

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE
AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“EFICIENCIA TÉRMICA DE UN CALENTADOR SOLAR
DOMÉSTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS
PLÁSTICAS, CHACHAPOYAS – AMAZONAS, 2014”.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Bach: Jackeline MENDOZA MESTANZA

Bach: Joherrs Miki RITUAY YOPLAC

ASESOR: Dr. Miguel Ángel BARRENA GURBILLÓN

CHACHAPOYAS – PERÚ

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE
AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“EFICIENCIA TÉRMICA DE UN CALENTADOR SOLAR
DOMÉSTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS
PLÁSTICAS, CHACHAPOYAS – AMAZONAS, 2014”.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Bach: Jackeline MENDOZA MESTANZA

Bach: Joherrs Miki RITUAY YOPLAC

ASESOR: Dr. Miguel Ángel BARRENA GURBILLÓN

CHACHAPOYAS – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos; cuyos sacrificios, fuerza de voluntad, sencillez y confianza depositadas en mi persona, han constituido un motor impulsor en mi formación profesional.

A todos y cada uno de mis demás familiares y amigos, quienes con su apoyo moral me motivaron a seguir adelante y así concluir mis estudios universitarios.

Jackeline

DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo incondicional durante mi carrera profesional, a Dios por guiar mi camino y hacer de mí una persona con principios.

A todos mis amigos que formaron parte de mi vida universitaria, por el apoyo moral, por los consejos brindados y por apoyarme durante toda mi carrera.

Joherrs Miki

AGRADECIMIENTOS

Expresamos el más sincero agradecimiento a nuestro asesor, Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, por su paciencia, orientación y por compartir con nosotros sus conocimientos durante el desarrollo de la presente investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por ser nuestra alma mater, siendo la impulsora y gestora de nuestra superación y cambio educativo.

Al INDES – CES, por facilitarnos los datos de temperatura ambiente, velocidad del viento y radiación solar de la estación meteorológica.

Al Ing. Víctor Manuel Olivares Muñoz, responsable del laboratorio de Ingeniería, por brindarnos las facilidades y espacio que puso a nuestro alcance para el desarrollo de esta tesis.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Rector (e) : Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana

Vicerrector Académico (e) : Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Vicerrector de Investigación (e) : Dr. María Nelly Lujan Espinoza

Decano de la facultad (e) : Lic. José Luís Quispe Osorio

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe la presente, hace constar que ha asesorado la ejecución y redacción de la presente Tesis titulada **“EFICIENCIA TÉRMICA DE UN CALENTADOR SOLAR DOMÉSTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS PLÁSTICAS, CHACHAPOYAS – AMAZONAS, 2014”**, desarrollada por los egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental:

- Bach. MENDOZA MESTANZA, Jackeline
- Bach. RITUAY YOPLAC, Joherrs Miki

Asimismo, deja constancia que asesorará a los tesisistas mencionados en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la presente tesis.

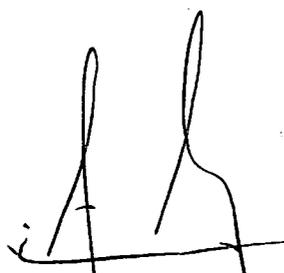
Chachapoyas, 01 de junio de 2015



Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón

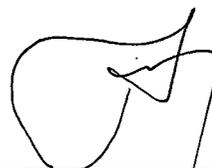
Profesor Principal FICA-UNTRM

JURADO DE TESIS



Dr. EVER SALOMÉ LÁZARO BAZÁN

Presidente



Ing. JORGE CHÁVEZ GUIVIN

Secretario



Ing. PERCY RAMOS TORRES

Vocal

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	vi
VISTO BUENO DEL ASESOR	vii
JURADO DE TESIS	viii
INDICE DE CONTENIDOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	4
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Energía calorífica	5
3.2. Energía solar	5
3.3. Calentador solar de agua	7
a. Colector solar	7
b. Tanque de almacenamiento	9

c. Sistema de tuberías	10
d. Orientación e inclinación del colector	10
e. Funcionamiento del calentador solar	11
f. Eficiencia de transformación energética	13
g. Eficiencia de un colector solar	13
h. Materiales cobertores	14
i. Materiales aislantes	16
j. Materiales conductores	16
k. Recubrimiento	16
IV. MATERIAL Y METODOS	17
4.1. Material para construir el colector	17
4.2. Material para el acondicionamiento del tanque de almacenamiento de agua	17
4.3. Material para sistema de tuberías	18
4.4. Otros materiales y herramientas	18
4.5. Construcción de los componentes de la terma solar	19
4.5.1. Cortado de las botellas de plástico y las cajas de tetra pak	19
4.5.2. Parrilla de tubos	20
4.5.3. Tanque de almacenamiento	20
4.5.4. Abastecimiento de agua	21

4.5.5. Llenado de la terma solar	22
4.5.6. Registro de datos	23
4.5.7. Eficiencia de la terma solar	24
V. RESULTADOS	25
VI. DISCUSIONES	33
VII. CONCLUSIONES	35
VIII. RECOMENDACIONES	36
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37
ANEXOS	39
ANEXO 1: datos experimentales	40
ANEXO 2: Fotografías de la construcción de la terma solar	44
ANEXO 3: planos de la terma solar	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: parámetros característicos de los distintos tipos de colectores solares	9
Tabla 2: Grados de inclinación del colector y su porcentaje de inclinación	11
Tabla 3. Propiedades del agua en función de su temperatura	13
Tabla 4. Eficiencia típica de dispositivos convencionales	14
Tabla 5. Datos experimentales promedio para días soleados	41
Tabla 6. Datos experimentales promedio para días combinados	42
Tabla 7. Datos experimentales promedio para días nublados	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura ambiente, temperatura del agua en el tanque, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura en el colector, temperatura de alimentación al colector y radiación solar vs tiempo de evaluación	26
Figura 2: Determinación del área bajo la curva para calcular la radiación solar kWh/m ²	27
Figura 3: Temperatura ambiente, temperatura del agua de alimentación al colector, temperatura en el interior del colector, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura del agua en el tanque de almacenamiento y radiación solar vs tiempo de evaluación, en día combinado	28
Figura 4: Radiación solar vs tiempo de evaluación	29
Figura 5: Temperatura ambiente, temperatura del agua en el tanque de almacenamiento, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura a la salida del colector, temperatura del agua de alimentación al colector y radiación solar vs tiempo de evaluación, en día nublado	30
Figura 6: radiación solar vs tiempo de evaluación	31

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Cortado de las botellas y cajas de tetra pack	19
Fotografía 2: pintado parrilla de tubos	20
Fotografía 3: tanque de almacenamiento de agua caliente	21
Fotografía 4: abastecimiento de agua al tanque de almacenamiento	22
Fotografía 5: Llenado de la terma solar	22
Fotografía 6: Registro de datos	23
Fotografía 7: Construcción del colector solar	45
Fotografía 8: Acondicionamiento para el tanque de almacenamiento	46
Fotografía 9: Aislamiento del tanque de aislamiento	46
Fotografía 10: Controlador de nivel de agua en el calentador solar	47
Fotografía 11: Sistema de tuberías	47
Fotografía 12: Medición de la temperatura en la entrada al colector, en el colector salida del colector y tanque de almacenamiento	48
Fotografía 13: Colector solar terminado	49

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó la eficiencia térmica de un calentador solar doméstico hecho con botellas plásticas, lo cual se determinó en función a la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento, la temperatura ambiente y la radiación solar. Para realizar esta evaluación se construyó un calentador solar hecho con materiales no convencionales como: botellas de tereftalato de polietileno (PET) de 1,750 litros, cajas de tetra pak de 1 litro, tubos de CPVC y PVC, y un tanque de almacenamiento de 80 litros. La evaluación se realizó en tres grupos de días: soleados, combinados y nublados. Los datos se tomaron para cada día desde las 8:00 hasta las 16:00 horas con escala de 30 minutos, en el cual se registró las temperaturas de: entrada del agua al colector solar, colector solar, salida del agua del colector solar y tanque de almacenamiento; al mismo tiempo los datos de radiación solar, temperatura ambiente y velocidad del viento fueron brindadas de la estación meteorológica ubicada a 300 metros aproximadamente. Se determinó la eficiencia por medio de la energía térmica ganada y energía solar recibida, el cual fue calculada como el área bajo la curva de la radiación solar vs tiempo, mediante el método del área de los rectángulos bajo esa curva, obteniendo la radiación solar por hora y m^2 para cada grupo de días: soleados $5,15 \text{ kWh/m}^2$, combinado $3,79 \text{ kWh/m}^2$ y nublado $2,33 \text{ kWh/m}^2$, con esta incidencia de la radiación solar, la temperatura en el tanque de almacenamiento alcanzo para días: soleados 40°C , combinado 33°C y nublado 27°C . Obteniendo al final la eficiencia para los diferentes grupos de días: soleados 41%, combinados 39 % y nublados 37 %.

Palabras claves: colector solar, energía térmica ganada, energía solar recibida

ABSTRACT

In this research the thermal efficiency of a household solar heater made from plastic bottles was evaluated and determined according to the water temperature in the storage tank, ambient temperature and solar radiation. To evaluate the thermal efficiency, a solar heater was designed and built with unconventional materials as: Polyethylene Terephthalate (PET) bottles (1.750 liters), boxes of tetra pak (1 liter), Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC) pipe and Polyvinyl Chloride (PVC) pipes, and a storage tank (80 liters). The evaluation was carried out in three groups of day: sunny, cloudy and combined. Data were collected for each day from 8:00 am to 4:00 pm with 30 minutes of scale, where temperatures were took at: water inlet to the solar collector, solar collector, water outlet to the solar collector and storage tank; at the same time solar radiation, ambient temperature and wind speed data were collected from the local weather station, located approximately 300 meters away. The thermal efficiency was determined through the thermal energy gained and the solar energy received, which was calculated as the area under the curve of the solar radiation versus time, by the method of rectangles area under the curve, getting the solar radiation per hour and m^2 for each group of days: sunny 5.15 kWh / m^2 , combined 3.79 kWh / m^2 and cloudy 2.33 kWh / m^2 ; with this incidence of the solar radiation, the temperature in the storage tank reached for: sunny days (40 °C), combined days (33 °C) and cloudy days (27°C). Finally, getting the efficiency to different group of days: sunny 41%, combined 39% and cloudy 37%.

Keywords: Solar collector, thermal energy gained, solar energy received.

I. INTRODUCCIÓN

El agua caliente constituye un consumo energético importante en un hogar teniendo diversos usos, como la higiene personal y la limpieza del hogar. A nivel internacional existen algunos estudios de medida de este consumo. En general, se considera que un consumo medio típico es del orden de los 40 litros por día y persona. En los países en desarrollo este consumo constituye entre el 30 y el 40% del consumo de energía de un hogar, este porcentaje es mayor que en los países desarrollados, donde el consumo de energía para producir agua caliente sanitaria (ACS) supone el 26% del consumo total de la vivienda. Pero en general, a nivel mundial, se ha convertido en el segundo uso energético doméstico en importancia después de la calefacción y la refrigeración. Por esta razón, el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de ser una alternativa ecológica, se ha convertido en una tecnología económicamente atractiva y competitiva en muchos países. En los últimos años se está produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica en el mundo; los avances tecnológicos permitieron la fabricación de sistemas de mejor calidad y a menor costo y la sociedad está entendiendo la necesidad de sustituir los combustibles fósiles. (Agencia Internacional de Energía, 2006).

Un calentador solar se usa con el fin de aprovechar la energía solar, la cual es gratis y no es aprovechada adecuadamente. Además esta energía es limpia, es decir, no produce contaminantes ni daña el ambiente como lo hacen los hidrocarburos (petróleo, GLP, gas natural, etc.), siendo una opción atractiva para sustituir los calentadores tradicionales teniendo en cuenta las bajas temperaturas requeridas (40°C a 60°C), además del ahorro energético, la fuente de calor es la radiación solar, que sustituye los combustibles fósiles o la electricidad (Burbano *et al.*, 2006).

Las fuentes de energía renovable son abundantes en la tierra y perdurarán por miles de años, la usemos o no; estas son: solar, eólica, geotérmica, biomasa, hidráulica y oceánica. Muchos países incluido el nuestro tienen un potencial enorme

para su aprovechamiento, lo que atenúa los impactos ambientales ocasionados por la producción, distribución y uso final de las energías convencionales (Vertiz, 1997).

El empleo de combustibles fósiles para calentar agua para el aseo personal, trae consigo desde, la extracción, la elaboración y el transporte de éstos, consecuencias directas sobre el medio ambiente. Casi un 80% de las emisiones de dióxido de carbono provienen del consumo y de la transformación de los combustibles fósiles en energía. El uso de combustibles fósiles es una de las mayores causas del calentamiento global, contaminan el aire y liberan dióxido de carbono, el cual queda atrapado en la atmósfera de la Tierra y actúa como una manta invisible que retiene el calor del sol en la superficie terrestre aumentando su temperatura. Otro problema es el creciente costo de los combustibles convencionales que utilizamos todos los días y sus problemas asociados, como la contaminación y sus consecuencias en la salud y calidad de vida de la población (Mejía, 2004).

En los últimos años se está produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica en el mundo; los avances tecnológicos permitieron la fabricación de sistemas de mejor calidad y a menor costo y la sociedad está entendiendo la necesidad de sustituir los combustibles fósiles por fuentes de energía renovable.

Los colectores solares son dispositivos que se utilizan para coleccionar, absorber y transferir energía solar a un fluido (agua o aire). La energía solar, puede ser utilizada para calentar agua, para sistemas de calefacción o para climatización de piscinas (Cárdenas *et al.*, 2006).

La creciente preocupación por lograr un aprovechamiento de las energías renovables, la necesidad de diversificar las fuentes aprovechables de energía y reducir las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero, precursor del cambio climático global, ha permitido introducir nuevas perspectivas en las investigaciones por impulsar el aprovechamiento de tecnologías relacionadas con la energía renovable (Follari, 2004).

La energía solar en el Perú es lo suficientemente alta y uniforme (comparada con otros países) para ser considerada como una fuente energética utilizable para fomentar el desarrollo de nuestras comunidades.

Según el atlas de energía solar, la radiación solar en el Perú es más alta en la zona de la Sierra (5-6 Kwh/m²/día) que en la selva y la costa (4-5 Kwh/m²/día) con una variación de más del 20% durante el año. Esta cifra aumenta de norte a sur. Por ejemplo, Lima tiene en promedio 5.13 Kwh/m²/día, mientras que Arequipa 6.08 Kwh/m² /día. La fabricación local de calentadores solares de agua es la tecnología más antigua y de mayor desarrollo y diseminación en el Perú. Se estima que hoy hay 25000 a 30000 termas solares, mayormente en Arequipa. Existen ahora alrededor de 20 fabricantes que recientemente se ha constituido en una “Asociación de Empresas Peruanas de Energía Solar”, AEPES y que producen mensualmente alrededor de 600 metros cuadrados de colectores solares para termas solares (Horn, 2006).

El brasileño José Alano inventó el primer panel solar para la producción de agua caliente hecho con botellas de plástico y cajas tetra pack. La iniciativa de Alano ha tenido un gran éxito en Brasil, sobre todo a partir de ser premiado en 2004, por la revista sobre proyectos renovables sin ánimo de lucro. En 2002 José Alano, mecánico retirado, transformó una pila de botellas PET y envases de tetra pack en un colector solar. Desde entonces miles de personas en Brasil se han beneficiado de su invento, ahorrando dinero y energía, y contribuyendo a reducir el volumen de desechos plásticos. La idea surgió a partir de la falta de infraestructura para el reciclaje en su ciudad de origen, Tubarão. Durante años se dedicó a almacenarlo, pero ante la cantidad ingente de material decidió buscarle un uso. Con sus conocimientos básicos en colectores solares construyó junto a su esposa una versión alternativa con 100 botellas de plástico y 100 envases de leche. El resultado fue muy positivo, un funcionamiento perfecto y a la vez una manera responsable de deshacerse de los residuos. El funcionamiento es similar al de los sistemas comerciales y puede calentar agua hasta 38°C en invierno y hasta más de 50°C en verano (Alano, 2004).

En la Región Amazonas no se ha realizado investigación con calentadores solares hechos con botellas de plástico; pero si han construido y evaluado calentadores o termas solares con materiales existentes en la zona y con colector de tubos de CPVC. Vigo y Trigo (2012), construyeron y evaluaron un calentador solar con un solo colector de nueve tubos y accesorios de CPVC de ½”, obteniendo los siguientes resultados: en los días soleados con presencia permanente del sol durante la evaluación, el colector alcanzó las temperaturas más altas del agua en el interior del tanque de 38 a 44°C,

siendo la eficiencia del colector de un 52%. Días combinados, considerando a los días donde se obtuvo temperaturas medias en el interior del tanque entre 30 y 37°C; logrando una eficiencia del 48%. Los días nublados, se consideraron a los días en los que el colector tuvo las más bajas temperaturas y calentó el agua solo hasta 25°C; obteniendo una eficiencia del 30%. Días sin cambiar el agua del colector, la temperatura ambiente tiene un incremento constante hasta un máximo de aproximadamente 23°C; su eficiencia térmica fue del 31%. Enfocando con un espejo la luz solar al colector, obtuvieron el 63% de eficiencia.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia térmica de un calentador solar doméstico de agua hecho con botellas plásticas, Chachapoyas – Amazonas, 2014.

2.2. Objetivos específicos

Diseñar y construir un calentador solar doméstico de agua con botellas plásticas.

Determinar la eficiencia térmica del calentador solar de agua en días soleados, nublados y combinados.

Determinar las potencialidades y limitaciones del calentador solar doméstico de agua hecho con botellas plásticas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Energía calorífica

El calor es una de las formas de energía más comunes y relativamente fáciles de generar. Así por ejemplo, prender fuego con una lupa en el papel oscuro, constituye un caso de transformación de radiación solar en calor, produciéndose la ignición del papel cuando la temperatura obtenida pasa los 300°C. La llama a su vez alcanza una temperatura superior (2000°C), generando luz y calor.

En general, todo cuerpo caliente emite luz y calor. Al calor se le denomina técnicamente radiación infrarroja y es invisible para la vista humana. Por ejemplo, el calor que emite una plancha caliente (150°C) no lo podemos ver, pero si sentir si acercamos la mano. Al calor podemos considerarlo un estado de los cuerpos, relacionado directamente con el grado de movilidad de los átomos (moléculas) constituyentes del mismo y cuya temperatura es una medida de esa energía (Valera, 2007).

3.2. Energía solar

La energía solar es el resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del sol. De toda la energía que se genera en este proceso, nuestro planeta recibe menos de una milmillonésima parte, la cual resulta, en proporción con el tamaño de la tierra, una cantidad enorme. La energía solar es esencialmente radiación electromagnética que emite el sol debido a su temperatura. Esta radiación está compuesta de tres tipos (Valera, 2007):

- Radiación infrarroja (IR): 42%
- Radiación visible (Vis): 46%
- Radiación ultravioleta (UV): 12%

La radiación infrarroja constituye esencialmente ondas de calor invisibles para el ser humano, pero sensibles al tacto. La radiación visible, constituye el único rango sensible para la vista humana y abarca longitudes de onda entre 0.7 y 0.4 μm . Finalmente el sol emite una pequeña fracción de radiación UV ($\gamma < 0.4\mu\text{m}$), que tampoco podemos visualizar y es por ejemplo, la que causa la insolación de la piel en la playa y dependiendo de su sensibilidad, puede causar cáncer de piel, por ser radiación de alta energía (Valera, 2007).

A la superficie de la tierra llegan mayormente la radiación visible y la infrarroja, que son importantes para las diversas aplicaciones (fototérmicas, fotovoltaicas, etc.). A su vez la radiación solar terrestre está compuesta esencialmente de dos componentes: la radiación solar directa R_D (índice directamente del sol) y la radiación solar difusa R_d , que procede de la bóveda celeste. Debido, de un lado a la variabilidad de la atmósfera y del otro lado al aparente movimiento del sol, tanto R_D , como R_d , van a variar durante el día asumiendo valores en el rango:

$$1000 \text{ W/m}^2 \geq R_D \geq 0 \quad \text{y} \quad 400 \text{ W/m}^2 \geq R_d \geq 100 \text{ Wm}^2$$

Siempre y cuando se trate de atmósferas limpias y a nivel del mar (Valera, 2007).

La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar en electricidad o calor. Puede ser utilizada directamente como calor o para producir vapor (solar térmica) y para generar electricidad (solar eléctrica). De esta forma, en un año, la tierra recibe del sol la energía que se podría producir con 60 millones de toneladas de petróleo. De acuerdo con la Asociación Nacional de Energía Solar AC, si se lograra convertir el 1% de esta energía en electricidad se podría producir el equivalente a la electricidad utilizada en México (Manrique, 1984).

Si se mide la radiación solar que recibe una superficie horizontal, durante todo un día soleado, el resultado permitirá realizar algunas estimaciones de la energía solar incidente en diferentes lugares de nuestro planeta.

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano. Se dispone, en promedio anual, de 4-5 kWh/m^2 día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m^2 día en la sierra, aumentando de norte a sr. Esto implica que la

energía solar incidente en pocos metros cuadrados es, en principio, suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de una familia.

Las localidades ideales para aplicaciones solares son aquellas que poseen dosis de radiación casi constante todo el año, lo cual corresponde muy bien para latitudes ecuatoriales siendo este el caso de Cuba el cual presenta un valor energético promedio de 5 y 7,5 kWh/m²; para el caso de nuestro país que tiene una cercanía a la línea ecuatorial, los datos oscilan en valores aproximadamente 4 y 6,5 kWh/m² (Estación Meteorológica UNI, Cajamarca).

Por otro lado, en la región Amazonas los datos oscilan entre 3,22 y 5,99 kWh/m² debido a que no presenta mucho tiempo de radiación efectiva por las condiciones climáticas, ya que los datos de radiación solar son los promedios mensuales de las dosis diarias de energía solar recibida (Estación Meteorológica INDES – CES Amazonas).

Desde el punto de vista de su valor energético, la región ultravioleta del espectro solar puede desperdiciarse en la superficie terrestre, ya que toda es filtrada por la capa de ozono de la atmósfera. Aproximadamente el 50% pertenece a la región visible y otro 50% a la infrarroja (Follari, 2004)

3.3. Calentador solar de agua

Son dispositivos que permiten calentar agua directamente con la radiación solar y más aún posibilitan su almacenamiento para ser usada en cualquier momento. La efectividad y vida media de un calentador solar depende esencialmente de los materiales empleados, el diseño aplicado y las condiciones del constructor (Valera, 2007).

Realiza la función de calentar sustancias utilizando una fuente de energía mucho más limpia y gratuita. Sabemos que las energías renovables son sin lugar a dudas las más económicas, como la de tipo solar, así como también la energía eólica y geotérmica que están en pleno ascenso (Gómez, 2009).

a. Colector solar

Es el elemento que contiene a la parrilla de tubos protegiéndolas a su vez las pérdidas de temperatura y las inclemencias del tiempo, está cubierta con una

superficie transparente que permite el paso de la radiación solar con una orientación en forma perpendicular a los rayos del sol, donde se captura la energía del sol y se transfiere al agua (Burbano *et al.* 2006).

- **Tipos de colectores solares para calentar agua**

• **Colectores de placa plana con cubierta**

Los colectores de placa plana son los más usados para calentar agua en los hogares y para los sistemas de calefacción. Un colector de placa plana se compone básicamente de una caja metálica con aislamiento, una cubierta de vidrio o de plástico (la ventana) y una placa absorbidora de color oscuro. La radiación solar es absorbida por la placa, que es de un material que transfiere rápidamente el calor a un fluido que circula a través de la parrilla de tubos colocada sobre esta placa del colector. Tienen la ventaja que pueden utilizar la radiación solar difusa (reflejada a través de las nubes), aparte de la radiación directa. Un colector plano puede dar temperaturas entre 65 – 90°C con una eficiencia promedio 40 – 60% (Placco *et al.* 2006).

• **Colectores concentradores parabólicos compuestos (CPC) estacionarios**

Su funcionamiento e instalación es exactamente la misma que los colectores de placa plana convencionales. Poseen un sistema de concentración de radiación solar tipo concentradores parabólicos compuestos, para obtener temperaturas más elevadas y un mayor rendimiento. Estas características se deben a que el área de pérdidas es menor al área de colección logrando minimizar las pérdidas de calor y alcanzar un rendimiento cercano al 50% (Placco *et al.* 2006).

• **Colectores de placa plana sin cubierta**

Este tipo de colectores, sencillos y baratos, consisten de un absorbedor pero carecen de la cubierta transparente. No incluyen ningún aislamiento adicional, de manera que la ganancia de temperatura queda limitada a unos 20°C sobre la del aire del ambiente, son los más adecuados para aplicaciones de baja temperatura. Los absorbedores de estos colectores son generalmente de plástico negro tratado para

resistir la luz ultravioleta, o están constituidos por tubos de metal o plástico recubiertos de pigmentos ennegrecidos por los que circula el agua (Cabirol, 1978).

- **Colectores de tubos de vacío**

Estos colectores se componen de un conjunto de tubos al vacío (o evacuados), cada uno de los cuales contienen un absorbedor (generalmente una plancha de metal con tratamiento selectivo o negro), el cual recoge la energía solar y la transfiere a un fluido portador (calor - portador). Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son reducidas y pueden alcanzarse temperaturas en el rango de 77°C a 177°C. De esta manera, este tipo de colectores resultan particularmente apropiadas para aplicaciones de alta temperatura.

En la Tabla 1 se muestran valores típicos de los parámetros característicos eficiencia óptica (η_0), coeficiente global de pérdidas (UL) y rango normal de temperaturas de trabajo para distintos tipos de colectores.

Tabla 1: parámetros característicos de los distintos tipos de colectores solares.

Tipo de colector	Factor de conversión (η_0)	Factor de pérdidas térmicas: UL ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)	Rango de temperatura ($^\circ C$)
Sin cubierta	0,9	15 – 25	10 – 40
Cubierta simple	0,8	7	10 – 60
Cubierta doble	0,65	5	10 – 80
Superficie selectiva	0,8	5	10 – 80
Tubos de vacío	0,7	2	10 - 130

Fuente: CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar)

b. Tanque de almacenamiento

Es el otro componente básico del calentador solar y de cuya configuración depende que el agua calentada en el colector, se mantenga disponible el mayor tiempo posible

al estar debidamente aislado para evitar que el agua se enfríe durante la noche. El proceso de calentamiento del agua en el colector solar tiene lugar usualmente entre las 9 y las 15 horas, luego de lo cual la temperatura del agua en el colector es menor que en la parte superior del tanque de almacenamiento interrumpiéndose el proceso de termosifón natural, permaneciendo el agua caliente en el tanque de almacenamiento, cuya temperatura depende explícitamente del aislamiento dispuesto a su alrededor (Valera, 2007).

c. Sistema de tuberías

Poseen la función de transportar el agua fría y el agua caliente a través de los elementos que forman el calentador solar. Se puede utilizar tuberías de cobre, fierro galvanizado o plástico especial para agua caliente.

d. Orientación e inclinación del colector

Se debe tener en cuenta dos factores a la hora de instalar los componentes del panel solar o terma solar: orientación con respecto al sol y la distancia mínima que debe haber entre el colector y el tanque para que el agua fluya por efecto termosifón. Para la obtención de una buena circulación natural del agua en el sistema de colector y tanque térmico, el tanque debe estar más arriba del colector, cuanto mayor sea el desnivel y atendiendo la diferencia de alturas caracterizado por el punto de retorno, mayor será la velocidad de circulación, mejorando la eficiencia térmica del sistema. Respecto a su orientación, el colector capta un máximo de energía cuando se halla perpendicular a los rayos solares, siendo el norte nuestra orientación óptima. Es conveniente ajustar la inclinación del colector, se recomienda tener un margen de $+15^\circ$ y -15° con respecto al ángulo de los rayos del sol; otro de los métodos para lograr el funcionamiento todo el año es considerar que la inclinación será igual a la suma del ángulo de latitud del lugar $+10$, mejorando la eficiencia del equipamiento en el periodo de invierno (Gutiérrez, 2004).

No siempre al momento de construir un colector solar se tiene a la mano un transportador para regular/medir su inclinación, por ello debe tenerse en cuenta los datos de la Tabla 2, que permiten definir los grados deseados con facilidad.

Tabla 2: Grados de inclinación del colector y su porcentaje de inclinación

Grados	% de elevación	Grados	% de elevación	Grados	% de elevación
1	1,75	16	28,67	31	60,09
2	3,49	17	30,57	32	64,49
3	5,24	18	32,49	33	67,45
4	6,99	19	34,43	34	70,02
5	8,75	20	36,40	35	72,65
6	10,51	21	38,39	36	75,36
7	12,28	22	40,40	37	78,13
8	14,05	23	42,45	38	80,98
9	15,84	24	44,52	39	83,91
10	17,63	25	46,63	40	86,93
11	19,44	26	48,77	41	90,04
12	21,26	27	50,95	42	93,25
13	23,09	28	53,17	43	96,57
14	24,93	29	55,43	44	100,00
15	26,79	30	57,74	45	

Fuente: Gutiérrez, 2004

La utilización de la Tabla 2 es de la forma siguiente: para inclinar un colector en 25°, vemos en la Tabla que 25° equivalen a 46,63% de inclinación. Procedemos a trazar horizontalmente una línea de un metro de largo. Al final de esta línea, a 90 grados trazamos una línea vertical de 46,63 cm. Se une la punta superior a la vertical con el inicio de la línea de 100cm, de esta manera se tendrá la inclinación deseada de 25° (Gutiérrez, 2004).

e. Funcionamiento del calentador solar

El calentador solar basa su operación en los siguientes principios físicos:

- Propiedad de la pintura negra de absorber al máximo la radiación directa y también la difusa. La energía solar se puede transformar con facilidad en calor: de

hecho, cualquier cuerpo, preferentemente de color negro, absorbe la energía solar y la transforma en calor (Horn, 2006).

- El llamado efecto invernadero es generado por el vidrio que es un material con propiedades especiales. Siendo transparente a la radiación solar, tanto visible como infrarroja; sin embargo, es opaco a la radiación infrarroja lejana que emite el cuerpo calentado, o sea, actúa como una trampa de calor.

- El proceso de conducción del calor que se realiza mediante la transferencia de energía entre moléculas adyacentes, tiene lugar siempre que exista un gradiente de temperatura, se realiza tanto entre la lámina metálica absorbente con los tubos, así como también entre los tubos y el agua que circula por el interior de estos.

- El agua circula dentro del sistema, mediante el mecanismo de termosifón producido por la diferencia de temperatura en el agua, generada por el calentamiento del colector a causa del sol. Esto significa que el agua caliente es más ligera que la fría y, en consecuencia, tiende a subir permitiendo que el agua caliente se almacene en el interior del tanque, con lo cual se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo (ver tabla 3). El ciclo anterior se repite un número ilimitado de veces, siempre y cuando exista diferencia de temperatura en el sistema. El suministro de energía obtenido por este tipo de aparato está garantizado en las condiciones más adversas del año (Burbano *et al.* 2006)

- La convección natural es un mecanismo de transferencia de calor que se caracteriza por estar acompañado de movimiento macroscópico de materia. Se establece, en general, entre un sólido y un fluido en contacto. El movimiento del fluido puede estar provocado por las variaciones de densidad del fluido debido a las diferencias de temperatura en su seno, lo que se conoce como convección natural. Si la pared está más caliente, el fluido en contacto con ella también eleva su temperatura por sobre el resto del fluido. Esto genera una diferencia de densidad que da lugar al movimiento del fluido. El fluido caliente se desplaza hacia arriba y es reemplazado por el más frío. Si la pared está más fría, ocurre el proceso inverso.

Tabla 3. Propiedades del agua en función de su temperatura.

Temperatura (°C)	Densidad: ρ (kg/m ³)	Calor específico: Cp (J/kg.K)
0	999,8	421,76
10	999,7	419,21
20	998,2	418,18
30	995,6	417,84
40	992,2	417,85
50	988,1	418,06
60	983,2	418,63
70	977,8	418,95
80	971,8	419,63
90	965,3	420,50
100	958,4	421,59

Fuente: Discoli *et al.*, 2007

f. Eficiencia de transformación energética

Prácticamente todas las formas de energía se transforman una en otra y viceversa, así por ejemplo un foco transforma la energía eléctrica en luz, pero también existe un dispositivo que transforma luz en energía eléctrica, siendo esta la celda solar. No obstante estas transformaciones son parciales, es decir, no es aún posible transformar una forma de energía completamente en otra, lo cual constituye para nosotros una eficiencia de transformación del 100%, y que se indicaría ($\eta=100\%$ o $\eta=1$). En general la eficiencia de transformación η de un equipo la definimos como la relación existente entre la cantidad de energía transformada a la cantidad de energía consumida.

En la Tabla 4 se mencionan algunos dispositivos convencionales, su función de transformación energética y su eficiencia.

Tabla 4. Eficiencia típica de dispositivos convencionales.

Dispositivo	Eficiencia (%)	Transformación energética
Horno de combustión	50 – 90	Energía de enlace químico → calor
Motor de combustión	20 – 50	Calor → energía cinética
Generador eléctrico	90	Energía cinética → energía eléctrica
Motor eléctrico	60 – 90	Energía eléctrica → energía cinética
Reactor nuclear	30 – 90	Energía nuclear → calor
Celdas solares	10	Energía radiante → energía eléctrica
Termas solares	60	Energía radiante → calor (temperatura media ~ 60 °C)
Concentradores solares	50 – 90	Energía radiante → calor (alta temperatura/300°C a 4000°C)
Generadores termoelectrónicos	10	Calor → energía eléctrica
Lámparas	3 – 30	Energía eléctrica → luz

Fuente: Valera, 2007

g. Eficiencia de un colector solar

El parámetro más significativo de un dispositivo solar es el valor de su eficiencia (η). En particular en el caso de un colector solar, se puede definir la eficiencia puntual (η_p), como la relación existente entre la potencia térmica útil proporcionada por el equipo en relación a la potencia solar incidente.

$$\eta_p = \text{potencia térmica útil} / \text{potencia solar recibida}$$

Es claro que η_p es un valor instantáneo que en general, se aplica de manera global, al caracterizar el rendimiento de una terma solar. No obstante, también puede ser aplicado de manera individual para evaluar el rendimiento del colector solar η_{pc} .

Una forma de expresar esta eficiencia puntual es en función de la temperatura (T), resumiéndose en la expresión:

$$\eta_{pc} = \alpha\tau [1 - (T - T_{amb}) / (T_{max} - T_{amb})]$$

El concepto de eficiencia más apropiado para caracterizar una terma solar es el referente a la evaluación de su rendimiento energético global: la eficiencia energética (η_E), que se define como la relación entre la energía térmica útil ganada por la terma y la energía solar disponible ese día.

$$\eta_E = \text{energía térmica útil} / \text{energía solar recibida}$$

Para el desarrollo de la fórmula anterior se debe tener en cuenta la evolución de la temperatura promedio en el tanque de agua y la radiación solar correspondiente (Valera, 2007).

La eficiencia del calentador solar es el porcentaje de la energía solar que realmente se aprovecha para calentar el agua. Esto dependerá de los siguientes factores:

- La calidad del colector. Depende del diseño termomecánico y la calidad de los materiales empleados en su construcción (en general, cuanto más eficiente se requiere que sea un calentador solar, mayor deberá ser su calidad).
- La instalación y operación adecuada. Si el calentador solar es instalado de forma inadecuada o es mal operado no tendrá la eficiencia esperada. Por lo que es muy importante que la instalación se haga siguiendo las especificaciones del proveedor, o de preferencia por un técnico solar calificado.
- La calidad de radiación solar. La eficiencia del colector solar aumenta cuando la radiación solar es más intensa. Es por ello que un mismo calentador solar será más eficiente en México que en Europa o África del Sur, en donde los índices de irradiación son menores. De igual manera, la energía solar es mejor aprovechada, y las pérdidas de calor del calentador son menores mientras mayor sea la temperatura ambiente (Pilatosky *et al.*, 2007).

h. Materiales cobertores

Son aquellos materiales que además de ser transparentes a la luz, son a la vez opacos al calor, tal como el vidrio, botellas PET. Esta propiedad del vidrio y botellas PET denomina efecto invernadero y su función es vital para el funcionamiento de un panel solar.

Los plásticos especiales (plásticos para invernaderos y plásticos térmicos), que se diferencian de los plásticos comunes (PVC, polietileno, etc.) el hecho de ser opacos al calor, además de ser transparentes a la luz y más aun no se degradan fácilmente por la acción del sol, por tener incluidos ciertos aditamentos protectores.

i. Materiales aislantes

Son aquellos que poseen un coeficiente de conductividad térmica muy bajo, tal que los objetos protegidos por estos materiales guardan muy bien tanto el frío como el calor. Dependiendo de la aplicación, los aislantes más usados son: fibra de vidrio, espuma plástica, poliuretano, tecnoport, etc.

j. Materiales conductores

Son esencialmente placas metálicas, cuya función es transmitir rápidamente el calor colectado de una zona a otra. Las placas metálicas más usadas para fines solares son: de cobre, aluminio o fierro galvanizado.

k. Recubrimiento

Se emplea una pintura negro mate por ser la que absorbe más la radiación solar, transmitiendo el calor generado a la placa soporte. Evidentemente es el coeficiente de adsorción α del material, el parámetro que define, el porcentaje de radiación que adsorbe y el consiguiente aumento de temperatura; en el caso de la pintura blanca $\alpha = 0,25$ y para la pintura negra $\alpha = 0,80$ (pintura negra esmalte), $\alpha = 0,90$ (pintura negra mate).

En general, las capas de pintura constituyen las formas más simples de recubrimiento posible, existiendo otras alternativas más elaboradas tales como los recubrimientos electrolíticos.

IV. MATERIAL Y METODOS

4.1. Material para construir el colector

- Tubo de CPVC para agua caliente de 1/2" : 02
- Te de PVC para agua caliente 1/2" : 18
- Codo de PVC para agua caliente 1/2" x 90° : 02
- Unión universal de PVC para agua caliente 1/2": 05
- Pegamento Oatey de 1/8 gl para tubería de PVC de agua caliente: 01
- Pintura esmalte negro mate: 1/8 gl
- Botellas de plástico : 50 unidades
- Silicona: 01 cartucho
- Cajas de tetra pack de 1L: 50 unidades
- Termómetro de 0 a 150°C: 01
- Listones de madera de 2" x 1" x 3 m: 03
- Clavo para madera de 2": ½ kg

4.2. Material para acondicionamiento del tanque de almacenamiento de agua

- Plancha de triplay 1,2 m x 2,4 m x 4 mm: 01
- Clavo para madera de 2": ½ kg
- Clavo para madera de 1": ½ kg
- Plancha de teknoport: 01
- Planchas de calamina de 0,22 mm: 02
- Listones de madera de 2" x 2" x 3 m: 05
- Tanque cilíndrico de polietileno de 80 L con tapa: 01
- Termómetro de 0 a 150°C: 01
- Niples de ½" x 15 cm con rosca : 02
- Unión de PVC de ½" con rosca: 02
- Arandelas de jebe microporoso de ½": 06

4.3. Material para sistema de tuberías

- Válvula de entrada de agua al tanque: 01
- Bidón transparente de 18 litros: 01
- Regadera de ducha de plástico: 01
- Llave de paso de plástico de ½": 02
- Cinta teflón: 08 rollos
- Niples de PVC de ½" x 15 cm con rosca: 01
- Arandelas de jebe microporoso de ½": 04
- Unión de PVC de ½" con rosca: 02
- Codo de PVC de ½" con rosca: 06
- Te de PVC de ½" con rosca: 04
- Termómetro de 0 a 150°C: 01
- Bloque de tecnoport de 15 cm x 120 cm x 30 cm: 02
- Cintillos de 25 cm: 01 paquete
- Tubo de PVC de ½" con rosca para agua: 01

4.4. Otros materiales y herramientas

- Termómetro de 0 a 150°C para temperatura ambiente: 01
- Brocha de 2": 02
- Thinner acrílico: 1 gl
- Alambre de amarre galvanizado: ¼ kg
- Arco con hoja de sierra para fierro: 01
- Serrucho para madera: 01
- Martillo: 01
- Pintura esmalte blanco: 01gl

4.5. Construcción de los componentes de la terma solar

4.5.1. Cortado de las botellas de plástico y las cajas de tetra pak

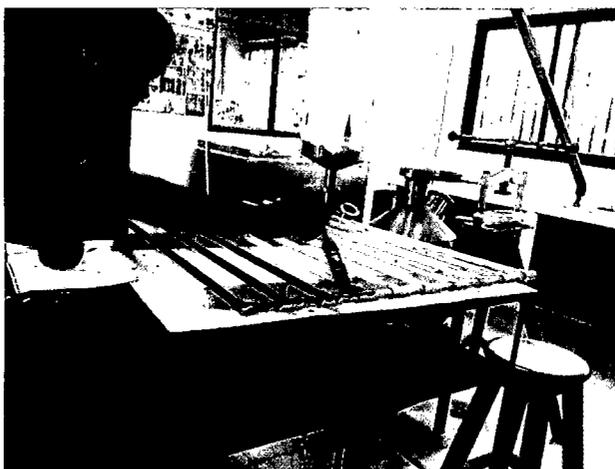
Se recolectó 50 botellas de PET de 1750 ml y 50 cajas de tetra pak de 1L. Se retiró las etiquetas y chapas de cada botella y se cortó su base. De las cajas de tetra pack se cortó la tapa y la base (3,5cm a cada lado), se cortó verticalmente y se les dio la forma de una botella (Fotografía 1), luego se lavó, secó y pintó con pintura negro mate.



Fotografía 1: cortado de botellas y cajas de tetra pak

4.5.2. Parrilla de tubos

Constituida por 10 tubos de PVC para agua caliente (CPVC) de ½” por 1 m de longitud. A cada tubo se conectó en la parte superior con T de PVC para agua caliente de ½” y niples de 6 cm del mismo material, pegados con pegamento para CPVC marca Oatey, obteniendo una separación entre tubos de 8 cm. Antes de pegar la T en la parte inferior de cada tubo de la parrilla, se les colocó 5 botellas de plástico PET y 5 cajas de tetra pack, preparadas como se muestra en la Fotografía 1, quedando los tubos en medio de las botellas y sobre las cajas de tetra pack; por el extremo inferior izquierdo de esta parrilla de tubos ingresó el agua fría, saliendo por el extremo superior derecho el agua calentada hacia el tanque de almacenamiento.

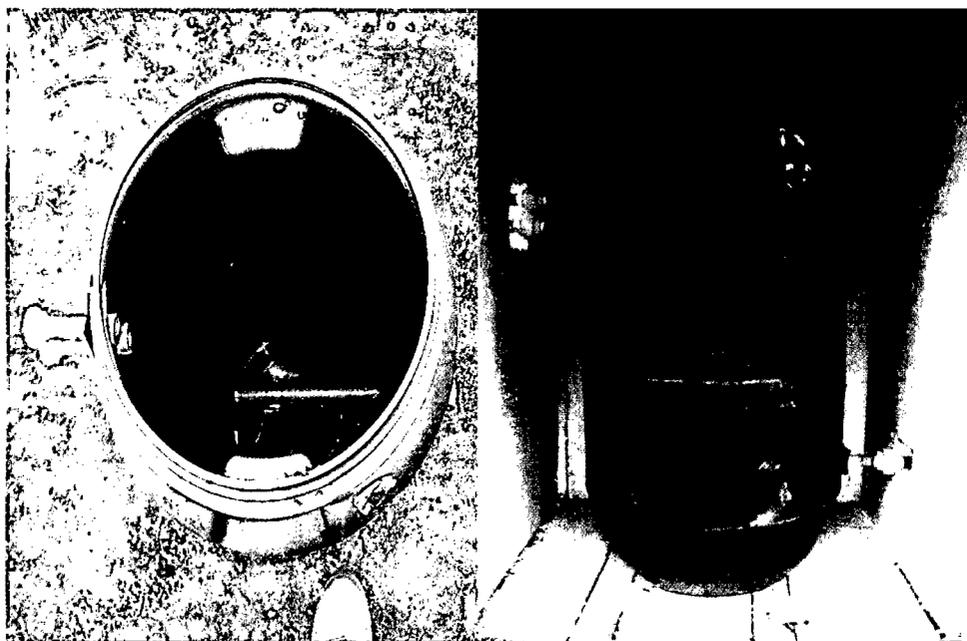


Fotografía 2: pintado parrilla de tubos

4.5.3. Tanque de almacenamiento

Para ello se usó un tanque cilíndrico de polietileno de 80 litros, con tapa, de un volumen de trabajo de 70 litros de agua. Se le hizo un orificio de ½” a 10 cm de su base que sirvió para la entrada al tanque y que sirve también para la salida del agua del tanque hacia el colector, para lo que se colocó un tubo de ½” x 30 cm, con el extremo que va dentro del tanque sellado y con agujeros en forma de una quena orientados hacia abajo, para que el agua fría baje hacia la parte inferior del tanque retardando su mezcla con el agua caliente en el tanque. A 20 cm del borde superior del tanque se hizo un orificio de 1/2” para la salida del agua caliente hacia la ducha y 3 cm más abajo de este

se hizo otro orificio similar para la entrada del agua caliente que viene del colector. Estas cuatro conexiones se hicieron con niples de ½", tuercas (mitad de unión de PVC de ½" con rosca), arandelas de jebes microporoso y contratuerzas (mitad de unión de PVC de ½" con rosca). Para el aislamiento térmico de este tanque se construyó una caja con listones de madera y plancha de triplay, cuyo interior fue aislado térmicamente con placas de tecnoport para ubicar en ella el tanque; esta caja tiene una puerta de triplay aislada con tecnoport para facilitar la medición de la temperatura del agua en el interior tanque. Esta caja está protegida de la lluvia con un techo de calamina.



Fotografía 3: tanque de almacenamiento de agua caliente

4.5.4. Abastecimiento de agua

Tuvo como función regular la entrada de agua del sistema de abastecimiento al tanque de almacenamiento, mediante una válvula de tanque de wáter; de manera que permanezca siempre lleno, reponiendo el agua que se consume. Esta válvula se colocó dentro de un bidón de aceite de 18 litros y en la base del bidón se conectó la salida de agua al tanque. Este sistema de abastecimiento se colocó sobre una repisa de fierro fijada en la parte izquierda de la caja del tanque a una altura que conserve el nivel de agua en el tanque.



Fotografía 4: abastecimiento de agua al tanque de almacenamiento.

4.5.5. Llenado de la terma solar

El colector se colocó con una inclinación de 30° , con dirección al norte de modo que durante todo el día reciba la radiación solar, para ello se identificó el recorrido del sol. El tanque para el almacenamiento del agua se ubicó a 35cm arriba del colector. De la red de abastecimiento ingresó el agua al bidón de 18 litros distribuyéndose desde ahí al tanque de almacenamiento, y de este circular por el colector solar, y finalmente llegar de nuevo al tanque de almacenamiento, para su posterior uso.



Fotografía 5: Llenado de la terma solar

4.5.6. Registro de datos

El registro de datos se realizó durante 30 días, desde las 8:00 horas hasta las 16:00 horas cada 30 minutos, tomando las temperaturas de: entrada del agua al colector, dentro del colector, salida del agua del colector, del agua en el tanque de almacenamiento y ambiente.

Durante los días de evaluación se obtuvo datos para los tipos de días: soleados, combinados y nublados, realizando el registro de datos de igual manera para todos los días de evaluación.



Fotografía 6: Registro de datos

4.5.7. Eficiencia de la terma solar

Para calcular la eficiencia térmica se utilizó la siguiente fórmula:

$\eta E =$ Energía térmica útil o ganada / energía solar recibida

Energía térmica ganada: $ET = m \cdot c \cdot \Delta T$

Donde:

m: masa de agua en la terma = 80L = 1×10^4 g

c: calor específico del agua = 4,18 J / g. °C

ΔT = temperatura máxima del agua (4:00 pm) – temperatura del agua en el tanque al inicio (8:00 am), °C.

Energía solar recibida: $ES = e_s \cdot A$

Donde:

e_s : energía solar recibida, se calcula por el área bajo la curva de radiación solar vs. Tiempo, calculado mediante el método del área de los rectángulos bajo esa curva.

A: área del colector solar, m².

V. RESULTADOS

El sol calentó al colector y este transfirió su calor al agua, al incrementarse la temperatura del agua contenida en los tubos del colector solar ocasionó que disminuya la densidad, generando un termosifón, que hizo que el agua caliente fluya hacia la parte superior de los tubos y desde allí al tanque de almacenamiento, las temperaturas más altas estarán en la parte superior del tanque desplazando al agua fría hacia la parte inferior, entrando ésta agua fría nuevamente al colector y repitiendo este ciclo continuamente hasta que la temperatura de salida del colector sea igual a la del tanque de almacenamiento. Para cada evaluación se cambió el agua de todo el sistema por completo. Los resultados se ha agrupado en función de tres grupos de días: soleados, combinados y nublados. Cada día desde las 8:00 hasta las 16:00 horas y cada 30 minutos, se registró las temperaturas de: entrada del agua al colector, en el colector, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura del agua en el tanque de almacenamiento, temperatura ambiente.

5.1. Días soleados

Se consideró a los días con permanente presencia de sol durante la evaluación, siendo en estos días en las que el calentador alcanzó las mayores temperaturas del agua en el interior del tanque de 37 a 40°C. Los resultados obtenidos en promedio de 8 días soleados se muestran en la figura 1 y la tabla de datos está en el anexo 1.

A las 8:00 horas la temperatura ambiente estuvo por debajo de los 15°C, en el transcurso de la mañana se incrementó hasta las 13:00 horas en que llegó a 20,8°C, a partir de esa hora empezó a disminuir llegando a las 16:00 (4:00 pm) a una temperatura de 20°C.

La radiación solar aumento desde 0,26 kW/m² a las 08:00 horas, hasta su pico más alto de 0,93 kW/m² a las 12:30 horas. Similar comportamiento tuvo la temperatura en el interior del colector, que se incrementó llegando a su punto más alto (50°C) a las 12:30 hora.

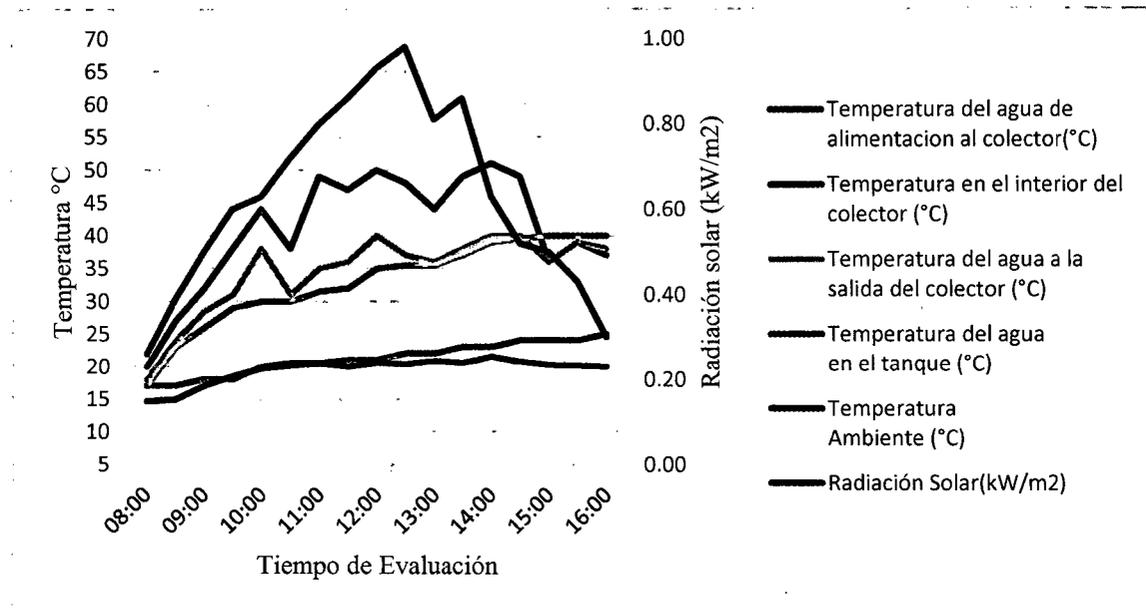


Figura 1: Temperatura ambiente, temperatura del agua en el tanque, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura en el colector, temperatura de alimentación al colector y radiación solar vs tiempo de evaluación. Fuente: elaboración propia.

La temperatura del agua en el tanque de almacenamiento tuvo un aumento constante durante todo el día y su pico más elevado se dio en horas de la tarde, a diferencia de la radiación solar que incrementó hasta las 12:30 horas y luego comenzó a descender.

Al inicio de cada evaluación, el agua se encontraba en promedio a 17°C, debido a que siempre se cambiaba el agua del sistema. Se observó un incremento constante de la temperatura del agua durante el día, tanto en el tanque de almacenamiento como en la entrada del colector, alcanzando una diferencia promedio entre ellas de 11,76°C.

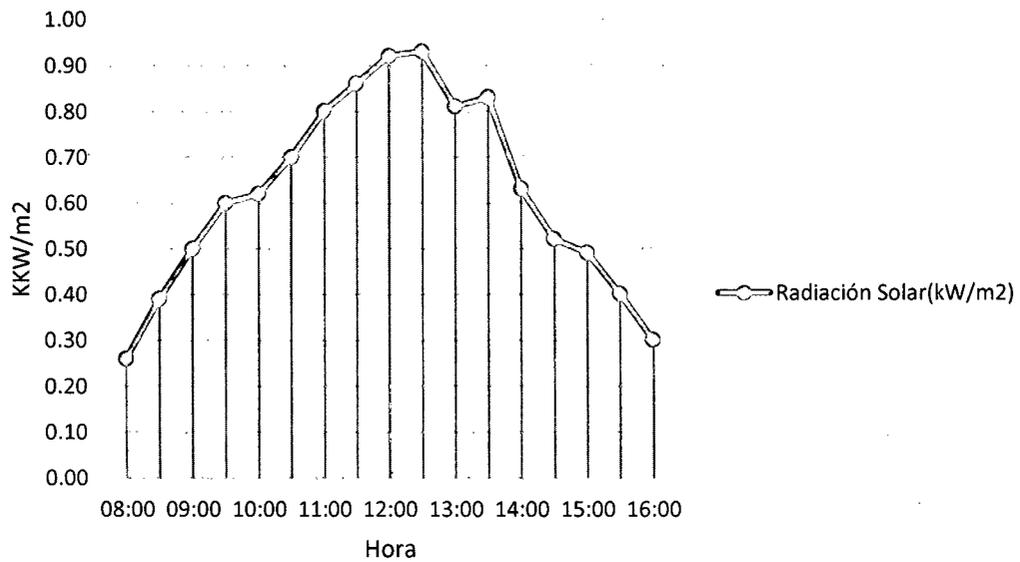


Figura 2: determinación del área bajo la curva para calcular la radiación solar kWh/m². Fuente: elaboración propia.

Aplicando la fórmula de la eficiencia:

$$\eta_E = \text{Energía térmica útil o ganada} / \text{energía solar recibida}$$

$$\text{Energía térmica ganada: } E_T = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$E_T = (8 \times 10^4 \text{ g}) \times (4,18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}) \times (40^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$$

$$E_T = 7,69 \times 10^6 \text{ J.}$$

$$\text{Energía solar recibida: } ES = es \cdot A$$

La radiación solar recibida (es) se calculó aplicando el método mostrado en la figura 02; obteniéndose 5,15 kWh/m²

$$es = (5,15 \text{ kWh/m}^2) \times \frac{10^3 \text{ J/s}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3,6 \times 10^3 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$es = 18,54 \times 10^6 \text{ J/m}^2$$

$$es = 18,54 \times 10^6 \text{ J/m}^2 \times 1 \text{ m}^2$$

$$es = 18,54 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\eta E = \frac{7,69 \times 10^6 J}{18,54 \times 10^6 J}$$

$$\eta E = 0,41$$

En porcentaje la eficiencia será de 41% para días soleados.

5.2. Días combinados

En este grupo se consideró a los días donde se obtuvo temperaturas medias del agua en el interior del tanque entre los 27 a 33°C. Hubo presencia parcial del sol, pero por la nubosidad no se lograba ver durante todo el día, la cual se presentó de manera alterna en el transcurso del día. Los resultados se muestran en promedio de 7 días combinados en la figura 3 y la tabla de datos está en el Anexo 1.

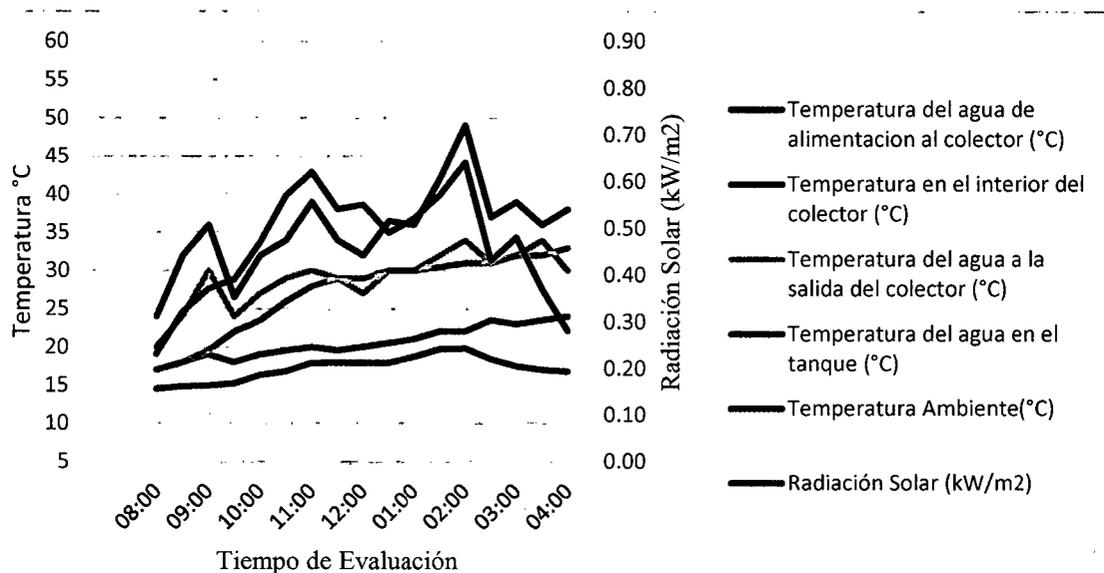


Figura 3: Temperatura ambiente, temperatura del agua de alimentación al colector, temperatura en el interior del colector, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura del agua en el tanque de almacenamiento y radiación solar vs tiempo de evaluación, en día combinado. Fuente elaboración propia.

La temperatura ambiente osciló entre los 14,5°C y los 19,8°C teniendo un aumento constante hasta las 13:30, desde ahí descendió hasta una temperatura de 16,8°C a las 16:00 horas.

La radiación solar tuvo un valor más alto de 0,64 kW/m², y su valor más bajo de 0,23 kWh/m² a las 8:00 horas.

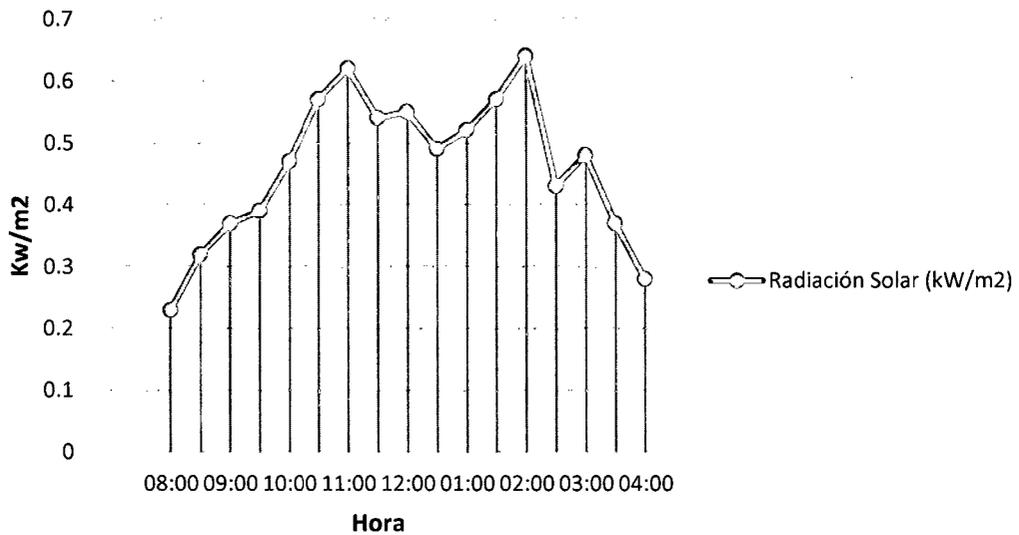


Figura 4: radiación solar vs tiempo de evaluación. Fuente: elaboración propia

Aplicando la fórmula de la eficiencia:

$$\eta_E = \text{Energía térmica útil o ganada} / \text{energía solar recibida}$$

$$\text{Energía térmica ganada: } E_T = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$E_T = (8 \times 10^4 \text{ g}) \times (4,18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}) \times (33^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C})$$

$$E_T = 5,35 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Energía solar recibida: } ES = es \cdot A$$

La radiación solar recibida (es) se calculó aplicando el método mostrado en la figura 02; obteniéndose $3,79 \text{ kWh/m}^2$

$$es = (3,79 \text{ kWh/m}^2) \times \frac{10^3 \text{ J/s}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3,6 \times 10^3 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$es = 13,64 \times 10^6 \text{ J/m}^2$$

$$es = 13,64 \times 10^6 \text{ J/m}^2 \times 1 \text{ m}^2$$

$$es = 13,64 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\eta_E = \frac{5,35 \times 10^6 \text{ J}}{13,64 \times 10^6 \text{ J}}$$

$$\eta E = 0,39$$

En porcentaje la eficiencia será de 39% para días combinados.

5.3. Días nublados

Se consideró a los días en las que el colector tuvo las más bajas temperaturas calentando al agua en el interior del tanque hasta los 27°C. En estos días no hubo presencia visible del sol, con nubosidad y lluvias durante todo el día. Los resultados se muestran en promedio de 7 días nublados en la figura 04 y la tabla de datos está en el anexo 1.

La temperatura ambiente fue de 14,1°C, llegando a su máximo valor de 16,3°C a medio día, descendiendo en horas de la tarde.

La radiación solar fue variable obteniendo su valor máximo de 0,33 kWh/m², siendo la variación notablemente baja en comparación con los días soleados. Esta variación se debió a la baja presencia o ausencia del sol, a diferencia de la temperatura en el interior del tanque de almacenamiento que tuvo un incremento constante en el transcurso del día.

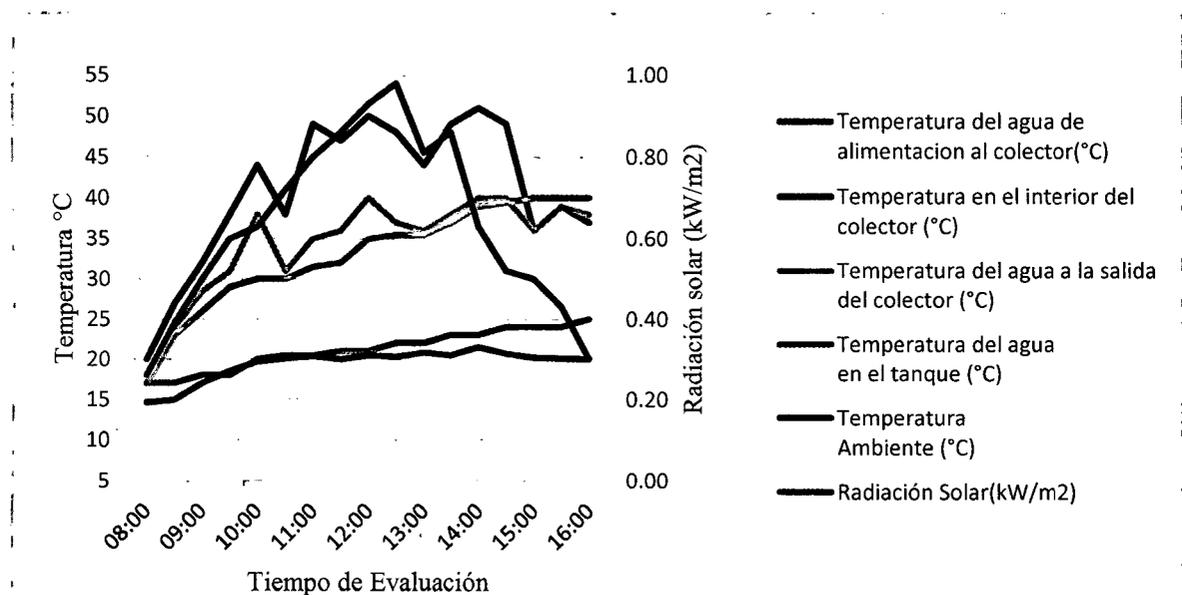


Figura 5: Temperatura ambiente, temperatura del agua en el tanque de almacenamiento, temperatura del agua a la salida del colector, temperatura a la salida del colector, temperatura del agua de alimentación al colector y radiación solar vs tiempo de evaluación, en día nublado. Fuente elaboración propia.

La velocidad del viento se mantuvo constante, registrándose su pico más alto de 4,5 m/s a las 12:00 y 13:00 horas.

Se observó que la temperatura en el interior del colector varió en comparación de la temperatura ambiente, en ambas se observó un incremento a partir de mediodía, descendiendo en horas de la tarde.

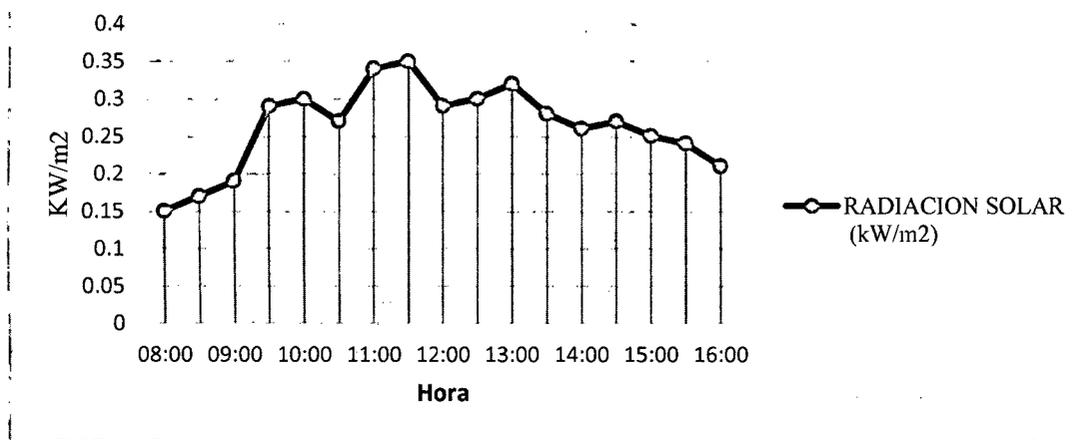


Figura 6: radiación solar vs tiempo de evaluación. Fuente: elaboración propia.

Aplicando la fórmula de la eficiencia:

$$\eta_E = \text{Energía térmica útil o ganada} / \text{energía solar recibida}$$

$$\text{Energía térmica ganada: } E_T = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$E_T = (8 \times 10^4 \text{ g}) \times (4,18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}) \times (25,5^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C})$$

$$E_T = 3,17 \times 10^6 \text{ J.}$$

$$\text{Energía solar recibida: } ES = es \cdot A$$

La radiación solar recibida (es) se calculó aplicando el método mostrado en la figura 02; obteniéndose $2,33 \text{ kWh/m}^2$

$$es = (2,33 \text{ kWh/m}^2) \times \frac{10^3 \text{ J/s}}{1 \text{ kW}} \times \frac{3,6 \times 10^3 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$es = 8,4 \times 10^6 \text{ J/m}^2$$

$$es = 8,4 \times 10^6 \text{ J/m}^2 \times 1 \text{ m}^2$$

$$es = 8,4 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\eta E = \frac{3,17 \times 10^6 J}{8,4 \times 10^6 J}$$

$$\eta E = 0,37$$

En porcentaje la eficiencia será de 37% para días combinados.

VI. DISCUSIONES

En la presente investigación se determinó la eficiencia térmica de un calentador solar de agua con colector de 1 m^2 hecho con 50 botellas plásticas y 50 cajas de tetra pack de 1 L, y tanque de almacenamiento de agua de 80 litros. Los datos experimentales se han tomado en tres grupos de días cuya eficiencia fue como se indica en porcentajes: soleados (41%), combinados (39%) y nublados (37%). La tendencia descendiente de la eficiencia se debe directamente a la disminución de la presencia visible del sol.

Las eficiencias obtenidas en la presente investigación, son menores en días soleados y combinados a las reportadas por Vigo y trigo (2012), con una terma solar de 100 L con un colector de 1 m^2 . Para el caso de colector hecho con botellas de plástico y cajas de tetra pak, la diferencia de eficiencias es de 11% en días soleados y de 9%; en días nublados se obtuvo mayor eficiencia con una diferencia de 7°C . La menor eficiencia en días soleados y combinados se debió a que la evaluación se realizó en abril, mes en el que se tuvo condiciones climáticas con presencia masiva de lluvias.

En el presente trabajo de investigación, para cada uno de los tres grupos de días, la diferencia de temperatura alcanzada en el tanque de almacenamiento y la radiación solar recibida fue como se indica a continuación: soleados ($22,5^\circ\text{C}$; $5,15 \text{ kWh/m}^2$), combinados (16°C ; $3,79 \text{ kWh/m}^2$) y nublados (11°C ; $2,33 \text{ kWh/m}^2$). Los datos de radiación solar presentados corresponden a la ciudad de Chachapoyas, ubicada a 2350 msnm, ciudad donde se realizó la investigación.

En el presente trabajo de investigación las temperaturas máximas del ambiente, del colector, del agua alimentada al sistema, del agua a la salida del colector y del agua en el tanque de almacenamiento fue como se indica a continuación: soleados: (20,8; 51; 25; 40; 40), combinados (18,4; 24; 34; 33°C) y nublados (16,3; 19; 33; 28; 27°C). El incremento de temperatura en el calentador solar está relacionado directamente con la presencia visible del sol.

La velocidad del viento fue mayor en días soleados (12,2 m/s) que en días nublados (4,5 m/s).

Para todos los grupos de días evaluados, se ha logrado incrementar la temperatura del agua como mínimo 9°C, lo que permitirá al usuario disponer del agua a una temperatura adecuada para su aseo personal u otras necesidades, proporcionándole una mejor calidad de vida.

El calentador solar de agua permite recuperar su costo de construcción en un máximo de dos años, debido a que no se gastará en energía eléctrica, además su costo de mantenimiento es muy bajo, solo requiere una limpieza periódica de todo el sistema para conservar su eficiencia. La energía solar es segura tanto en su garantía de suministro energético como escasos riesgos para la salud de quienes lo utilizan; no producen ruidos, escapes u olores, son ecológicos ya que sus impactos en el medio ambiente son positivos.

La energía solar térmica es la solución a la creciente preocupación de diversificar las fuentes aprovechables de energía y así reducir las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero que es el principal precursor del cambio climático global, teniendo en cuenta que el uso de combustibles fósiles no solamente contaminan el aire, sino también trae consigo problemas a la salud y calidad de vida de la población. Según la Agencia Internacional de Energía (2006), una vivienda unifamiliar (2 m² de colectores) puede evitar 1,5 toneladas de CO₂ al año; un hotel con capacidad para 400 personas (580 m² de colector) puede evitar 128 toneladas de CO₂ al año.

Según la agencia internacional de energía (2006), una vivienda unifamiliar (2m² de colectores) puede evitar 1.5 toneladas de CO₂ al año; un hotel con capacidad para 400 personas (580m² de colector) puede evitar 128 toneladas de CO₂ al año.

VII. CONCLUSIONES

1. Los datos experimentales se tomaron en tres grupos de días, cuya eficiencia fue como se indica en porcentaje: soleados (41%), combinados (39%) y nublados (37%).
2. De acuerdo a los resultados de la investigación, para cada uno de los tres grupos de días, la diferencia de temperatura alcanzada en el tanque de almacenamiento y la radiación solar recibida fue como se indica a continuación: soleados (22,5°C; 5,15 kWh/m²), combinados (16°C; 3,79 kWh/m²) y nublados (11°C; 2,33 kWh/m²).
3. Se ha podido constatar que las temperaturas máximas del ambiente, del colector, del agua alimentada al sistema, del agua a la salida del colector y del agua en el tanque de almacenamiento fue como se indica: soleados: (20,8; 51; 25; 40; 40), combinados (18,4; 24; 34; 33°C) y nublados (16,3; 19; 33; 28; 27°C).
4. Para todos los grupos de días evaluados, se ha logrado incrementar la temperatura del agua como mínimo 9°C, lo que permitirá al usuario disponer del agua a una temperatura adecuada para su aseo personal u otras necesidades, proporcionándole una mejor calidad de vida.
5. El costo de un calentador solar de agua se recupera en un máximo de tres años en base al ahorro de consumo energético para calentar el agua.

VIII. RECOMENACIONES

- La terna solar debe ser instalada teniendo en cuenta la dirección del sol, de manera que reciba la radiación solar durante todo el día.
- Las tuberías deben ser aisladas para evitar pérdida de temperatura en el agua.
- Usar el agua caliente de preferencia en horas de la tarde ya que en esas horas es cuando el agua almacenada en el tanque alcanza su máxima temperatura.
- Revisar y limpiar periódicamente toda instalación.
- Realizar una investigación similar a este trabajo de tesis , pero construirlo con 100 botellas de plástico de 1, 750 L y 100 cajas de tetra pak con tubería de 1 m, que contribuya al planteamiento de estándares que mejoren los resultados, con el propósito de tener una fuente alterna de energía, que se enfocará en la recuperación y reutilización de las botellas plásticas y las cajas de tetra pack.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Alano, J. A. (2004). *Manual sobre la construcción e instalación del calentador solar con botellas descartables*. Tubarao - Santa Catalina, pág. 1 - 48

Agencia Internacional de Energía. (2006). *El caso de la tecnología de la terma solar*. París.

Burbano, J. C. Á.H. Restrepo y O.J. Sabogal. (2006). *Diseño y construcción de un calentador solar de agua operado por termosifón*. Disponible en <http://micalentadorsolar.com.mx>. Acceso el 12/10/14.

Bustamante, H. (2002). *Uso de la energía solar en el Perú*. VII Simposio Peruano de Energía Solar, pág. 22-24.

Cabirol, T. (1978). *El colector plano de efecto de invernadero y el calentador solar de agua*. Editorial Continental. España.

Cárdenas, A. E., Quesada, G. y Pérez M. (2006). *Incrustaciones en instalaciones solares térmicas*. *Energía y tú*. Revista Científica Trimestral de CUBASOLAR. N°36. Pág. 18 - 24.

CENSOLAR de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. (2005). *Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía*. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Uruguay.

Discoli, C., G. Viegas, V. Barros, M. Halt, J.J. Arévalo. (2007). *Manual del usuario de tecnología sencilla*. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.

Follari, J. (2004). *Política energética: actualidad y futuro*. Publicado en el diario La República, Perú.

Gómez, C. (2009). *Principios elementales de física*. Disponible en <http://micalentadorsolar.com/menu/index/introducción>. Acceso el 12/10/14.

Grupo Grabado de Morelos S.A. (1997). *Sistema de calentamiento solar de agua, una guía para el consumidor*. México, pág. 45.

- Guía metodológica ambiental regional Amazonas. (2014).
- Gutiérrez I, V. (2004). *Manual de autoconstrucción del calentador solar de bajo coste*. Argentina.
- Horn, M. (2006). *El estado actual del uso de energía solar en el Perú*. Publicado en Perú económico, Vol XXIX, No.11, Lima.
- Manrique, J. A. (1984). *Energía solar*. Editorial Harla S.A. México.
- Montenegro Z, Nixon M. (2013). *Determinación de la eficiencia y capacidad de una terma solar con dos colectores en serie de 1m² cada uno*. Proyecto de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Pilatowsky, I. (2005). *Sistema de calentamiento solar de agua*. Editorial Grupo Grabado de Morelos S.A. México, pág. 45.
- Placco, C., L. Saravia, C. Cadena. (2006). *Colectores solares para agua caliente*. Editorial Salta S.A. Argentina.
- Rincón, E. (2004). *Las fuentes renovables de energía como base del desarrollo sostenible en México*. Editorial Berlin.
- Urkía, I. y S. Urkía. (2010). *Energía renovable práctica*. Editorial Pamiela S.A. Navarra. España.
- Valera, A. (2007). *Energía solar II*. Edición a cargo de la Asamblea Nacional de Recortes. Lima – Perú.
- Vigo, L.V. y Trigoso, R.R. (2012). *Eficiencia térmica de un calentador solar de agua de 80 litros con colector de 1m²*. Proyecto de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

ANEXOS

Anexo 1

Datos experimentales

Tabla 5. Datos experimentales promedio para días soleados

Tiempo(min)	Temperatura del agua de alimentación al colector(°C)	Temperatura en el interior del colector (°C)	Temperatura del agua a la salida del colector (°C)	Temperatura del agua en el tanque (°C)	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar(kW/m2)	Velocidad del viento (m/s)
8:00	17	20	18	17	14,6	0,26	3,5
8:30	17	27	24	23	14,9	0,39	4,7
9:00	18	32	28,5	26	17,1	0,5	5,1
9:30	18	38	31	29	18,5	0,6	4,5
10:00	20	44	38	30	19,7	0,63	6
10:30	20,5	38	31	30	20,1	0,72	10,9
11:00	20,5	49	35	31,5	20,4	0,8	9,3
11:30	21	47	36	32	20	0,86	11,9
12:00	21	50	40	35	20,5	0,93	10,3
12:30	22	48	37	35,5	20,3	0,98	10,7
13:00	22	44	36	35,5	20,8	0,81	9,9
13:30	23	49	38	37	20,5	0,86	11,7
14:00	23	51	40	39	21,5	0,63	12,2
14:30	24	49	40	39,5	20,7	0,52	8,7
15:00	24	36	36	40	20,2	0,5	10,7
15:30	24	39	39	40	20,1	0,43	8,4
16:00	25	37	38	40	20	0,3	8,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Datos experimentales promedio para días combinados.

Tiempo(min)	Temperatura del agua de alimentación al colector (°C)	Temperatura en el interior del colector (°C)	Temperatura del agua a la salida del colector (°C)	Temperatura del agua en el tanque (°C)	Temperatura Ambiente(°C)	Radiación Solar (kW/m2)	velocidad del viento (m/s)
8:00	17	24	20	17	14,50	0,21	3,5
8:30	18	32	24	18	14,80	0,3	4,5
9:00	19	36	30	19,5	14,90	0,36	3,7
9:30	18	26,5	24	22	15,2	0,4	2,7
10:00	19	32	27	23,5	16,3	0,47	2,1
10:30	19,5	34	29	26	16,8	0,55	2,5
11:00	20	39	30	28	17,9	0,6	2,7
11:30	19,5	34	29	29	17,9	0,52	3,5
12:00	20	32	27	29	17,9	0,53	3,7
12:30	20,5	36,5	30	30	17,9	0,41	5,6
1:00	21	36	30	30	18,7	0,5	2,7
1:30	22	42	32	30,5	19,7	0,57	2,7
2:00	22	49	34	31	19,8	0,42	5,6
2:30	23,5	37	31	31	18,4	0,34	7,4
3:00	23	39	32	32	17,5	0,43	7
3:30	23,5	36	34	32	17	0,31	7
4:00	24	38	30	33	16,8	0,2	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Datos experimentales promedio para días nublados.

Tiempo(min)	Temperatura del agua de alimentación al colector (°C)	Temperatura en el interior del colector (°C)	Temperatura del agua a la salida del colector(°C)	Temperatura del agua en el tanque (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Radiación solar (kW/m2)	Velocidad del viento (m/s)
8:00	15	19	17	15	14,1	0,11	2,5
8:30	15	20	17,5	16,5	14,3	0,13	2,1
9:00	16	19	17	17	14,7	0,17	2,1
9:30	16	19	17	17	15	0,27	2,1
10:00	18	26	24	24	15,2	0,23	2,7
10:30	18	21,5	21	21	16	0,25	2,5
11:00	18	28,5	26	23	16,3	0,32	2,7
11:30	18	27	24,5	23	15,6	0,33	4,1
12:00	18	25	24	24	15,1	0,27	4,5
12:30	18	24	23	24	14,7	0,28	3,7
13:00	18	24	23	24	14,3	0,3	4,5
13:30	18	33	28	26,5	14,2	0,29	2,7
14:00	19	29	27	27	14,4	0,24	3,5
14:30	19	29	27	27	14,8	0,25	2,1
15:00	19	28	25	27	15,1	0,23	2,1
15:30	19	26	24	26,5	15,3	0,23	3,1
16:00	18	26	24	26	14,6	0,16	4,1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

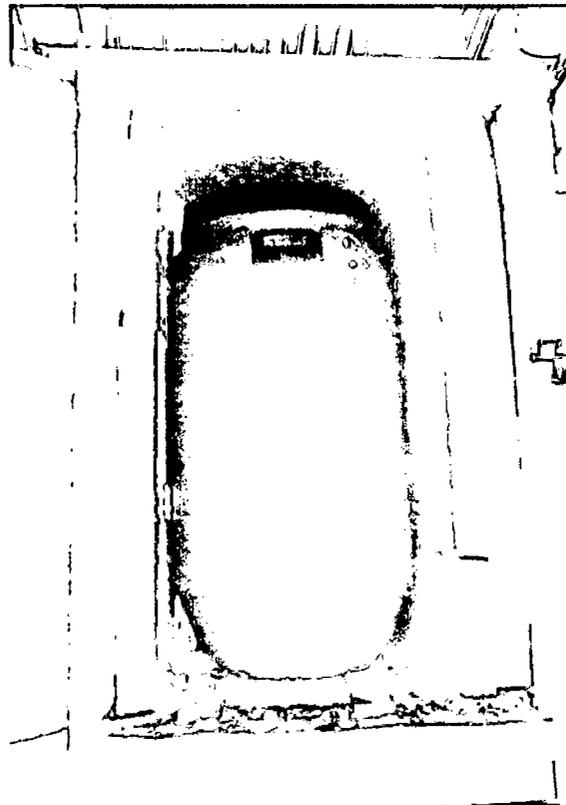
Fotografías de la construcción de la terma solar



Fotografía 7: Construcción del colector solar



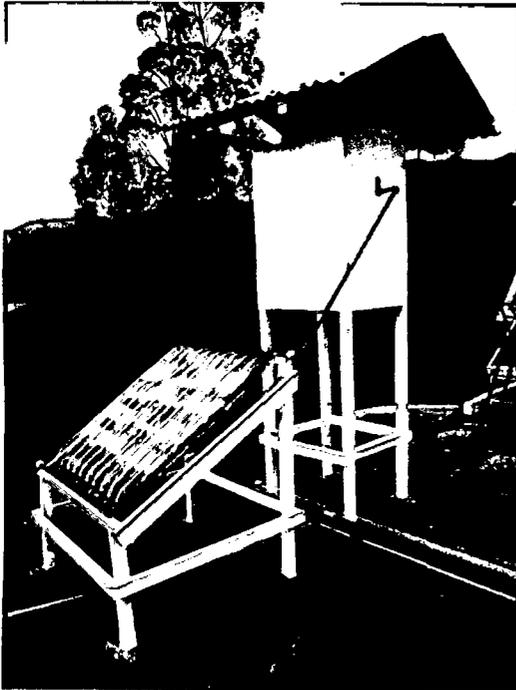
Fotografía 8: Acondicionamiento para el tanque de almacenamiento



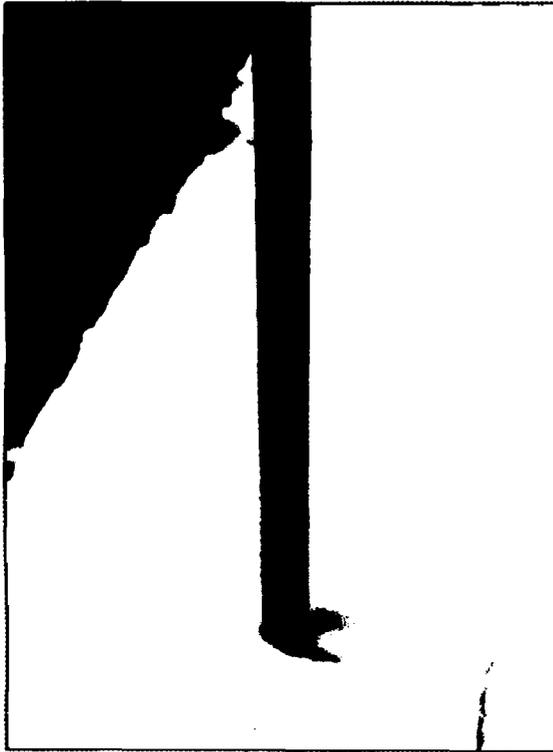
Fotografía 9: Aislamiento del tanque



Fotografía 10: Controlador de nivel de agua en el calentador solar



Fotografía 11: Sistema de tuberías



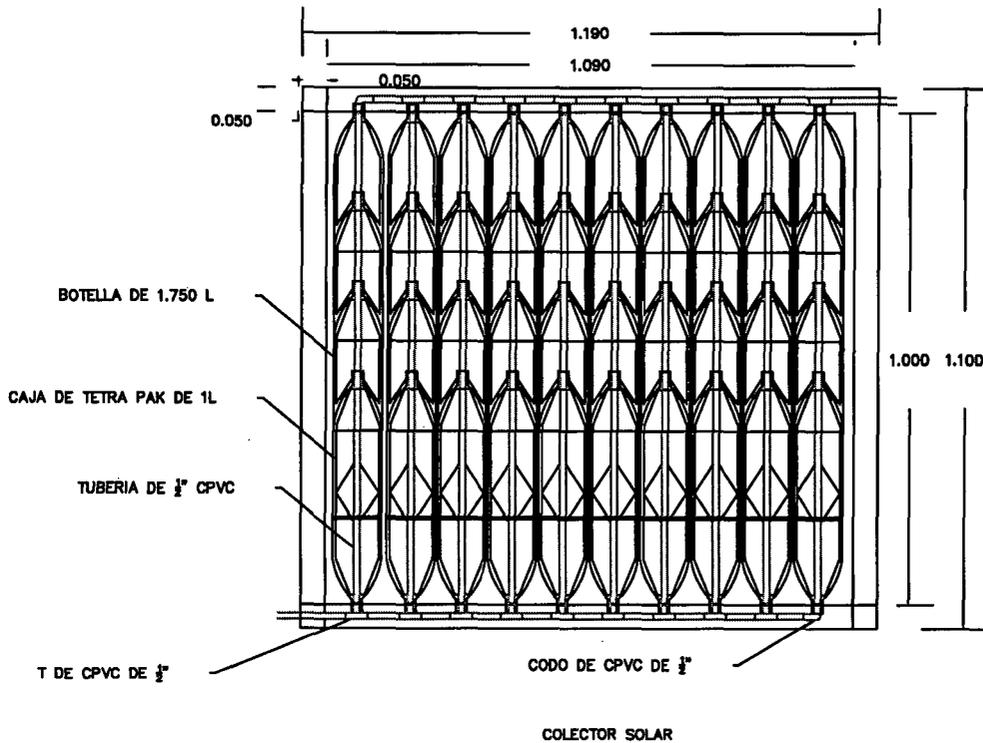
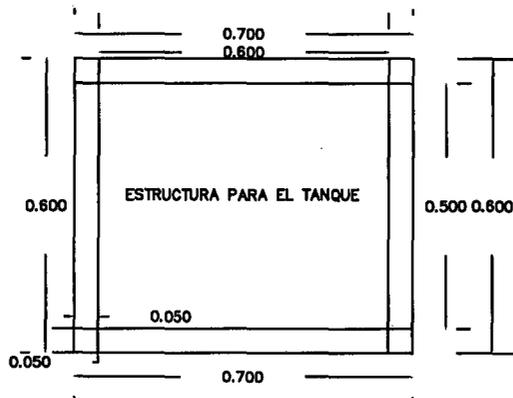
Fotografía 12: Medición de la temperatura en la entrada al colector, en el colector salida del colector y tanque de almacenamiento.



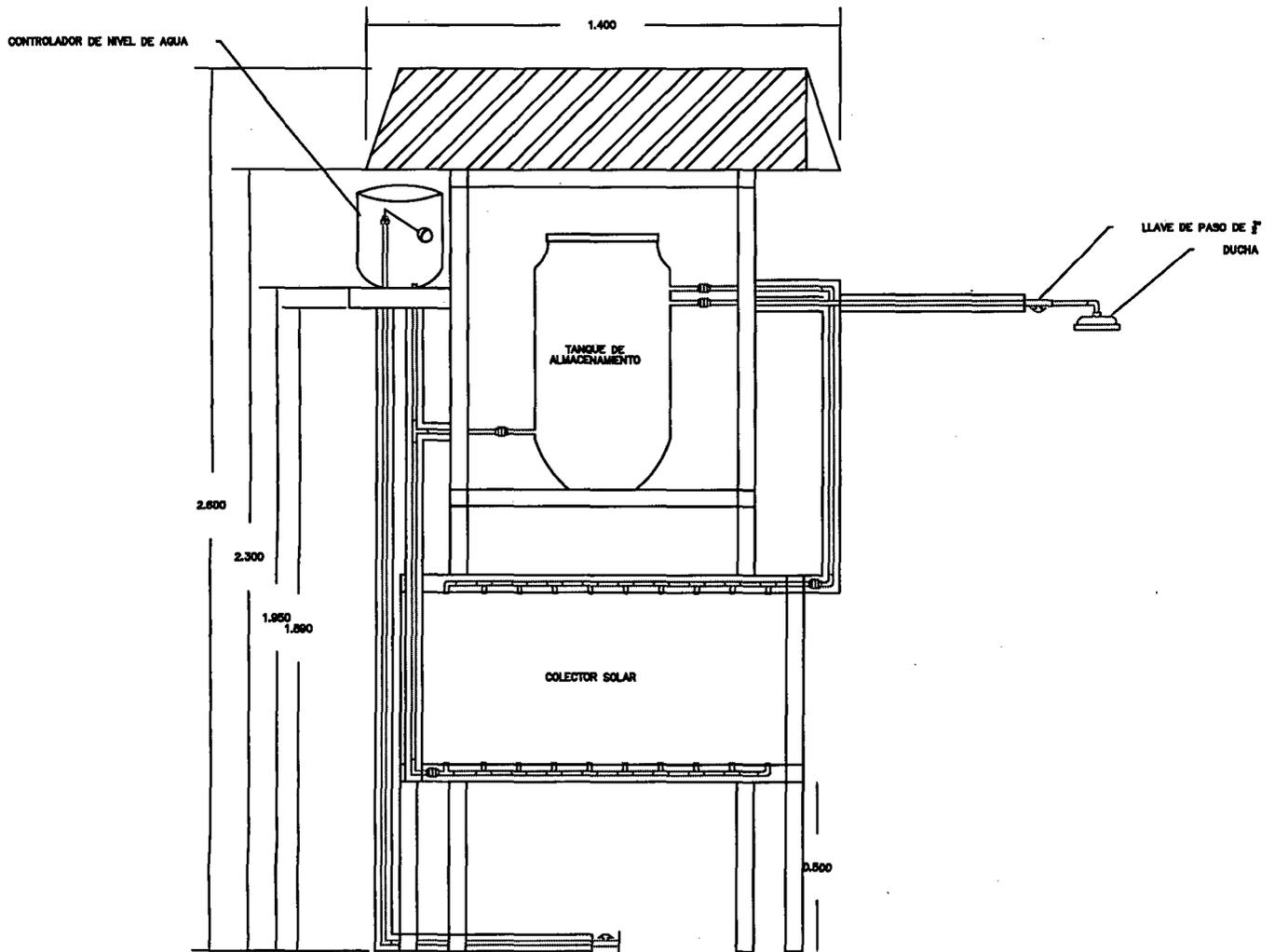
Fotografía 13: Colector solar terminado

Anexo 3

Planos de la terma solar

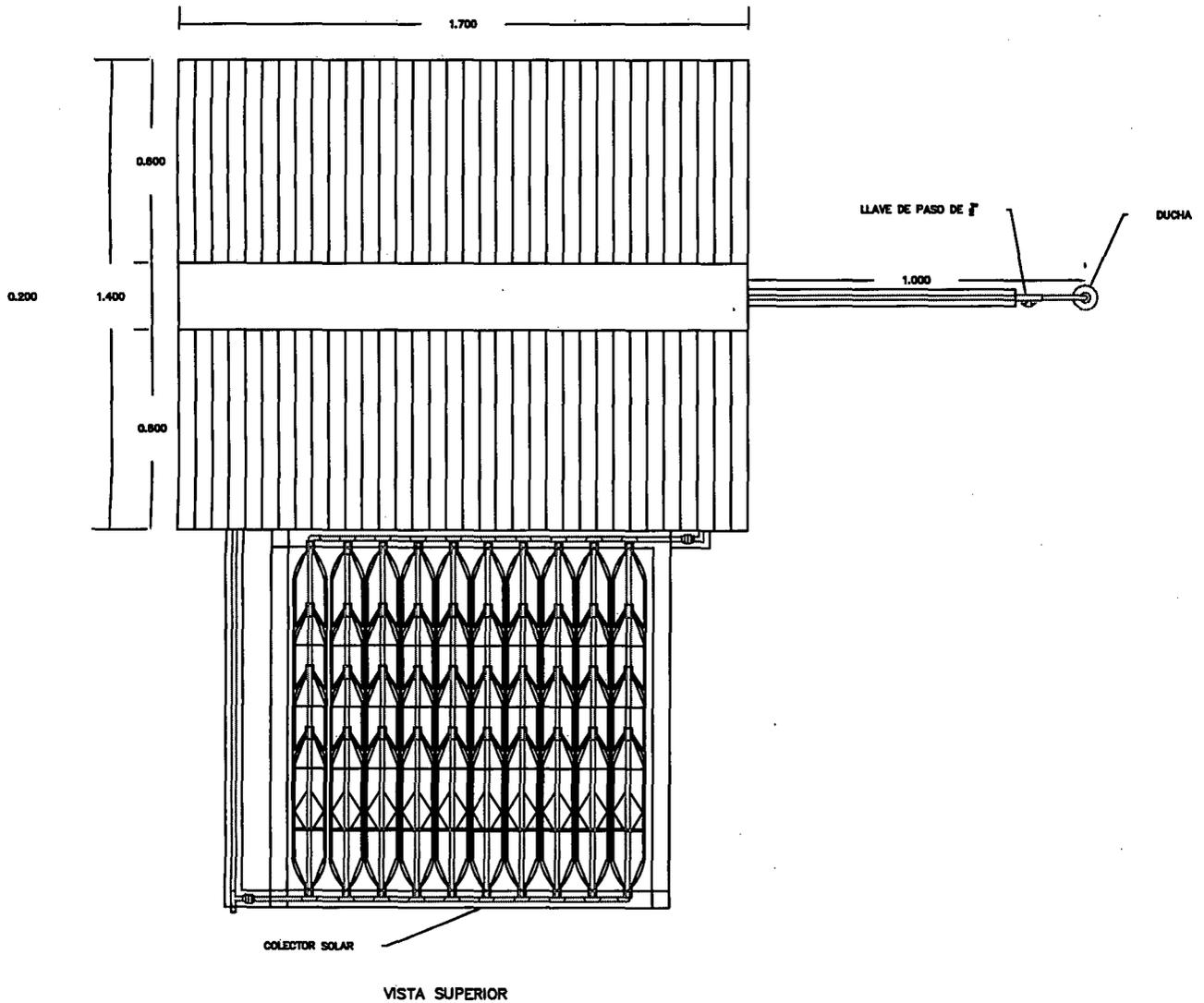


 <h2 style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA</h2>			
<p><u>UBICACIÓN</u></p> <p>DPTO.: Amazonas PRÓV.: Chachapoyas DIST.: Chachapoyas LOC.: Ciudad Universitaria</p>	<p>EFICIENCIA DE UN CALENTADOR SOLAR DOMESTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS PLASTICAS</p>		<p>LÁMINA</p> <p>A-01</p>
	<p>PLANO:</p> <p>ARQUITECTURA</p>		
<p>ASESOR</p> <p><i>Dr. Barrera Curbillon Miguel A</i></p>	<p>PROPIETARIO:</p> <p><i>Mendoza Inés María Jacqueline Rivas Yariela Johanna Miki</i></p>	<p>FECHA:</p> <p>JUNIO 2015</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1:15</p>

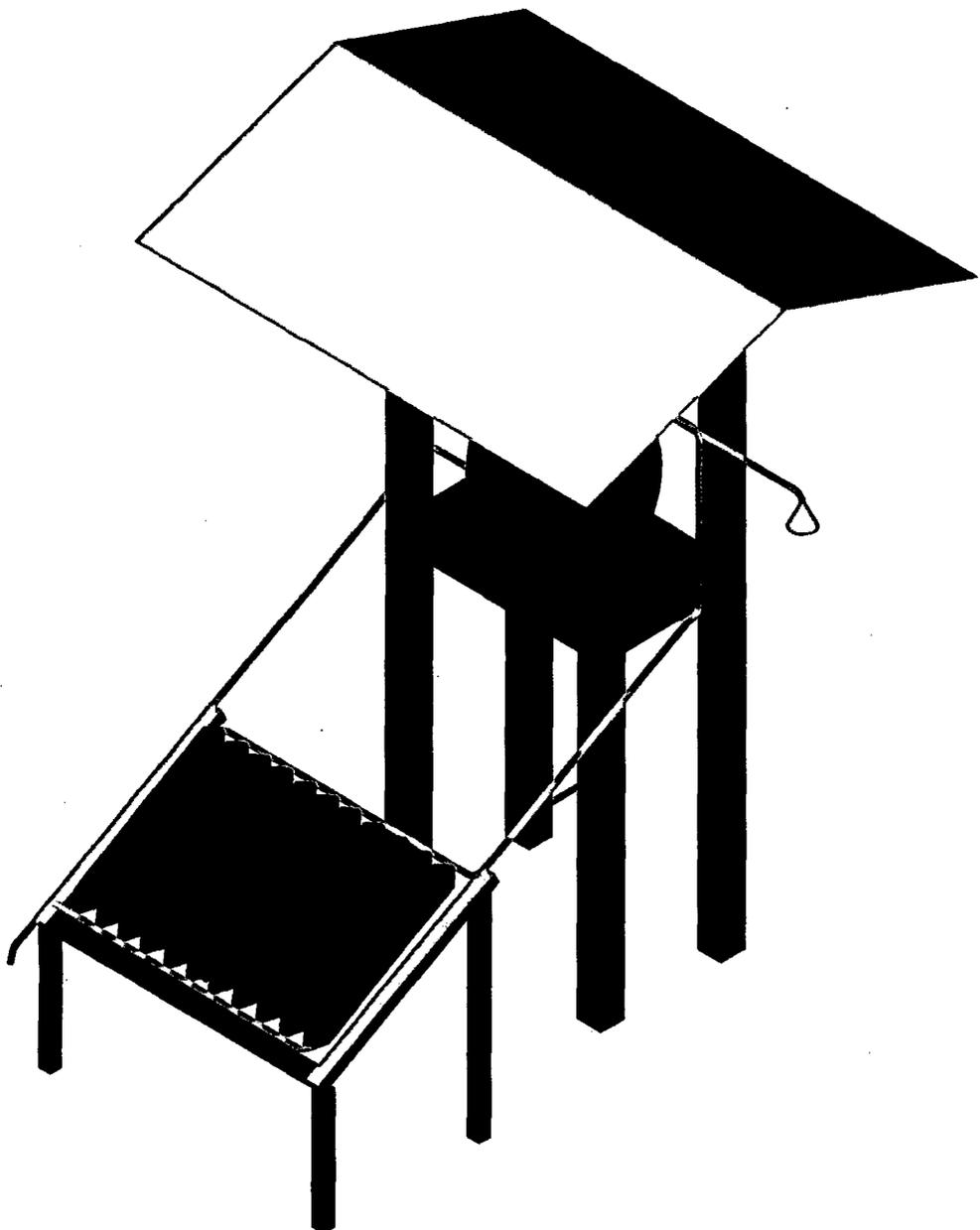


VISTA FRONTAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA	
<p><u>UBICACIÓN</u></p> <p>DPTO.: Amazonas PROV.: Chachapoyas DIST.: Chachapoyas LOC.: Ciudad Universitaria</p>	EFICIENCIA DE UN CALENTADOR SOLAR DOMESTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS PLASTICAS	LÁMINA A-02
	PLANO: ARQUITECTURA	
ASESOR <i>Dr. Barrera Guibillon Miguel A.</i>	PROPIETARIO: <i>Mendoza Mexicana Jacqueline Rivas Yoplat Joherr's Miki</i>	FECHA: JUNIO 2015
		ESCALA: 1:20



 <h2 style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA</h2>			
<p><u>UBICACIÓN</u></p> <p>DPTO.: Amazonas PROV.: Chachapoyas DIST.: Chachapoyas LOC.: Ciudad Universitaria</p>	<p>EFICIENCIA DE UN CALENTADOR SOLAR DOMESTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS PLASTICAS</p>	<p>LÁMINA</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A-03</p>	
	<p>PLANO:</p> <p style="font-size: 1.5em; font-weight: bold;">ARQUITECTURA</p>		
<p>ASESOR</p> <p><i>Dr. Barrera Curbillon Miguel A.</i></p>	<p>PROPIETARIO:</p> <p><i>Mendoza Mastara Jacqueline Ratony Yanlac Johanna Mikki</i></p>	<p>FECHA:</p> <p style="text-align: center;">JUNIO 2015</p>	<p>ESCALA:</p> <p style="text-align: right;">1:20</p>



 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS			
UBICACIÓN DPTO: Amazonas PROV: Chachapoyas LOC: Ciudad universitaria	EFICIENCIA TÉRMICA DE UN CALENTADOR SOLAR DOMÉSTICO DE AGUA HECHO CON BOTELLAS PLÁSTICAS, CHACHAPOYAS - AMAZONAS, 2014	LÁMINA A - 04	
	PLANO: ARQUITECTURA		
ASESOR Dr. Barrena Gurbillón Miguel Angel	PROPIETARIO: Mendoza Mestanza Jackeline Rituy Yópic Joherrs Miki	FECHA: JUNIO 2015	ESCALA: 1:15