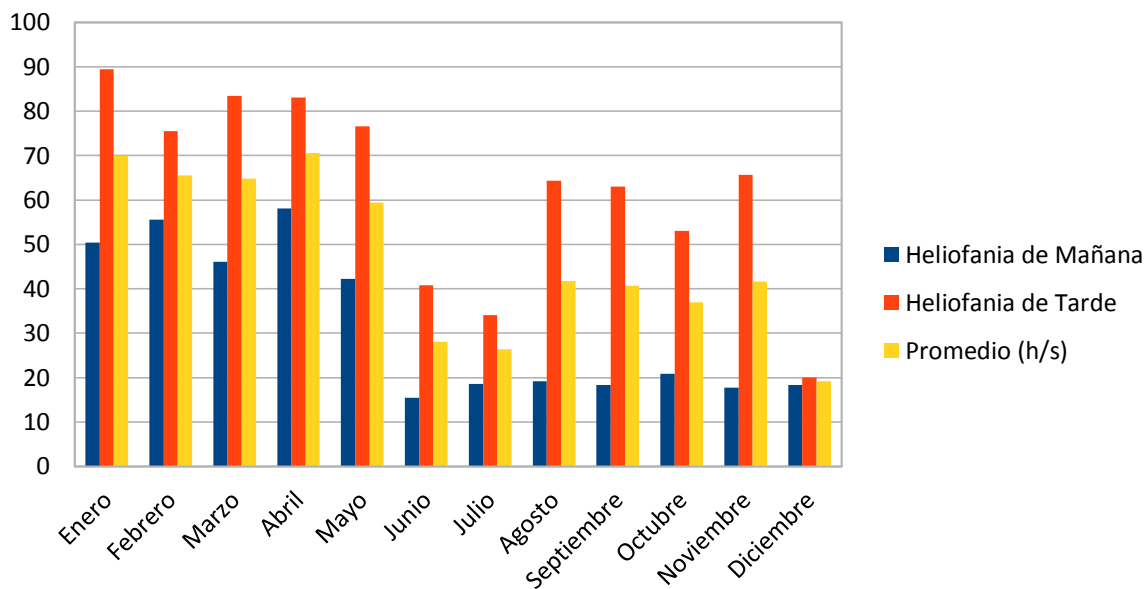
Con los datos recolectados de la estación meteorológica del 2017, se pudo establecer los horarios para la toma de las muestras (ver cuadro 2.2).

Cuadro 2. 1. Datos de heliofanía del año 2017.

Meses	Heliofanía de Mañana (11:30-12:00) (hs)	Heliofanía de Tarde (12:00-14:30) (hs)	Promedio (hs)
Enero	50,4	89,5	69,95
Febrero	55,6	75,5	65,55
Marzo	46,1	83,5	64,8
Abril	58,1	83,1	70,6
Mayo	42,2	76,6	59,4
Junio	15,4	40,8	28,1
Julio	18,6	34,1	26,35
Agosto	19,2	64,3	41,75
Septiembre	18,4	63	40,7
Octubre	20,9	53	36,95
Noviembre	17,7	65,7	41,7
Diciembre	18,3	20	19,15

Fuente: Estación meteorológica ESPAM.

Gráfico 2. 1. Datos de heliofanía del 2017.



Cuadro 2. 2. Datos de Heliofanía del mes de septiembre del 2017.

Horas	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
Total (h/s)	0,0	0,3	0,5	2,4	5,7	9,5	10,5	13,2	11,2	13,1	12,7

Fuente: Estación meteorológica ESPAM.

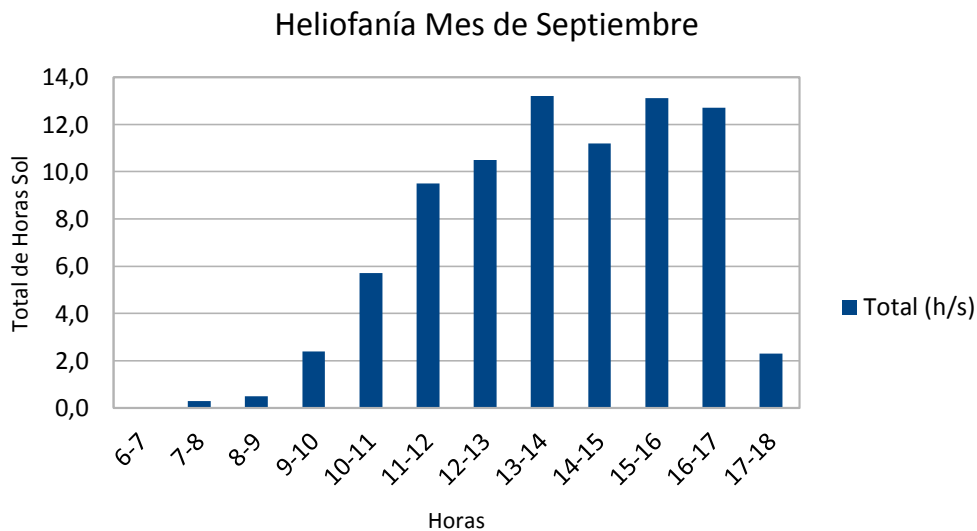
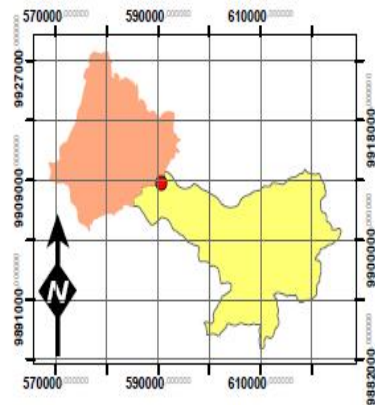
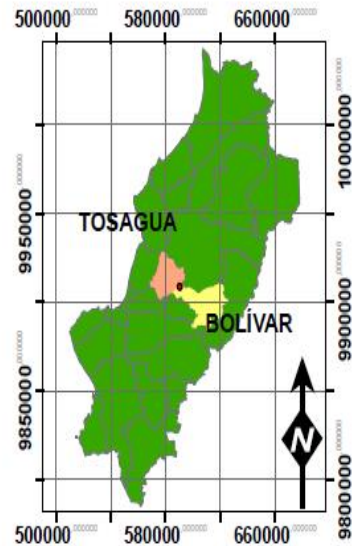
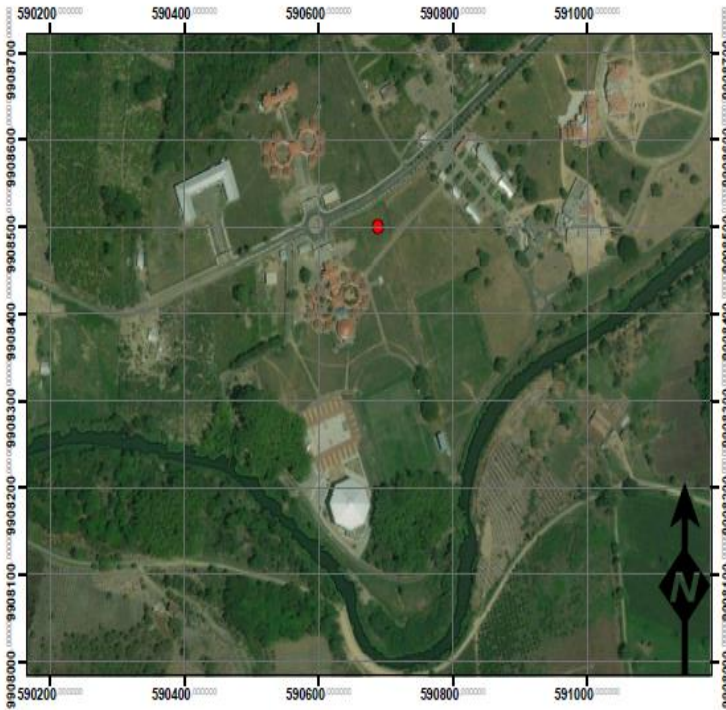


Gráfico 2. 2. Heliofanía de Septiembre del 2017.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en los exteriores de la Carrera de Medio Ambiente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ubicado en el Campus Politécnico, sitio El Limón, cantón Bolívar, provincia de Manabí, situada geográficamente entre las coordenadas 590688 al este y 990849 al oeste.



MAPA DE UBICACIÓN	
Leyenda	SISTEMAS DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM ZONE 17 S
● Zona de Estudio	PROYECCIÓN: TRANSVERSE MERCATOR
AUTORES: OREJUELA SUAREZ ROMMEL J. VILLAVICENCIO BRAVO JERIKSON D.	DATUM: WGS 1984
	UNIDADES: METER
	0 0,075 0,15 0,3 Kilómetros

3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo un tiempo de duración de 6 meses contados a partir del mes de abril hasta el mes de octubre del 2018.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO EXPERIMENTAL

Los resultados obtenidos en la toma de temperatura de los hornos solares se ingresaron a la base estadística Statgraphics Centurion, de esta manera se estimó la eficiencia de los materiales reflectantes en dos diseños de hornos solares (experimental).

3.3.2. MÉTODO DE CAMPO

Esta investigación es de campo de carácter experimental ya que los datos fueron tomados de manera directa en el lugar donde se ubicaron los hornos solares; y posteriormente poder interpretar resultados.

3.4. TÉCNICAS

3.4. 1.TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Mediante la utilización de la técnica estadística se llevó a cabo un procesamiento de datos en función a los resultados obtenidos mediante la evaluación de la incidencia de los diferentes materiales refractantes a utilizar.

3.5. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores de estudio considerados en esta investigación son los siguientes:

FACTOR A =Tipos de materiales reflectantes a utilizar.

Niveles

A1= Vidrio

A2= Papel de aluminio

A3= Mylar

FACTOR B = Tipos de hornos.

Niveles

B1= Parabólica

B2= Caja

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la investigación se utilizó un diseño bifactorial completamente al Azar AxB, de 6 tratamientos, tomando las muestras a siete diferentes horas del día, durante 1 mes (días laborables).

Cuadro 3. 1. Tratamientos de la investigación

TRATAMIENTOS	NOMENCLATURA
T1	A1*B1
T2	A2*B1
T3	A3*B1
T4	A1*B2
T5	A2*B2
T6	A3*B2

Cuadro 3. 2. Parámetros a utilizar para la eficiencia energética de hornos solares.

Tratamientos	Factores		Observaciones							Resultados
	Tipos de hornos	Materiales Refractantes	Horas Sol							
T1	Parabólica	Vidrio	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	Eficiencia energética del horno solar
T2	Parabólica	Aluminio	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	
T3	Parabólica	Mylar	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	
T4	Caja	Vidrio	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	
T5	Caja	Aluminio	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	
T6	Caja	Mylar	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

De acuerdo a las características de la unidad experimental, lo que se estudió fueron los diferentes materiales en dos tipos de hornos, los cuales se evaluaron en un rango de 20 días, haciendo la recolección de datos en las horas pre-establecidas.

3.8. VARIABLES A MEDIR

3.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Eficiencia de los hornos solares.

3.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Materiales reflectantes

Diseños de hornos

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el software Statgraphics Centurion, para el análisis de datos mediante el ANOVA para ver la significancia del mejor tratamiento.

Cuadro 3. 3. Esquema de ANOVA para tratamientos

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
Factor 1 tipo de hornos	1
Factor 2 tipo de material	2
Tratamientos	5
Horario	6
Días	19
Residuos	811
TOTAL	839

3.10. PROCEDIMIENTOS

Para la ejecución de la investigación se plantearon tres fases, cada una de ellas, permitió el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos, estas son:

3.10.1. FASE I. ANALIZAR LA CAPACIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES REFLECTANTES A PARTIR DE SUS COMPONENTES FÍSICOS

Actividad 1. Fundamentación teórica y metodológica

Se necesitó información bibliográfica para llevar a cabo la investigación, la cual nos brindó un mayor conocimiento acerca de los diferentes materiales reflectantes

a utilizar, como también de la metodología a utilizar, entre otros. Esto se respaldó mediante material bibliográfico y referencias de otras investigaciones en las que se haya utilizado diferentes tipos de materiales reflectantes.

Actividad 2. Clasificación de los materiales en base a su conductibilidad térmica

Para la clasificación de los materiales reflectantes se basó en la tabla de conductividad térmica, mediante la cual se seleccionó los materiales a utilizar en la construcción del horno solar, además de su conductividad térmica se tomó en cuenta la factibilidad de los materiales y su costo, debido a lo anterior mencionado se propuso que el equipo a construir sea económico y sus materiales sean de fácil adquisición.

Cuadro 3. 4. Tabla de Conductividad térmica.

MATERIAL	λ W/(m-k)
Aluminio	0,04
Vidrio	0,6 – 1,1
Mylar	0,24

Fuente: (VaxaSoftware, 2009)

3.10.2. FASE II. CONSTRUIR LOS HORNOS SOLARES CON DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES PARA MEDIR SU TEMPERATURA MÁXIMA

Actividad 3. Diseño de los hornos solares en base a metodologías aplicadas

Para el diseño de los hornos solares se tomó en cuenta referencias bibliográficas necesarias para la construcción de los hornos; la metodología de Carrillo, (2013) cuenta con información relevante para la fabricación de los mismos.

También, se utilizó la metodología de Nandwani, (2013) sobre la cocina/horno solar, construcción, funcionamiento y usos, que nos proporciona los elementos esenciales para comprender el conjunto de la instalación, construcción y su funcionamiento óptimo para obtener una mayor eficiencia en los hornos.

Para el horno tipo parabólico se utilizó paraguas de las siguientes medidas: Radio 42,25 cm y un diámetro de 84,5 cm y para la realización de la estructura del horno parabólico se procedió a utilizar la metodología de Castro (2014) sobre diseño, construcción y pruebas de una cocina solar parabólica de uso doméstico.

Actividad 4. Construcción de los hornos solares

Para la construcción de los 6 hornos solares tipo caja y parabólico se utilizó los siguientes materiales:

Cuadro 3. 5. Medidas del horno de caja.

TIPO DE CAJA	DIMENSIONES	LONGITUD	MATERIAL
CAJA EXTERIOR	Largo	45,5 cm	MADERA
	Ancho	76,5 cm	
	Profundidad	25,5 cm	
CAJA INTERIOR	Largo	41 cm	MADERA
	Ancho	70 cm	
	Profundidad	25,5 cm	
COMPONENTES	CANTIDAD	LONGITUD	MATERIAL
Aislamiento	10m	10 m	Lana de vidrio
Placa reflectante	3	41 cm * 70 cm	Vidrio, Aluminio, Mylar
Placa absorbadora	3	41 cm *70 cm	Zinc
			CANTIDAD
OTROS MATERIALES		Bisagra	6
		Olla	3
		Pernos	200
		Agarradera	3
		Spray	1

Elaborado por: Los autores

Cuadro 3. 6. Medidas del horno parabólico.

EQUIPO	CANTIDAD	DIÁMETRO	MATERIAL
Paragua	3	84,5 cm	Aluminio
COMPONENTES	CANTIDAD	DIÁMETRO	MATERIAL
Placa reflectante	3	84,5 cm	Vidrio, Aluminio, Mylar
Soporte			Hierro
			CANTIDAD
		Pernos	100
OTROS MATERIALES		Ollas	3

Elaborado por: Los autores

3.10.3. FASE III. DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LOS HORNOS SOLARES CON LOS DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES

Actividad 5. Estimar la temperatura que alcanzan los hornos solares en horarios específicos

Para la estimación de la temperatura que alcanzaron los hornos, se ubicó un recipiente (olla) en la parte superior de la parábola mientras que en los hornos de caja se ubicó en la parte inferior, este recipiente fue el foco receptor de la energía, para ello se tomó la temperatura mediante un termómetro digital en los horarios establecidos en el cuadro 3.2. durante los 20 días laborables del mes de septiembre.

Actividad 6. Análisis de resultados

Para analizar los resultados se los ingresó a la base de datos Statgraphics Centurion. Este procedimiento ejecuta interacciones bifactoriales entre tipos de hornos y materiales reflectantes en relación a las temperaturas. Constituido por el análisis de varianza ANOVA. Por medio de la prueba de Tukey se determinó las diferencias significativas entre cada uno de los factores.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

4.1. ANALIZAR LA CAPACIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES REFLECTANTES A PARTIR DE SUS COMPONENTES FÍSICOS

4.1.1. Fundamentación teórica y metodológica

Mediante la revisión bibliográfica se logró obtener la fundamentación necesaria para el diseño, construcción de los hornos solares y los diferentes materiales utilizados en la construcción de los mismos.

4.1.2. Clasificación de los materiales en base a su conductibilidad térmica

Los materiales fueron seleccionados según su capacidad de conductividad, la economía y la factibilidad de adquisición, ya que de una u otra manera esto facilitó la construcción del horno, dando por elegido los siguientes materiales:

- Aluminio
- Mylar
- Vidrio

El aluminio posee una conductividad térmica de $0,04 \text{ W(m/k)}$, el mylar de $0,24 \text{ W(m/k)}$ y el vidrio $0,6 - 1,1 \text{ W(m/k)}$.

4.2. CONSTRUIR LOS HORNOS SOLARES CON DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES PARA MEDIR SU TEMPERATURA MÁXIMA

4.2.1. Diseño de los hornos solares en base a metodologías aplicadas

Se realizó el diseño del horno solar tipo caja de acuerdo a la metodología propuesta por Nandwani (2013) el cual está conformado por una caja interior y una caja exterior (ver anexos 1.1, 1.2, 1.3).

Para el horno solar parabólico se realizó el diseño de la estructura con la ayuda de la metodología de Castro (2014) sobre diseño, construcción y pruebas de una

cocina solar parabólica de uso doméstico, para lo cual se utilizó un paraguas cuyo modelo se asemeja a las medidas propuestas por este autor.

4.2.2. Construcción de los hornos solares

En base a la metodología de Nandwani, (2013) se obtuvieron las medidas para la construcción de los hornos solares tipo caja tanto interior como exterior utilizando los siguientes materiales:

Para la estructura del horno se obtuvo 10 tiras de madera (Ver Anexo 3.1). Una vez seleccionada la madera se realizó los respectivos cortes con la ayuda de un serrucho y una vez terminada esta actividad, se procedió a unir con clavos de 2 pulgadas para finalmente armar la estructura del horno solar tipo caja; A continuación, en el cuadro 4.1 se detallan las medidas y la cantidad de madera que se utilizó en la construcción de la estructura.

Cuadro 4. 1. Materiales, cantidades y medidas.

Materiales	Cantidad	Medidas
Madera	12	45,5 cm (largo)
Madera	12	76,5 cm (ancho)
Madera	12	24,5 cm (altura)
Martillo	1	-----
Clavos	70	2 pulgadas

Elaborado por: Los autores (2018)

Culminada la estructura base del horno, se realizó la compra del plywood de 5,2 líneas, con cortes según las medidas propuestas en el cuadro 4.2, para luego proceder al armado de las paredes tanto exterior como interior, antes de realizar la unión de la pared del interior del horno se colocó un tipo de aislante térmico (lana de vidrio) propuesta en la metodología de Nandwani, (2013).

Terminado el armado de las paredes de los hornos, se finalizó con la curación de la madera y del plywood con un plaguicida para evitar proliferación de polillas.

Cuadro 4. 2. Materiales, cantidades y medidas.

	Materiales	Cantidad	Medidas
CAJA EXTERIOR	Plywood 5,2 Líneas	6	45,5 cm (largo) * 24,5 cm (altura)
	Plywood 5,2 Líneas	6	76,5 cm (ancho) * 24,5 cm (altura)
CAJA INTERIOR	Plywood 5,2 Líneas	6	70 cm (ancho) * 24 cm (altura)
	Plywood 5,2 Líneas	6	41 cm (largo) * 24 cm (altura)
Otros	Clavo	50	2 pulgadas
	Martillo	1	-----
	SERRUCHO	1	-----

Elaborado por: Los autores (2018)

Una vez terminadas las actividades de construcción de la estructura y el armado de los hornos de cajas se colocó una lámina absorbadora (zinc) en el interior de los hornos, pintadas de color negro con la finalidad de absorber el calor que incide en el horno (Nandwani, 2013).

Luego se realizó la compra de tres vidrios de tres líneas (3") de medidas 76,5 cm * 45,5 cm; para la ubicación de los vidrios se procedió a utilizar ángulos de aluminio como forma de marco en la parte externa que se usó como canalones para tener una mayor facilidad al momento de abrir y cerrar los hornos.

✓ **Reflector de Aluminio**

Consistió en un rectángulo de plywood de medidas 70 cm * 41 cm el cual se procedió a forrar con papel de aluminio comercial y con la ayuda de una cinta doble faz se pegó al reverso de la plancha.

✓ **Reflector de Mylar**

Consistió en un corte de plywood de medidas 70 cm * 41 cm que se procedió a revestir con el papel mylar (papel de regalo) y con la cinta de doble faz se pegó al reverso de la plancha (Ver Anexo 3.8).

✓ **Reflector de Espejo**

Consiste en una plancha de espejo de medidas 70 cm * 41 cm de 3 líneas.

Finalmente, una vez construida la estructura y el revestimiento exterior e interior de los hornos de tipo caja para la fijación o seguimiento al sol, se utilizó un ángulo de aluminio anclado a los costados del horno que contiene una serie de agujeros muy seguidos tipo escalera con el fin de ser manipulados con más facilidad al momento de ubicarlo con dirección al sol.

Para el diseño del horno solar parabólico se utilizó la metodología de Castro (2014), donde menciona que este tipo de hornos solares son reconocibles porque presentan un esquema característico de una parábola, las cuales se pueden adaptar muy fácil a las medidas de un paraguas, además contiene información sobre la estructura base de la cocina. Para la plataforma del horno se procedió a reciclar tres bancas las cuales se adaptaron a las medidas propuestas (Ver Anexo 3.10).

Luego se procedió a soldar las partes para conforma la estructura, para realizar la base del paraguas se cortó 2 m de una varilla de 8 mm, a la cual se le dio forma de circunferencia para posteriormente soldarla. Para realizar la estructura que sostiene la olla se cortó una varilla cuyas medidas coinciden con las de la olla a semejanza de una hornilla, además se realizó unos agujeros en el tubo de la estructura para manipular la parábola orientándola a la dirección del sol, por último, se pintó la estructura para darle un acabado final y evitar su corrosión.

Para la elaboración de las parábolas se procedió a adaptar tres paraguas (Ver Anexo1.3), sobre los cuales se ubicó los paneles revestidos con los tres tipos de materiales reflectantes: vidrio, aluminio y mylar.

Una vez adaptada la estructura se cortó el vidrio del tamaño de las divisiones del paraguas para posteriormente pegarlos con silicona obteniendo así el horno parabólico de vidrio. El horno parabólico de aluminio se elaboró utilizando asimismo un paraguas el cual fue revestido completamente con papel aluminio mediante una cinta doble faz, y por último se realizó el último horno parabólico utilizando el mylar como material reflectante que fue adherido a la estructura del paraguas con cinta doble faz.

4.3. DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LOS MATERIALES REFLECTANTES Y LA INCIDENCIA DE LOS TIPOS DE HORNOS EN LAS HORAS DEL DÍA DE MAYOR RADIACIÓN SOLAR.

4.3.3. Estimar la temperatura que alcanzan los hornos solares en horarios establecidos.

Inicialmente, se solicitó mediante oficio dirigido a la máxima autoridad de la ESPAM MFL el permiso respectivo para la implementación temporal (un mes) de los hornos solares en el área del parqueadero de la Carrera de Ingeniería Ambiental (Ver Anexo 2). Una vez obtenido el permiso se realizó la implementación temporal de los hornos dando inicio al proceso de recolección de datos con la toma de las temperaturas en los horarios establecidos (Ver cuadro 3.2.), tomando en cuenta factores adicionales como el clima y la temperatura inicial del agua.

Para determinar la temperatura se utilizó un recipiente de aluminio (olla), lleno con medio litro de agua, teniendo en cuenta que los datos fueron tomados cada media hora durante los 20 días laborables del mes de septiembre, realizando la respectiva orientación de los reflectores solares manualmente con el fin de obtener una mayor eficiencia en los resultados que se tomaron mediante un termómetro digital TP 101.

En este proceso se llegó a obtener un total de 839 registros de temperaturas durante los 20 días que duró la toma de datos, mismos que fueron ingresados a la base StaticsGraphic para su procesamiento.

4.3.2. Análisis de resultados

Se ingresó los datos a la base, obteniendo los siguientes resultados:

ANOVA Multifactorial – TEMPERATURA

Factores:

Factor 1 Tipos de hornos

Factor 2 Tipos de materiales reflectantes

Cuadro 4. 3. Análisis de varianza para temperatura.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR 1 TIPO HORNOS	67252,1	1	67252,1	298,16	0,0000
B:FACTOR 2 TIPO MATERIA	1795,75	2	897,874	3,98	0,0190
C:HORARIO	10169,6	6	1694,93	7,51	0,0000
D:DÍAS	41142,2	19	2165,38	9,60	0,0000
RESIDUOS	182927,	811	225,557		
TOTAL (CORREGIDO)	303287,	839			

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de temperatura en contribuciones debidas a varios factores. La contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 4 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre temperatura con un 95,0% de nivel de confianza.

PRUEBA DE TUKEY

Pruebas de múltiple rangos para temperatura por factor 1 tipo de hornos.

Cuadro 4. 4. Método: 95,0% Tukey HSD

FACTOR 1 TIPO HORNOS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
B2	420	52,6552	0,732831	X
B1	420	34,7598	0,732831	X

Elaborado por: Los autores

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
B1 - B2	*	17,8955	2,03127

El cuadro aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. El asterisco indica diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. El cual muestra que el mejor nivel fue el B2(Horno caja).

Pruebas de múltiple rangos para temperatura por factor 2 tipos de materiales.

Cuadro 4. 5. Método: 95,0% Tukey HSD

FACTOR 2 TIPOS DE MATERIALES	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A2	280	41,9875	0,897531	X
A3	280	43,5736	0,897531	XX
A1	280	45,5614	0,897531	X

Elaborado por: Los autores

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2		1,58607	2,98021
A2 - A3		-1,98786	2,98021
A1 - A3	*	-3,57393	2,98021

El siguiente cuadro el asterisco indica que estos dos niveles muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. Se han identificado dos grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X, determinando que el mejor nivel fue el A1(Vidrio).

Pruebas de múltiple rangos para temperatura por horarios.

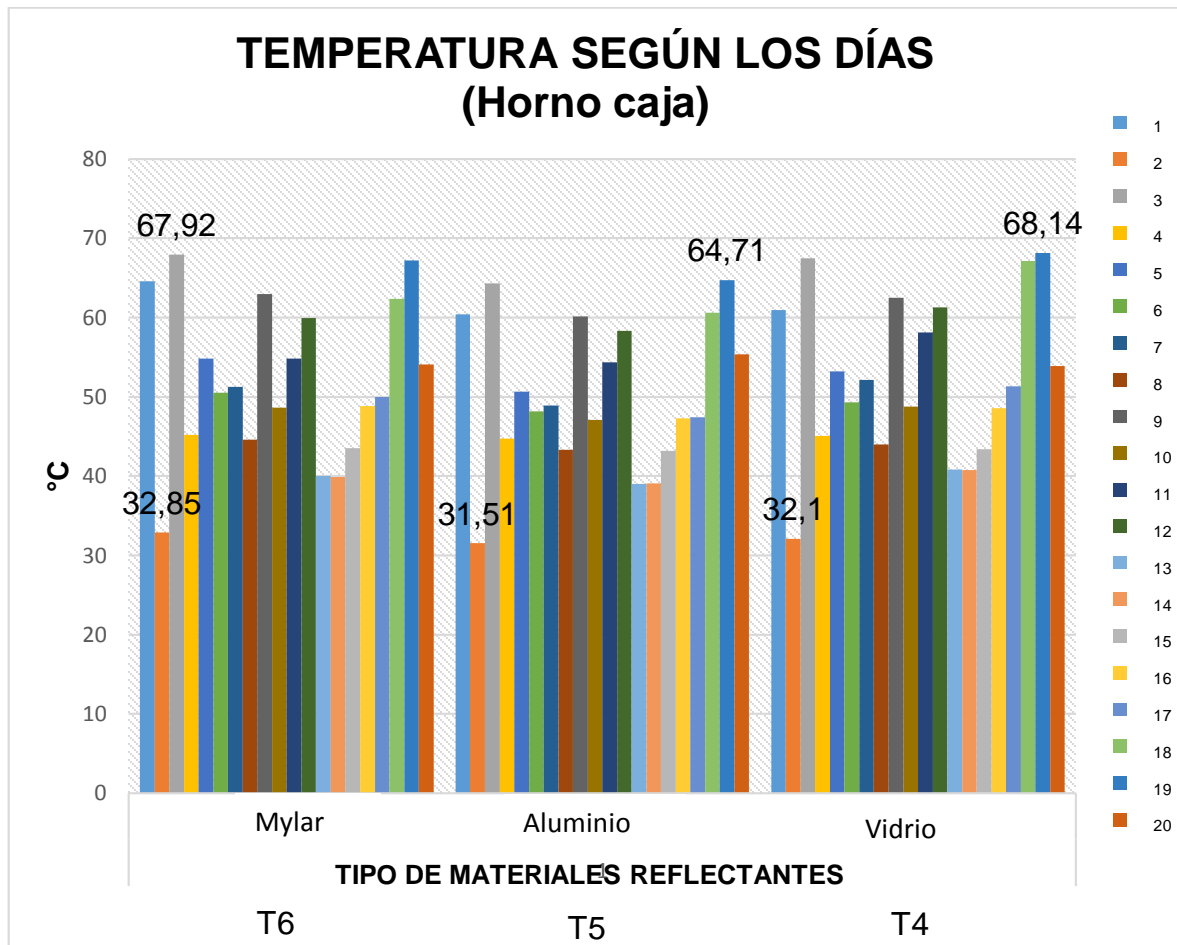
Cuadro 4. 6. Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

HORARIOS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	120	36,7083	1,371	X
1	120	40,34	1,371	XX
3	120	44,3758	1,371	XX
6	120	45,76	1,371	XX
4	120	45,9725	1,371	XX
5	120	46,1225	1,371	X
2	120	46,6733	1,371	X

Elaborado por: Los autores

El asterisco que se encuentra al lado de los siete pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. Se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. Detallando que los horarios con mayor captación térmica fue el 2(12:30), mientras que los otros horarios presentaron una relación semejante.

Gráfico 4. 1. Relación de temperatura por el tipo del horno caja

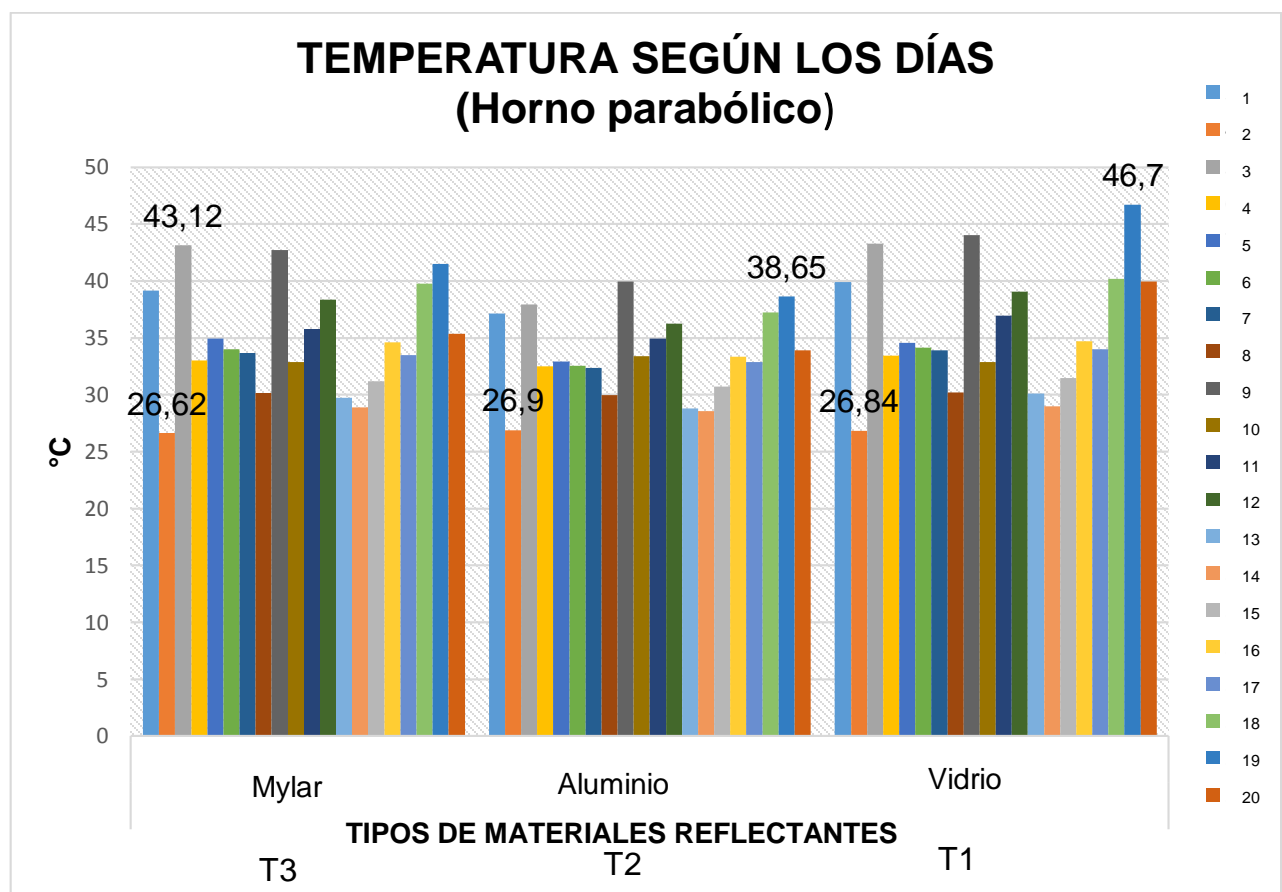


En referencia a la siguiente gráfica se observa que en el horno tipo caja el material de mayor eficiencia fue el de vidrio seguido del mylar, y el material que presentó menor captación de temperatura fue el aluminio. Con respecto al material de vidrio el día que reflejó mejor promedio de temperaturas fue el día 19(68,14°C) seguido del día 3(67,45°C) y 18(67,1°C), mientras que el día que reflejó menor índice de temperatura fue el día 2(32,1°C). El material de mylar presentó excelentes condiciones en la recolección de temperaturas destacando que es un material novedoso; los días de mejor captación de temperatura fueron el 3(67,92°C), 1(64,57°C) y 19(67,17°C) mientras que el día de menor captación fue el día

2(32,85°C). El aluminio en cambio obtuvo niveles de captación menor, los días de mejor captación de temperaturas para este material fueron el día 19(64,71°C) y 3(64,31°C) mientras que el día de menor captación fue el día 2(31,51°C). Las temperaturas según el tipo de horno ya antes mencionado oscilaron entre 30 y 40°C de promedio.

Se puede determinar que el mejor tratamiento fue el T4(caja – vidrio), ya que muestra una significancia relativa a los demás tratamientos.

Gráfico 4. 2. Relación de temperatura por el tipo del horno parabólico

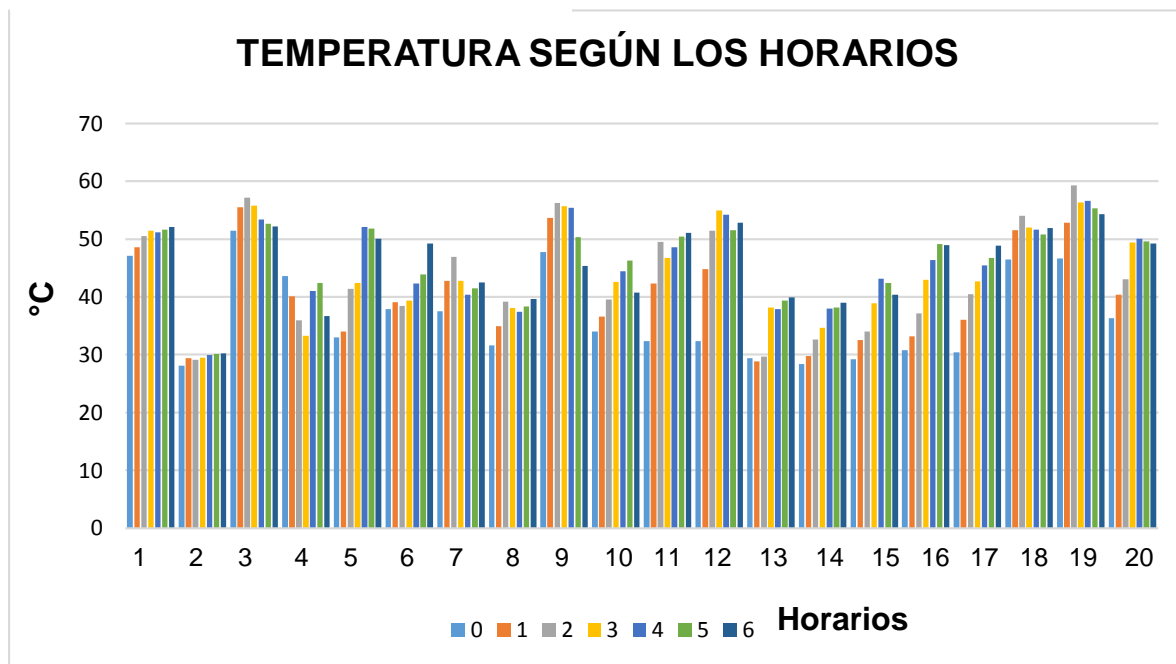


Con el diseño de horno parabólico el material de vidrio también presentó mayor captación de temperaturas, los días de mayor captación fueron el 19(46,7°C), 9(44,04°C) y 5(43,28°C), mientras que el día 2(26,84°C) presentó una menor captación de temperaturas. El material reflectante de mylar presentó una captación similar a la de vidrio, los días de mayor captación fueron el día

3(43,12°C), 9(42,72°C) y 19(41,48°C), mientras que el día 2(26,62°C) presentó menor captación de temperatura. En referencia al material de aluminio los días de mayor captación fueron 9(39,97°C) y 19(38,65°C), mientras que el día 2(26,9°C) presentó un menor registro de captación. Las temperaturas en el horno parabólico oscilaron entre 25 a 30°C de promedio.

En el horno parabólico el tratamiento con mejores resultados fue el T1(parabólico – vidrio), mostrando una eficiencia significativa por encima de los demás tratamientos.

Gráfico 4. 3. Temperatura según los horarios.



Mediante gráfico 4.2 los datos recolectados presentan la temperatura según los horarios 11:30 (0), 12:00 (1), 12:30 (2), 13:00 (3), 13:30 (4), 14:00 (5), 14:30 (6); en donde se evidenció que el horario con mayor temperatura fue el horario de 12:30 (2), mientras que el horario de menor temperatura fue 11:30 (0).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los materiales reflectantes utilizados fueron aluminio, mylar y vidrio, por lo que se comprobó que la capacidad térmica del aluminio fue de $0,04 \text{ W(m/k)}$, el mylar de $0,24 \text{ W(m/k)}$ y el vidrio $0,6 - 1,1 \text{ W(m/k)}$.
- Se diseñaron dos tipos de hornos solares uno de caja (caja interior y exterior) y un parabólico utilizando los tres tipos de materiales reflectantes.
- El tratamiento que presentó mayor captación de radiación solar fue el T4 compuesto por el horno de caja y el material reflectante de vidrio.
- Se acepta la hipótesis planteada en referencia que el material reflectante de vidrio presentó mayor eficiencia en la captura de temperatura.
- En los predios de la ESPAM MFL se comprobó que los horarios de mayor incidencia de temperatura fueron los comprendidos de 12h00 a 13h00, por ende, se establece que son horarios de mayor captación de temperatura.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí promover e impulsar a los estudiantes en temas y proyectos relacionados a las diferentes tecnologías para el aprovechamiento de la radiación solar.
- Para la construcción de los hornos solares se recomienda el uso de materiales reflectantes de buena conductividad térmica, que sean de bajo costo y fácil adquisición de modo que su investigación sea factible y económica.
- Se recomienda para futuras investigaciones en temas relacionados a hornos solares el uso del tratamiento T4 (caja-vidrio) por su alta captación de radiación solar, pudiendo adicionar nuevos materiales reflectantes que contrasten esta información.

BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda, S. (2013). Vida mas verde. Recuperado el 09 de Enero de 2018, de <http://vidamasverde.com/2013/cocinas-solares-ventajas-y-desventajas/>
- Blanco, X. (2009). El sol nuestra estrella. Revista digital universitaria, Vol 10, pag 2-3.
- Bonaveri, L. y Sánchez, M. (2010). Comparación térmica de cocinas solares tipo caja-alternativas constructivas utilizando materiales de bajo costo. Grupo de transferencia en Energías Alternativas GTEA-COLCIENCIAS, 1-7.
- Bohorquez, A. (2013). La Energia Solar Térmica. Obtenido de Centro de Innovación Energética: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/4252/Solar_Thermal_Energy_SPA_final.pdf?sequence=2
- Carretero, M. (2010). El Sol, la cocina y la solidaridad: una receta muy sabrosa. Revista EUREKA, 7(2), 544 - 557. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/920/92013012006.pdf>
- Carrillo, O. (2013). La cocina solar, su conceptualización, diseño y construcción a bajo costo para la zona rural Valle Toluca. Tesis maestría - Universidad Autónoma del estado de México, pag 117 - 170. Valle de Toluca, México.
- Castro, J. (2014). Diseño, construcción y puebas de una cocina solar parabólica de uso doméstico. Tesis pregrado - Universidad de El Salvador, pag 6-18-19. San Salvador, El Salvador.
- Cedeño, G. (2017). Estudio del potencial solar como estrategia de mejoramiento de la calidad del servicio eléctrico en las zonas rurales de la parroquia Colón. Tesis de pregrado - Universidad UTM. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- Centro Nacional de Investigación Científica. (2012). El clima de la tierra. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de <http://www.cnrs.fr>
- Chiluiza, M. y Tacle, C. (2013). Diseño y construcción de un equipo para el lavado de ácido o básico de los gránulos de plástico reciclado pet. Riobamba, Riobamba, Ecuador.
- Cortés, A. (2013). Efectos de la combustión a leña en la calidad del aire intradomiciliario. La ciudad de Temuco como caso de estudio. México.

Recuperado el 25 de Octubre de 2017, de <http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/812/1102>

Costas, C. (2013). Autoconstrucción de cocinas solares. Recuperado el 28 de Octubre de 2017, de <http://www.ecohabitar.org>

Cuevas, C. (2006). El desgaste de los recursos naturales. Recuperado el 24 de Octubre de 2017, de http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_libro=22&id_articulo=3258<http://aguaymascosas.blogspot.com/>

El Comercio. (2014). La leña. pág. 18. Tercera edición . Obtenido de: www.elcomercio.com.

Escudero, F. (2009). Diseño y construcción de una cocina solar. Recuperado el 28 de Octubre de 2017, de <http://www.eis.uva.es>

Fernández, A. (2014). Horno solar, cocinar con la energía del sol. Obtenido de Consumer: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2014/08/27/220467.php#rc-cabecera-container

González, M. y Servín, H. (2015). Modelo térmico para estimar la potencia de cocción estándar de cocinas solares. Vol 7. México.

INER. (2014). Línea de investigación solar. Recuperado el 24 de Octubre de 2017, de <http://www.iner.gob.ec>

López, F. (2013). Química del vidrio. Recuperado el 27 de Enero de 2018, de <https://triplenlace.com>

Machado, M. (2010). Caracterización de una cocina solar parabólica. Tesis pregrado - Universidad Carlos III Madrid, pag 39-39-77. Madrid, España.

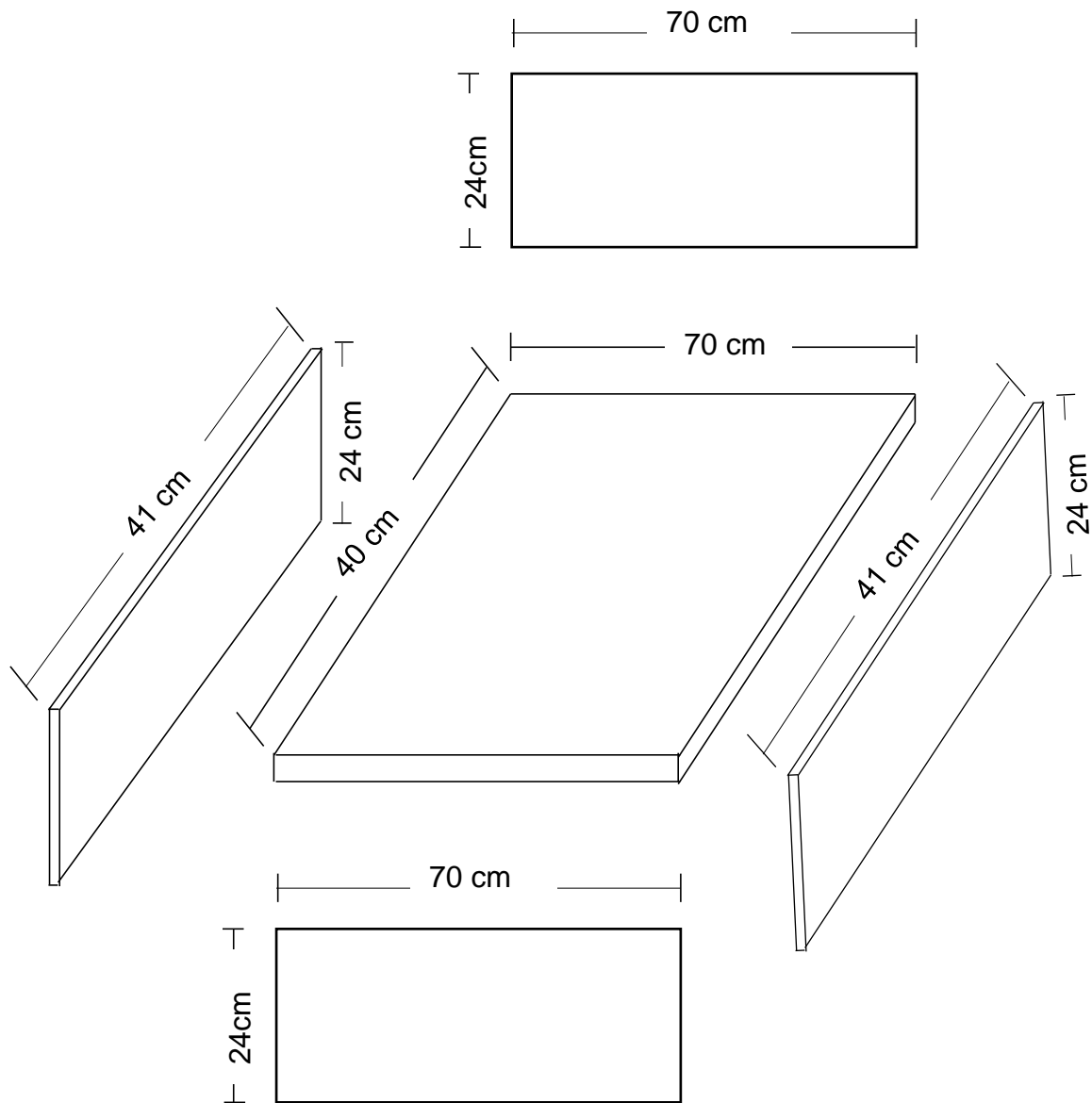
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013). Electrificación rural con energías renovables. Ecuador. Recuperado el 26 de Octubre de 2017, de <http://www.energia.gob.ec>

Nandwani, S. (2013). Estudio experimental y teórico de un horno solar práctico en el clima de Costa Rica (II). UNICIENCIA, 3(1), 58. Obtenido de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/5365/5195>

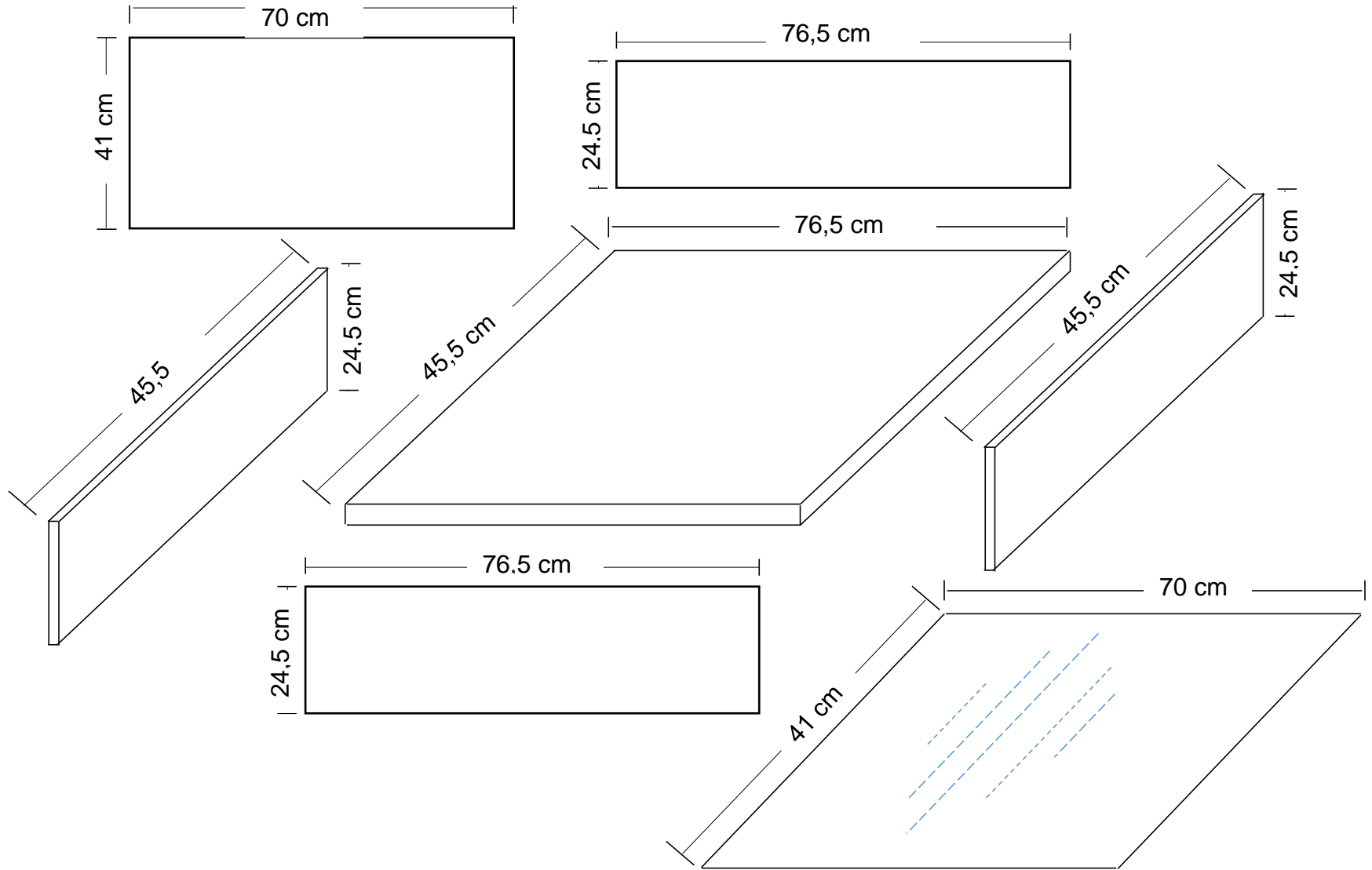
NETZSCH. (2013). Netzsch Proven Excellence. Obtenido de <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/landing-pages/definicion-de-conductividad-termica/>

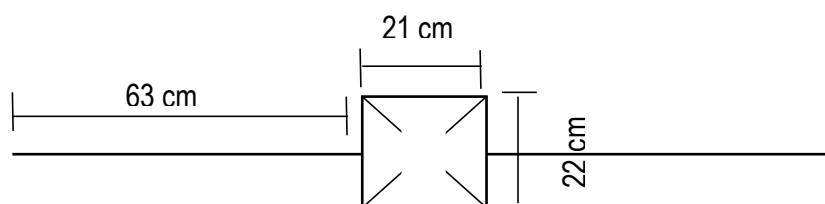
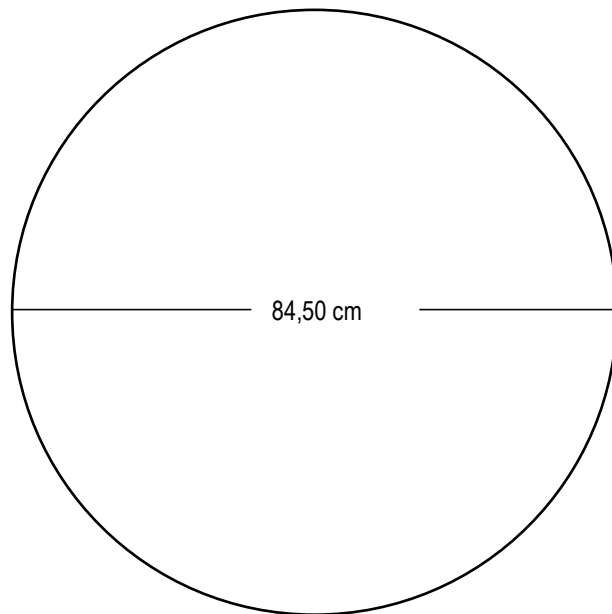
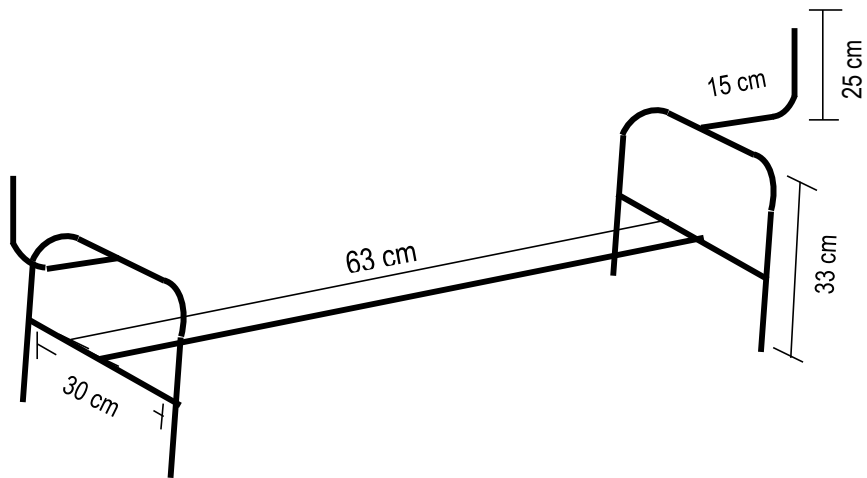
- Palomo, M. (13 de Junio de 2017). Aislantes Térmicos. Criterios de selección por requisitos energéticos. Madrid, España.
- Paz, M. (2008). Guía de uso de cocinas y hornos solares. Recuperado el 26 de Octubre de 2017, de <http://ecotec.unam.mx>
- Portilla, J., Tapia, S. y Jaramillo, O. (2010). Cocedores solares. 11. México. Recuperado el 07 de Enero de 2018, de <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art93/#up>
- Ramírez, M. (11 de Mayo de 2017). La energía del gas natural también produce contaminación. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de <https://www.renovablesverdes.com>
- Salvador, R. y Vázquez, V. (2014). Introducción, historia del vidrio. México. Recuperado el 27 de Enero de 2018, de <http://depa.fquim.unam.mx>
- Sánchez, F. (2016). Diseño y análisis de un pequeño horno solar con tonatiuh. Tesis pregrado - Universidad ETSI, pag 1. Sevilla, España.
- Torres, H., Polo, C., López, O. y Milla, B. (2017). Construcción y evaluación de una cocina/horno solar tipo aa. Revista Ciencia y Desarrollo, vol 7, pag 72.
- VaxaSoftware. (2009). Obtenido de http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/condutermica.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Diseño de los hornos**Anexo 1.1. Diseño del Horno de Caja interior**

Anexo 1.2. Diseño del Horno de Caja exterior



Anexo 1.3. Diseño del horno Parabólico

Anexo 2. Oficio del Permiso para la implementación temporal de los Hornos

REPUBLICA DEL ECUADOR




ESPAM MFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABI MANUEL FÉLIX LÓPEZ



DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN

Ley 99-25 R.O. 181 -30-04-1999

Memorando n°: ESPAM MFL- DP-2018-119-M
Calceta, 30 de agosto de 2018

PARA: Q.F. Ana Maria Aveiga Ortiz
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

ASUNTO: Solicitud de Implementación temporal de Hornos Solares.

En atención al Memorando n°: ESPAM MFL- C.I.AM-2018-425-M, de fecha 17 de agosto de 2018, en el que me solicita el permiso correspondiente para implementar temporal de Hornos Solares, durante un mes, en el área del parqueo de carros de la carrera de Ingeniería Ambiental; como parte del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN HORNO SOLAR, EN LA ESPAM MFL", de los estudiantes Orejuela Suarez Rommel y Villavicencio Bravo Jerikson. Con estos antecedentes indico que es factible la puesta en marcha de dicho trabajo, por lo tanto procede.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,



Arq. Glen Orly Arteaga Campoverde
DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN



ESPAM MFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABI MANUEL FÉLIX LÓPEZ
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN



ESPAM MFL Carrera de INGENIERÍA AMBIENTAL
30 AGO 2018 - 1456
NOTA
Recibido por: Valeria F.

Anexo:
- Memorando n°: ESPAM MFL- C.I.AM-2018-425-M
- Total de fojas entregadas (3)

GAC/na

Anexo 3. Registro Fotográfico



Anexo 3.1. Adquisición de las tiras de madera en el aserradero “Chocolate” – Junin.



Anexo 3.2. Corte de las tiras de madera a las medidas requeridas.



Anexo 3.3. Armado de la estructura interior y exterior del horno solar tipo caja.



Anexo 3.4. Corte de la plancha del plywood a las medidas requeridas.



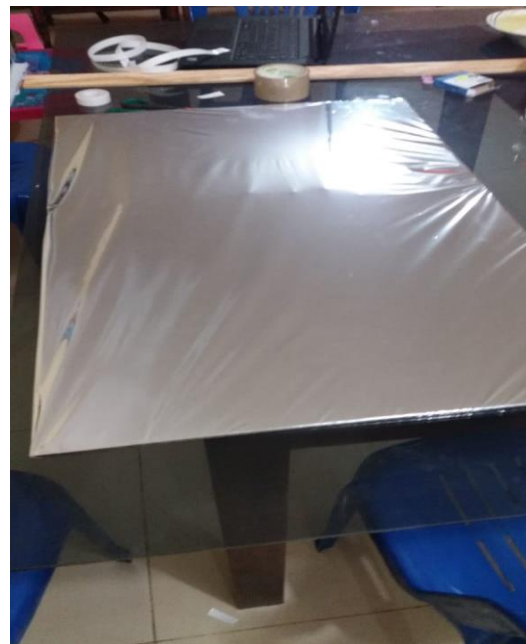
Anexo 3.5. Curado de la Madera con Preservante mata polilla KL 3



Anexo 3.6. Colocación de la lana de Vidrio



Anexo 3.7. Ubicación de los Vidrios en los Hornos



Anexo 3.8. Colocación de los materiales reflectantes: Mylar- Aluminio- Espejo



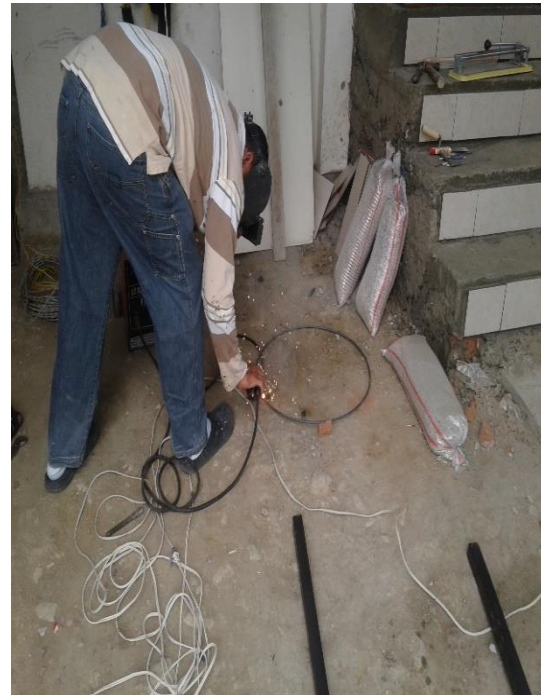
Anexo 3.9. Colocación del ángulo de aluminio para la orientación del sol



Anexo 3.10. Corte de la estructura del horno parabólico



Anexo 3.11. Soldada de la estructura



Anexo 3.12. Anillo del diseño del paragu



Anexo 3.13. Pintado final de la estructura



Anexo 3.14. Colocación del material reflectante vidrio



Anexo 3.15. Colocación del material reflectante mylar



Anexo 3.16. Implementación temporal de los hornos en la zona de estudio