



UNIVERSIDAD NACIONAL

EPG
ESCUELA DE POSGRADO

**TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**

ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**EFICIENCIA ENERGÉTICA DE COLECTORES
SOLARES CON TUBOS VERTICALES DE PVC EN
TERMAS SOLARES, AMAZONAS, 2017**

Autor:

Bach. Fernando Isaac Espinoza Canaza

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

CHACHAPOYAS – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios, el Ser Supremo que todo lo conoce y todo lo sabe, tanto el pasado, el presente y el porvenir del Universo.

A mi esposa e hijos, así como a mis padres por su apoyo espiritual y material en el periodo de la investigación.

A los Docentes de la Escuela de Posgrado y a mis compañeros de la maestría por compartir sus invaluable experiencias en la investigación.

Fernando Isaac Espinoza Canaza

AGRADECIMIENTO

A la plana docente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por compartir sus experiencias científicas que impulsaron a innovar para generar el desarrollo sustentable en el aspecto social, económico y ambiental, en la Región Amazonas y el Perú.

Al Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, por compartir su experiencia en la investigación, asesoría, revisiones y sugerencias que permitieron culminar la tesis.

Al Dr. Manuel Emilio Milla Pino, por sus valiosas sugerencias en aplicaciones estadística en la presente investigación.

A todas las personas que directa o indirectamente me brindaron su apoyo con sus opiniones y sugerencias en la investigación.

Fernando Isaac Espinoza Canaza

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui.

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Director de la Escuela de Posgrado

VISTO BUENO DEL ASESOR

Miguel Ángel Barrena Gurbillón, profesor principal de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE COLECTORES SOLARES CON TUBOS VERTICALES DE PVC EN TERMAS SOLARES, AMAZONAS, 2017.

Del Ing. Fernando Isaac Espinoza Canaza, de la Maestría en Gestión para el Desarrollo Sustentable, de la EPG – UNTRM.

El docente de la UNTRM que suscribe, da el visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones.

Chachapoyas, 25 de junio de 2018



DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

ASESOR DE TESIS

JURADO EVALUADOR



Dr. Manuel Emilio Milla Pino

Presidente



Mg. Armstrong Barnard Fernández Jerí

Secretario



Mg. Lenin Quiñones Huatangari

Vocal



ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 05 de JULIO del año 2018, siendo las 5:00 PM horas, el aspirante: FERNANDO ISAAC ESPINOZA CANAZA defiende públicamente la tesis titulada: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE COLECTORES SOLARES CON TUBOS VERTICALES DE PVC EN TERMAS SOLARES, AMAZONAS, 2017

para optar el grado de maestro en:
GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

otorgado por la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el jurado, constituido por:

Presidente: MANUEL EMILIO MILLA PINO
Secretario: ARMSTRONG BARNABY FERNÁNDEZ JERI
Vocal: LENIN QUINONES HUATZBAGARI

Procedió el aspirante a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales.

Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideran oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

- a) (19-20) Excelente.
- b) (17-18) Muy Bueno.
- c) (15-16) Bueno.
- d) (14) Aprobado.
- e) (0-13) Desaprobado.

Otorgada la calificación de 17 (Muy Bueno) y el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 7:00 PM horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

[Signature]
ASESOR

OBSERVACIONES: _____

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Fernando Isaac Espinoza Canaza, identificado con DNI N° 00440560, estudiante de la Maestría en Gestión para el desarrollo sustentable, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

- Soy autor de la Tesis titulada:
“Eficiencia energética de colectores solares con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017”.

La misma que presento para optar:

El grado de Maestro en Gestión para el Desarrollo Sustentable.

- La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados y copiados.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestras acciones deriven, sometiéndome a la normativa vigente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Chachapoyas, 25 de junio de 2018



Fernando Isaac Espinoza Canaza

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	iv
JURADO EVALUADOR.....	v
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	3
1.1.1 Realidad internacional.....	3
1.1.2 Realidad nacional.....	4
1.1.3 Realidad local.....	5
1.2 Formulación del problema.....	6
1.2.2 Justificación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
II MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Base teórica.....	14
2.2.1 Radiación solar.....	14
2.2.2 Principios físicos del colector solar.....	15
2.2.3 Ángulos de incidencia e inclinación para mejorar la eficiencia del colector.....	17
2.2.4 Horas Solar Pico (HSP).....	17
2.2.5 Eficiencia del colector solar.....	19
2.3 Definiciones de términos básicos.....	21
2.4 Hipótesis.....	22

	2.4.1	Hipótesis nula.....	22
	2.4.2	Hipótesis específica.....	22
	2.5	Determinación de variables.....	24
	2.5.1	Variables.....	24
	2.5.2	Operacionalización de variables.....	25
III		MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
	3.1	Área de estudio.....	27
	3.2	Material y accesorios.....	27
	3.2.1	Materiales para la construcción del colector solar.....	27
	3.2.2	Componentes para la adquisición de datos de temperatura.....	28
	3.2.3	Herramientas y accesorios.....	28
	3.2.4	Estación meteorológica del INDES-CES.....	29
	3.2.5	Construcción del prototipo del colector solar.....	29
	3.2.6	Construcción del marco del colector solar.....	30
	3.2.7	Ensamblaje de la parrilla de 12 tubos de PVC.....	33
	3.2.8	Pintado y ensamblaje final del colector solar.....	35
	3.2.9	Ensamblaje del colector solar en la Estación Experimental Chachapoyas.....	36
	3.2.10	Frecuencia para el registro de datos.....	39
	3.2.11	Determinación de la eficiencia del colector solar.....	39
	3.4	Población y muestra	39
	3.4.1	Población.....	39
	3.4.2	Muestra.....	39
	3.4.3	Procedimiento para la recolección de datos.....	40
	3.4.4	Recolección y registros de datos.....	40
IV		RESULTADOS.....	42
	4.1	Condiciones ambientales.....	44
	4.2	Períodos del día de evaluación.....	44
	4.3	Análisis de datos.....	44
	4.3.1	Temperatura durante 24 horas en día nublado.....	46
	4.3.2	Temperatura durante las HSP (8:00 am – 4:00 pm) en día nublado.....	48
	4.3.3	Temperatura durante 24 horas en día combinado.....	49
	4.3.4	Temperatura durante las HSP (8:00 am – 4:00 pm) en día combinado.....	49
	4.3.5	Temperatura durante 24 horas en día soleado.....	50

4.3.6	Temperatura durante las HSP (8:00 am – 4:00 pm) en día soleado.....	51
4.4	Resultados en días con períodos nublados.....	52
4.5	Evaluación de la radiación solar en días nublados.....	53
4.6	Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con períodos nublados....	55
4.7	Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con períodos nublados.....	56
4.8	Resultados en días con períodos combinados.....	58
4.9	Evaluación de la radiación solar en días combinados.....	59
4.10	Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con períodos combinados.....	61
4.11	Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con períodos combinados.....	62
4.12	Resultados en días con períodos soleados.....	63
4.13	Evaluación de la radiación solar en días con períodos soleados.....	64
4.14	Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con períodos soleados....	65
V	DISCUSIÓN.....	68
VI	CONCLUSIONES.....	72
VII	RECOMENDACIONES.....	73
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
IX	ANEXOS.....	77
	Anexo 1.....	77
	Anexo 2.....	83
	Anexo 3.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables independientes.	25
Tabla 2.	Operacionalización de variables dependientes.	26
Tabla 3.	Especificaciones de diseño del colector solar.	30
Tabla 4.	Radiación Solar total sobre el colector en un día de evaluación.	43
Tabla 5.	Registro de la radiación solar durante 31 días en periodos nublados.	53
Tabla 6.	Cálculo de la eficiencia durante 31 días en periodos nublados.	57
Tabla 7.	Registro de la radiación solar durante 31 días en periodos combinados.	60
Tabla 8.	Cálculo de la eficiencia durante 29 días en periodos combinados.	62
Tabla 9.	Registro de la radiación solar durante 31 días en periodos soleados.	64
Tabla 10.	Cálculo de la eficiencia durante 27 días en periodos soleados.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Uso de la terma solar.	7
Figura 2.	Componentes de una terma solar.	10
Figura 3.	Niveles de intensidad de la energía de la radiación solar.	15
Figura 4.	Tipo de radiación solar captada por el colector solar.	15
Figura 5.	Ángulo de incidencia de la radiación solar en el colector solar.	17
Figura 6.	Radiación solar a lo largo de un día.	18
Figura 7.	Horas solar pico (HSP).	18
Figura 8.	Periodos nublados durante 31 días.	45
Figura 9.	Periodos combinados durante 31 días.	45
Figura 10.	Periodos soleados durante 31 días.	46
Figura 11.	Comportamiento de temperaturas y radiación solar durante 24 horas para días nublados.	47
Figura 12.	Comportamiento de las temperaturas durante 8 horas (8:00 – 16:00 horas), en periodos nublados durante las horas solar pico (HSP).	48
Figura 13.	Comportamiento de las temperaturas y radiación solar durante 24 horas en periodos combinados.	49
Figura 14.	Comportamiento de las temperaturas durante 8 horas (8:00 – 16:00 horas), en periodos combinados durante las horas solar pico (HSP).	50
Figura 15.	Comportamiento de las temperaturas y radiación solar durante 24 horas para días soleados.	50
Figura 16.	Comportamiento de las temperaturas durante 8 horas (8:00 – 16:00 horas), en periodos soleados durante las horas solar pico (HSP).	51
Figura 17.	Cálculo del área bajo la curva – Método por aproximación trapezoidal.	56

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Ensamblaje del marco de aluminio para el colector solar.	31
Fotografía 2.	Revestimiento de la base con triplay.	32
Fotografía 3.	Plancha de tecnopor forrado con papel aluminio en la base del marco del colector solar.	32
Fotografía 4.	Accesorios de PVC para agua caliente de 3/4": te, unión simple y codos.	33
Fotografía 5.	Corte y ensamblaje de los 12 tubos verticales de PVC con tes y codos.	34
Fotografía 6.	Ensamble y acople completo en el armazón de aluminio.	34
Fotografía 7.	Calamina y tubos verticales de PVC pintados con esmalte negro mate.	35
Fotografía 8.	Colector solar terminado.	36
Fotografía 9.	Módulo Arduino UNO, Datalogger y el sistema de sensores de temperatura.	37
Fotografía 10.	Sistema de adquisición de datos de temperatura ubicado debajo del colector solar.	38
Fotografía 11.	Ubicación del colector solar en la zona de pruebas.	38
Fotografía 12.	Día nublado, a las 8:00 am.	52
Fotografía 13.	Día nublado, a la 1:18 pm.	52
Fotografía 14.	Día combinado, a las 8:58 am.	58
Fotografía 15.	Día nublado, a las 2:42 pm.	59
Fotografía 16.	Día soleado, a las 8:59 am.	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	STATISTX 8.0 Matriz de información Chi-Cuadrado.	77
Anexo 2.	Código de programación de Arduino UNO para la adquisición de datos (lectura de las temperaturas)..	83
Anexo 3.	Registro de datos de temperaturas durante 8 horas (8:00 am – 4:00 pm), por 31 días.	86

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de un colector solar de 1 m² de 12 tubos verticales de PCV de 3/4" para agua caliente, con tanque de almacenamiento de 100 litros, en Chachapoyas, Amazonas (2350 msnm y temperatura ambiente promedio de 17°C), con humedad relativa entre 60% y 70%. Para la medición y registro de datos de temperatura se utilizó cuatro sensores DS18B20 digitales y un módulo arduino UNO. Los datos se tomaron durante 31 días, en intervalos de 15 minutos, desde las 8:00 a las 16:00 horas en simultáneo con el registro de radiación solar, temperatura ambiente, precipitación pluvial y velocidad del viento con la estación meteorológica del INDES-CES. En base a los valores de radiación solar incidente, cada día se clasificó en tres intervalos: nublados (0 a 300 W/m²), combinados (600 a 800 W/m²) y soleados (mayores a 800 W/m²). La radiación solar captada por el colector solar en periodos nublados fue de 1,90 kW/m², combinados 0,89 kW/m² y soleados 2,04 kW/m², en tanto que la eficiencia lograda para períodos nublados fue de 35,64%, combinados 38,51% y soleados 44,57%. El almacenamiento de agua en el tanque para periodos nublados fue de 87,10 litros, combinados 89,52 litros y soleados 90,51 litros. En conclusión, la eficiencia del colector solar estuvo entre 30 y 50 %.

Palabras claves: Energías renovables, Energía solar, Medio ambiente, Radiación solar.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the efficiency of a 1 m² solar collector with 12 vertical 3/4" PVC tubes for hot water, with a 100 liter storage tank, in Chachapoyas, Amazonas (2350 meters above sea level and average ambient temperature of 17°C), with relative humidity between 60% and 70%. For the measurement and recording of temperature data, four digital DS18B20 sensors and one arduino UNO module were used. The data was taken during 31 days, in 15 minute intervals, from the 8:00 to 16:00 hours simultaneous with the solar radiation register, coinciding with the meteorological station report INDES-CES that provided data on solar radiation, ambient temperature, precipitation and wind speed. Based on the level of solar radiation incident in one day, it was classified into three intervals: cloudy (0 to 300 W/m²), combined (600 to 800 W/m²) and sunny (over 800 W/m²). The solar radiation collected by the solar collector in cloudy periods was 1,90 kW/m², combined 0,89 kW/m² and sunny 2,04 kW/m², while that the efficiency achieved for cloudy periods was 35,64%, combined 38,51% and sunny 44,57%. The storage of water in the tank for cloudy periods was 87,10 liters, combined 89,52 liters and sunny 90,51 liters. In conclusion, the efficiency of the solar collector is between 30 and 50%.

Keywords: *Renewable energies, Solar energy, Environment, Solar radiation.*

I. INTRODUCCIÓN

La energía solar es una fuente energética renovable que se ha usado históricamente con diferentes fines. El calentamiento de agua mediante la energía solar es un método común en varios países del mundo, en algunos casos una unidad solar es usada como suplemento en un calentador regular de agua, aquella puede ahorrar hasta el 90% de la energía usada por el sistema convencional. En ciertas partes del planeta no es necesario un calentador convencional de agua, pues la unidad solar puede abastecer suficiente agua caliente (38°C a 55°C). La radiación solar es difusa y el promedio anual de potencia solar recibida por una superficie de un metro cuadrado sobre la tierra por este concepto es de 50 kilolangleys ó 580 KWh/m². Son pocas las regiones del globo terráqueo que reciben más de 180 kilolangleys (1 langley = 1cal/cm²), o 2000 KWh/m² de insolación por año; cuando se habla de insolación, se refiere a la energía total radiante que proviene del sol y que incide en un área unitaria de un plano horizontal localizado sobre la superficie de la tierra. Incluye toda la energía en las longitudes de onda emitidas por el sol (aproximadamente 0,1 a 7,0 micrones) (Paz Gutiérrez, 2006).

Los colectores solares se dividen en colectores de baja temperatura, utilizados fundamentalmente en sistemas domésticos de calefacción y colectores de alta temperatura conformados mediante espejos. El colector solar plano, consiste en una caja plana metálica por la que circula un fluido, que se calienta a su paso por el panel, que puede ser a su vez protegido con un vidrio que limita las pérdidas de calor. Trabaja haciendo pasar un líquido a través de él, convirtiendo la energía luminosa del sol en calor y elevando la temperatura del líquido que fluye. Para atrapar la energía solar y convertirla en calor se utiliza un proceso en que toda superficie negra expuesta al sol se pondrá más caliente que una de cualquier otro color. Una pintura negra mate no brilla y por lo tanto no pierde energía por reflexión. Por consiguiente, si una superficie se pinta de negro mate y se pone un líquido en contacto con la parte posterior, el líquido se calentará eficientemente.

Una vez que la energía solar se convierte en calor y que se absorbe por el líquido, se debe aislar el absorbente térmicamente para prevenir pérdidas de calor. La parte posterior del absorbente, así como los lados deben aislarse con fibra de vidrio o espuma de uretano. Las pérdidas de calor por el lado soleado del absorbente se reducen con una cubierta de vidrio. El vidrio transmite la radiación solar de alta energía (pequeñas longitudes de onda)

hacia el absorbente y retarda la radiación de pequeña energía (grandes longitudes de onda) que es emitida por el absorbente caliente hacia el exterior, también evita que las corrientes de aire lo enfríen. El sistema que ayuda a la circulación del líquido dentro del sistema propiamente diseñado y construido es automáticamente por acción termosifón (llamada también convección natural). Estos principios de flujo por termosifón pueden ser usados con excelentes resultados en un calentador solar. En tanto la energía solar incide en el absorbente del colector y calienta el líquido que contiene, este líquido (liviano) sube. Éste es empujado por el líquido frío (más pesado) en la entrada del colector. En tanto que el líquido frío llega al absorbente, se calienta, sube y más líquido frío empuja de la parte inferior del colector. Así se establece el flujo y continuará hasta que el líquido deje de ganar calor del sol, esto es, hasta que ya no haya suficiente calor para subir la temperatura del fluido en su paso por el absorbente (LACCEI, 2011).

Las tecnologías desarrolladas para convertir la energía solar en energía utilizable por el hombre dependen sustancialmente de la disponibilidad de la radiación solar que varía de manera importante en diferentes climas y regiones. Para seleccionar y diseñar la tecnología más apropiada para una región en particular, es necesario básicamente el caracterizar los diversos aspectos de la radiación solar en esa región. Datos confiables de radiación directa normal y radiación global son necesarios para el dimensionamiento de una gran cantidad de sistemas de energía solar, así como para el estudio comparativo de los sitios de ubicación de los sistemas, estos datos de radiación solar deberán estar disponibles junto con otros parámetros meteorológicos, como temperatura ambiente, temperatura de bulbo húmedo y velocidad del viento, los cuales también pueden afectar el comportamiento de algunos tipos de sistemas de energía solar (Estrada-Cajigal & Almanza, 2005).

En los últimos años, el estudio de la energía termo solar ha sido de gran interés debido a la crisis energética actual causada por el uso no adecuado de fuentes fósiles, principalmente en la generación de electricidad, que influye negativamente en el calentamiento global, en el deterioro de la capa de ozono, en la presencia de lluvias ácidas que traen como consecuencia la degradación del ambiente y de la calidad de vida (Yadav & Bajpai, 2011).

1.1 Realidad problemática

1.1.1 Realidad Internacional

De acuerdo a Pilatowsky (2005), México produce 91% de su energía utilizando combustibles fósiles, como el carbón, el gas y el petróleo. Esta dependencia hacia los fósiles está provocando un deterioro en la calidad del aire, contaminación de ríos, mares y suelos, además, son responsables del cambio climático global. México cuenta con un potencial enorme para aprovechar las energías renovables. Si se apoya su desarrollo, esto atenuará los impactos ambientales ocasionados por la producción, distribución y uso final de las formas de energía convencionales. Se propone que, en lugar de utilizar gas para el calentamiento de agua, se utilice calentadores solares de agua. Los cuales pueden proporcionar de un 60 a un 80% del agua caliente usada para los quehaceres domésticos.

En el año 2006, en Europa se instalaron 3 085 265 m² de colectores solares térmicos, equivalente a 2 160 MW, lo que significó un crecimiento del 44% sobre el año anterior. Este crecimiento se explica por la crisis energética que enfrenta actualmente Europa y por la voluntad política de algunos países para desarrollar el sector. Un 88,5% de los colectores planos con cubierta representan el componente principal de los equipos que se emplean para la generación de la energía solar térmica del mercado europeo, los colectores de tubos de vacío representan el 8,3%, mientras que los colectores sin cubierta, sólo poseen el 3,2% del mercado. Aproximadamente un 5% de los hogares alemanes utilizan energía solar térmica. En el 2005 se instalaron 980 mil m² y 1,5 millones de m² en el 2006. El aumento de la demanda de los particulares (instalaciones domiciliarias) hace posible que las autoridades establezcan un mecanismo de mayor apoyo para las grandes instalaciones colectivas y privadas, cuyo potencial se ha explotado muy poco hasta ahora. El gobierno alemán decidió disminuir las subvenciones a la energía solar térmica: de €105 a €40 por m² y para sistemas solares combinados (agua caliente y

calefacción), las subvenciones han disminuido de €135 a €70 por m². Actualmente, la subvención sólo cubre el 15% del costo (INENCO, 2007).

Francia sigue siendo el país líder en términos de crecimiento. Con un mercado de energía solar térmica superior a 300 mil m² (incluidos con los 75 000 m² en regiones de ultramar), en el 2006 creció un 83% más que en el 2005. La simplicidad del sistema de crédito fiscal francés, permite a los particulares recuperar el 50% del precio del equipo por su simple declaración (INENCO, 2007).

1.1.2 Realidad nacional

La fabricación local de calentadores solares de agua es la tecnología más antigua y de mayor desarrollo y disseminación en el Perú. Se estima que hoy hay 25 mil a 30 mil 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 (Perú Económico, 2006). Esto demuestra que las personas están tomando conciencia responsable en el uso de la energía solar como una alternativa para el ahorro de recursos económicos y al mismo tiempo disminuir la contaminación ambiental.

En nuestro país existe la Norma Técnica Peruana NTP N° 399.400 del año 2001, que establece los métodos de prueba para determinar el comportamiento térmico de colectores de energía solar que usan fluidos de una sola fase y no tienen almacenamiento de energía interior significativo (INDECOPI, 2001) lo que impulsa y establece el uso de termas solares a fin de hacer uso eficiente de la energía solar disponible y de limitar el consumo de las energías no renovables para atenuar la contaminación del medio ambiente.

1.1.3 La realidad local

El agua abastecida a los hogares en la ciudad de Chachapoyas y a muchas poblaciones urbanas y rurales dispersas ubicadas a más de 2000 msnm, en la Región Amazonas, se encuentra a una temperatura media anual de 14,5°C (Travel Perú, 2015), por lo que su empleo directo para el aseo personal puede causar enfermedades respiratorias, siendo los más expuestos los niños y los adultos mayores. Asimismo, la falta de aseo e higiene personal y familiar puede ocasionar afecciones a la piel y otras enfermedades.

En la zona urbana, para calentar el agua para el aseo personal se emplea la energía convencional (termas eléctricas) o gas propano en la cocina; en tanto que las zonas rurales emplean leña, en ambos casos se incrementa el gasto económico mensual en los hogares. Una alternativa de solución para la cobertura de estas necesidades y que a la vez es económica, es la aplicación de la radiación solar (energía solar) para calentar el agua.

En el ámbito local se cuenta con la disponibilidad de los insumos y materiales básicos en el mercado; tales como tuberías y accesorios requeridos, se emplearán estos materiales en los colectores solares a fin de determinar su eficiencia térmica y proponer una alternativa adecuada de solución para calentar agua por medio de termas solares, con ventajas tecnológicas, socio-económicas y medio ambientales.

En la Región Amazonas, no se cuenta con datos referenciales sobre el aprovechamiento de la energía solar para colectores solares. Sin embargo, se ha observado que en los últimos años, los hoteles y algunas viviendas urbanas en la ciudad de Chachapoyas son los que están optando por esta tecnología que no sobrepasan en su totalidad los 100 m² en el uso de colectores solares; por consiguiente, se puede afirmar que en la Región Amazonas hay un gran potencial para el desarrollo e implementación de los colectores solares para calentar agua.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál será la eficiencia energética de colectores solares con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017?

1.2.1 Justificación del problema

La investigación se realizó en el ámbito geográfico de la ciudad de Chachapoyas, Región Amazonas; ubicada a 2350 msnm, que tiene temperatura promedio anual de 14,5°C, días con buena presencia visible del sol, días nublados y días combinados (presencia y ausencia alternada del sol).

La investigación, se justifica y beneficia en los siguientes aspectos, los cuales van asociados entre sí:

a) Aspecto socio – económico

Los beneficiarios primarios serán las personas y familias que habitan en zonas frías, quienes tendrán una alternativa eficiente y económica para calentar agua, así como promocionar los hábitos saludables de higiene en los hogares (Figura 1).

Desde este aspecto, se diseñó un colector solar en base a materiales que se encuentran en la región, como aluminio, pintura, madera y accesorios para hacer la estructura del colector solar, así como para el soporte del tanque de almacenamiento de agua caliente. Todos los materiales requeridos para la construcción del colector solar están disponibles en los establecimientos comerciales de Chachapoyas.



Figura 1. Uso de la terma solar.

b) Aspecto tecnológico

La investigación fue viable porque se contó con el recurso humano que tiene los conocimientos y la experiencia en el desarrollo del proyecto, quienes a su vez brindaron el tiempo necesario para el estudio, implementación, pruebas y análisis de los resultados para poder cumplir con los objetivos propuestos de evaluar la eficiencia del colector solar de PVC.

c) Aspecto medio ambiental

La investigación contribuirá para que el público objetivo tenga nuevas alternativas en el uso de energía para sus actividades domésticas y que a su vez contribuya a la conservación y protección del medio ambiente; la población tome conciencia en el uso de las energías renovables para satisfacer las necesidades energéticas y minimizar el uso de los recursos naturales no renovables.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia energética del colector solar de 1 m² con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un prototipo de colector solar con tubos verticales de PVC de 1 m^2 para termas solares con materiales disponibles.
- Evaluar las temperaturas de entrada de agua al colector, en el interior del colector y en la salida del colector de 1 m^2 de tubos verticales de PVC, cuando la radiación solar se encuentre:
 - Entre 0 a 600 W/m^2 , evaluándose como días nublados
 - Entre 600 a 800 W/m^2 , evaluándose como días combinados
 - Y mayores a 800 W/m^2 , evaluándose como días soleados.
- Evaluar la eficiencia del colector solar de 1 m^2 de tubos verticales de PVC en días con periodos nublados, combinados y soleados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Las fuentes de energía renovable son abundantes en la tierra y perdurarán por miles de años, las usemos o no; estas son: solar, eólica, geotérmica, biomasa, hidráulica y oceánica. Muchos países, incluido el Perú, tienen un potencial enorme para su aprovechamiento lo que atenuará los impactos ambientales ocasionados por la producción, distribución y uso final de las energías convencionales (Vertiz, 1997).

La energía solar es radiación electromagnética que emite el sol compuesta de tres tipos: radiación infrarroja, radiación visible y radiación ultravioleta. A la superficie terrestre llegan mayormente la radiación visible y la infrarroja, para diversas aplicaciones (fototérmicas, fotovoltaicas, etc.). En nuestro planeta, la radiación solar tiene dos componentes: la radiación solar directa R_D , (incide directamente del sol) y la radiación solar difusa R_d , que procede de la bóveda celeste (Valera, 2007).

Con el propósito de eliminar de forma gradual y progresiva la utilización de combustibles fósiles no renovables y lograr una transición hacia las energías limpias y renovables, creando conciencia y el compromiso necesario de la industria, los políticos, y los usuarios finales de esta tecnología y el servicio que presta; se promueve la utilización e instalación domiciliaria de termas o calentadores solares. Según la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES): en México se instalarán cinco millones de metros cuadrados de calentadores solares, en menos de 10 años, el GLP equivalente dejado de consumir en los siguientes 20 años sería de 15 millones de toneladas, lo que además evitaría lanzar a la atmósfera casi 30 millones de toneladas de CO_2 , principal gas de efecto invernadero causante del cambio climático (Pilatowsky, 2005).

A finales del 2004 se había instalado 164 millones de m^2 de colectores solares, correspondiente a una capacidad de 115 GWh. China tiene el 38%, Estados Unidos está en segundo lugar (17%) y Japón tercero (4,7%). La Unión Europea

representa el 10,4% del mercado internacional, siendo Alemania, Austria y Grecia los principales mercados (Pilatowsky, 2005).

La terma solar permite calentar agua con la radiación solar y almacenarla para ser usada en cualquier momento. La eficiencia y vida media de un calentador solar depende de los materiales y el diseño empleados (Valera, 2007). Consta de un colector solar, depósito de almacenamiento de agua y sistema de tuberías para conexión de agua fría y agua caliente (Figura 2).

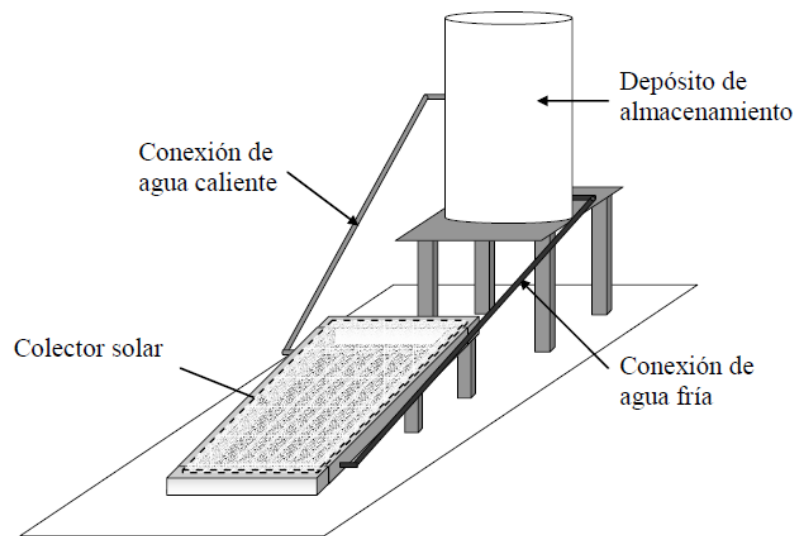


Figura 2. Componentes de una terma solar.

El colector capta la energía solar y la transfiere al agua (es la parte más importante del sistema). El colector solar plano consiste de una superficie metálica absorbente de radiaciones solares, sobre la que se adhiere una parrilla de tubos por los que circulará el agua que será calentada. Se coloca dentro de una estructura protectora (caja de madera o de plancha galvanizada), cuya parte superior se tapa con una lámina de vidrio y en su parte inferior y laterales se coloca material aislante (Barral & Wood, 2014).

Los colectores solares son utilizados para coleccionar, absorber y transferir energía solar a un fluido; es decir, para calentar agua, para sistemas de calefacción o para climatización de piscinas (Cárdenas, Quesada & Pérez, 2006). El colector solar puede utilizar la radiación solar difusa (reflejada por las nubes), además de la

directa. El calentamiento del agua en el colector y su paso al tanque de almacenamiento tiene lugar usualmente entre las 9 y las 15 horas; después, la temperatura del agua en el colector es menor que en la parte superior del tanque interrumpiéndose el termosifón, permaneciendo el agua caliente en el tanque, cuyo calor se conservará dependiendo del aislamiento dispuesto a su alrededor (Valera, 2007).

El sistema de tuberías tiene la función de transportar el agua fría o caliente a través de los elementos que forman la terma solar. Se puede utilizar tuberías de cobre, fierro galvanizado o plástico especial para agua caliente. Debe estar apropiadamente aislado, tanto para su protección como para evitar las pérdidas de calor del agua.

Para la buena circulación natural del agua entre el colector y el tanque de almacenamiento; el tanque debe estar encima del nivel del colector, cuanto mayor sea este 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 (Gutiérrez, 2004).

La eficiencia de un artefacto dice mucho de su calidad y rentabilidad. Se debe tener en cuenta en la compra de un equipo el valor de su eficiencia; de ello depende si en su uso se tendrá algún ahorro significativo. En aplicaciones de energía solar, la eficiencia es el factor decisivo en la puesta a punto y rentabilidad de un sistema (Valera, 2007).

La ciudad de Chachapoyas está ubicada a 2350 msnm y tiene una temperatura promedio anual de 17°C, su agua proviene de Tilacancha y tiene una temperatura entre 12°C a 17°C, por lo que su empleo para la higiene personal es causa de enfermedades bronquiales (resfriados severos o neumonía) en niños y reumatoideas en adultos (APECO, 2008).

En el análisis de las causas de mortalidad por ciclos de vida, las infecciones respiratorias agudas continúan siendo la primera causa (77 por 1000 habitantes), le siguen los eventos de intención no determinada, los accidentes de tránsito, enfermedades del sistema urinario, enfermedades cerebro vasculares para el

adulto y en la población de menores de 1 año las enfermedades respiratorias agudas también están consideradas como la primera causa de mortalidad, seguidamente los accidentes que obstruyen la respiración y otros. En el análisis de las causas de morbilidad según ciclos de vida se puede evidenciar que las enfermedades de las vías respiratorias superiores ocupan el primer lugar para los grupos de niños y adolescentes, variando la proporción para cada ciclo en particular. En la población adulta, las enfermedades de los órganos genitales femeninos ocupan el primer lugar con un 13,38%, en el adulto mayor las enfermedades del sistema óseo muscular y el tejido conjuntivo se ubican en primer lugar con un 15,74%, en escolares las primeras causas son las enfermedades respiratorias de las vías superiores, enfermedad de la cavidad bucal y otras enfermedades infecciosas y parasitarias (27,37%, 18,37% y 11,00%, respectivamente) (MINSA, 2004).

El calentamiento del agua para higiene personal y limpieza representa un consumo energético importante en una vivienda. La demanda promedio es de 40 L/día/persona. En países en desarrollo es el 30 a 40% del consumo de energía de un hogar, siendo mayor que en los países desarrollados, donde se emplea para este propósito el 26% del consumo total de la vivienda. El calentamiento del agua, a nivel mundial, es el segundo uso energético doméstico después de la calefacción y la refrigeración. La aplicación de la energía solar para este propósito, además de ser una alternativa ecológica, es una tecnología económicamente atractiva y competitiva (AIE, 2006).

Un colector solar de 1,8 a 2,1 m² de superficie, conectado a un tanque de almacenamiento aislado térmicamente, de una capacidad de 115 a 200 litros, puede proporcionar agua a una temperatura de hasta 65°C en un día soleado. Sin embargo, la temperatura del agua depende de la aplicación, que se le desee dar y de las condiciones climáticas. Por ejemplo, para calentar piscinas se requieren temperaturas del orden de 30°C, mientras que para tomar un baño lo adecuado son alrededor de 50°C. En un día soleado bastarán 2 horas de exposición solar para tener agua caliente; para obtener el 100% de la capacidad instalada, será necesario una insolación de 5 a 6 horas, aunque esto puede variar dependiendo de la capacidad y del modelo (Pilatowsky, 2005).

En la Universidad Nacional de Pereyra – Colombia, se ha diseñado y construido un calentador solar de agua que opera por termosifón, el cual alcanza las condiciones de temperatura requeridas para ser usada en el consumo doméstico de manera medianamente eficiente, e igualmente permite conservarla durante las noches y periodos de poca radiación, pero, es necesario adelantar pruebas y ensayos para la evaluación final del colector construido (Burbano, Rastrojo & Sabogal, 2014).

La terma solar evaluada en Chachapoyas con un solo colector solar de 1 m² de tubos verticales de PVC de ½” para agua caliente y tanque de almacenamiento de agua de 100 L aislado térmicamente, en cinco grupos de días, tuvo las siguientes eficiencias en porcentaje: soleados (52%), combinados (48%), nublados (30%), sin cambiar el agua del calentador (31%) y enfocando la luz solar con un espejo hacia el colector (63%) (Vigo & Trigoso, 2012).

Montenegro (2013), realizó la evaluación de una terma solar con dos colectores de 1 m², el primero de tubos verticales de PVC de ½” para agua caliente y el segundo de tubos verticales de PVC de 1” para agua, conectados en serie y tanque de almacenamiento de agua de 100 L aislado térmicamente; obtuvo que la eficiencia de la terma solar fue en días: soleados (57%), combinados (52%), nublados (37%). La diferencia de temperatura alcanzada y la radiación solar fue como se indica a continuación: soleados (28°C; 5,66 kWh/m²), combinados (19°C; 4,22 kWh/m²), nublados (10°C; 3,13 kWh/m²). Con ambos colectores conectados en paralelo, encontró que la eficiencia fue mayor: soleados (69%), combinados (58%), nublados (44%), sin cambiar el agua (38%), enfocando la luz solar con un espejo (73%). Asimismo, la diferencia de temperatura alcanzada y la radiación solar fue como se indica a continuación: soleados (35°C; 5,81 kWh/m²), combinados (19°C; 3,77 kWh/m²), nublados (13°C; 3,36 kWh/m²), sin cambiar el agua del calentador (15°C; 4,59 kWh/m²) y enfocando la luz solar con un espejo hacia el colector (40 °C; 6,32 kWh/m²). Concluyó que el colector de tubos de ½” calienta más el agua que el colector de tubos de 1”.

La disponibilidad de agua caliente para el aseo personal permitirá fortalecer los hábitos de higiene personal y resguardar la salud de los usuarios de la terma solar, previniéndolos de resfriados severos y neumonías, así como enfermedades de la

piel (micosis, excemas, etc.) y digestivas (diarreas, parasitosis, infecciones bacterianas, etc.), estas últimas principalmente debido al inadecuado o nulo lavado de manos antes de consumir sus alimentos.

Valera (2007), en día soleado con temperatura ambiente promedio de 19°C y radiación solar de 5,15 kWh/m², un colector solar plano de tubos de cobre en 7 horas alcanza una temperatura de 60°C y eficiencia de 43%. Un colector solar plano de tubos de PVC, en el mismo tiempo llega a 46°C con eficiencia de 28%.

2.2 Base teórica

2.2.1 Radiación solar

La energía solar es radiación electromagnética que emite el sol compuesta de tres tipos: radiación infrarroja (42%), son ondas de calor invisibles para el ser humano, pero sensibles al tacto; la radiación visible (46%), el único rango sensible para la vista humana; y la radiación ultravioleta (12%), no la podemos visualizar, causa la insolación de la piel en la playa y dependiendo de la sensibilidad, puede causar cáncer de piel, por ser radiación de alta energía. A la superficie terrestre llegan mayormente la radiación visible y la infrarroja, para diversas aplicaciones (fototérmicas, fotovoltaicas, etc.). La radiación solar terrestre tiene dos componentes: la radiación solar directa R_D , (incide directamente del sol) y la radiación solar difusa R_d , que procede de la bóveda celeste (Valera, 2007).

La duración y cantidad de radiación solar dependen de la combinación de efectos astronómicos y meteorológicos, el potencial energético solar tiene fuerte dependencia con la altura, el ángulo de inclinación, la orientación del colector y principalmente las características atmosféricas y climáticas. Un modelo matemático para sitios de altura debe considerar: a medida que aumenta la altura respecto al nivel del mar, la presión disminuye y por tanto la atmósfera se hace liviana, la fracción difusa disminuye al bajar la densidad atmosférica, por lo que el valor de la radiación es mayor en sitios más altos; además influyen en la calidad de la radiación solar: nubosidad, polución y otros factores (Salazar, Saravia & Romero, 2007).

2.2.2 Principios físicos del colector solar

La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de luz que emite el sol y que es interceptada por la tierra. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, considerando la distancia promedio entre la tierra y el sol, se llama constante solar, y su valor medio es 1353 W/m^2 , la cual varía en un 0,2% en un período de 30 años. En la Figura 3, la intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar, siendo alrededor de 1000 W/m^2 , debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. Esta porción de energía se conoce como radiación directa (Guevara, 2003).



Figura 3. Niveles de intensidad de la energía de la radiación solar.

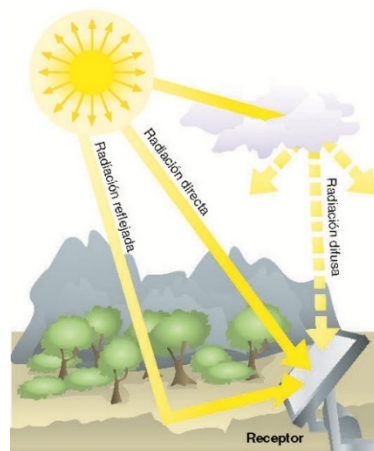


Figura 4. Tipo de radiación solar captada por el colector solar.

Radiación directa: Es la radiación recibida desde el Sol, sin que sufra desviación alguna en su camino a través de la atmósfera hasta la superficie que la recibe.

Radiación difusa: Es la radiación solar que sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión en la atmósfera.

Radiación reflejada o albedo: Radiación directa y difusa que es reflejada por el suelo u otras superficies próximas.

La suma de todas las radiaciones descritas recibe el nombre de **radiación global** que es la radiación solar total que recibe la superficie de un receptor y por lo tanto la que nos interesa conocer y cuantificar (Figura 4).

Según Valera (2007), el colector solar basa su operación en los siguientes principios físicos:

- La pintura negra mate absorbe al máximo la radiación directa y la difusa. El coeficiente de absorción α es la fracción de radiación que absorbe; pintura blanca $\alpha \approx 0,25$, pintura negra esmalte $\alpha \approx 0,80$ y pintura negra mate $\alpha \approx 0,90$.
- El efecto invernadero generado por el vidrio que es transparente la deja pasar a la radiación solar (visible e infrarroja); pero opaco a la radiación infrarroja lejana que emite el cuerpo calentado, actuando como una trampa de calor.
- La conducción del calor por un gradiente de temperatura, ocurre entre la lámina metálica absorbente y los tubos, y de éstos al agua que circula por su interior.
- El agua circula en el sistema por termosifón natural producido por el incremento de su temperatura en el colector solar. El agua caliente es menos densa que la fría y sube al tanque de almacenamiento de agua caliente, estableciéndose una circulación natural, sin necesidad de equipo de bombeo.

2.2.3 Angulo de incidencia e inclinación para mejorar la eficiencia del colector solar

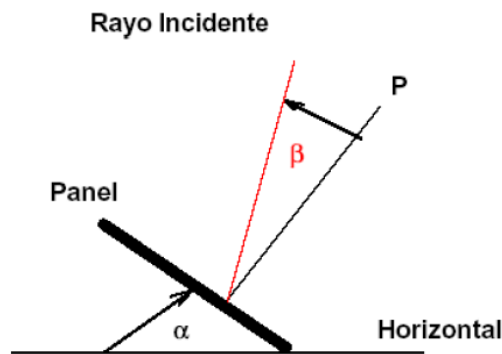


Figura 5. Ángulo de incidencia (β) de la radiación solar en el colector solar.

La energía colectada es mayor cuando β es cero; es decir, cuando la luz del sol incide perpendicularmente sobre la superficie colectora (Figura 5). De esta manera, se recomienda dar al ángulo de inclinación, un valor igual al de la latitud más 15° , lo cual otorga al panel una inclinación adecuada para el invierno, con pérdidas leves de energía durante el verano. En el caso de Ecuador se podría decir que los efectos del cambio de estaciones, así como los efectos de la inclinación del panel solar son pocos y que la insolación permanece casi constante entre 5 y $5,5 \text{ kWh/m}^2$ día (valor solar promedio), sea para invierno o verano tanto en inclinación de latitud, latitud más 15° latitud menos 15° , lo que hace innecesario el seguidor de radiación, así como el ajuste continuo de la posición del panel según la época del año (Proyecto de pistas, 2008).

2.2.4 Horas Sol Pico (HSP)

Para facilitar el proceso de cálculo en las instalaciones de colectores solares, se emplea un concepto relacionado con la radiación solar, que simplifica el cálculo de las prestaciones energéticas de este tipo de instalaciones, son las “horas sol pico” (HSP). Como se detalla en la figura 6, se ve el efecto de la cobertura de nubes en la radiación solar incidente en la superficie terrestre: (a) en una atmósfera clara, sin nubes y (b) en una atmósfera parcialmente nublada.

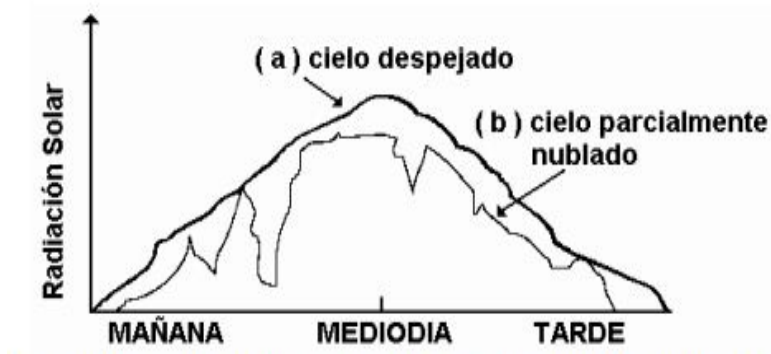


Figura 6. Radiación solar a lo largo de un día.

Se denomina HSP al número de horas diarias que, con una irradiación solar ideal de 1000 W/m^2 proporciona la misma irradiación solar total que la real de ese día. Este concepto se explica gráficamente en la figura 7.

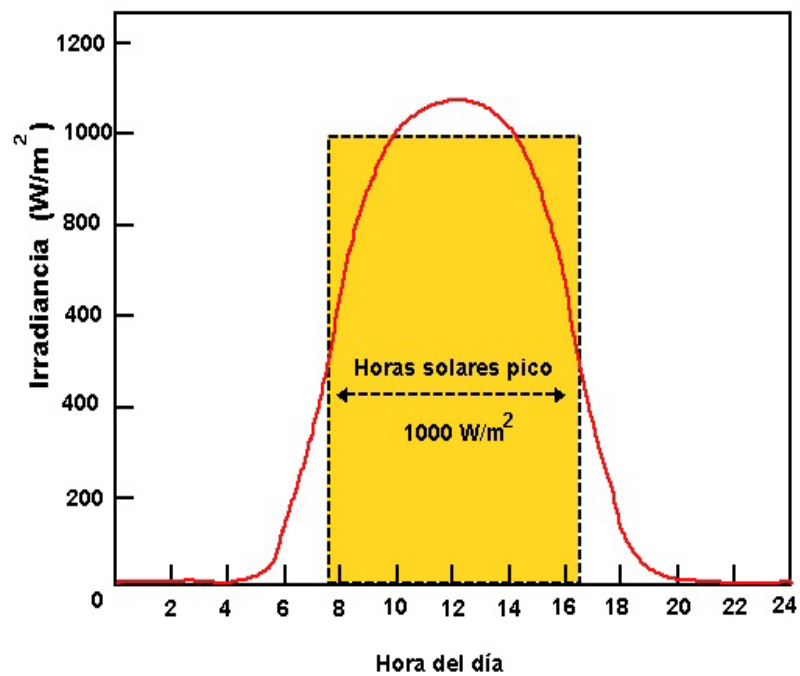


Figura 7. Horas solar pico (HSP).

2.2.5 Eficiencia del colector solar

Según Valera (2007), la eficiencia de un colector (η_E), se define como la relación entre la energía térmica útil ganada por el colector y la energía solar recibida o disponible ese día:

$$\eta_E = \frac{\text{Energía térmica útil (Et)}}{\text{Energía solar recibida (Es)}}$$

Se debe tener en cuenta la evolución de la temperatura en el tanque de almacenamiento de agua y la radiación solar correspondiente. Un colector plano puede llegar a temperaturas entre 65 - 90°C con una eficiencia de 40 a 60% (Valera, 2007).

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

Donde:

m: masa de agua en la terma: 100 L = 1×10^5 g

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

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

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

Donde:

e_s : Energía solar recibida. Es el área bajo la curva de la radiación solar vs los intervalos de tiempo, calculada mediante el método de aproximación trapezoidal.

A: Área del colector solar en m².

Regla del trapecio – cálculo por aproximación del área bajo la curva

La regla del trapecio compuesto o regla de los trapecios, es una forma de aproximar una integral definida utilizando “n” trapecios. En la formulación de este método se supone que $f(x)$ es continua y positiva en el intervalo $[a, b]$ (Peña, 2015).

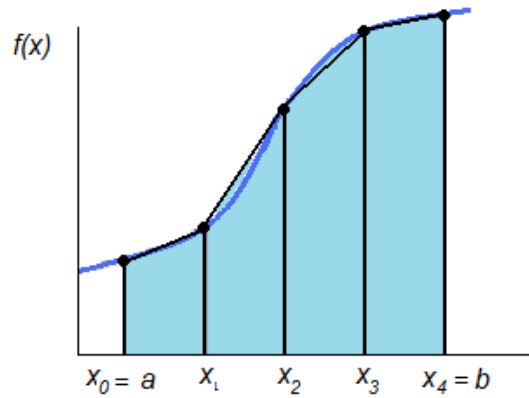


Figura 7. Aproximación del área bajo la curva - método del trapecio.

Para aproximar el área bajo curva, se divide el intervalo a, b en “ n ” intervalos de igual longitud: $\Delta x = \frac{b-a}{n}$

Los trapecios se trazan tomando cada uno de los subintervalos como uno de los lados no paralelos del trapecio y las imágenes de los extremos corresponden a las longitudes de los lados paralelos (bases), tal como se muestra en la figura 7.

Se calcula el área de cada uno de los trapecios y se suman para obtener el área aproximada bajo la curva, tal como se expresan:

$$\begin{aligned}
 \text{área} &= \left[\frac{f(x_0) + f(x_1)}{2} + \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2} + \dots \right. \\
 &\quad \left. + \frac{f(x_{n-1}) + f(x_n)}{2} \right] \left(\frac{b-a}{n} \right) \\
 &= \left(\frac{b-a}{2n} \right) [f(x_0) + f(x_1) + f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{n-1}) + f(x_n)] \\
 &= \left(\frac{b-a}{2n} \right) [f(x_0) + f(x_n) + 2(f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{n-1}))] \\
 &= \left(\frac{\Delta x}{2} \right) [f(x_0) + f(x_n) + 2(f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{n-1}))]
 \end{aligned}$$

2.3 Definición de términos básicos

Aislamiento térmico, con el aislante se debe tener un rango de grosor apropiado (no menor a 3 cm y preferentemente mayor a 5 cm), esto debido a que las pérdidas del colector se reducirán cuando el espesor del aislante sea mayor. Su disposición deberá incluir los laterales y el fondo del colector solar. El material de aislante térmico constituye un tema de gran importancia, debido a que estos tienen tendencia a la humedad por ser materiales fibrosos, como la lana de vidrio. Se recomienda el uso de aislantes que tengan coeficientes k que se encuentren entre 0,014 y 0,035 Kcal/h m°C y que sean estables. El aislante térmico más adecuado y fácil de conseguir es el poliestireno expandido, conocido como tecnopor.

Colector solar térmico, dispositivo que capta la radiación solar y la transforma en calor por operaciones consecutivas de transferencia de calor mediante radiación, conducción y convección. Su principio físico de funcionamiento se basa en el efecto invernadero, resultado de la característica que tiene un cuerpo transparente, que deja pasar a través suyo radiación electromagnética.

Colectores solares de placa plana, son elementos constituidos por una superficie absorbente de material de alta conductividad térmica y estable a la corrosión, que conjuntamente con los tubos conductores del fluido de trabajo, con el aporte del aislante térmico, la caja hermética y la cubierta de alta transparencia, hacen posible la ganancia térmica por efecto invernadero.

Circuito hidráulico, constituido por las tuberías y accesorios por donde circula el agua de la terma solar tanto fría como caliente, deben estar aisladas térmicamente.

Eficiencia energética, es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía. La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios.

Recubrimiento de la placa colectora, es el pigmento o pintura negro mate totalmente uniforme en toda la superficie de la placa colectora y las tuberías del colector solar.

Sistema de captación, formado por los colectores solares, encargados de transformar la radiación solar incidente, en energía térmica de forma que se caliente el fluido de trabajo (generalmente agua) que circula por ellos.

Tanque termo solar, dispositivo que se encarga de recibir y almacenar el agua que se calentó en el colector. Generalmente, es un tanque metálico o plástico aislado térmicamente del ambiente exterior para garantizar que sus pérdidas térmicas sean las mínimas posibles. El interior del tanque termo solar, debe estar recubierto por materiales que además de proteger su vida útil, mantenga condiciones de calidad del agua.

2.4 Hipótesis

La eficiencia energética de colectores solares con tubos verticales de PVC en termas solares está comprendida entre el 30% y 50%.

Las hipótesis planteadas o formuladas son estadísticas que resultan de la relación entre la radiación solar y el tipo de día.

2.4.1 Hipótesis nula

H₀: No existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de días para la determinación de la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

2.4.2 Hipótesis específica

H₀₁: No existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día nublado para la determinación de la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

H₀₂: No existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día combinado para la determinación de la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

H₀₃: No existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día soleado para la determinación de la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC para termas solares, Amazonas, 2017.

2.4.2.1 Hipótesis alterna

H_a: Existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de días para la determinación de la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC para termas solares, Amazonas, 2017.

2.4.2.2 Hipótesis alterna específica

H_{a1}: Existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día nublado para determinar la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

H_{a2}: Existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día combinado para determinar la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

H_{a3}: Existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día soleado para determinar la eficiencia energética del colector solar con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017.

Para la prueba de la hipótesis H₀ se empleó la prueba estadística CHI-Cuadrado (software Statistix v.8.0), en el Anexo 01 se muestra la tabla de resultados de la prueba.

Para esta evaluación se ha tomado una significancia del 5% y una confianza del 95%, por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

$$X^2_{cal} = 266,95$$

$$P = 0,000$$

$$\text{Grado de libertad (GL)} = 60$$

$$GL = (\text{Fila} - 1) * (\text{Columna} - 1)$$

$$GL = (31 - 1) * (3 - 1)$$

$$GL = 60$$

Para el presente caso:

$$P = 0,000$$

$P < 0,01$; por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0), en consecuencia, se toma la hipótesis alternativa (H_a), concluyéndose que la relación de dependencia entre la radiación solar y el tipo de días es altamente significativa para evaluar la variación de la eficiencia del colector solar de 1 m^2 con tubos verticales de PVC.

2.5 Determinación de variables

2.5.1 Variables

2.5.1.1 Variables independientes

Para la investigación se consideró como variables independientes:

- Radiación solar (KW/m^2)
- Humedad relativa (%)
- Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)
- Velocidad del viento (m/s)
- Precipitación (mm)

2.5.1.2 Variables dependientes

Para la investigación, se consideró las siguientes variables dependientes:

- Temperatura del agua al ingresar al colector solar (T_{eac}).
- Temperatura en el interior del colector solar (T_{ic}).
- Temperatura del agua al salir del colector solar al tanque de almacenamiento (T_{sac}).
- Temperatura del agua en el tanque de almacenamiento (T_{at}).
- Eficiencia del colector solar.

2.5.2 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables independientes.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Ítems
Radiación solar	Incidencia de radiación solar por unidad de área.	Radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra, medido por el piranómetro.	Nivel de energía solar	KW/m ²	Rs
Humedad relativa	Vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera.	Contenido de humedad en la atmosfera medido por el higrómetro.	Presencia de agua en el aire	Hr (%)	HR
Temperatura ambiente	Temperatura que se registra en el medio ambiente natural.	Temperatura de un determinado ambiente registrado por el termómetro.	Calentamiento o enfriamiento del medio ambiente	°C	Tamb
Precipitación	Medición de la cantidad de agua por efecto de la lluvia.	La altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana en mm o L/m ² .	Nivel de agua por lluvia	mm	LL

Tabla 2. Operacionalización de variables dependientes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Ítems
Temperatura del agua al ingresar al colector	Temperatura del agua que alimenta al colector solar.	Temperatura del agua que ingresa al colector solar registrado por el termómetro.	Temperatura	°C	Taec
Temperatura en el interior del colector solar	Temperatura por acción de la incidencia de la radiación solar.	Temperatura en el interior del colector solar registrado por el termómetro.	Temperatura	°C	Tic
Temperatura del agua a la salida del colector	Temperatura del agua que alimenta al colector solar.	Temperatura del agua que sale del colector solar registrado por el termómetro.	Temperatura	°C	Tasc
Temperatura del agua en el interior del tanque de almacenamiento	Temperatura del agua almacenada en el tanque.	Temperatura del agua en el nivel contenido en el tanque de almacenamiento registrado por el termómetro.	Temperatura	°C	Tat
Eficiencia del colector solar	Relación de la radiación solar/radiación incidente captada por el colector solar.	Energía útil para el calentamiento del agua.	% de energía solar empleado para calentar agua	%	nE(%)

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El prototipo del colector solar de tubos verticales de PVC para la adquisición de datos y análisis, se localizó en el Establo de la Estación Experimental Chachapoyas, en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, entre los paralelos 06°14'04" latitud sur, y 77°51'06" longitud oeste, a una altitud de 2 350 m.s.n.m., con temperatura ambiente promedio de 14,5 °C, en la ciudad de Chachapoyas, capital de la Región Amazonas.

3.2 Material y accesorios

3.2.1 Materiales para la construcción del colector solar

Para la construcción del prototipo del colector solar plano con parrilla de tubos verticales, se empleó los siguientes materiales:

- Tubo cuadrado de aluminio negro de 1" x 1": 6 metros.
- Tubo rectangular de aluminio negro de 1,5" x 3,5": 5 metros
- Codo de PVC para agua caliente de 3/4" x 90°: 02
- Tubos de PVC para agua caliente de 3/4" : 3 unidades (18 metros)
- Te de PVC para agua caliente de 3/4": 20 unidades
- Uniones simples de PVC para tubos de agua caliente de 3/4": 22 unidades
- Unión universal de PVC de 1/2": 02 unidades
- Reducción de tubo de 3/4" a 1/2": 02 unidades
- Pegamento 207 cemento para tubos CPVC: 02 unidades de 59 mL cada una
- Pintura esmalte mate negro de 1/8 galón: 01 tarro
- Thinner acrílico: 600 mL
- Vidrio transparente incoloro de 4 mm de espesor: 1 m²
- Silicona universal de alta temperatura para vidrio y sellar el marco de aluminio: 02 cartuchos

- Tecnopor de 1": 01 plancha de medida estándar (1,20 m x 2,40 m)
- Papel aluminio de 25 pies: 02 unidades
- Plancha de triplay de 4 mm: 01 unidad de medida estándar (1,20 m x 2,40 m)
- Plancha de calamina simple: 01 unidad de medida estándar (0,80 m x 1,80 m)

3.2.2 Componentes para la adquisición de datos de temperatura

Para la medición y registro de datos de temperatura se empleó los siguientes componentes:

- Sensores de temperatura DS18B20 con rango de temperaturas de - 55 °C a 125 °C: 04 unidades
- Módulo Arduino UNO: 02 unidades
- Memoria SD de 16Gb: 02 unidades
- Módulo Datalogger para Arduino UNO: 02 unidades
- Fuente de alimentación de energía para Arduino UNO: 02 unidades
- Cable vulcanizado para extensión de energía eléctrica de 10 m: 01 unidad
- Caja de plástico 30 cm x15 cm x10 cm para el encapsulado del módulo Arduino UNO: 01 unidad
- Computadora PC (Laptop): 01 unidad

3.2.3 Herramientas y accesorios

Para facilitar el trabajo en la construcción del prototipo del colector solar, fue necesario contar con las siguientes herramientas y accesorios:

- Amoladora eléctrica: 01 unidad
- Taladro eléctrico: 01 unidad
- Brocas para metal de diversas medidas: 01 juego
- Arco con hoja de sierra para metal: 01 unidad
- Desarmador estrella estándar: 01 unidad
- Desarmador plano estándar: 01 unidad

- Escuadra metálica: 01 unidad
- Wincha de longitud de 5 metros: 01 unidad
- Lija para metal N° 100: 01 hoja
- Lima plana para metal: 01 unidad
- Lima redonda para metal: 01 unidad
- Tijera para cortar calamina: 01 unidad
- Brocha de cerda de 1" y 2": 02 unidades
- Cinta aislante 3M: 01 unidad
- Tornillos para asegurar el marco de aluminio para el colector solar: 40 unidades
- Tornillos para fijar el triplay en el marco de aluminio del colector solar: 24 unidades

3.2.4 Estación meteorológica del INDES – CES

De la estación meteorológica: (Davis, modelo Vantage Pro 2 Plus), localizado dentro del Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, se obtuvieron datos desde el 15 de octubre al 15 de noviembre del 2017, totalizando de 31 días de muestra:

- Radiación solar (kW/m²)
- Precipitación pluvial (mm)
- Temperatura ambiente (°C)
- Velocidad del viento (m/s)

3.2.5 Construcción del prototipo del colector solar

El parámetro básico que caracteriza al colector solar es su eficiencia, que es la relación entre la energía térmica útil ganada en el colector y la energía solar que incide en el colector. Esta dependerá de las dimensiones del colector, tiempo de operación y de factores externos tales como: condiciones meteorológicas y disposición del colector en relación a la tierra (NTP 399.400, 2001), (ASHRAE Standard 93-77,1977), para la construcción y evaluación de la eficiencia del colector solar propuesto se consideró las especificaciones detalladas en la Tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones de diseño del colector solar.

Item	Descripción	Especificaciones
1	Área del panel colector (m ²)	1,00
2	Largo interior de colector (m)	1,20
3	Ancho interior de colector (m)	0,84
4	Largo total del colector (m)	1,28
5	Ancho total del colector (m)	0,92
6	Altura total del colector (m)	0,089
7	Material del marco del colector	Tubo rectangular de aluminio negro
8	Triplay para base del colector (mm)	4
9	Vidrio incoloro que tapa el colector solar (mm)	4
10	Material de la parrilla del colector solar	Tubos de PVC para agua caliente
11	Diámetro de tubos del colector solar (pulgadas)	3/4
12	Espesor de tubos del colector (mm)	1,25
13	Cantidad de tubos de PVC del colector (unidades)	12
14	Distancia entre tubos de PVC del colector (mm)	65
15	Tipo de aislamiento térmico del colector	Tecnopor
16	Espesor de aislamiento térmico del colector (mm)	25,4
17	Placa absorbente de radiación solar: Calamina	0,5 mm
18	Tipo de pintura esmalte	Negro mate

3.2.6 Construcción del marco del colector solar

De acuerdo a las especificaciones de la Tabla 3, se construyó de forma rectangular de tubo de aluminio de color negro de 120 cm x 84 cm (Fotografía 1), se eligió este material para captar la mayor concentración de la radiación solar incidente sobre el colector solar.



Fotografía 1. Ensamblaje del marco de aluminio para el colector solar.

De acuerdo a las dimensiones del marco, se cortó el triplay de 4 mm de espesor de 120 cm x 84 cm (Fotografía 2), para proteger la base sobre la cual se montarán el tecnopor de una pulgada forrado con papel aluminio que conservará la temperatura interna del colector, la calamina pintada de color negro mate que captará mejor la incidencia de la radiación solar y la parrilla de tubos y accesorios de PVC para agua caliente pintados de color negro mate, que permitirán ganar mayor temperatura para calentar el agua que circulará por el interior de los tubos.



Fotografía 2. Revestimiento de la base con triplay.

La construcción del marco del colector solar concluye con el montaje del tecnopor de una pulgada con medidas internas de 120 cm x 84 cm, forrado cuidadosamente con el papel de aluminio (Fotografía 3).



Fotografía 3. Plancha de tecnopor forrado con papel aluminio en la base del marco del colector solar.

3.2.7 Ensamblaje de la parrilla de 12 tubos de PVC

De acuerdo a las dimensiones del marco del colector que es de 120 cm x 84 cm, se cortaron 12 tubo de PVC de 3/4" de 114 cm de longitud cada uno, dado que se está descontando 6 cm que corresponden a las alturas de las dos "T" para unir los extremos de la parrilla de tubos.

Una vez acoplado las "T", tanto en el extremo superior e inferior de los tubos verticales de PVC, éstos lateralmente serán conectados con uniones de 4,5 cm de PVC de 3/4" (Fotografía 4). Se muestra terminado en la Fotografía 8.



Fotografía 4. Accesorios de PVC para agua caliente de 3/4": te, unión simple y codos.

Previo al ensamblaje y pintado de la parrilla de tubos de PVC en el marco del colector, se realizó pruebas para detectar fuga de agua en las uniones o empalmes de la parrilla, para ello se inyectó agua con una manguera por el extremo inferior de la parrilla para que salga por la parte superior, como será su funcionamiento normal y se constató que no ocurrió ninguna fuga de agua.

El volumen de agua que contiene la parrilla conformada por los 12 tubos de PVC (Fotografía 5), es de 4,10 litros.



Fotografía 5. Corte y ensamblaje de los 12 tubos verticales de PVC con tes y codos.

Ensamblaje completo del colector solar (Fotografía 6):

- Colocado del tecnopor como aislante térmico
- Colocado de la calamina como absorbente de la radiación solar.
- Colocado de la parrilla con 12 tubos de PVC
- Colocado de la tapa de vidrio al marco del colector solar.



Fotografía 6. Ensamble y acople completo en el armazón de aluminio.

3.2.8 Pintado y ensamblaje final del colector solar

De acuerdo a las especificaciones de la Tabla 3, se procedió al corte de la calamina en dimensiones de 120 cm x 84 cm; asimismo se procedió al pintado con esmalte mate negro tanto los tubos como la calamina, operación que se repitió tres veces para que la pintura se adhiriera y se uniformice el acabado (Fotografía 7).



Fotografía 7. Calamina y tubos verticales de PVC pintados con esmalte negro mate.

Para el acople del colector solar a las tuberías de agua caliente y agua fría (Fotografía 8), se empleó:

- Niples
- Unión universal
- Reductores de 3/4 a 1/2"
- Aislamiento térmico lateral para la conservación de la temperatura interna en el colector
- Tapa de vidrio fijada con silicona

El peso del colector solar terminado es de 20 kg.



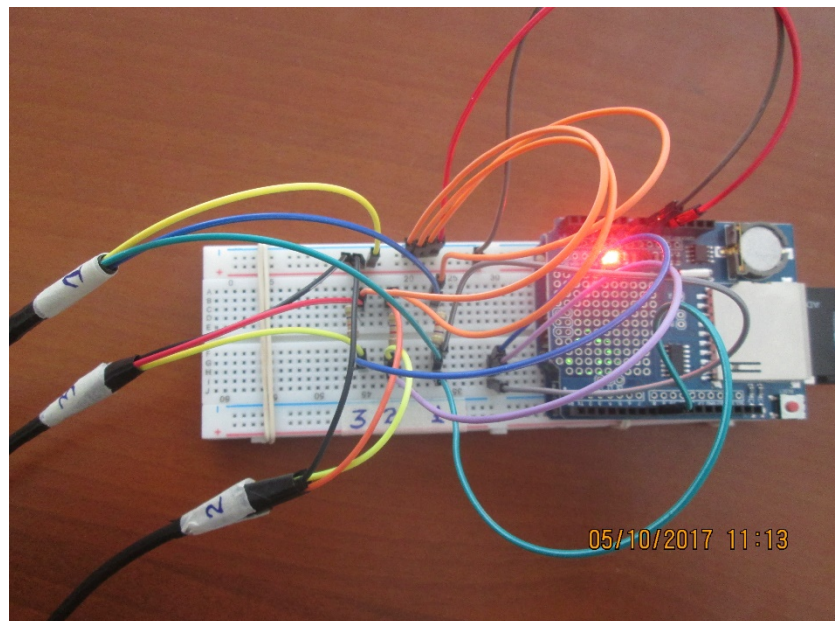
Fotografía 8. Colector solar terminado.

3.2.9 Ensamblaje del colector solar en la Estación Experimental Chachapoyas

El colector solar construido, se acopló al sistema ya existente (tanque de almacenamiento para 100 litros de agua caliente), soporte para el posicionamiento del colector solar en la dirección norte – sur, con el lado sur levantado para tener una inclinación de 30°, para maximizar la captación de la radiación solar, siendo la trayectoria del sol de este a oeste; en la Estación Experimental Chachapoyas de la UNTRM, realizándose las conexiones hidráulicas de entrada y salida de agua.

Se instaló y conectó los sensores de temperatura en cuatro sectores de la terma solar (Fotografía 9, 10 y 11):

- Un sensor modelo DS18B20 en la parte inferior derecha del colector solar, en la tubería por donde ingresará el agua fría (sensor de temperatura en la entrada del agua fría).
- Un sensor modelo DS18B20 en el interior del colector, ubicado en el centro de la parrilla de tubos de PVC del colector solar (sensor de temperatura en el interior del colector solar).
- Un sensor modelo DS18B20 en la parte superior izquierda en la tubería por donde saldrá el agua caliente del colector solar (Sensor de temperatura en la salida de agua caliente).
- Un sensor modelo DS18B20 en la parte interior del tanque de almacenamiento de agua caliente a una profundidad de 20 cm del nivel de agua. Este sensor de temperatura, se colocó en una boya para que el sensor gradualmente se vaya elevando a medida que se va llenando el tanque con el agua, quedando siempre el sensor a una profundidad de 20 cm, cuando el tanque se haya llenado completamente con agua.



Fotografía 9. Módulo Arduino UNO, Datalogger y el sistema de sensores de temperatura.



Fotografía 10. Sistema de adquisición de datos de temperatura ubicado debajo del colector solar.



Fotografía 11. Ubicación del colector solar en la zona de pruebas.

3.2.10 Frecuencia para el registro de datos

Se registraron datos por 31 días, cambiando cada día toda el agua del tanque de almacenamiento y del colector solar.

La toma o registro de datos de temperaturas se programó en Arduino UNO en intervalos de 15 minutos, se consideró este intervalo de tiempo para coincidir con la estación meteorológica (Davis modelo Vantage Pro 2 Plus), cuyo intervalo para la toma de datos está programado cada 15 minutos.

El registro de datos se llevó en dos modos:

- En el modo continuo de 24 horas, para evaluar el comportamiento de la conservación de la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento de agua caliente.
- En el modo de ocho horas (desde las 8:00 am – 4:00 pm), para evaluar el comportamiento del colector solar con la incidencia de la radiación solar durante las horas de luz del día para calentar el agua.

3.2.11 Determinación de la eficiencia del colector solar

Para calcular la eficiencia del colector solar, se siguió el procedimiento descrito por Valera (2007), que se muestra en la sección 2.2.5 de la presente tesis.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Se tomó 31 días para el registro de datos, tomándose 97 registros durante las 24 horas del día y en intervalos de 15 minutos cada uno.

3.3.2 Muestra

El intervalo de hora solar pico (HSP) disponible para la radiación solar comprende desde las 8:00 horas a 16:00 horas, es decir 8 horas, se tomó 33

registros, cada registro en intervalos de 15 minutos; observándose para cada día intervalos de periodos nublados, combinados y soleados, respectivamente.

3.3.3 Procedimiento para la recolección de datos

- a. Se instaló cuatro (04) sensores de temperatura DS18D20: tres sensores en el colector de 1 m² de tubos verticales de PVC y un sensor en el interior del tanque de almacenamiento para agua caliente.
- b. Como interface para la adquisición de datos de forma automática por 24 horas continuas, se usó el módulo Arduino UNO, almacenándose los datos en una memoria SD de 16 Gb.
- c. Se programó el módulo Arduino UNO para el registro de las temperaturas de los cuatro sensores en intervalos de 15 minutos.
- d. Cada día, a las 7:00 am se abrió la válvula del colector solar para el vaciado total del agua almacenada del día anterior, para luego llenar la terma solar con agua de la red pública, para la evaluación correspondiente.
- e. A medida que aumentó la incidencia de la radiación solar sobre la parrilla de tubos de PVC del colector durante el día, el agua caliente por efecto termosifón se fue almacenando gradualmente en la parte superior del tanque, y de la base de éste fluía el agua fría hacia el colector solar.
- f. Cada semana se descargó los datos registrados de temperaturas del Arduino UNO, en una computadora personal para ser procesados.

3.3.4 Recolección y registro de datos

Para la recolección y registro de datos, se consideró el siguiente criterio:

1. **Para los periodos nublados del día**, se seleccionó intervalos de tiempo donde la radiación solar comprendía el rango de 0 a 600 W/m².

2. **Para los periodos combinados del día**, se seleccionó intervalos de tiempo donde la radiación solar comprendía el rango de 600 a 800 W/m².
3. **Para los periodos soleados del día**, se seleccionó intervalos de tiempo donde la radiación solar comprendía valores mayores a 800 W/m².

IV. RESULTADOS

La Tabla 4, corresponde al registro de datos de las horas solar pico (HSP), lo que permitirá evaluar la eficiencia del colector solar de PVC; se puede observar los principales parámetros: el comportamiento de las temperaturas en el colector solar, tanque de almacenamiento y de los niveles de la radiación solar.

En la columna “Estado radiación”, se categorizan los tres niveles de radiación solar con los que se determinaron los días con periodos nublados, combinados y soleados respectivamente.

Tabla 4. Radiación solar total sobre el colector en un día de evaluación.

26/10/2017	Start logging	Start logging	Start logging	Start logging	Cambiando el agua del tanque de almacenamiento						
Time	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura ambiente (°C)	Velocida del viento (m/s)	Precipitación diaria (mm)	Radiación solar (W/m ²)	Radiación solar (W/m ²)	Estado del día	Área: KW.h/m ²)
8:00 AM	15.25	25.31	17.87	16.31	13.9	0.9	0	207	0.207	Nublado	0.082
8:16 AM	15.25	30.50	22.69	19.25	14	0	0	450	0.45	Nublado	0.103
8:29 AM	17.44	35.94	30.44	24.12	14.2	0	0	371	0.371	Nublado	0.091
8:45 AM	28.75	39.00	37.94	29.00	14.9	0	0	355	0.355	Nublado	0.113
9:01 AM	29.12	41.38	38.88	28.87	15.6	0	0	550	0.55	Nublado	0.152
9:17 AM	29.81	40.75	38.00	28.94	16.8	1.9	0	663	0.663	Combinado	0.155
9:29 AM	29.75	38.81	36.81	29.06	16.3	0	0	578	0.578	Nublado	0.130
9:46 AM	30.69	46.81	41.44	29.25	16.2	1.3	0	464	0.464	Nublado	0.124
10:02 AM	31.06	48.38	42.38	30.37	16.6	1.8	0	529	0.529	Nublado	0.150
10:14 AM	31.25	53.75	44.00	32.25	17.3	0	0	668	0.668	Combinado	0.125
10:30 AM	31.75	56.69	45.31	34.19	18.6	1.1	0	329	0.329	Nublado	0.094
10:47 AM	32.63	56.19	46.00	35.56	18.8	2.1	0	420	0.42	Nublado	0.134
10:59 AM	32.81	57.00	45.69	36.56	19.5	0	0	649	0.649	Combinado	0.128
11:15 AM	32.88	46.81	41.19	37.56	19.8	1.8	0	378	0.378	Nublado	0.087
11:31 AM	33.38	47.44	42.38	38.25	20	1.4	0	316	0.316	Nublado	0.080
11:44 AM	33.81	53.69	43.25	38.13	20.7	1.3	0	327	0.327	Nublado	0.087
12:00 PM	34.94	47.50	44.00	37.56	21	2.1	0	371	0.371	Nublado	0.094
12:16 PM	35.88	47.44	43.94	35.69	21.2	0	0	380	0.38	Nublado	0.111
12:32 PM	36.50	47.38	44.00	35.56	21.8	1.1	0	506	0.506	Nublado	0.228
12:45 PM	37.25	45.00	43.13	35.44	22.1	3.1	0	1315	1.315	Soleado	0.309
1:01 PM	36.88	46.69	42.94	35.31	21.2	1.4	0	1155	1.155	Soleado	0.280
1:17 PM	37.50	46.75	43.88	35.25	20.8	2.4	0	1088	1.088	Soleado	0.271
1:29 PM	37.63	46.69	43.69	35.13	21.1	1.4	0	1083	1.083	Soleado	0.260
1:45 PM	38.13	45.13	43.06	35.06	22.2	0.9	0	998	0.998	Soleado	0.240
2:02 PM	36.81	41.13	41.13	35.06	22.8	5.1	0	921	0.921	Soleado	0.220
2:14 PM	35.81	39.63	39.75	35.00	23.2	3.8	0	840	0.84	Soleado	0.207
2:30 PM	33.63	37.69	38.13	34.94	22.6	1.4	0	819	0.819	Soleado	0.204
2:46 PM	31.25	35.63	36.19	34.81	22.7	0.8	0	809	0.809	Soleado	0.204
2:59 PM	30.00	34.31	35.63	34.75	22.5	2.1	0	821	0.821	Soleado	0.151
3:15 PM	28.19	33.56	33.88	34.75	22.5	4.1	0	383	0.383	Nublado	0.087
3:31 PM	27.50	34.19	33.63	34.69	23.1	5.5	0	316	0.316	Nublado	0.054
3:47 PM	26.50	33.25	32.63	34.63	23.2	2.3	0	118	0.118	Nublado	0.030
4:00 PM	26.06	32.56	31.75	34.63	23.1	3.3	0	120	0.12	Nublado	0.015
											4.798
									Radiación	Frecuencia	Área
Periodos nublados:									7.468	20	2.045
Periodos Combinados:									1.98	3	0.408
Periodos soleados:									9.849	10	2.346
Total:									19.30	33	4.799

4.1 Condiciones ambientales

Los resultados obtenidos corresponden al periodo comprendido entre el 15 de octubre al 15 de noviembre del 2017, tanto las condiciones ambientales (temperatura ambiente, humedad y nubosidad), así como la radiación solar en el periodo indicado, presentaron fluctuaciones en los 31 días evaluados.

Durante los 31 días evaluados, la mayor parte de días presentaron tres periodos: nublados, combinados y soleados, es decir no hubo un solo día dentro de las HSP, días totalmente combinados o soleados, excepto días nublados.

4.2 Periodos del día de evaluación

Para evaluar la nubosidad del día, se tomó en cuenta sus condiciones ambientales, observándose generalmente que en los días se presentaron los siguientes periodos:

- **Nublado:** intervalo de horas del día con ausencia visible del sol.
- **Combinado:** intervalo de horas del día con presencia y ausencia visible del sol.
- **Soleado:** intervalo de horas del día con presencia visible del sol.

4.3 Análisis de datos

Los resultados promedio de los datos agrupados por cada tipo de días evaluados (nublados, combinados y soleados), para la determinación de la eficiencia del colector solar por cada tipo de día, se consideraron los siguientes parámetros:

- Temperatura ambiente (proporcionado por la estación meteorológica INDES-CES).
- Temperatura de entrada de agua fría al colector (sensor DS18B20 – Arduino)
- Temperatura en el interior del colector solar (sensor DS18B20 – Arduino).
- Temperatura del agua a la salida del colector hacia el tanque de almacenamiento de agua caliente (sensor DS18B20 – Arduino).
- Temperatura en el tanque de almacenamiento de agua caliente (sensor DS18B20 – Arduino).

- Datos de la radiación solar (proporcionado por la estación meteorológica INDES-CES)
- Para cada tipo intervalo (nublados, combinados y soleados), se consideró para la evaluación de la eficiencia las temperaturas promedio durante el día.

En la figura 8 y figura 9 se muestran el registro de datos durante los 31 días que duró el estudio.



Figura 8. Periodos nublados durante 31 días.

En la figura 8, se ilustra el comportamiento de los periodos nublados, donde se observa que los 31 días se presentaron con intervalos nublados, siendo los días 9, 23 y 29, días totalmente nublados y la radiación solar incidente sobre el colector solar de PVC fue difusa.



Figura 9. Periodos combinados durante 31 días.

En la figura 9, se ilustra el comportamiento de los periodos combinados, donde se observa que 29 días presentaron con intervalos combinados, en tanto que los días 9 y 23 fueron días totalmente nublados, por lo que la radiación solar incidente sobre el colector solar de PVC fue tanto directa como difusa.



Figura 10. Periodos soleados durante 31 días.

En la figura 10, se ilustra el comportamiento de los periodos soleados, donde se muestra que 27 días se presentaron con intervalos soleados y en los días 9, 22, 23 y 29 fueron días nublados, y la radiación solar incidente sobre el colector solar fue tanto directa como difusa.

4.3.1 Temperaturas durante 24 horas en día nublado

En la figura 11, se ilustra los resultados del día 23/10/2017, con periodos predominantemente nublados; se muestra los gráficos del comportamiento de las temperaturas y de la radiación solar durante las 24 horas.

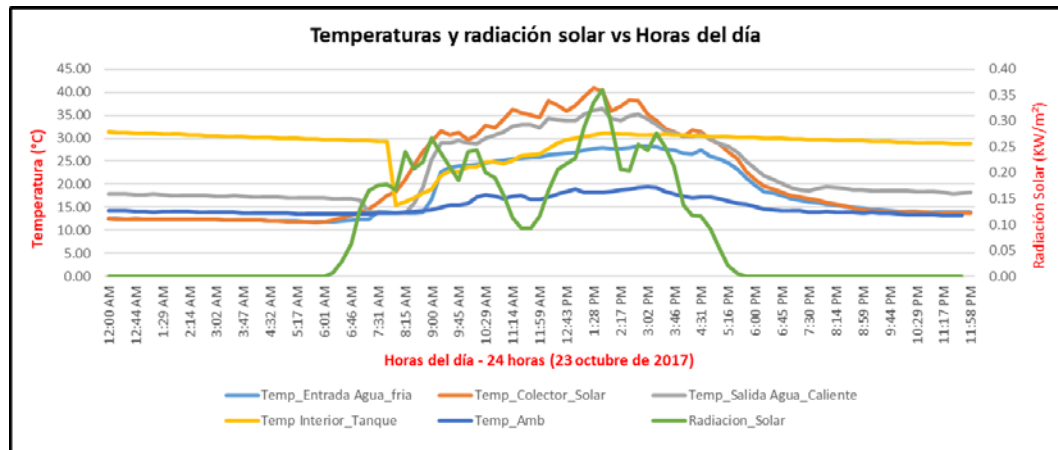


Figura 11. Comportamiento de temperaturas y radiación solar durante 24 horas para días nublados.

A continuación, se describen los parámetros de la figura 11 en el que se muestran las curvas del comportamiento de las temperaturas:

- Temp_Amb, es la temperatura del medio ambiente.
- Temp_Entrada_Agua_Fria, es la temperatura registrada cuando ingresa el agua fría por la parte inferior del colector solar de PVC.
- Temp_Colector_Solar, es la temperatura registrada en el interior del colector solar de PVC, esta temperatura da lugar al termosifón natural.
- Temp_Salida_Agua_Caliente, es la temperatura registrada cuando sale el agua caliente por la parte superior del colector solar de PVC con dirección al tanque.
- Temp_Interior_Tanque, es el registro de la temperatura del agua caliente en el tanque de almacenamiento.
- Radiación_Solar, es la radiación solar (directa, reflejada y difusa que se presenta durante el transcurso del día)

La temperatura registrada en el interior del tanque de almacenamiento de agua caliente (Temp_Interior_Tanque), se mantiene a un nivel casi constante durante las 24 horas del día en 31,69°C a 28,75°C en periodos predominantemente nublados en el día.

4.3.2 Temperaturas durante las HSP (8:00 am – 4:00 pm) en día nublado

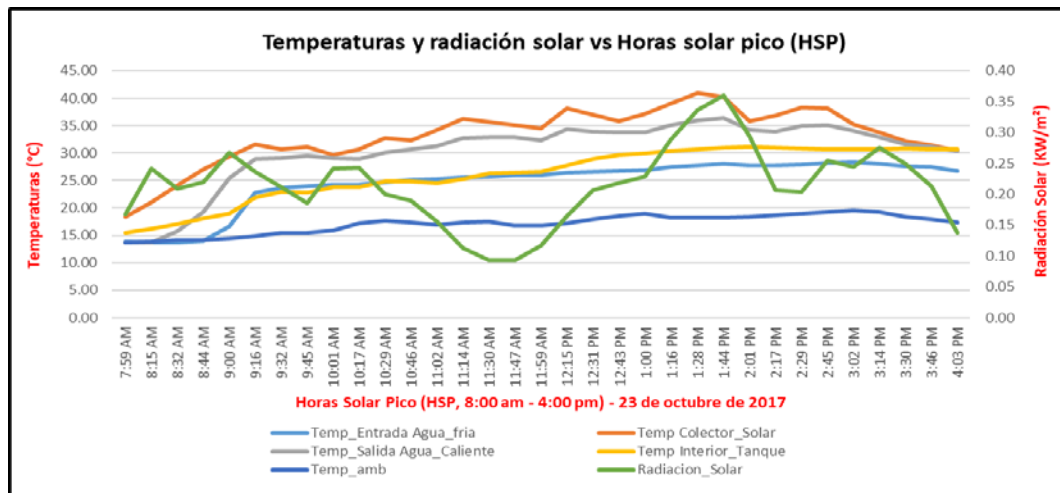


Figura 12. Comportamiento de las temperaturas durante 8 horas (8:00 – 16:00 horas) en periodos nublados durante las horas solar pico (HSP)

En la figura 12, se ilustra los resultados del día 23/10/2017, con periodos predominantemente nublados; se muestra el comportamiento de las temperaturas durante las horas solar pico (HSP).

La temperatura alcanzada durante las HSP por el colector solar (Temp_Panel_Solar), a la 1:28 pm, es de 40,88°C, siendo la temperatura ambiente de 18,2°C, y la radiación solar en ese tiempo fue de 340 W/m².

La temperatura en el tanque de almacenamiento para agua caliente (Temp_Interior_Tanque), se fue incrementando durante el día, desde los 15,5 °C hasta llegar a 30,62 °C.

4.3.3 Temperaturas durante 24 horas en día combinado

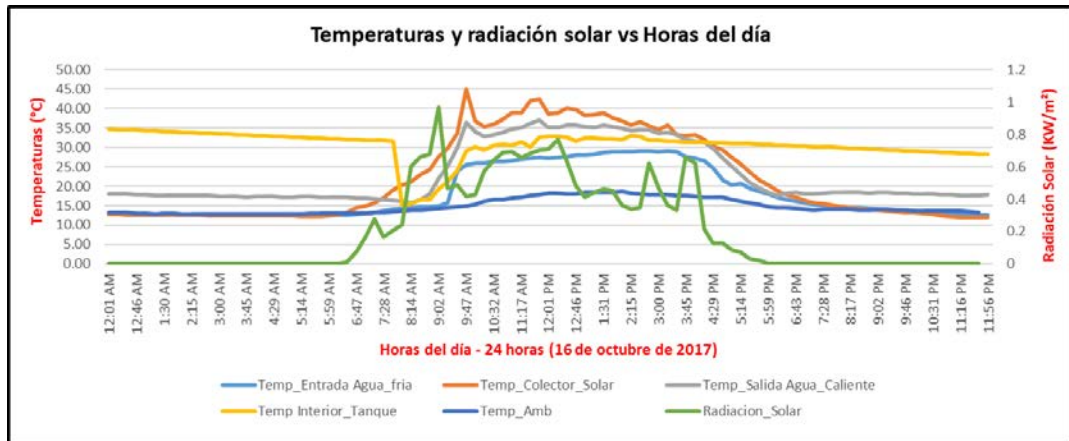


Figura 13. Comportamiento de las temperaturas y radiación solar durante 24 horas en periodos combinados.

En la figura 13, se ilustra los resultados del día 16/10/2017, con periodos predominantemente nublados; se muestra el comportamiento de las temperaturas y la radiación solar durante las 24 horas.

La temperatura registrada en el interior del tanque de almacenamiento de agua caliente (Temp_Interior_Tanque), se mantiene a un nivel casi constante durante las 24 horas del día de 32,88°C a 28,13 °C en periodos predominantemente combinados en el día.

4.3.4 Temperaturas durante las HSP (8:00 am – 4:00 pm) en día combinado

En la figura 14, se ilustra el comportamiento de las temperaturas durante las horas solar pico (HSP). La temperatura alcanzada durante las HSP por el colector solar (Temp_Panel_Solar), a la 9:47 am, es de 44,81 °C, siendo la temperatura ambiente de 14,9 °C, y la radiación solar en ese tiempo fue de 420 W/m².

La temperatura en el tanque de almacenamiento para agua caliente (Temp_Interior_Tanque), se va incrementando durante el día desde los 15,10 °C hasta llegar a 31,38 °C.

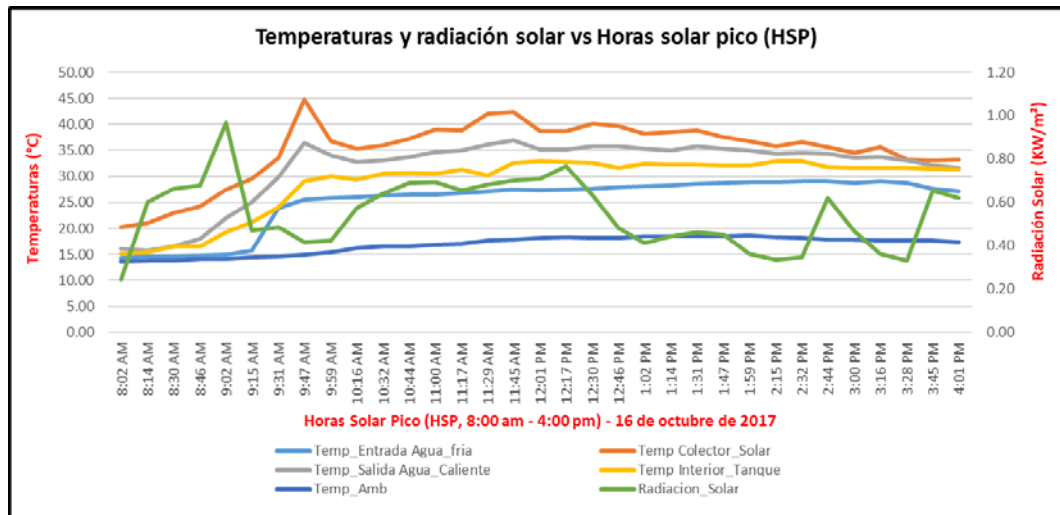


Figura 14. Comportamiento de las temperaturas durante 8 horas (8:00 – 16:00 horas), en periodos combinados durante las horas solar pico (HSP)

4.3.5 Temperaturas durante 24 horas en día soleado

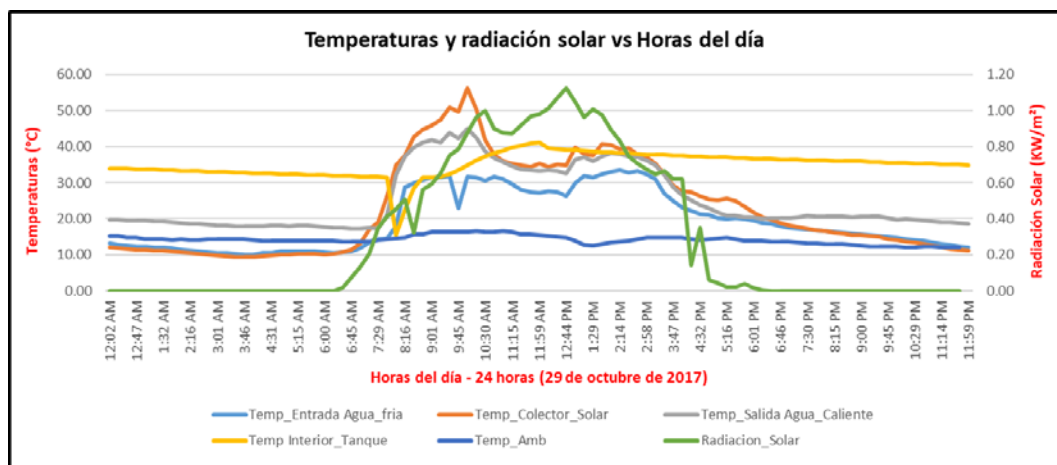


Figura 15. Comportamiento de las temperaturas y radiación solar durante 24 horas para días soleados.

La temperatura registrada en el interior del tanque de almacenamiento de agua caliente (Temp_Interior_Tanque), se mantiene a un nivel casi constante durante las 24 horas del día de 41,19°C a 34,88°C en periodos predominantemente soleados en el día (figura 15).

4.3.6 Temperaturas durante las HSP (8:00 am – 4:00 pm) en día soleado

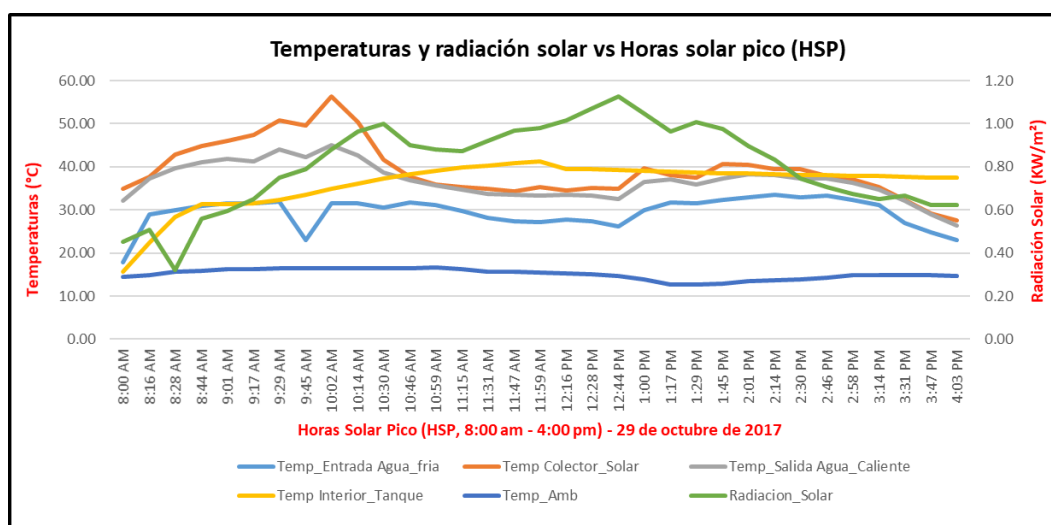


Figura 16. Comportamiento de las temperaturas durante 8 horas (8:00 – 16:00 horas), en periodos soleados durante las horas solar pico (HSP).

En la figura 16, se ilustra el comportamiento de las temperaturas durante las horas solar pico (HSP) en periodos soleados. La temperatura alcanzada durante las HSP por el colector solar (Temp_Panel_Solar), a la 10:02 am, es de 56,31°C, siendo la temperatura ambiente de 16,4°C, y la radiación solar en ese tiempo fue de 880 W/m².

La temperatura en el tanque de almacenamiento para agua caliente (Temp_Interior_Tanque), se va incrementando durante el día desde los 15,56°C hasta llegar a 40,88°C.

4.4 Resultados en días con periodos nublados

En este periodo, los valores de la radiación solar son mínimos; sin embargo, en el colector solar de tubos de PVC se produjo el efecto termosifón lográndose impulsar agua caliente hacia el tanque de almacenamiento con temperaturas mayores a la temperatura ambiente. En las fotografías 12 y 13, se muestran los periodos nublados durante el día.



Fotografía 12. Día nublado, a las 8:00 am.



Fotografía 13. Día nublado, a la 1:18 pm.

4.5 Evaluación de la radiación solar en días nublados

En la tabla 5, se muestran los 31 días evaluados, la radiación solar fue bastante divergente, a pesar de todo ello, el efecto de la radiación solar directa y difusa activaron el efecto invernadero en el interior del colector solar, produciendo el termosifón natural, para que el agua circule de la parte inferior del colector solar hacia su parte superior o salida de la parrilla de tubos de PVC debido a que la densidad del agua caliente es menor que la del agua fría, lo que hace que el agua caliente ascienda del colector hacia el tanque de almacenamiento de agua caliente.

Tabla 5. Registro de la radiación solar durante 31 días en periodos nublados.

Período del día	Día	Nº Intervalos nublados	Radiación acumulada kW/m²
Períodos nublados	1	23	9,37
Períodos nublados	2	17	7,07
Períodos nublados	3	27	7,27
Períodos nublados	4	14	3,82
Períodos nublados	5	24	7,45
Períodos nublados	6	30	9,48
Períodos nublados	7	22	7,81
Períodos nublados	8	19	5,80
Períodos nublados	9	33*	7,07
Períodos nublados	10	28	10,43
Períodos nublados	11	20	7,76
Períodos nublados	12	20	7,47
Períodos nublados	13	10	3,95
Períodos nublados	14	14	5,68
Períodos nublados	15	5	2,44
Períodos nublados	16	18	5,08
Períodos nublados	17	20	9,43
Períodos nublados	18	10	4,88
Períodos nublados	19	11	5,04

Períodos nublados	20	13	4,21
Períodos nublados	21	26	9,54
Períodos nublados	22	30	8,33
Períodos nublados	23	33*	7,90
Períodos nublados	24	17	2,73
Períodos nublados	25	20	5,88
Períodos nublados	26	20	6,67
Períodos nublados	27	21	8,04
Períodos nublados	28	12	4,57
Períodos nublados	29	32	8,79
Períodos nublados	30	28	10,63
Períodos nublados	31	22	6,46
Promedios		20,20	6,81
Total acumulado en kW			211,05

*33 representa todo el día nublado.

En la tabla 5, se muestra que la radiación solar (kW/m^2), es divergente para cada uno de los 31 días evaluados. Para determinar que el día es nublado se consideró como parámetro que la radiación solar oscile entre $(0 - 600) \text{ W/m}^2$. El máximo número de registros para la toma de datos de los sensores de temperatura fue de 33 intervalos de 15 minutos cada una; con la misma frecuencia que la estación meteorológica registró los datos de radiación solar y temperatura ambiente, durante las 8 horas de evaluación (8:00 am – 4:00 pm).

Se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 5):

- Durante los 31 días se registró periodos nublados.
- Se registró 2 días (9 y 23), como días totalmente nublados.
- El día 15, es el día más despejado, pero que la radiación solar no superó los 600 W/m^2 .
- En promedio, el número de intervalos para los días nublados fue: 20,61.
- En promedio, la radiación solar captada por 20,61 intervalos, fue: $6,81 \text{ kW/m}^2$.

- Diecisiete (17) días están por encima del promedio (6,81 kW/m²), de la radiación solar acumulada de acuerdo al número de intervalos.
- La radiación solar acumulada durante los 31 días fue: 211,05 kW.

4.6 Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con periodos nublados

Procedimiento para el cálculo de la eficiencia del colector solar

Para cada uno de los 31 días en sus periodos nublados, se calculó la eficiencia con la siguiente ecuación:

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

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

Donde:

m: masa de agua en la terma = cantidad de litros alcanzados (L) = (0,4 a 1)x10⁵ 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 calculó por el área bajo la curva (radiación solar vs los intervalos de tiempo); el método utilizado para el cálculo del área bajo la curva, fue la sumatoria de las áreas por aproximación trapezoidal, siendo "h1, h2..." las alturas (radiación solar) y "b" la base (tiempo en periodos iguales, para el presente estudio, b=15 minutos lo que en horas representa 0,25 h), como se muestra en la Figura 17.

A: Se refiere al área efectiva del colector solar de PVC, que para el presente estudio es de 1 m².

$$\text{área (aprox. trapezoidal)} = b \cdot \frac{(h1 + h2)}{2} + b \cdot \frac{(h2 + h3)}{2} + \dots$$

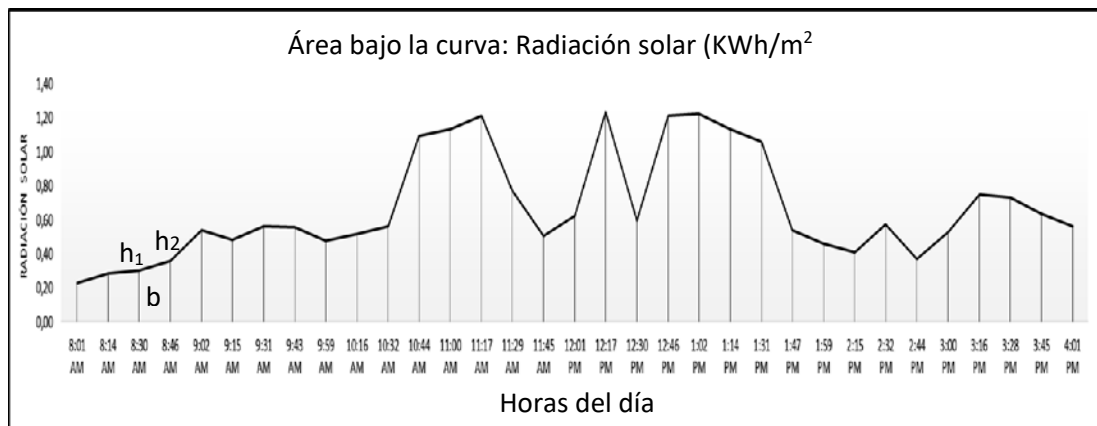


Figura 17. Cálculo del área bajo la curva – Método por aproximación trapezoidal.

4.7 Resultados de la eficiencia del colector solar en días con periodos nublados

En la tabla 6, se detallan los cálculos realizados con los parámetros considerados para determinar la eficiencia del colector solar para periodos nublados.

Tabla 6. Cálculo de la eficiencia durante 31 días en periodos nublados.

Día	Descripción	$E_T = m * c * \Delta T$	e_s	$E_s = e_s * A$	$\eta = \frac{E_T}{E_s}$	Masa (g) de agua caliente almacenada	Área bajo la curva por día (KW.h/m ²)	Área bajo la curva total (KW.h/m ²)
		Joules (J)	J/m ²	Joules (J)	%			
1	Periodos nublados 23	5,43E+06	1,52E+07	1,52E+07	35,82	83950,30	2,50	4,21
2	Periodos nublados 17	5,13E+06	1,61E+07	1,61E+07	31,81	85084,39	1,88	4,48
3	Periodos nublados 27	3,18E+06	1,05E+07	1,05E+07	30,30	67517,12	1,85	2,92
4	Periodos nublados 14	7,94E+06	1,97E+07	1,97E+07	40,36	100276,68	1,22	5,46
5	Periodos nublados 24	5,74E+06	1,35E+07	1,35E+07	42,42	82816,22	2,05	3,76
6	Periodos nublados 30	2,96E+06	1,08E+07	1,08E+07	27,54	80548,06	2,47	2,99
7	Periodos nublados 22	5,01E+06	1,52E+07	1,52E+07	32,95	85986,00	2,14	4,23
8	Periodos nublados 19	6,33E+06	1,69E+07	1,69E+07	37,41	94725,65	1,59	4,70
9	Periodos nublados 33	2,07E+06	6,28E+06	6,28E+06	32,87	40374,56	1,75	1,75
10	Periodos nublados 28	5,00E+06	1,29E+07	1,29E+07	38,86	75986,60	2,65	3,58
11	Periodos nublados 20	5,62E+06	1,65E+07	1,65E+07	34,06	91197,75	2,21	4,59
12	Periodos nublados 20	6,12E+06	1,73E+07	1,73E+07	35,41	94031,38	Área	4,80
13	Periodos nublados 10	6,72E+06	2,14E+07	2,14E+07	31,40	97351,94	1,21	5,94
14	Periodos nublados 14	7,17E+06	2,21E+07	2,21E+07	32,49	100276,68	1,51	6,13
15	Periodos nublados 5	4,31E+06	2,37E+07	2,37E+07	18,16	100276,68	0,63	6,60
16	Periodos nublados 18	6,14E+06	1,71E+07	1,71E+07	35,97	89953,71	1,42	4,74
17	Periodos nublados 20	5,69E+06	1,99E+07	1,99E+07	28,54	95200,02	2,51	5,54
18	Periodos nublados 10	9,04E+06	2,36E+07	2,36E+07	38,28	99258,83	1,21	6,56
19	Periodos nublados 11	6,16E+06	2,10E+07	2,10E+07	29,37	99258,83	1,30	5,83
20	Periodos nublados 13	1,05E+07	1,86E+07	1,86E+07	56,75	99258,83	1,04	5,16
21	Periodos nublados 26	5,33E+06	1,37E+07	1,37E+07	39,02	80548,06	2,59	3,79
22	Periodos nublados 30	3,86E+06	9,43E+06	9,43E+06	40,89	69326,62	2,14	2,62
23	Periodos nublados 33	2,74E+06	7,06E+06	7,06E+06	38,76	63898,11	1,96	1,96
24	Periodos nublados 17	7,92E+06	1,62E+07	1,62E+07	48,99	93921,43	0,78	4,49
25	Periodos nublados 20	5,10E+06	1,63E+07	1,63E+07	31,29	89272,01	1,47	4,53
26	Periodos nublados 20	6,80E+06	1,81E+07	1,81E+07	37,62	96004,24	1,86	5,02
27	Periodos nublados 21	5,42E+06	1,63E+07	1,63E+07	33,27	95200,02	2,13	4,53
28	Periodos nublados 12	8,95E+06	2,16E+07	2,16E+07	41,40	98124,75	1,68	6,00
29	Periodos nublados 32	5,12E+06	1,69E+07	1,69E+07	30,38	82816,22	4,40	4,68
30	Periodos nublados 28	4,87E+06	1,39E+07	1,39E+07	34,96	81682,14	2,92	3,87
31	Periodos nublados 22	5,55E+06	1,48E+07	1,48E+07	37,54	86218,47	1,81	4,11
Promedios - periodos nublados					35,64	87107,82	1,89	4,50

Obteniéndose los siguientes resultados según la Tabla 6:

- El promedio de la eficiencia obtenida para los días con periodos nublados, fue: $\eta=0,3564$ o 35,64%.
- El promedio de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue: 87,10 litros.
- El promedio de la radiación solar para los días con periodos nublados, fue del 42,22 % que equivale a 1,90 kW.h/m².
- El día con mayor eficiencia alcanzada fue el día 20 con $\eta=0,5675$ o 56,75%.
- El día con menor eficiencia alcanzada fue el día 6 con $\eta=0,2754$ o 27,54%

- Los días con el mayor volumen de almacenamiento de agua caliente en el tanque fueron los días 4, 14 y 15 con $L=100$ litros.
- El día con el menor volumen de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue el día 9 con $L=40,37$ litros.

4.8 Resultados en días con periodos combinados

En este estado, los valores de la radiación solar son mayores que en los días nublados, produciéndose en el colector solar de tubos de PVC mejores condiciones para el efecto termosifón, lográndose impulsar agua caliente hacia el tanque de almacenamiento con temperaturas siempre mayores a la temperatura ambiente.

Las fotografías 14 y 15, son típicas de los días con periodos combinados.



Fotografía 14. Día combinado, a las 8:58 am.



Fotografía 15. Día nublado, a las 2:42 pm.

4.9 Evaluación de la radiación solar en días combinados

En la tabla 7, se registró datos de 31 días evaluados, la radiación solar fue bastante divergente, a pesar de todo ello, el efecto de la radiación solar directa y difusa activaron el efecto invernadero en el interior del colector solar, produciendo el termosifón natural, es decir permitiendo que el agua circule de la parte inferior del colector hacia su parte superior o salida de la parrilla de tubos de PVC debido a que la densidad del agua caliente es menor que la del agua fría, lo que hace que el agua caliente ascienda del colector hacia el tanque de almacenamiento de agua caliente.

Tabla 7. Registro de la radiación solar durante 31 días en periodos combinados.

Período del día	Día	N° Intervalos combinados	Radiación acumulada kW/m²
Periodos combinados	1	6	3,88
Periodos combinados	2	15	10,01
Periodos combinados	3	4	2,79
Periodos combinados	4	6	4,25
Periodos combinados	5	3	2,04
Periodos combinados	6	2	1,37
Periodos combinados	7	6	3,90
Periodos combinados	8	5	3,47
Periodos combinados	9	0	0,00
Periodos combinados	10	2	1,34
Periodos combinados	11	7	5,01
Periodos combinados	12	3	1,98
Periodos combinados	13	10	7,00
Periodos combinados	14	4	2,87
Periodos combinados	15	10	6,88
Periodos combinados	16	6	4,37
Periodos combinados	17	5	3,52
Periodos combinados	18	6	4,16
Periodos combinados	19	9	6,19
Periodos combinados	20	7	4,81
Periodos combinados	21	4	2,68
Periodos combinados	22	3	2,18
Periodos combinados	23	0	0,00
Periodos combinados	24	4	2,65
Periodos combinados	25	2	1,23
Periodos combinados	26	1	0,65
Periodos combinados	27	7	4,81
Periodos combinados	28	7	4,71
Periodos combinados	29	1	0,62
Periodos combinados	30	1	0,80
Periodos combinados	31	4	2,75
Promedios		4,84	3,32
Total acumulado en kW			102,92

En la tabla 7, se observa que la radiación solar (KW/m^2), es divergente para cada uno de los 31 días evaluados. Para determinar que el día es combinado, se consideró como parámetro que la radiación solar oscile entre $(600 - 800) \text{ W}/\text{m}^2$. El máximo número de registros para la toma de datos de los sensores de temperatura fue de 33 intervalos de 15 minutos cada una; con la misma frecuencia que la estación meteorológica registró los datos de la radiación solar y la temperatura ambiente, durante las 8 horas de evaluación (8:00 am – 4:00 pm).

Se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 7):

- En 29 días se registró periodos combinados.
- En 02 días (9 y 23), no se registró periodos combinados, todo el día fue nublado.
- El día 2, se registró con mayor frecuencia oscilación de la radiación solar mayores a 600 Watt y menores a 800 Watt, acumulándose $10,01 \text{ kW}/\text{m}^2$.
- En promedio, el número de intervalos de variación de la radiación solar para los días combinados fue: 4,84 intervalos
- En promedio, la radiación solar para 4,81 intervalos, fue: $3,32 \text{ kW}/\text{m}^2$.
- Quince (15) días están por encima del promedio ($3,32 \text{ kW}/\text{m}^2$) de la captación de la radiación solar.
- La radiación solar acumulada durante los 29 días fue de $102,92 \text{ kW}$.

4.10 Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con periodos combinados

Procedimiento para el cálculo de la eficiencia del colector solar

Para cada uno de los 29 días en sus periodos combinados, se calculó la eficiencia con la siguiente ecuación:

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

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

Donde:

m: masa de agua en la terma = cantidad de litros alcanzados $(L)=(0,6 \text{ a } 1) \times 10^5 \text{ g}$

c: calor específico del agua = $4,18 \text{ J}/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$

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

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

4.11 Resultados de la eficiencia del colector solar en días con periodos combinados

En la tabla 8, se detallan cálculos realizados con los parámetros considerados para determinar la eficiencia del colector solar en periodos combinados.

Tabla 8. Cálculo de la eficiencia durante 29 días en periodos combinados.

Día	Descripción	$E_T = m \cdot c \cdot \Delta T$	e_s	$E_s = e_s \cdot A$	$\eta = \frac{E_T}{E_s}$	Masa (g) de agua caliente almacenada	Área bajo la curva por día (KW.h/m ²)	Área bajo la curva total (KW.h/m ²)	
									Joules (J)
1	Periodos combinados	6	4,84E+06	1,52E+07	1,52E+07	31,92	83950,30	0,86	4,21
2	Periodos combinados	15	4,76E+06	1,61E+07	1,61E+07	29,49	85084,39	2,43	4,48
3	Periodos combinados	4	3,94E+06	1,05E+07	1,05E+07	37,47	67517,12	0,69	2,92
4	Periodos combinados	6	6,52E+06	1,97E+07	1,97E+07	33,13	100276,68	1,11	5,46
5	Periodos combinados	3	7,10E+06	1,35E+07	1,35E+07	52,45	82816,22	0,47	3,76
6	Periodos combinados	2	3,30E+06	1,08E+07	1,08E+07	30,67	80548,06	0,31	2,99
7	Periodos combinados	6	6,26E+06	1,52E+07	1,52E+07	41,12	85986,00	0,91	4,23
8	Periodos combinados	5	7,65E+06	1,69E+07	1,69E+07	45,23	94725,65	0,81	4,70
9	Periodos combinados	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00	0,00	1,75
10	Periodos combinados	2	6,55E+06	1,29E+07	1,29E+07	50,92	75986,60	0,35	3,58
11	Periodos combinados	7	6,64E+06	1,65E+07	1,65E+07	40,23	91197,75	1,12	4,59
12	Periodos combinados	3	6,40E+06	1,73E+07	1,73E+07	37,03	94031,38	2,05	4,80
13	Periodos combinados	10	7,08E+06	2,14E+07	2,14E+07	33,11	97351,94	1,68	5,94
14	Periodos combinados	4	9,57E+06	2,21E+07	2,21E+07	43,36	100276,68	0,79	6,13
15	Periodos combinados	10	8,65E+06	2,37E+07	2,37E+07	36,42	100276,68	1,65	6,60
16	Periodos combinados	6	6,27E+06	1,71E+07	1,71E+07	36,72	89953,71	1,19	4,74
17	Periodos combinados	5	7,21E+06	1,99E+07	1,99E+07	36,16	95200,02	0,90	5,54
18	Periodos combinados	6	1,15E+07	2,36E+07	2,36E+07	48,80	99258,83	1,14	6,56
19	Periodos combinados	9	8,33E+06	2,10E+07	2,10E+07	39,70	99258,83	1,66	5,83
20	Periodos combinados	7	9,07E+06	1,86E+07	1,86E+07	48,79	99258,83	1,22	5,16
21	Periodos combinados	4	5,30E+06	1,37E+07	1,37E+07	38,83	80548,06	0,59	3,79
22	Periodos combinados	3	3,85E+06	9,43E+06	9,43E+06	40,84	69326,62	0,48	2,62
23	Periodos combinados	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00	0,00	0,00	1,96
24	Periodos combinados	4	4,43E+06	1,62E+07	1,62E+07	27,39	93921,43	0,69	4,49
25	Periodos combinados	2	8,18E+06	1,63E+07	1,63E+07	50,16	89272,01	0,39	4,53
26	Periodos combinados	1	7,05E+06	1,81E+07	1,81E+07	39,00	96004,24	0,21	5,02
27	Periodos combinados	7	6,14E+06	1,63E+07	1,63E+07	37,66	95200,02	1,26	4,53
28	Periodos combinados	7	5,67E+06	2,16E+07	2,16E+07	26,25	98124,75	1,11	6,00
29	Periodos combinados	1	4,59E+06	1,69E+07	1,69E+07	27,22	82816,22	0,28	4,68
30	Periodos combinados	1	4,33E+06	1,39E+07	1,39E+07	31,09	81682,14	0,21	3,87
31	Periodos combinados	4	6,72E+06	1,48E+07	1,48E+07	45,43	86218,47	0,88	4,11
Promedios - Períodos combinados					38,51	89519,64	0,89	4,50	

Obteniéndose los siguientes resultados según la Tabla 8:

- El promedio de la eficiencia obtenida para los días con periodos combinados, fue: $\eta=0,3851$ o 38,51%.
- El promedio de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue: 89,52 litros.
- El promedio de la radiación solar para los días con periodos combinados fue 19,80 %, que equivale a 0,89 kW.h/m².
- El día con mayor eficiencia alcanzada fue el día 5 con $\eta=0,5245$ o 52,45%.
- El día con menor eficiencia alcanzada fue el día 28 con $\eta=0,2625$ o 26,25%.
- Los días con el mayor volumen de almacenamiento de agua caliente en el tanque fueron los días 4, 14 y 15 con L=100 litros.
- El día con el menor volumen de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue el día 3 con L=67,51 litros.

4.12 Resultados en días con periodos soleados

En este estado, los valores de la radiación solar son mayores que en los días nublados y combinados, produciéndose en el colector solar de tubos de PVC mejores condiciones para el efecto termosifón que impulsa el agua caliente hacia el tanque de almacenamiento con temperaturas siempre mayores a la temperatura ambiente. La fotografía 16, es típica de los periodos soleados durante el día.



Fotografía 16. Día soleado, a las 8:59 am.

4.13 Evaluación de la radiación solar en días con periodos soleados

En la Tabla 9, se registró los datos de los 31 días evaluados, la radiación solar fue bastante divergente, a pesar de todo ello, el efecto de la radiación solar directa y difusa activaron el efecto invernadero.

Tabla 9. Registro de la radiación solar durante 31 días en periodos soleados.

Período del día	Día	N° Intervalos soleados	Radiación acumulada kW/m²
Períodos soleados	1	4	3,75
Períodos soleados	2	1	0,97
Períodos soleados	3	2	1,63
Períodos soleados	4	13	13,95
Períodos soleados	5	6	5,61
Períodos soleados	6	1	1,19
Períodos soleados	7	5	5,28
Períodos soleados	8	9	9,63
Períodos soleados	9	0	0,00
Períodos soleados	10	3	2,69
Períodos soleados	11	6	5,67
Períodos soleados	12	10	9,85
Períodos soleados	13	13	13,02
Períodos soleados	14	15	16,12
Períodos soleados	15	18	17,30
Períodos soleados	16	9	9,67
Períodos soleados	17	8	9,30
Períodos soleados	18	17	17,40
Períodos soleados	19	13	12,22
Períodos soleados	20	13	11,88
Períodos soleados	21	3	3,18
Períodos soleados	22	0	0,00
Períodos soleados	23	0	0,00
Períodos soleados	24	12	12,64
Períodos soleados	25	11	11,07
Períodos soleados	26	12	12,84
Períodos soleados	27	5	5,42

Períodos soleados	28	14	15,05
Períodos soleados	29	0	0,00
Períodos soleados	30	4	4,15
Períodos soleados	31	7	7,26
Promedios		7,55	7,70
Total acumulado de kW			238,74

En la Tabla 9, se observa que la radiación solar (kW/m^2), es divergente para cada uno de los 31 días evaluados. Para determinar que el día es soleado se consideró como parámetro que la radiación solar tenga valores mayores a 800 W/m^2 .

Se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 9):

- En 27 días se registró periodos soleados.
- En los días 9, 22, 23 y 29, no se registraron periodos soleados.
- Los días 15 y 18, fueron los más despejados y la radiación solar acumulada fueron de 17,30 y 17,40 kW/m^2 , respectivamente.
- En promedio, para los días soleados hay 7,55 intervalos.
- En promedio, la radiación solar para 7,55 intervalos fue: 7,70 kW/m^2 .
- Se aprecia que 15 días están por encima del promedio (7,70 kW/m^2), de la concentración de la radiación solar.
- La radiación solar acumulada durante los 27 días fue de 238,74 kW.

4.14 Evaluación de la eficiencia del colector solar en días con periodos soleados

Para el cálculo de la eficiencia del colector solar

Para cada uno de los 27 días en sus periodos soleados, se calculó la eficiencia con la siguiente ecuación:

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

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

Donde:

m: masa de agua en la terma = cantidad de litros alcanzados (L)=(0,6 a 1)x10⁵ 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 = es. A

Tabla 10. Cálculo de la eficiencia durante 27 días en periodos soleados.

Día	Descripción	$E_T = m * c * \Delta T$	e_s	$E_s = e_s * A$	$\eta = \frac{E_T}{E_s}$	Masa (g) de agua caliente almacenada	Área bajo la curva por día (KW.h/m ²)	Área bajo la curva total KW.h/m ²)	
		Joules (J)	J/m ²	Joules (J)	%				
1	Periodos soleados	4	5,43E+06	1,52E+07	1,52E+07	35,86	83950,30	0,85	4,21
2	Periodos soleados	1	1,50E+06	1,61E+07	1,61E+07	9,28	85084,39	0,18	4,48
3	Periodos soleados	2	3,88E+06	1,05E+07	1,05E+07	36,92	67517,12	0,38	2,92
4	Periodos soleados	13	8,74E+06	1,97E+07	1,97E+07	44,45	100276,68	3,14	5,46
5	Periodos soleados	6	6,64E+06	1,35E+07	1,35E+07	49,05	82816,22	1,25	3,76
6	Periodos soleados	1	2,83E+06	1,08E+07	1,08E+07	26,35	80548,06	0,21	2,99
7	Periodos soleados	5	6,22E+06	1,52E+07	1,52E+07	40,87	85986,00	1,18	4,23
8	Periodos soleados	9	9,02E+06	1,69E+07	1,69E+07	53,32	94725,65	2,30	4,70
9	Periodos soleados	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00	0,00	1,75
10	Periodos soleados	3	6,47E+06	1,29E+07	1,29E+07	50,29	75986,60	0,58	3,58
11	Periodos soleados	6	6,69E+06	1,65E+07	1,65E+07	40,52	91197,75	1,26	4,59
12	Periodos soleados	10	7,38E+06	1,73E+07	1,73E+07	42,70	94031,38	0,41	4,80
13	Periodos soleados	13	7,35E+06	2,14E+07	2,14E+07	34,35	97351,94	3,05	5,94
14	Periodos soleados	15	9,27E+06	2,21E+07	2,21E+07	42,01	100276,68	3,84	6,13
15	Periodos soleados	18	9,73E+06	2,37E+07	2,37E+07	40,97	100276,68	4,31	6,60
16	Periodos soleados	9	6,55E+06	1,71E+07	1,71E+07	38,39	89953,71	2,14	4,74
17	Periodos soleados	8	7,02E+06	1,99E+07	1,99E+07	35,21	95200,02	2,12	5,54
18	Periodos soleados	17	1,08E+07	2,36E+07	2,36E+07	45,60	99258,83	4,22	6,56
19	Periodos soleados	13	8,29E+06	2,10E+07	2,10E+07	39,50	99258,83	2,87	5,83
20	Periodos soleados	13	1,02E+07	1,86E+07	1,86E+07	54,73	99258,83	2,91	5,16
21	Periodos soleados	3	6,17E+06	1,37E+07	1,37E+07	45,14	80548,06	0,62	3,79
22	Periodos soleados	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00	0,00	2,62
23	Periodos soleados	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00	0,00	1,96
24	Periodos soleados	12	7,30E+06	1,62E+07	1,62E+07	45,16	93921,43	3,02	4,49
25	Periodos soleados	11	8,18E+06	1,63E+07	1,63E+07	50,16	89272,01	2,67	4,53
26	Periodos soleados	12	7,53E+06	1,81E+07	1,81E+07	41,69	96004,24	2,96	5,02
27	Periodos soleados	5	6,64E+06	1,63E+07	1,63E+07	40,76	95200,02	1,14	4,53
28	Periodos soleados	14	8,28E+06	2,16E+07	2,16E+07	38,31	98124,75	3,22	6,00
29	Periodos soleados	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-	0,00	0,00	4,68
30	Periodos soleados	4	4,80E+06	1,39E+07	1,39E+07	34,50	81682,14	0,84	3,87
31	Periodos soleados	7	6,71E+06	1,48E+07	1,48E+07	45,38	86218,47	1,42	4,11
Promedio - periodos soleados					44,57	90515,80	2,04	4,50	

Obteniéndose los siguientes resultados según la Tabla 10:

- El promedio de la eficiencia obtenida para los días con periodos soleados fue: $\eta=0,4457$ o 44,57%
- El promedio de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue: 90,51 litros.
- El promedio de la radiación solar para los días con periodos soleados fue 45,33 %, que equivale a 2,04 kW.h/m².
- El día con mayor eficiencia alcanzada fue el día 20 con $\eta=0,5473$ o 54,73%.
- Los días con menor eficiencia alcanzada fueron los días 2 y 6 con $\eta=0,0928$ o 9,28% y $\eta=0,2635$ o 26,35%.
- Los días con el mayor volumen de almacenamiento de agua caliente en el tanque fueron los días 4, 14 y 15 con L=100 litros.
- El día con el menor volumen de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue el día 3 con L=67,52 litros.

V. DISCUSIÓN

Del estudio realizado, se ha observado que, en los 31 días de evaluación, se presentaron cielos con tres niveles de nubosidad diaria, razón por el cual se categorizó un mismo día con periodos nublados, combinados y soleados; no fue posible catalogar un grupo de días, como totalmente nublados, combinados o soleados; por lo que la categorización de la nubosidad diaria conduce a que el colector solar capte distintos niveles de radiación solar.

Según lo expuesto por López, Mantilla & Poveda (2012), el factor de corrección de la radiación solar media diaria en función de la calificación de la nubosidad de un día específico, para la ciudad de Bogotá, Colombia, que tiene una altitud y condiciones climáticas similares a las de la ciudad de Chachapoyas, Amazonas; es de 0,50 para cielo nublado entre el 100 y 80% (o día lluvioso), y de 1,00 para cielo nublado entre 20 y 0% (día despejado); con valores intermedios en función del porcentaje de cielo nublado, lo cual tiene cierta subjetividad.

Este criterio guarda una similitud con el presente estudio realizado, dado que en un día específico se notó que presentó distintas categorías de nubosidad, lo que conllevó a clasificar como periodos de tiempo nublados, combinados y soleados. En la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, en los 31 días de evaluación no se presentó días netamente soleados o combinados, excepto dos días nublados. En el estudio realizado se clasificó los periodos del día por el nivel de la radiación solar: nublado de 0 – 600 Watts, combinado de 600 – 800 Watts y soleado mayor a 800 Watts; lo cual se puede medir con un equipo y se evita subjetividades.

Referente a la eficiencia, en el presente estudio se utilizó tubos de CPVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada para un colector de 1 m², la eficiencia alcanzada en promedio para días con periodos soleados fue de $\eta=0,4457$ o 44,57% para un tanque que almacenó 90 litros de agua a 38,25°C, con una ganancia de temperatura de 21,94°C y con una radiación solar total del día de 4,50 kW.h/m².

Vigo & Trigoso (2012), evaluaron una terma solar de 100 L de agua en Chachapoyas, Amazonas, con un solo colector hecho de tubería y accesorios de CPVC de $\frac{1}{2}$ ” y para este mismo tipo de día reportaron que la temperatura máxima del agua en el tanque de almacenamiento fue de 44°C, una ganancia de temperatura de 24,5°C, eficiencia de 52%

con una radiación solar de 5,42 kW.h/m²; por lo que se puede asegurar que el colector solar con tubos de CPVC de ½” es más eficiente que con tubos de ¾ de pulgada, debido a que la masa de agua contenida en los tubos de ½” es menor y el recorrido del calor del exterior del tubo al centro de la masa de agua que contiene es menor.

Lobato y Barrena (2016), evaluaron una terma solar con tanque de almacenamiento de agua de 100 litros y dos colectores de 1,5 m² cada uno; un colector tenía serpentín de tubo de cobre ½” y el otro tenía serpentín de tubo de CPVC de ½”; en la ciudad de Tarma, Región Junín, Perú; la radiación solar en día soleado superó los 1000 W/m², desde las 10:00 am hasta la 1:30 pm, debido a su clima seco por la escasa vegetación, además manifestaron que el aumento y la disminución de la radiación solar tienen relación directa con la temperatura del interior de los colectores solares evaluados. Cuando la radiación solar superó los 0,8 kW/m², el colector hecho con tubos y accesorios de CPVC ganó más temperatura que el colector hecho con tubos y accesorios de cobre de iguales dimensiones, con una diferencia promedio de 20°C

Por lo tanto, existen estudios que permiten confirmar la hipótesis alternativa planteada, que establece la existencia de la relación directa entre la radiación solar y el tipo de días para la determinación de la eficiencia energética de colectores solares con tubos verticales de PVC en termas solares, Amazonas, 2017; por ello, en un día despejado la temperatura interior del colector solar se elevará y la temperatura del agua tendrá el mismo efecto, caso contrario disminuirá, lo que indica una tendencia a un comportamiento directamente proporcional; es decir, que a medida que se incrementa la temperatura interior del colector solar, es porque se incrementa la radiación solar y viceversa; por lo que se puede afirmar que el efecto de la radiación solar es directamente proporcional sobre el calentamiento del agua.

Con el presente estudio realizado en la ciudad de Chachapoyas (2350 msnm y 17°C de temperatura ambiente), con un colector solar de 1 m² con tubos de CPVC de ¾ de pulgada y con un tanque de almacenamiento de 100 litros de agua, se ha logrado los siguientes resultados: el promedio de la eficiencia obtenida para los días con periodos nublados es $\eta=0,3564$ o 35,64%, para los días con periodos combinados de $\eta=0,3851$ o 38,51% y para los días con periodos soleados de $\eta=0,4457$ o 44,57%; con lo que se demuestra que brinda confort térmico aunque el día sea nublado.

Vigo & Trigos (2012), en su evaluación de una terma solar con un colector de 1 m² cuya parrilla de tubos verticales la hicieron de tubo de CPVC de ½” para agua caliente y accesorios del mismo material, y tanque de almacenamiento de agua de 100 litros aislado térmicamente; encontraron que la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento a las 4:00 pm y la eficiencia en días soleados fue de 44°C y 52%, para días combinados fue de 36°C y 48% y para días nublados 25°C y 30%; mientras que la temperatura interior del colector fue de 96, 63 y 38°C, respectivamente. Por lo que se puede apreciar que el colector hecho con tubos y accesorios de PVC de ¾” de la presente investigación tiene una eficiencia menor en 5 puntos porcentuales que la eficiencia del colector solar hecho por Vigo & Trigos (2012) con tubos y accesorios de PVC de ½”, evaluados en las mismas condiciones ambientales; con lo que también se verifica que la eficiencia del colector solar es incrementada por el menor diámetro de sus tubos.

Según la (UNAM, 2010), el costo del calentador solar con tubos de cobre es de \$1949.00; si lo comparamos con los calentadores a gas más económicos los cuales tienen precios que oscilan entre los \$1400.00 y si tomamos en cuenta que los calentadores a gas además de la inversión inicial, se tiene que pagar el gas que se consume, que para el calentamiento de agua es de aproximadamente \$100.00 al mes, a los 6 meses de uso ya se habrá recuperado la inversión que se tendría que hacer para construir el calentador solar. Por lo que se concluye que el calentador solar presenta realmente un beneficio económico, pues sólo requiere inversión inicial y su mantenimiento implica únicamente la limpieza del vidrio; siendo su durabilidad de aproximadamente 15 años.

En el presente estudio, el colector solar de CPVC con tubos de ¾ pulgada y marco de aluminio tiene un costo global de 720 soles, la estructura de metal para soporte del colector solar y del tanque de almacenamiento de agua caliente, tuberías de conexión del colector con el tanque de almacenamiento de 100 litros de agua, tiene un valor de 460 soles y el sistema de almacenamiento que incluye el tanque, caseta de madera para el tanque y el aislamiento térmico tienen un valor de 340 soles. En total la terma solar tiene un valor de 1,520.00 soles, que no incluye mano de obra ni equipos de medición, con ésta terma no se tendrá que pagar la energía solar que emplea.

Para establecer el beneficio económico que genera, la comparamos con otra terma eléctrica de 110 litros que consumo 2000 Watts, cuyo costo es de S/ 1500,00 y un gasto mensual adicional de S/ 120,00 por consumo de energía eléctrica; entonces queda demostrado que la terma solar es más económica y con el ahorro de no pagar la energía eléctrica, se puede financiar o recuperar la inversión en una terma solar.

Además, se debe destacar el beneficio ambiental de la terma solar que emplea una fuente de energía renovable gratuita y amigable con el medio ambiente, pues durante su construcción y funcionamiento no emite gases tóxicos ni de efecto invernadero.

VI. CONCLUSIONES

- Existe relación directa entre la radiación solar y el tipo de día para determinar la eficiencia energética de colectores solares con tubos verticales de PVC para una terma solar.
- La incidencia de la radiación solar sobre el colector de PVC mantiene relación directa con la nubosidad del día, es decir, si los periodos del día son nublados, combinados o soleados, esto afectará:
 - La eficiencia del colector solar de PVC.
 - La temperatura del agua caliente almacenada en el tanque.
 - EL volumen de agua caliente almacenada en el tanque.
- La radiación solar captada por el colector solar de PVC de 1 m², en promedio para días con periodos:
 - Nublados fue 1,90 KWh/m² del total de 4,50 KWh/m²
 - Combinados fue 0,89 KWh/m² del total de 4,50 KWh/m²
 - Soleados fue 2,04 KWh/m² del total de 4,83 KWh/m²
- La eficiencia del colector solar en promedio para los días con periodos:
 - Nublados fue $\eta=0,3564$ o 38,64 %.
 - Combinados fue $\eta=0,3851$ o 38,51 %.
 - Soleados fue $\eta=0,4457$ o 44,57 %.
- La capacidad de almacenamiento de agua caliente en el tanque fue prefijado en 100 litros, sin embargo al finalizar el día en los periodos:
 - Nublados se logró almacenar en promedio 87,10 litros de agua caliente.
 - Combinados se logró almacenar en promedio 89,52 litros de agua caliente.
 - Soleados se logró almacenar en promedio 90,51 litros de agua caliente.
- La radiación solar influye directamente sobre la temperatura interna del colector solar, produciendo como consecuencia el efecto termosifón que impulsa un determinado caudal de agua caliente del colector hacia el tanque de almacenamiento de agua caliente.

VII. RECOMENDACIONES

- Para completar el estudio de colectores solares, debe incluirse un medidor de volumen de agua caliente que sale del colector solar hacia el tanque de almacenamiento de agua caliente.
- Difundir el empleo de termas solares para brindar confort térmico a sus usuarios, resaltando la ganancia de temperatura, el ahorro económico para sus propietarios y los beneficios ambientales.
- Resaltar que la terma solar con tubos verticales de PVC es más económica que una terma con colector solar de cobre, y que los tubos deben de ser de ½” para incrementar su eficiencia.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIE. (2006). *El caso de la tecnología de la terma solar*. Agencia Internacional de Energía. Paris.
- APECO. (2008). *Asociación Peruana para la conservación de la naturaleza. Plan integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos (PIGARS Chachapoyas)*. Lima, Perú.
- Barral, & Wood. (12 de julio de 2014). *Textos científicos*. Obtenido de <http://textoscientificos.com/energia/solar/nuevo-colector-solar-acumulador>
- Burbano, Rastrejo, & Sabogal. (12 de Julio de 2014). *Mi calentador solar*. Obtenido de Diselo y construcción de un calentador solar de agua operado por termosifón: <http://micalentadorsolar.com.mx>
- Cárdenas Salés, Quesada Ramos, & Pérez Mena. (2006). Incrustaciones en instalaciones solares térmicas. *Energía y Tú. Revista Científica Trimestral de CUBASOLAR*. N° 36, Pág. 18-24.
- Estrada-Cajigal Ramirez, V., & Almanza Salgado, R. (2005). *Irradiaciones global directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal en la República Mexicana*. México.: Instituto de Ingeniería - Universidad Nacional Autónoma de México.
- FisicaNet. (20 de Enero de 2016). *Física - Termodinámica*. Obtenido de http://fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/ap10_calorimetria.php
- Guevara, V. S. (2003). *Teoría para el diseño de calentadores solares*. Lima - Perú: UNATSABAR-OPS/CEPIS.
- Gutiérrez, I. V. (2004). *Manual de autoconstrucción del calentador solar bajo coste*. Argentina.
- INDECOPI. (2001). *Colectores Solares. Método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares. Comisión de Reglamentos técnicos y comerciales*. Lima, Perú.

- INENCO. (15 de Octubre de 2007). *UNSA CONICET*. Obtenido de INTI: www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf
- LACCEI. (2011). Engineering for a smart planet, innovation, information Technology and Computational Tools for Sustainable Development. *Latin American and Caribbean Conference - LACCEI*, August 3-5, 2011. Medellin Colombia.
- Lobato Calderón, G., & Barrena Gurbillón, M. Á. (14 al 19 de noviembre de 2016). Simposio Peruano XXII Energía Solar. *Eficiencia de una terma solar de cobre y colector de CPVC para zonas altoandinas*. Huancayo, Perú.
- López Martínez, G. A., Mantilla López, J. A., & Poveda Suarez, B. H. (2012). Evaluación de un calentador solar de agua fabricado con tubería PVC en serie y envases PET translúcidos. *TECNURA, Vol 16, octubre, 2012. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia*, pp. 120-128.
- MINSA. (2004). *Plan sectorial de prevención y atención de emergencias y desastres del sector salud. Oficina General de Defensa Nacional*. Lima. 59 p.
- Montenegro, Z. N. (2013). Determinación de la eficiencia y capacidad de una terma solar con dos colectores en serie de 1 m² cada uno. *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*. Chachapoyas, Amazonas, Perú.
- Paz Gutiérrez, J. C. (2006). *Colectores Solares Planos. Tratamiento teórico vol. I*. México: Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, México.
- Peña Marín, C. A. (2015). *La Integración Numérica como recurso para el cálculo de la integral definida*. Colombia.
- Perú Económico. (2006). Los retos energéticos del Perú. El estado actual del uso de la energía solar en el Perú. *Perú Económico. Vol XXIX, Nro. 11, Nov. 2006*.
- Pilatowsky, I. (2005). *Sistema de calentamiento solar de agua*. México: Grupo grabado de Morelos S.A. Pag. 45.

- Salazar, G., Saravia, L., & Romero, G. (2007). Comparación de datos esporádicos de irradiación medidos simultáneamente en dos localidades de las provincias de Salta. *Avance en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Pág. 73-79.
- Travel Perú. (11 de Octubre de 2015). *Enperu*. Obtenido de Clima de Amazonas: <http://www.enperu.org/informacion-util-clima-en-amazonas-ubicaci%C3%B3n-de-amazonas-temperatura-amazonia.html>
- UNAM. (21 de Marzo de 2010). XVIII Concurso Universitario. *Feria de las Ciencias*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Valera, P. A. (2007). *Energía Solar II*. Lima: Asamblea Nacional de Rectores -ANR. Lima, Perú.
- Vertiz, S. (1997). *Campaña de energía y cambio climático*. México: Editorial Greenpeace. D.F. Pág. 36-39.
- Vigo Cruz, L. V., & Trigos Valle, R. R. (2012). Eficiencia térmica de un calentador solar de agua de 80 litros con colector de 1 m². *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*,. Chachapoyas, Amazonas, Perú.
- Yadav, A., & Bajpai, V. K. (2011). An experimental Study on Evacuated Tube Solar Collector for Heating of air in India. *World Academy of Science Engineering and Technology*, 5(17): p. 7-25.

ANEXOS

Anexo 1

Statistix 8.0 Matriz de información, 07/02/2018

Statistix 8.0

07/02/2018, 21:22:35

Chi-Square Test for Heterogeneity or Independence

for Cantidad = Radiación Días

		Días				
		1	2	3	4	5
+-----+-----+-----+-----+-----+						
1	Observed	23	17	27	14	24
	Expected	20.61	20.61	20.61	20.61	20.61
	Cell Chi-Sq	0.28	0.63	1.98	2.12	0.56
+-----+-----+-----+-----+-----+						
2	Observed	6	15	4	6	3
	Expected	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84
	Cell Chi-Sq	0.28	21.34	0.15	0.28	0.70
+-----+-----+-----+-----+-----+						
3	Observed	4	1	2	13	6
	Expected	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
	Cell Chi-Sq	1.67	5.68	4.08	3.94	0.32
+-----+-----+-----+-----+-----+						
		33	33	33	33	33

		Días				
Radiación		6	7	8	9	10
+-----+-----+-----+-----+-----+						
1	Observed	30	22	19	33	28
	Expected	20.61	20.61	20.61	20.61	0.61
	Cell Chi-Sq	4.27	0.09	0.13	7.44	2.65
+-----+-----+-----+-----+-----+						
2	Observed	2	6	5	0	2
	Expected	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84
	Cell Chi-Sq	1.67	0.28	0.01	4.84	1.67
+-----+-----+-----+-----+-----+						
3	Observed	1	5	9	0	3
	Expected	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
	Cell Chi-Sq	5.68	0.86	0.28	7.55	2.74
+-----+-----+-----+-----+-----+						
		33	33	33	33	33

		Días				
Radiación		11	12	13	14	15
+-----+-----+-----+-----+-----+						
1	Observed	20	20	10	14	5
	Expected	20.61	20.61	20.61	20.61	0.61

	Cell Chi-Sq	0.02	0.02	5.46	2.12	11.83
+-----+-----+-----+-----+-----+						
2	Observed	7	3	10	4	10
	Expected	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84
	Cell Chi-Sq	0.97	0.70	5.51	0.15	5.51
+-----+-----+-----+-----+-----+						
3	Observed	6	10	13	15	18
	Expected	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
	Cell Chi-Sq	0.32	0.80	3.94	7.36	14.47
+-----+-----+-----+-----+-----+						
		33	33	33	33	33

		Días				
Radiación		16	17	18	19	20
+-----+-----+-----+-----+-----+						
1	Observed	18	20	10	11	13
	Expected	20.61	20.61	20.61	20.61	20.61
	Cell Chi-Sq	0.33	0.02	5.46	4.48	2.81
+-----+-----+-----+-----+-----+						
2	Observed	6	5	6	9	7
	Expected	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84
	Cell Chi-Sq	0.28	0.01	0.28	3.58	0.97
+-----+-----+-----+-----+-----+						

3	Observed	9	8	17	13	13
	Expected	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
	Cell Chi-Sq	0.28	0.03	11.83	3.94	3.94
+-----+-----+-----+-----+-----+						
		33	33	33	33	33

Días

Radiación		21	22	23	24	25
+-----+-----+-----+-----+-----+						
1	Observed	26	30	33	17	20
	Expected	20.61	20.61	20.61	20.61	20.61
	Cell Chi-Sq	1.41	4.27	7.44	0.63	0.02
+-----+-----+-----+-----+-----+						
2	Observed	4	3	0	4	2
	Expected	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84
	Cell Chi-Sq	0.15	0.70	4.84	0.15	1.67
+-----+-----+-----+-----+-----+						
3	Observed	3	0	0	12	11
	Expected	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
	Cell Chi-Sq	2.74	7.55	7.55	2.63	1.58
+-----+-----+-----+-----+-----+						
		33	33	33	33	33

		Días				
Radiación		26	27	28	29	30
+-----+-----+-----+-----+-----+						
1	Observed	20	21	12	32	28
	Expected	20.61	20.61	20.61	20.61	20.61
	Cell Chi-Sq	0.02	0.01	3.60	6.29	2.65
+-----+-----+-----+-----+-----+						
2	Observed	1	7	7	1	1
	Expected	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84
	Cell Chi-Sq	3.05	0.97	0.97	3.05	3.05
+-----+-----+-----+-----+-----+						
3	Observed	12	5	14	0	4
	Expected	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
	Cell Chi-Sq	2.63	0.86	5.51	7.55	1.67
+-----+-----+-----+-----+-----+						
		33	33	33	33	33

		Dias	
Radiation		31	
+-----+			
1	Observed	22	639
	Expected	20.61	
	Cell Chi-Sq	0.09	

```

+-----+
2      Observed |   4   | 150
      Expected |  4.84 |
      Cell Chi-Sq |  0.15 |

```

```

+-----+
3      Observed |   7   | 234
      Expected |  7.55 |
      Cell Chi-Sq |  0.04 |

```

```

+-----+
          33   1023

```

Overall Chi-Square 266.95

P-Value 0.0000

Degrees of Freedom 60

CAUTION: 31 cell(s) have expected values less than 5.0

Cases Included 93 Missing Cases 0

Anexo 2

Código utilizado en el módulo Arduino UNO para la adquisición de dato de las temperaturas de los sensores ubicados en el colector solar (3 sensores) y en el tanque de almacenamiento (un sensor):

```
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
const int chipSelect = 10;
RTC_DS1307 RTC;
float celsius, fahrenheit;
OneWire ds(8);
File dataFile;
DateTime now;
void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  RTC.begin();
  if (! RTC.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
  }
  Serial.print("Inicializando SD card...");
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    return;
  }
  Serial.println("card inicializado.");
  now = RTC.now();
  dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  dataFile.print("Start logging on: ");
  dataFile.print(now.year(), DEC);
  dataFile.print('/');
  dataFile.print(now.month(), DEC);
  dataFile.print('/');
  dataFile.print(now.day(), DEC);
  dataFile.println(" ");
  dataFile.println("Celsius      Time");
  dataFile.close();
}
void loop(void) {
  pickUpTemperature();
  now = RTC.now();
  dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.print(celsius);
    dataFile.print("      ");
    dataFile.print(now.hour(), DEC);
    dataFile.print(":");
    dataFile.print(now.minute(), DEC);
    dataFile.print(":");
    dataFile.println(now.second(), DEC);
    dataFile.close();
  }
}
```

```

    Serial.println("data stored");
}
else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
}
delay(60000);
}
void pickUpTemperature() {
    byte i;
    byte present = 0;
    byte type_s;
    byte data[12];
    byte addr[8];
    if ( !ds.search(addr) ) {
        //Serial.println("No more addresses.");
        //Serial.println();
        ds.reset_search();
        delay(250);
        return;
    }
    //Serial.print("ROM =");
    for ( i = 0; i < 8; i++) {
        // Serial.write(' ');
        // Serial.print(addr[i], HEX);
    }
    if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
        Serial.println("CRC is not valid!");
        return;
    }
    Serial.println();
    switch (addr[0]) {
        case 0x10:
            // Serial.println(" Chip = DS18S20");
            type_s = 1;
            break;
        case 0x28:
            // Serial.println(" Chip = DS18B20");
            type_s = 0;
            break;
        case 0x22:
            // Serial.println(" Chip = DS1822");
            type_s = 0;
            break;
        default:
            // Serial.println("Device is not a DS18x20 family device.");
            return;
    }
    ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0x44, 1);
    delay(1000);
    present = ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0xBE);
    //Serial.print(" Data = ");
    //Serial.print(present, HEX);
    //Serial.print(" ");
    for ( i = 0; i < 9; i++) {
        data[i] = ds.read();
        // Serial.print(data[i], HEX);

```

```

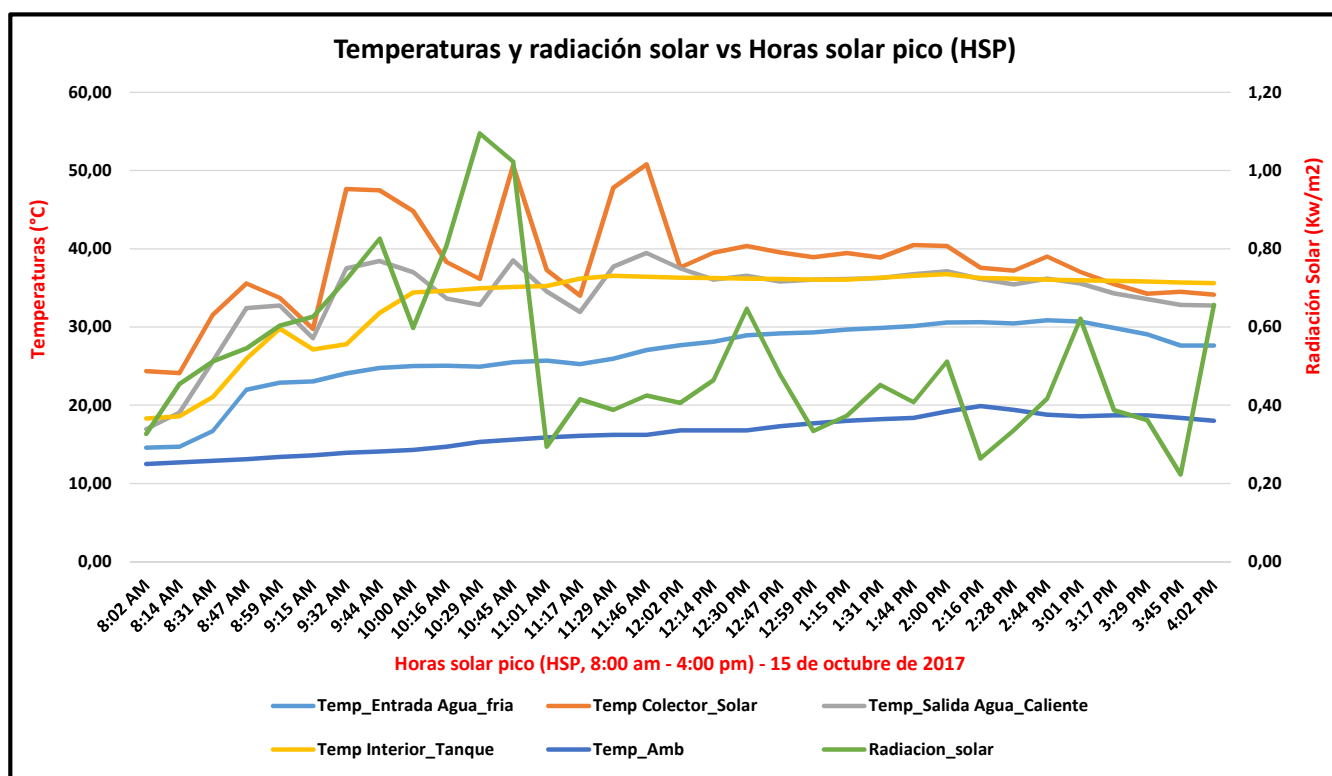
// Serial.print(" ");
}
// Serial.print(" CRC=");
// Serial.print(OneWire::crc8(data, 8), HEX);
// Serial.println();
int16_t raw = (data[1] << 8) | data[0];
if (type_s) {
  raw = raw << 3;
  if (data[7] == 0x10) {
    raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
  }
} else {
  byte cfg = (data[4] & 0x60);
  if (cfg == 0x00) raw = raw & ~7; // 9 bit resolution, 93.75 ms
  else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3; // 10 bit res, 187.5 ms
  else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1; // 11 bit res, 375 ms
}
celsius = (float)raw / 16.0;
fahrenheit = celsius * 1.8 + 32.0;
Serial.print(" Temperature = ");
Serial.print(celsius);
Serial.print(" Celsius, ");
Serial.print(fahrenheit);
Serial.println(" Fahrenheit");
}

```

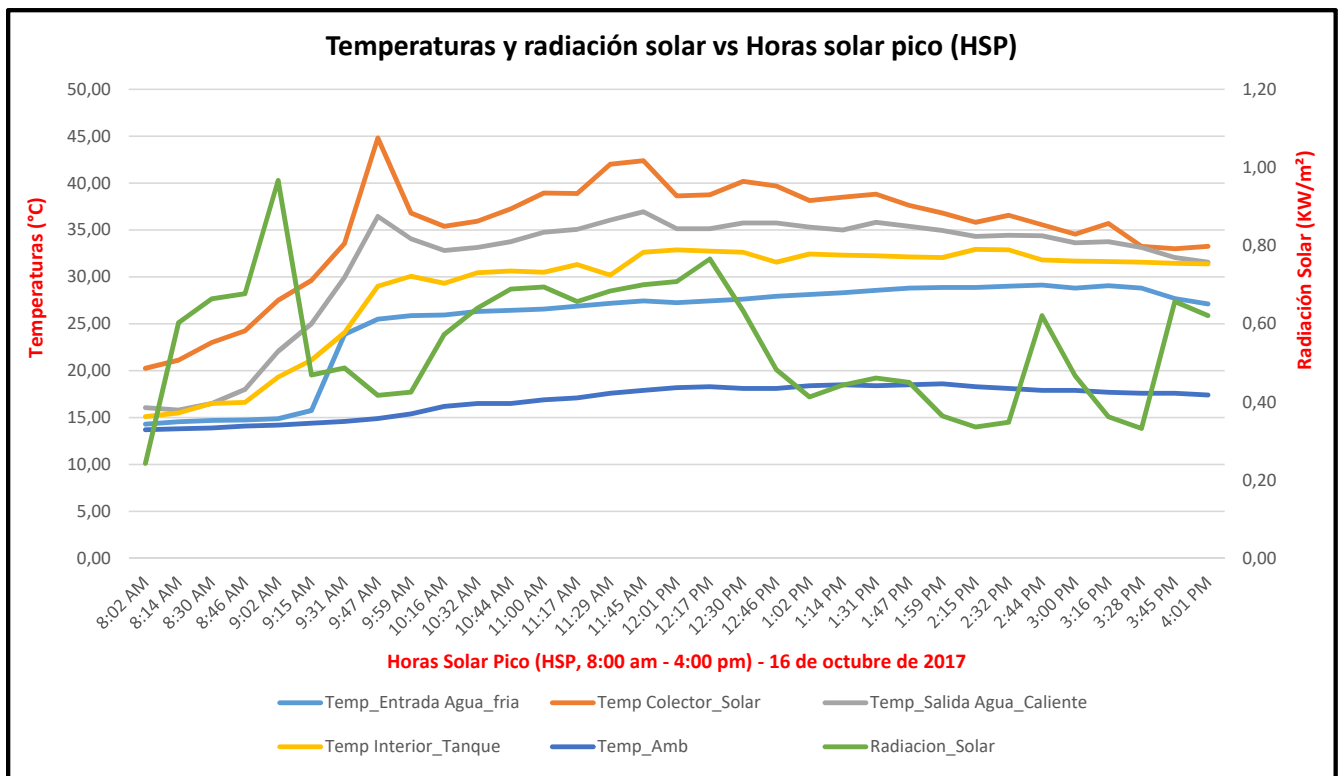
Anexo 3

Tablas de la evaluación durante las 8 horas en HSP, que corresponde a 31 días.

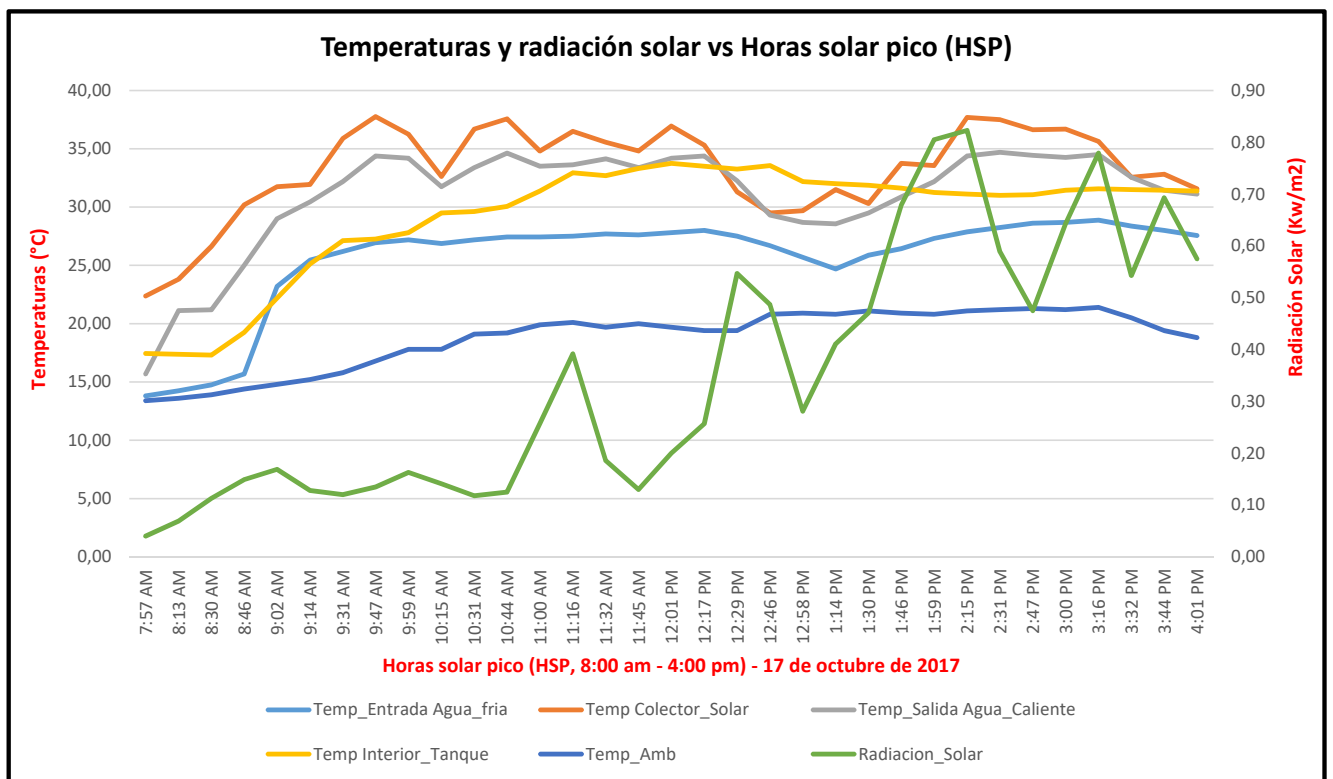
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m ²)	Radiación solar (W/m ²)	Períodos del día
8:02 AM	14,56	24,37	16,94	18,31	12,5	327	0,33	Nublado
8:14 AM	14,69	24,12	19,06	18,59	12,7	454	0,45	Nublado
8:31 AM	16,69	31,56	25,62	21,06	12,9	512	0,51	Nublado
8:47 AM	22,00	35,56	32,44	25,94	13,1	545	0,55	Nublado
8:59 AM	22,87	33,75	32,75	29,81	13,4	603	0,60	Combinado
9:15 AM	23,06	29,75	28,56	27,13	13,6	626	0,63	Combinado
9:32 AM	24,06	47,63	37,50	27,81	13,9	721	0,72	Combinado
9:44 AM	24,75	47,50	38,44	31,81	14,1	826	0,83	Soleado
10:00 AM	25,00	44,81	37,00	34,44	14,3	598	0,60	Nublado
10:16 AM	25,06	38,31	33,63	34,63	14,7	807	0,81	Soleado
10:29 AM	24,94	36,13	32,81	34,94	15,3	1095	1,10	Soleado
10:45 AM	25,50	50,63	38,50	35,13	15,6	1023	1,02	Soleado
11:01 AM	25,69	37,31	34,56	35,25	15,9	294	0,29	Nublado
11:17 AM	25,25	34,00	31,94	36,19	16,1	415	0,42	Nublado
11:29 AM	25,94	47,81	37,69	36,56	16,2	388	0,39	Nublado
11:46 AM	27,06	50,81	39,44	36,44	16,2	425	0,43	Nublado
12:02 PM	27,69	37,63	37,50	36,31	16,8	406	0,41	Nublado
12:14 PM	28,12	39,50	36,06	36,25	16,8	464	0,46	Nublado
12:30 PM	28,94	40,38	36,56	36,19	16,8	647	0,65	Combinado
12:47 PM	29,19	39,56	35,81	36,13	17,3	478	0,48	Nublado
12:59 PM	29,31	38,94	36,06	36,06	17,7	334	0,33	Nublado
1:15 PM	29,69	39,44	36,13	36,06	18	373	0,37	Nublado
1:31 PM	29,87	38,88	36,25	36,31	18,2	452	0,45	Nublado
1:44 PM	30,12	40,50	36,75	36,56	18,4	408	0,41	Nublado
2:00 PM	30,56	40,38	37,13	36,75	19,2	512	0,51	Nublado
2:16 PM	30,62	37,56	36,13	36,25	19,9	264	0,26	Nublado
2:28 PM	30,44	37,19	35,44	36,19	19,4	336	0,34	Nublado
2:44 PM	30,87	39,00	36,19	36,06	18,8	417	0,42	Nublado
3:01 PM	30,69	37,06	35,56	36,00	18,6	621	0,62	Combinado
3:17 PM	29,87	35,50	34,31	35,88	18,7	387	0,39	Nublado
3:29 PM	29,06	34,25	33,56	35,81	18,7	362	0,36	Nublado
3:45 PM	27,62	34,50	32,81	35,69	18,4	223	0,22	Nublado
4:02 PM	27,62	34,13	32,75	35,63	18	657	0,66	Combinado



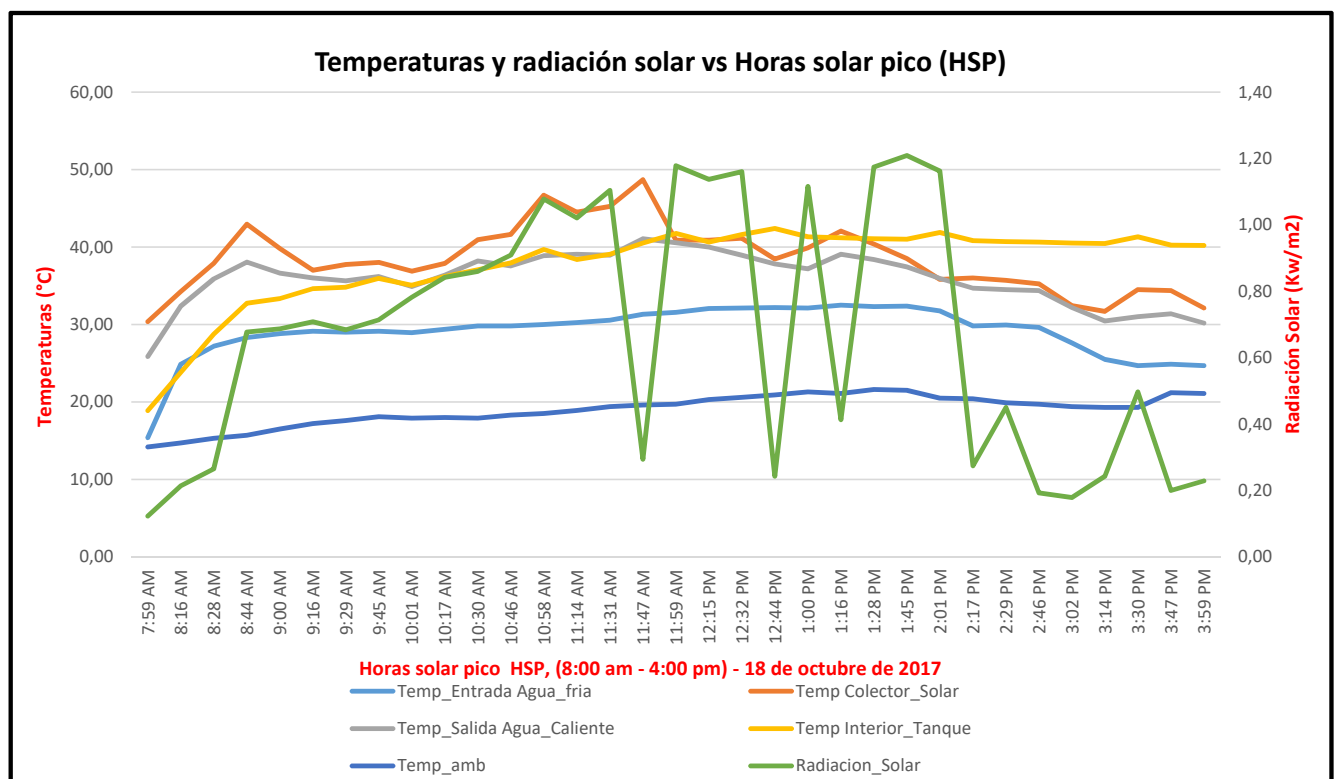
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
8:02 AM	14,31	20,25	16,06	15,10	13,7	243	0,24	Nublado
8:14 AM	14,56	21,12	15,81	15,50	13,8	603	0,60	Combinado
8:30 AM	14,69	23,00	16,50	16,50	13,9	664	0,66	Combinado
8:46 AM	14,75	24,25	18,00	16,62	14,1	677	0,68	Combinado
9:02 AM	14,88	27,50	22,06	19,31	14,2	967	0,97	Soleado
9:15 AM	15,75	29,62	25,00	21,13	14,4	469	0,47	Nublado
9:31 AM	23,87	33,56	29,94	24,06	14,6	487	0,49	Nublado
9:47 AM	25,50	44,81	36,44	29,00	14,9	417	0,42	Nublado
9:59 AM	25,87	36,81	34,06	30,06	15,4	425	0,43	Nublado
10:16 AM	25,94	35,38	32,81	29,31	16,2	573	0,57	Nublado
10:32 AM	26,31	35,94	33,13	30,44	16,5	640	0,64	Combinado
10:44 AM	26,44	37,25	33,75	30,63	16,5	689	0,69	Combinado
11:00 AM	26,56	38,94	34,75	30,50	16,9	694	0,69	Combinado
11:17 AM	26,87	38,88	35,06	31,31	17,1	657	0,66	Combinado
11:29 AM	27,19	42,00	36,06	30,19	17,6	684	0,68	Combinado
11:45 AM	27,44	42,38	36,94	32,63	17,9	700	0,70	Combinado
12:01 PM	27,25	38,63	35,13	32,88	18,2	708	0,71	Combinado
12:17 PM	27,44	38,75	35,13	32,75	18,3	766	0,77	Combinado
12:30 PM	27,62	40,19	35,75	32,63	18,1	633	0,63	Combinado
12:46 PM	27,94	39,69	35,75	31,56	18,1	483	0,48	Nublado
1:02 PM	28,12	38,13	35,31	32,44	18,4	413	0,41	Nublado
1:14 PM	28,31	38,50	35,00	32,31	18,5	443	0,44	Nublado
1:31 PM	28,56	38,81	35,81	32,25	18,4	461	0,46	Nublado
1:47 PM	28,81	37,63	35,38	32,13	18,5	450	0,45	Nublado
1:59 PM	28,87	36,81	34,94	32,06	18,6	364	0,36	Nublado
2:15 PM	28,87	35,81	34,31	32,94	18,3	336	0,34	Nublado
2:32 PM	29,00	36,56	34,44	32,88	18,1	348	0,35	Nublado
2:44 PM	29,12	35,56	34,38	31,81	17,9	621	0,62	Combinado
3:00 PM	28,81	34,56	33,63	31,69	17,9	467	0,47	Nublado
3:16 PM	29,06	35,69	33,75	31,63	17,7	362	0,36	Nublado
3:28 PM	28,81	33,25	33,13	31,56	17,6	332	0,33	Nublado
3:45 PM	27,69	33,00	32,06	31,44	17,6	657	0,66	Combinado
4:01 PM	27,12	33,25	31,56	31,38	17,4	621	0,62	Combinado



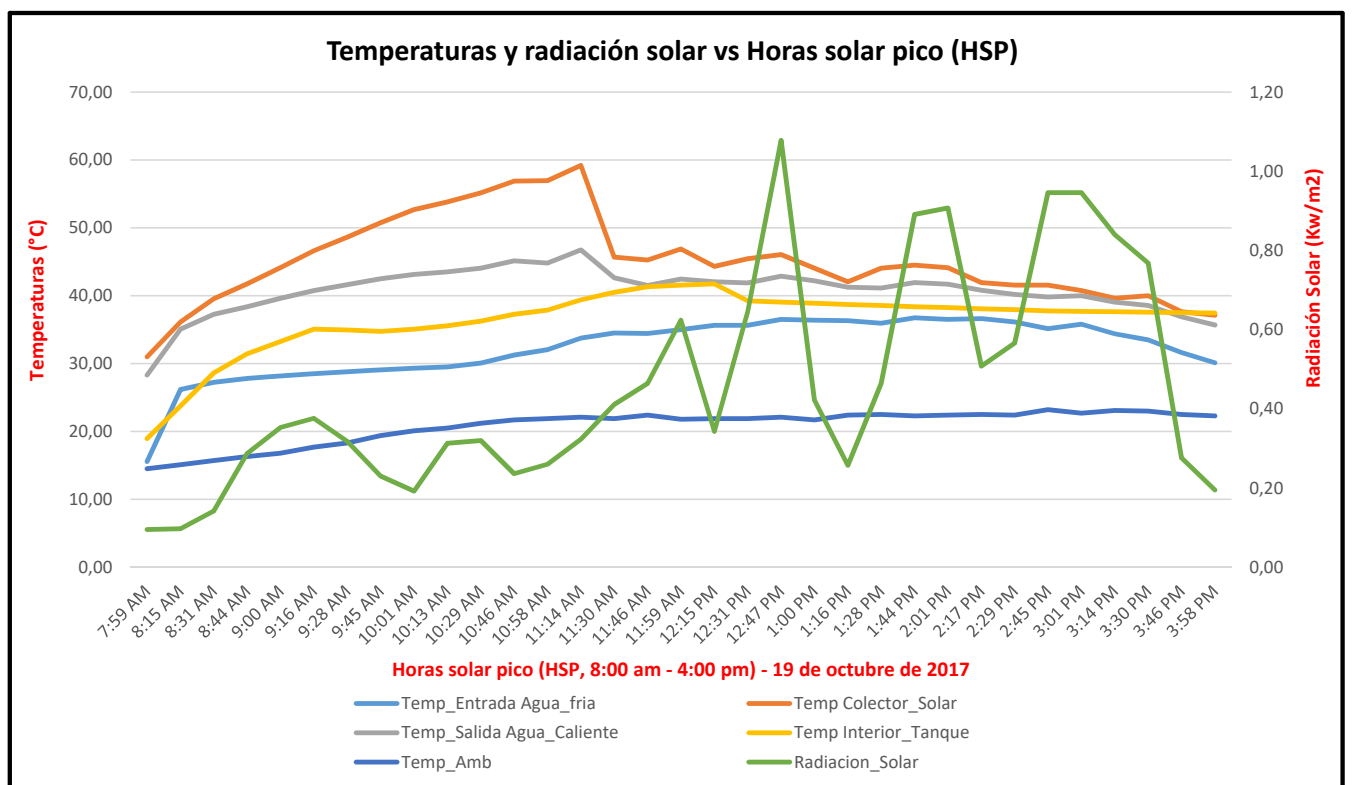
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Periodos del día
7:57 AM	13,81	22,37	15,69	17,44	13,4	40	0,04	Nublado
8:13 AM	14,25	23,81	21,12	17,37	13,6	69	0,07	Nublado
8:30 AM	14,75	26,62	21,19	17,31	13,9	113	0,11	Nublado
8:46 AM	15,69	30,19	25,00	19,25	14,4	149	0,15	Nublado
9:02 AM	23,19	31,75	29,00	22,19	14,8	169	0,17	Nublado
9:14 AM	25,44	31,94	30,44	25,12	15,2	128	0,13	Nublado
9:31 AM	26,19	35,88	32,19	27,12	15,8	120	0,12	Nublado
9:47 AM	26,94	37,75	34,38	27,25	16,8	135	0,14	Nublado
9:59 AM	27,19	36,25	34,19	27,81	17,8	163	0,16	Nublado
10:15 AM	26,87	32,63	31,75	29,50	17,8	141	0,14	Nublado
10:31 AM	27,19	36,69	33,38	29,62	19,1	118	0,12	Nublado
10:44 AM	27,44	37,56	34,63	30,06	19,2	125	0,13	Nublado
11:00 AM	27,44	34,81	33,50	31,37	19,9	257	0,26	Nublado
11:16 AM	27,50	36,50	33,63	32,94	20,1	392	0,39	Nublado
11:32 AM	27,69	35,56	34,13	32,69	19,7	186	0,19	Nublado
11:45 AM	27,62	34,81	33,38	33,31	20	130	0,13	Nublado
12:01 PM	27,81	36,94	34,19	33,75	19,7	200	0,20	Nublado
12:17 PM	28,00	35,31	34,38	33,50	19,4	257	0,26	Nublado
12:29 PM	27,50	31,31	32,25	33,25	19,4	547	0,55	Nublado
12:46 PM	26,69	29,50	29,31	33,56	20,8	487	0,49	Nublado
12:58 PM	25,69	29,69	28,69	32,19	20,9	281	0,28	Nublado
1:14 PM	24,69	31,50	28,56	32,00	20,8	411	0,41	Nublado
1:30 PM	25,87	30,31	29,50	31,87	21,1	471	0,47	Nublado
1:46 PM	26,44	33,75	30,87	31,62	20,9	679	0,68	Combinado
1:59 PM	27,31	33,56	32,19	31,25	20,8	805	0,81	Soleado
2:15 PM	27,87	37,69	34,38	31,12	21,1	823	0,82	Soleado
2:31 PM	28,25	37,50	34,69	31,00	21,2	589	0,59	Nublado
2:47 PM	28,62	36,63	34,44	31,06	21,3	475	0,48	Nublado
3:00 PM	28,69	36,69	34,25	31,44	21,2	643	0,64	Combinado
3:16 PM	28,87	35,63	34,50	31,56	21,4	779	0,78	Combinado
3:32 PM	28,37	32,56	32,56	31,50	20,5	543	0,54	Nublado
3:44 PM	28,00	32,81	31,44	31,44	19,4	693	0,69	Combinado
4:01 PM	27,56	31,56	31,12	31,37	18,8	575	0,58	Nublado



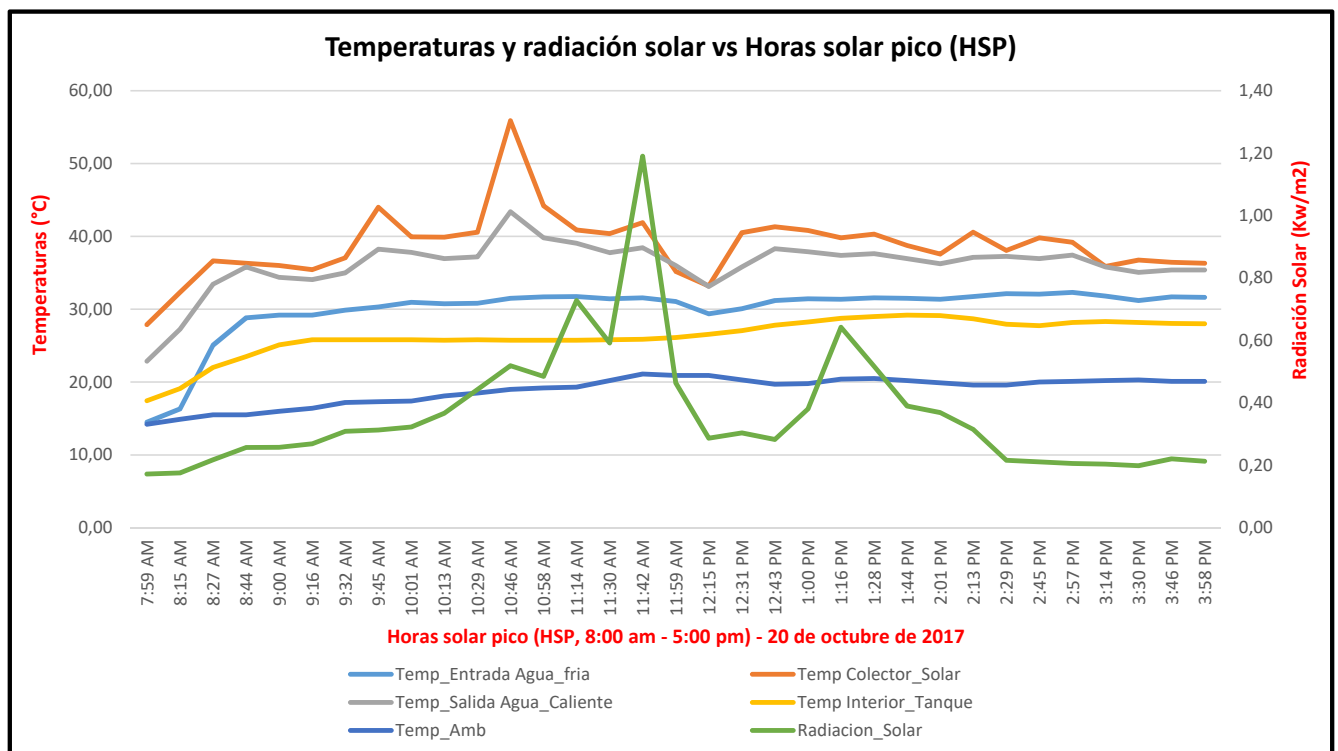
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
7:59 AM	15,38	30,37	25,87	18,88	14,2	123	0,12	Nublado
8:16 AM	24,87	34,25	32,38	23,81	14,7	214	0,21	Nublado
8:28 AM	27,19	37,88	35,88	28,75	15,3	265	0,27	Nublado
8:44 AM	28,31	42,94	38,06	32,75	15,7	677	0,68	Combinado
9:00 AM	28,81	39,81	36,63	33,35	16,5	687	0,69	Combinado
9:16 AM	29,12	37,00	36,00	34,63	17,2	708	0,71	Combinado
9:29 AM	29,00	37,75	35,63	34,81	17,6	684	0,68	Combinado
9:45 AM	29,12	38,00	36,19	35,94	18,1	714	0,71	Combinado
10:01 AM	28,94	36,88	34,88	35,06	17,9	782	0,78	Combinado
10:17 AM	29,37	37,88	36,38	36,19	18	842	0,84	Soleado
10:30 AM	29,81	40,94	38,19	37,06	17,9	860	0,86	Soleado
10:46 AM	29,81	41,63	37,56	37,94	18,3	909	0,91	Soleado
10:58 AM	30,00	46,69	38,88	39,69	18,5	1078	1,08	Soleado
11:14 AM	30,25	44,50	39,06	38,38	18,9	1021	1,02	Soleado
11:31 AM	30,56	45,25	38,94	39,06	19,4	1104	1,10	Soleado
11:47 AM	31,31	48,69	41,06	40,50	19,6	294	0,29	Nublado
11:59 AM	31,56	40,88	40,56	41,75	19,7	1178	1,18	Soleado
12:15 PM	32,06	40,88	40,00	40,63	20,3	1137	1,14	Soleado
12:32 PM	32,13	41,13	38,94	41,60	20,6	1160	1,16	Soleado
12:44 PM	32,19	38,44	37,81	42,38	20,9	243	0,24	Nublado
1:00 PM	32,13	39,88	37,19	41,31	21,3	1116	1,12	Soleado
1:16 PM	32,50	42,06	39,06	41,19	21,1	413	0,41	Nublado
1:28 PM	32,31	40,38	38,38	41,06	21,6	1174	1,17	Soleado
1:45 PM	32,38	38,50	37,44	41,00	21,5	1209	1,21	Soleado
2:01 PM	31,75	35,81	35,94	41,88	20,5	1162	1,16	Soleado
2:17 PM	29,81	36,00	34,69	40,81	20,4	274	0,27	Nublado
2:29 PM	29,94	35,69	34,50	40,69	19,9	450	0,45	Nublado
2:46 PM	29,62	35,25	34,38	40,63	19,7	193	0,19	Nublado
3:02 PM	27,62	32,44	32,19	40,50	19,4	179	0,18	Nublado
3:14 PM	25,50	31,69	30,44	40,44	19,3	243	0,24	Nublado
3:30 PM	24,69	34,50	31,00	41,31	19,3	497	0,50	Nublado
3:47 PM	24,87	34,38	31,37	40,25	21,2	200	0,20	Nublado
3:59 PM	24,69	32,13	30,19	40,19	21,1	229	0,23	Nublado



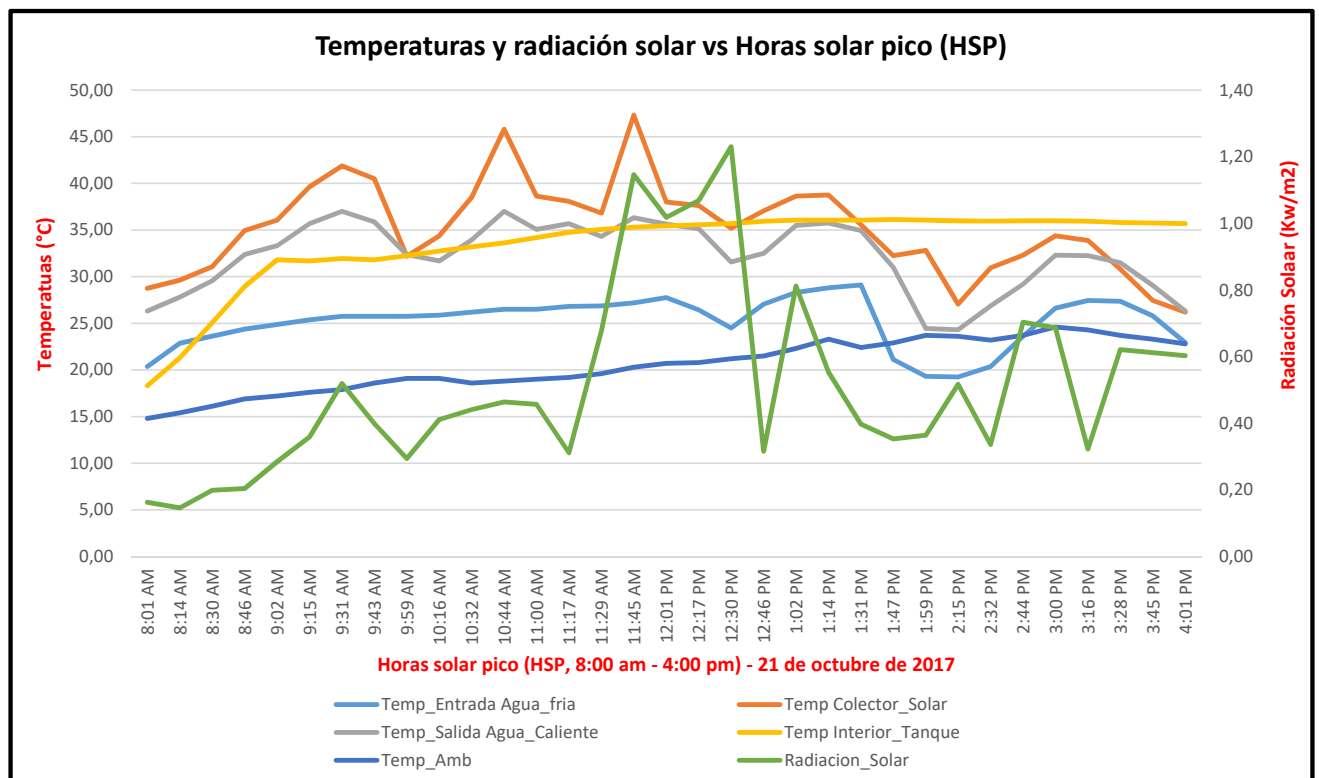
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Periodos del día
7:59 AM	15,56	31,00	28,31	18,94	14,5	95	0,10	Nublado
8:15 AM	26,19	36,13	35,06	23,75	15,1	97	0,10	Nublado
8:31 AM	27,25	39,56	37,25	28,63	15,7	142	0,14	Nublado
8:44 AM	27,81	41,75	38,38	31,44	16,3	287	0,29	Nublado
9:00 AM	28,19	44,13	39,63	33,25	16,8	353	0,35	Nublado
9:16 AM	28,50	46,63	40,75	35,06	17,7	376	0,38	Nublado
9:28 AM	28,81	48,63	41,63	34,94	18,3	318	0,32	Nublado
9:45 AM	29,06	50,75	42,50	34,75	19,4	230	0,23	Nublado
10:01 AM	29,31	52,69	43,13	35,06	20,1	192	0,19	Nublado
10:13 AM	29,50	53,81	43,50	35,56	20,5	313	0,31	Nublado
10:29 AM	30,06	55,13	44,06	36,25	21,2	320	0,32	Nublado
10:46 AM	31,25	56,88	45,13	37,25	21,7	236	0,24	Nublado
10:58 AM	32,06	56,94	44,81	37,88	21,9	260	0,26	Nublado
11:14 AM	33,75	59,19	46,75	39,38	22,1	323	0,32	Nublado
11:30 AM	34,50	45,69	42,63	40,50	21,9	411	0,41	Nublado
11:46 AM	34,44	45,25	41,50	41,31	22,4	464	0,46	Nublado
11:59 AM	35,00	46,88	42,44	41,56	21,8	624	0,62	Combinado
12:15 PM	35,63	44,31	42,06	41,75	21,9	343	0,34	Nublado
12:31 PM	35,63	45,44	41,88	39,25	21,9	645	0,65	Combinado
12:47 PM	36,50	46,06	42,88	39,06	22,1	1078	1,08	Soleado
1:00 PM	36,38	44,06	42,19	38,88	21,7	422	0,42	Nublado
1:16 PM	36,31	42,06	41,25	38,69	22,4	257	0,26	Nublado
1:28 PM	35,94	44,06	41,13	38,56	22,5	464	0,46	Nublado
1:44 PM	36,75	44,50	41,94	38,38	22,3	891	0,89	Soleado
2:01 PM	36,50	44,13	41,69	38,25	22,4	907	0,91	Soleado
2:17 PM	36,63	41,94	40,81	38,06	22,5	508	0,51	Nublado
2:29 PM	36,13	41,56	40,19	37,94	22,4	566	0,57	Nublado
2:45 PM	35,13	41,56	39,81	37,75	23,2	946	0,95	Soleado
3:01 PM	35,81	40,75	40,00	37,69	22,7	946	0,95	Soleado
3:14 PM	34,38	39,63	39,06	37,63	23,1	840	0,84	Soleado
3:30 PM	33,50	40,00	38,56	37,56	23	768	0,77	Combinado
3:46 PM	31,62	37,63	36,88	37,50	22,5	276	0,28	Nublado
3:58 PM	30,12	37,13	35,69	37,44	22,3	195	0,20	Nublado



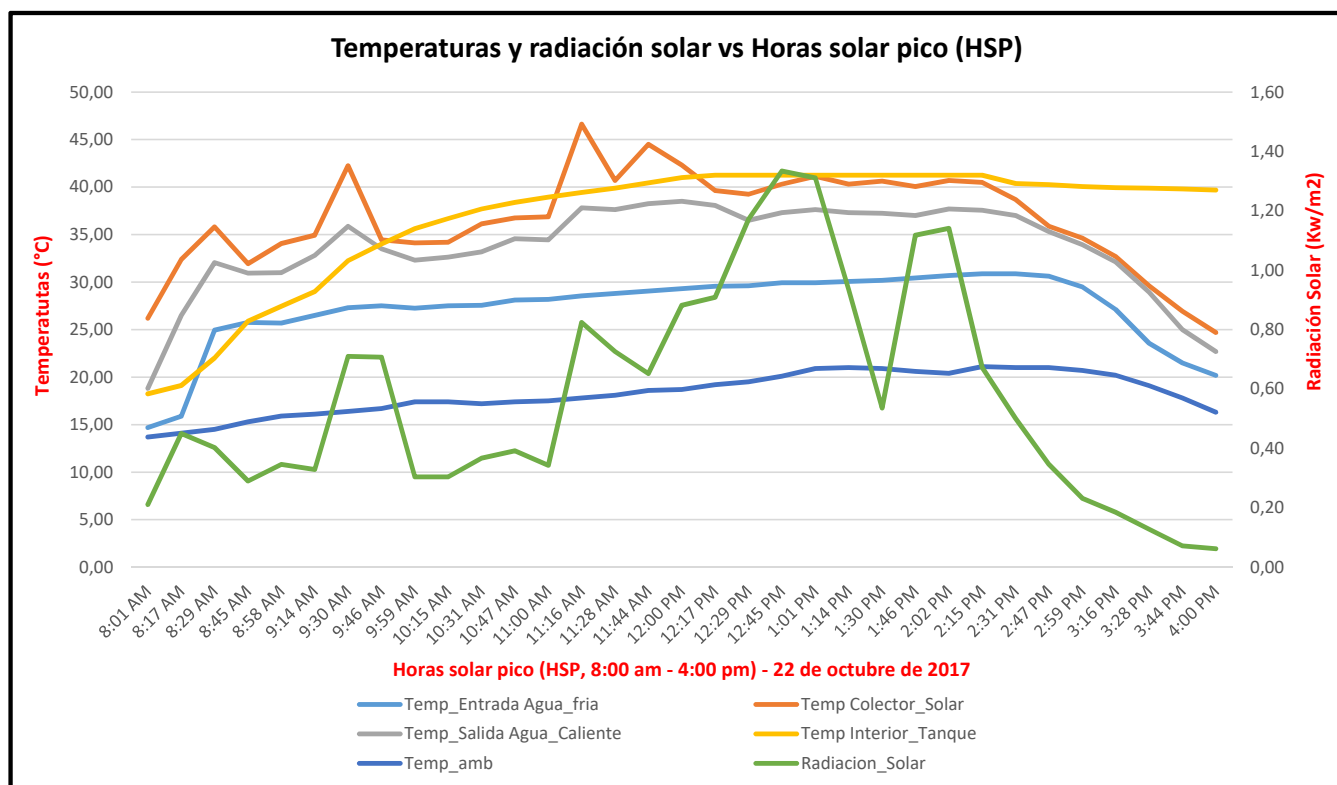
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Periodos del día
7:59 AM	14,50	27,87	22,87	17,45	14,2	172	0,17	Nublado
8:15 AM	16,31	32,31	27,25	19,10	14,9	176	0,18	Nublado
8:27 AM	25,06	36,63	33,44	22,00	15,5	218	0,22	Nublado
8:44 AM	28,81	36,31	35,81	23,50	15,5	257	0,26	Nublado
9:00 AM	29,19	36,00	34,38	25,10	16	258	0,26	Nublado
9:16 AM	29,19	35,44	34,06	25,81	16,4	269	0,27	Nublado
9:32 AM	29,87	37,06	35,00	25,81	17,2	309	0,31	Nublado
9:45 AM	30,31	44,00	38,25	25,81	17,3	313	0,31	Nublado
10:01 AM	30,94	39,94	37,81	25,81	17,4	323	0,32	Nublado
10:13 AM	30,75	39,88	36,94	25,75	18,1	367	0,37	Nublado
10:29 AM	30,81	40,56	37,19	25,81	18,5	443	0,44	Nublado
10:46 AM	31,50	55,88	43,38	25,75	19	519	0,52	Nublado
10:58 AM	31,69	44,19	39,81	25,75	19,2	485	0,49	Nublado
11:14 AM	31,75	40,88	39,06	25,75	19,3	728	0,73	Combinado
11:30 AM	31,44	40,38	37,75	25,81	20,2	592	0,59	Nublado
11:42 AM	31,56	41,88	38,44	25,87	21,1	1190	1,19	Soleado
11:59 AM	31,06	35,19	36,00	26,12	20,9	464	0,46	Nublado
12:15 PM	29,37	33,19	33,13	26,56	20,9	287	0,29	Nublado
12:31 PM	30,06	40,50	35,81	27,06	20,3	304	0,30	Nublado
12:43 PM	31,19	41,31	38,31	27,81	19,7	283	0,28	Nublado
1:00 PM	31,44	40,81	37,88	28,25	19,8	381	0,38	Nublado
1:16 PM	31,37	39,81	37,38	28,75	20,4	642	0,64	Combinado
1:28 PM	31,56	40,31	37,63	29,00	20,5	517	0,52	Nublado
1:44 PM	31,50	38,75	36,94	29,19	20,2	390	0,39	Nublado
2:01 PM	31,37	37,56	36,25	29,12	19,9	369	0,37	Nublado
2:13 PM	31,75	40,56	37,13	28,69	19,6	315	0,32	Nublado
2:29 PM	32,13	38,06	37,25	27,94	19,6	216	0,22	Nublado
2:45 PM	32,06	39,81	36,94	27,75	20	211	0,21	Nublado
2:57 PM	32,31	39,19	37,44	28,19	20,1	206	0,21	Nublado
3:14 PM	31,81	35,88	35,81	28,31	20,2	204	0,20	Nublado
3:30 PM	31,19	36,75	35,06	28,19	20,3	199	0,20	Nublado
3:46 PM	31,69	36,44	35,38	28,06	20,1	221	0,22	Nublado
3:58 PM	31,62	36,31	35,38	28,00	20,1	213	0,21	Nublado



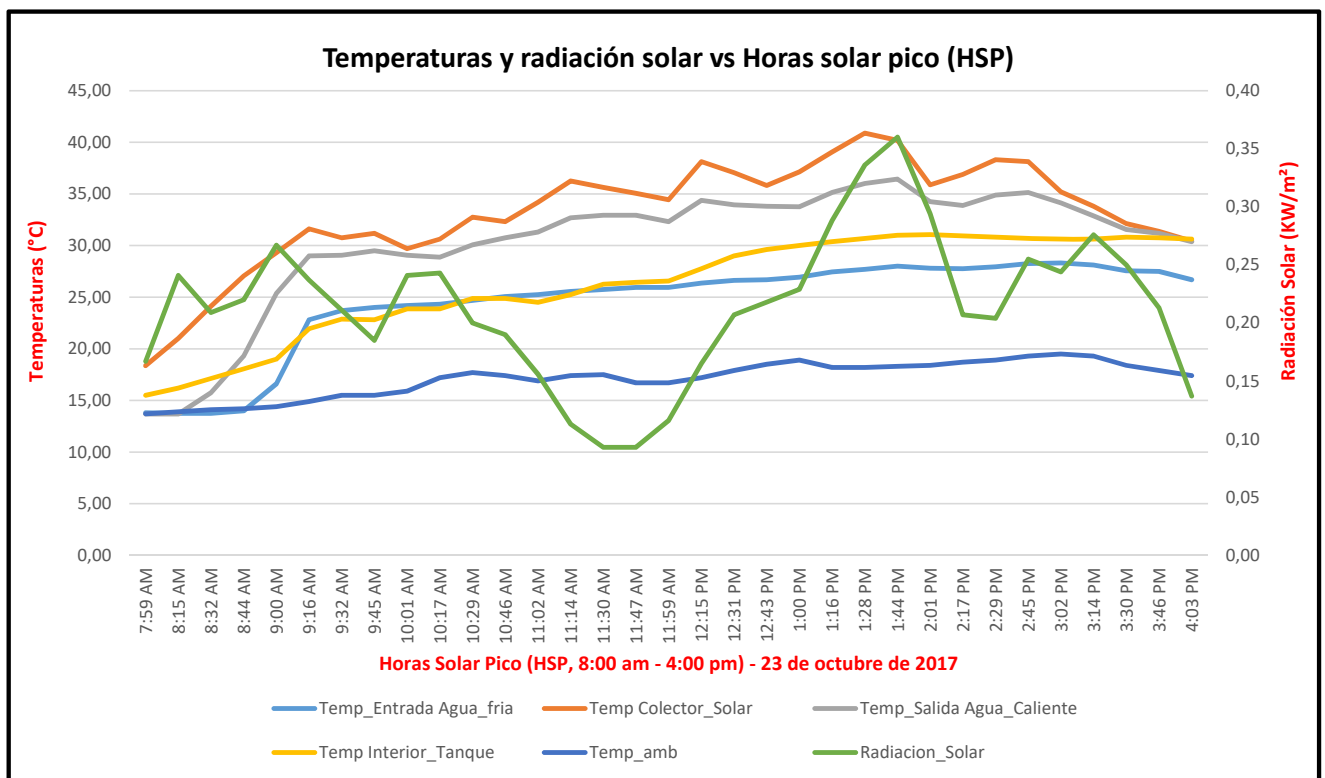
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
8:01 AM	20,37	28,75	26,31	18,31	14,8	163	0,16	Nublado
8:14 AM	22,87	29,62	27,81	21,31	15,4	146	0,15	Nublado
8:30 AM	23,62	31,06	29,56	25,06	16,1	199	0,20	Nublado
8:46 AM	24,37	34,94	32,38	28,94	16,9	204	0,20	Nublado
9:02 AM	24,87	36,06	33,31	31,81	17,2	285	0,29	Nublado
9:15 AM	25,37	39,63	35,69	31,69	17,6	359	0,36	Nublado
9:31 AM	25,75	41,88	37,00	31,94	17,9	519	0,52	Nublado
9:43 AM	25,75	40,50	35,88	31,81	18,6	399	0,40	Nublado
9:59 AM	25,75	32,19	32,38	32,25	19,1	294	0,29	Nublado
10:16 AM	25,87	34,38	31,69	32,75	19,1	411	0,41	Nublado
10:32 AM	26,19	38,50	33,94	33,19	18,6	441	0,44	Nublado
10:44 AM	26,50	45,81	37,00	33,63	18,8	464	0,46	Nublado
11:00 AM	26,50	38,63	35,06	34,19	19	457	0,46	Nublado
11:17 AM	26,81	38,06	35,69	34,75	19,2	311	0,31	Nublado
11:29 AM	26,87	36,81	34,31	35,06	19,6	677	0,68	Combinado
11:45 AM	27,19	47,31	36,31	35,31	20,3	1146	1,15	Soleado
12:01 PM	27,75	38,00	35,63	35,44	20,7	1018	1,02	Soleado
12:17 PM	26,44	37,63	35,13	35,56	20,8	1069	1,07	Soleado
12:30 PM	24,50	35,19	31,56	35,69	21,2	1230	1,23	Soleado
12:46 PM	27,06	37,06	32,50	35,94	21,5	316	0,32	Nublado
1:02 PM	28,31	38,63	35,50	36,06	22,3	812	0,81	Soleado
1:14 PM	28,81	38,75	35,75	36,06	23,3	554	0,55	Nublado
1:31 PM	29,12	35,56	34,94	36,06	22,4	397	0,40	Nublado
1:47 PM	21,12	32,25	31,00	36,13	22,9	353	0,35	Nublado
1:59 PM	19,31	32,81	24,44	36,06	23,7	364	0,36	Nublado
2:15 PM	19,25	27,06	24,31	36,00	23,6	517	0,52	Nublado
2:32 PM	20,37	30,94	26,87	35,94	23,2	336	0,34	Nublado
2:44 PM	23,62	32,31	29,19	36,00	23,7	703	0,70	Combinado
3:00 PM	26,62	34,38	32,31	36,00	24,6	687	0,69	Combinado
3:16 PM	27,44	33,88	32,25	35,94	24,3	323	0,32	Nublado
3:28 PM	27,37	30,81	31,50	35,81	23,7	621	0,62	Combinado
3:45 PM	25,81	27,44	29,06	35,75	23,3	612	0,61	Combinado
4:01 PM	22,94	26,19	26,31	35,69	22,8	603	0,60	Combinado



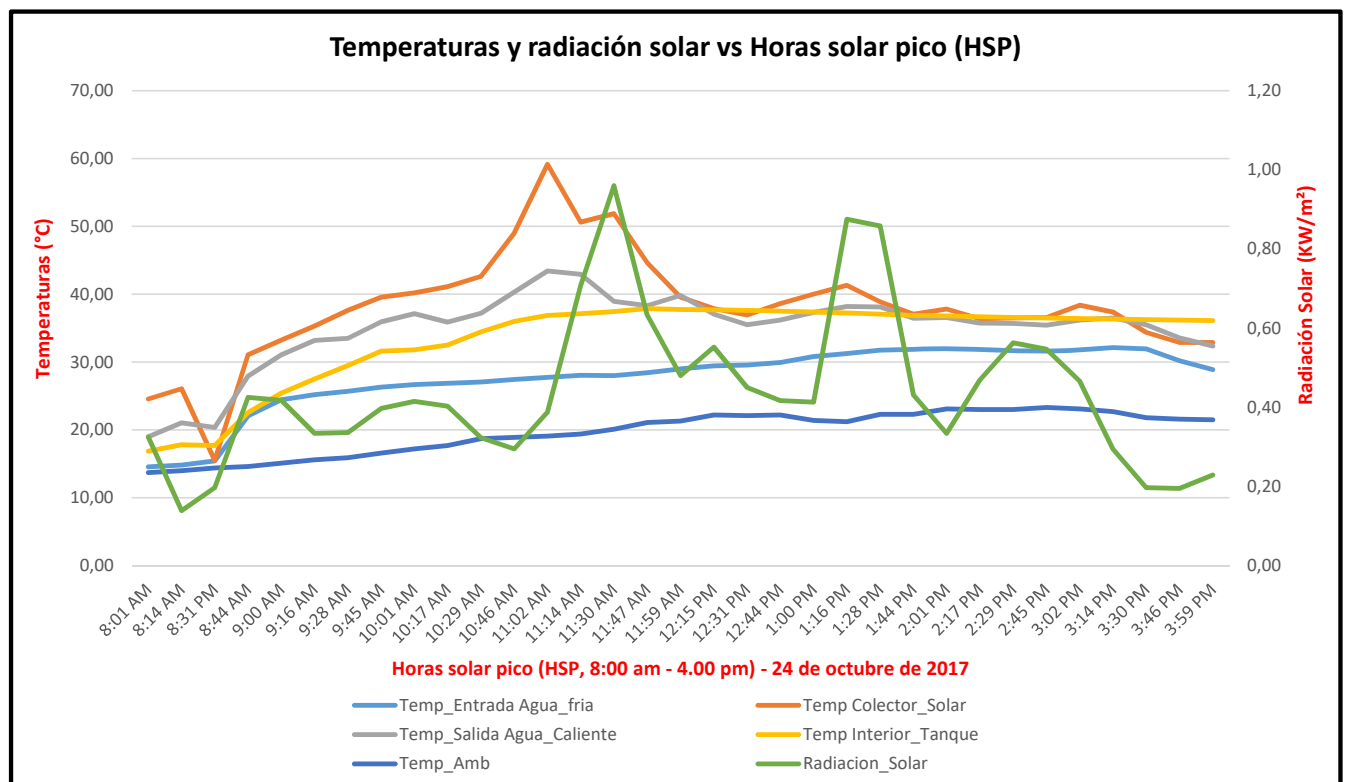
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m ²)	Radiación solar (KW/m ²)	Períodos del día
8:01 AM	14,69	26,19	18,81	18,25	13,7	211	0,21	Nublado
8:17 AM	15,88	32,38	26,50	19,12	14,1	450	0,45	Nublado
8:29 AM	24,94	35,81	32,06	22,02	14,5	403	0,40	Nublado
8:45 AM	25,75	31,94	30,94	25,89	15,3	290	0,29	Nublado
8:58 AM	25,69	34,06	31,00	27,45	15,9	346	0,35	Nublado
9:14 AM	26,50	34,94	32,81	29,00	16,1	329	0,33	Nublado
9:30 AM	27,31	42,25	35,88	32,25	16,4	710	0,71	Combinado
9:46 AM	27,50	34,44	33,50	34,01	16,7	707	0,71	Combinado
9:59 AM	27,25	34,13	32,31	35,63	17,4	304	0,30	Nublado
10:15 AM	27,50	34,19	32,63	36,69	17,4	304	0,30	Nublado
10:31 AM	27,56	36,13	33,19	37,69	17,2	367	0,37	Nublado
10:47 AM	28,12	36,75	34,56	38,38	17,4	392	0,39	Nublado
11:00 AM	28,19	36,88	34,44	38,94	17,5	343	0,34	Nublado
11:16 AM	28,56	46,63	37,81	39,44	17,8	824	0,82	Soleado
11:28 AM	28,81	40,69	37,63	39,88	18,1	726	0,73	Combinado
11:44 AM	29,06	44,50	38,25	40,44	18,6	652	0,65	Combinado
12:00 PM	29,31	42,31	38,50	41,00	18,7	882	0,88	Soleado
12:17 PM	29,56	39,63	38,06	41,25	19,2	909	0,91	Soleado
12:29 PM	29,62	39,25	36,50	41,25	19,5	1172	1,17	Soleado
12:45 PM	29,94	40,31	37,31	41,25	20,1	1334	1,33	Soleado
1:01 PM	29,94	41,13	37,63	41,25	20,9	1311	1,31	Soleado
1:14 PM	30,06	40,31	37,31	41,25	21	935	0,94	Soleado
1:30 PM	30,19	40,63	37,25	41,25	20,9	536	0,54	Nublado
1:46 PM	30,44	40,06	37,00	41,25	20,6	1118	1,12	Soleado
2:02 PM	30,69	40,69	37,69	41,25	20,4	1141	1,14	Soleado
2:15 PM	30,87	40,50	37,56	41,25	21,1	673	0,67	Combinado
2:31 PM	30,87	38,69	37,00	40,38	21	501	0,50	Nublado
2:47 PM	30,62	35,88	35,31	40,25	21	346	0,35	Nublado
2:59 PM	29,50	34,63	33,94	40,06	20,7	232	0,23	Nublado
3:16 PM	27,12	32,69	32,13	39,94	20,2	185	0,19	Nublado
3:28 PM	23,56	29,62	28,94	39,88	19,1	128	0,13	Nublado
3:44 PM	21,50	26,94	25,00	39,81	17,8	72	0,07	Nublado
4:00 PM	20,19	24,69	22,69	39,69	16,3	62	0,06	Nublado



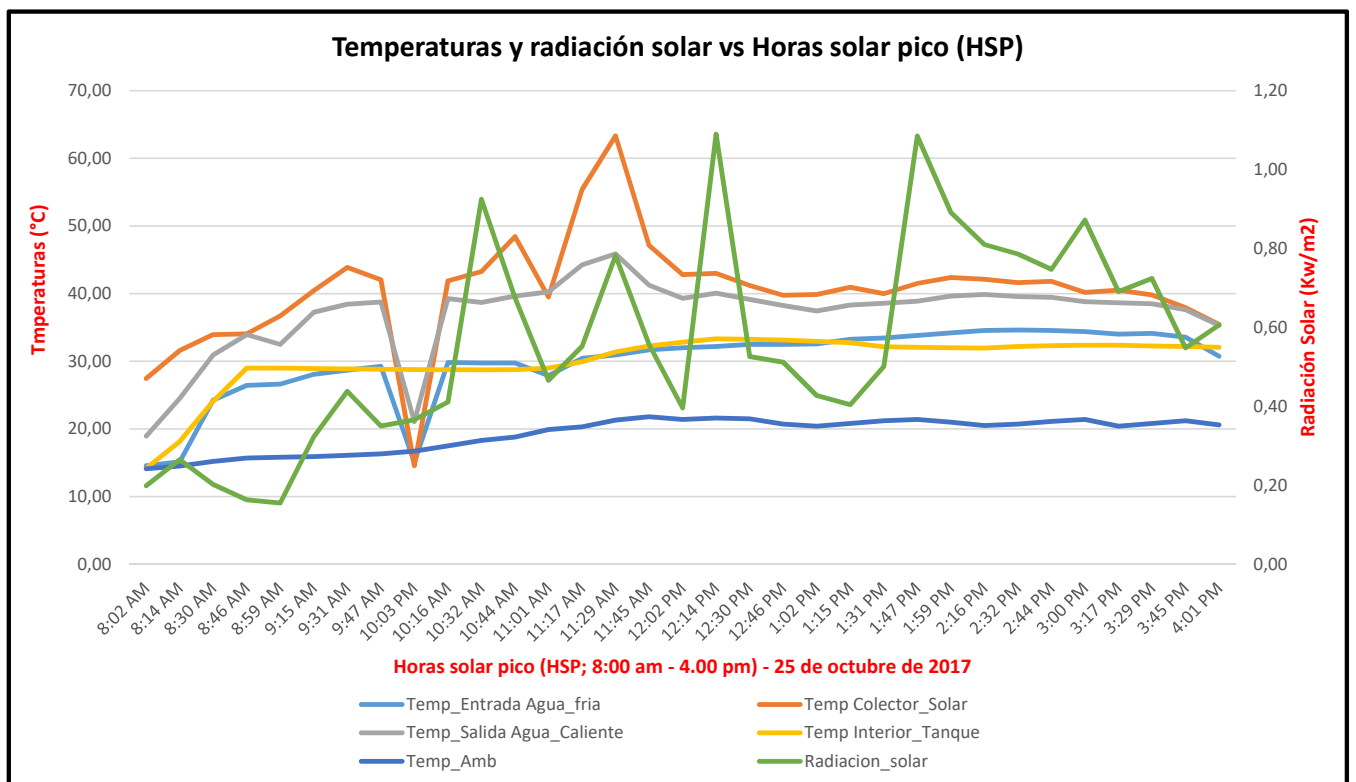
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Periodos del día
7:59 AM	13,81	18,37	13,69	15,50	13,7	167	0,17	Nublado
8:15 AM	13,75	21,00	13,69	16,19	13,9	241	0,24	Nublado
8:32 AM	13,75	24,12	15,75	17,12	14,1	209	0,21	Nublado
8:44 AM	14,00	27,06	19,31	18,06	14,2	220	0,22	Nublado
9:00 AM	16,62	29,31	25,37	19,00	14,4	267	0,27	Nublado
9:16 AM	22,81	31,62	29,00	21,94	14,9	237	0,24	Nublado
9:32 AM	23,69	30,75	29,06	22,87	15,5	211	0,21	Nublado
9:45 AM	24,00	31,19	29,50	22,81	15,5	185	0,19	Nublado
10:01 AM	24,19	29,69	29,06	23,87	15,9	241	0,24	Nublado
10:17 AM	24,31	30,62	28,87	23,87	17,2	243	0,24	Nublado
10:29 AM	24,69	32,75	30,06	24,87	17,7	200	0,20	Nublado
10:46 AM	25,06	32,31	30,75	24,87	17,4	190	0,19	Nublado
11:02 AM	25,25	34,19	31,31	24,50	16,9	156	0,16	Nublado
11:14 AM	25,56	36,25	32,69	25,25	17,4	113	0,11	Nublado
11:30 AM	25,75	35,63	32,94	26,25	17,5	93	0,09	Nublado
11:47 AM	25,94	35,06	32,94	26,44	16,7	93	0,09	Nublado
11:59 AM	25,94	34,44	32,31	26,56	16,7	116	0,12	Nublado
12:15 PM	26,37	38,13	34,38	27,75	17,2	165	0,17	Nublado
12:31 PM	26,62	37,06	33,94	29,00	17,9	207	0,21	Nublado
12:43 PM	26,69	35,81	33,81	29,62	18,5	218	0,22	Nublado
1:00 PM	26,94	37,13	33,75	30,00	18,9	229	0,23	Nublado
1:16 PM	27,44	39,06	35,13	30,37	18,2	288	0,29	Nublado
1:28 PM	27,69	40,88	36,00	30,69	18,2	336	0,34	Nublado
1:44 PM	28,00	40,19	36,44	31,00	18,3	360	0,36	Nublado
2:01 PM	27,81	35,88	34,25	31,06	18,4	294	0,29	Nublado
2:17 PM	27,75	36,88	33,88	30,94	18,7	207	0,21	Nublado
2:29 PM	27,94	38,31	34,88	30,81	18,9	204	0,20	Nublado
2:45 PM	28,25	38,13	35,13	30,69	19,3	255	0,26	Nublado
3:02 PM	28,31	35,19	34,13	30,62	19,5	244	0,24	Nublado
3:14 PM	28,12	33,81	32,88	30,62	19,3	276	0,28	Nublado
3:30 PM	27,56	32,13	31,56	30,81	18,4	250	0,25	Nublado
3:46 PM	27,50	31,37	31,19	30,75	17,9	213	0,21	Nublado
4:03 PM	26,69	30,44	30,37	30,62	17,4	137	0,14	Nublado



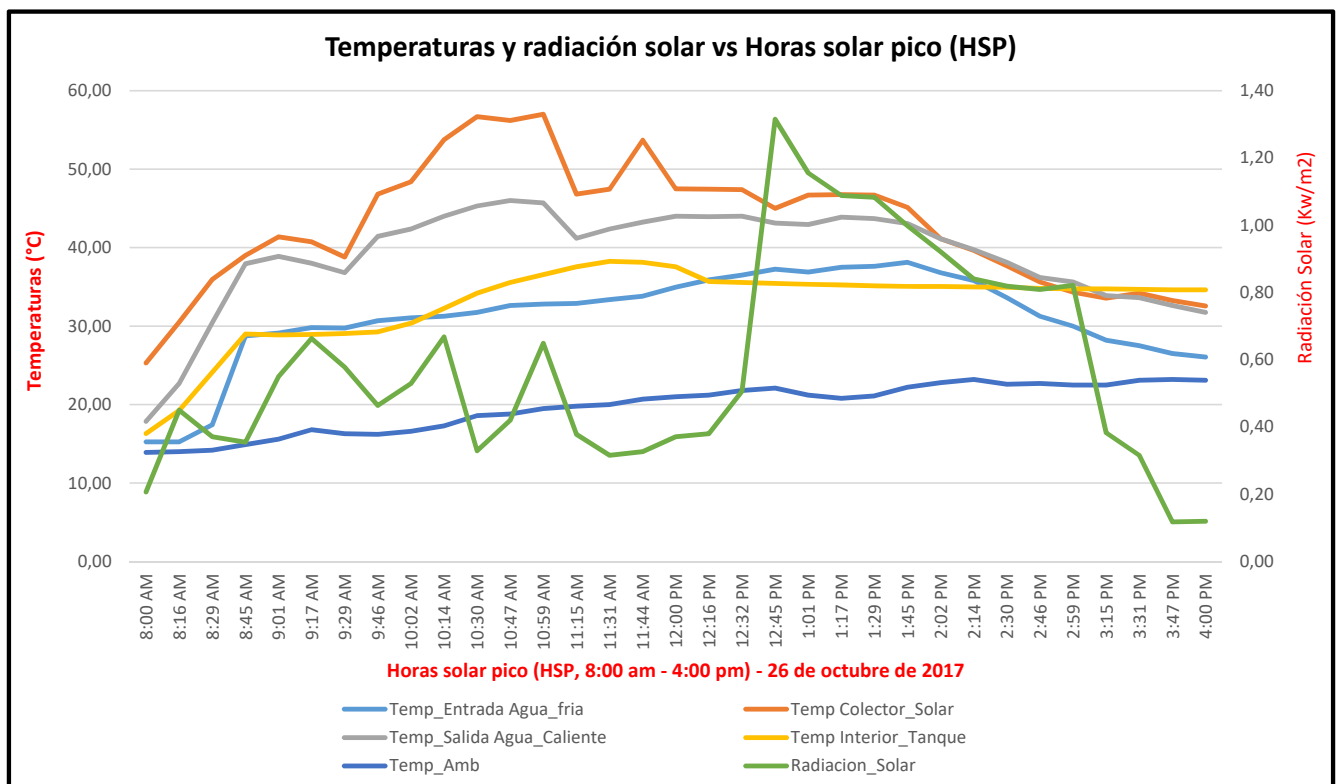
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Periodos del día
8:01 AM	14,56	24,56	19,00	16,87	13,7	325	0,33	Nublado
8:14 AM	14,81	26,06	21,05	17,81	14	139	0,14	Nublado
8:31 PM	15,44	15,50	20,37	17,69	14,4	197	0,20	Nublado
8:44 AM	22,06	31,06	27,94	22,56	14,6	425	0,43	Nublado
9:00 AM	24,44	33,25	31,06	25,44	15,1	418	0,42	Nublado
9:16 AM	25,19	35,31	33,19	27,50	15,6	334	0,33	Nublado
9:28 AM	25,69	37,63	33,50	29,50	15,9	336	0,34	Nublado
9:45 AM	26,31	39,56	35,94	31,62	16,6	397	0,40	Nublado
10:01 AM	26,69	40,19	37,13	31,81	17,2	415	0,42	Nublado
10:17 AM	26,87	41,13	35,88	32,50	17,7	403	0,40	Nublado
10:29 AM	27,06	42,63	37,19	34,44	18,7	323	0,32	Nublado
10:46 AM	27,44	49,00	40,31	36,00	18,9	295	0,30	Nublado
11:02 AM	27,75	59,13	43,44	36,88	19,1	388	0,39	Nublado
11:14 AM	28,06	50,63	42,94	37,13	19,4	707	0,71	Combinado
11:30 AM	28,00	51,88	38,94	37,44	20,1	960	0,96	Soleado
11:47 AM	28,44	44,63	38,31	37,88	21,1	633	0,63	Combinado
11:59 AM	29,00	39,56	39,81	37,75	21,3	480	0,48	Nublado
12:15 PM	29,44	37,88	37,06	37,69	22,2	552	0,55	Nublado
12:31 PM	29,56	36,94	35,50	37,63	22,1	450	0,45	Nublado
12:44 PM	29,94	38,63	36,19	37,50	22,2	417	0,42	Nublado
1:00 PM	30,81	40,00	37,31	37,38	21,4	413	0,41	Nublado
1:16 PM	31,25	41,31	38,19	37,25	21,2	875	0,88	Soleado
1:28 PM	31,75	38,88	38,13	37,06	22,3	858	0,86	Soleado
1:44 PM	31,87	37,06	36,44	36,88	22,3	431	0,43	Nublado
2:01 PM	31,94	37,81	36,56	36,81	23,1	334	0,33	Nublado
2:17 PM	31,87	36,38	35,75	36,69	23	469	0,47	Nublado
2:29 PM	31,69	36,50	35,69	36,56	23	563	0,56	Nublado
2:45 PM	31,62	36,56	35,44	36,50	23,3	547	0,55	Nublado
3:02 PM	31,81	38,38	36,19	36,44	23,1	466	0,47	Nublado
3:14 PM	32,13	37,38	36,50	36,31	22,7	294	0,29	Nublado
3:30 PM	31,94	34,38	35,50	36,25	21,8	197	0,20	Nublado
3:46 PM	30,19	32,88	33,56	36,19	21,6	195	0,20	Nublado
3:59 PM	28,87	32,88	32,38	36,13	21,5	229	0,23	Nublado



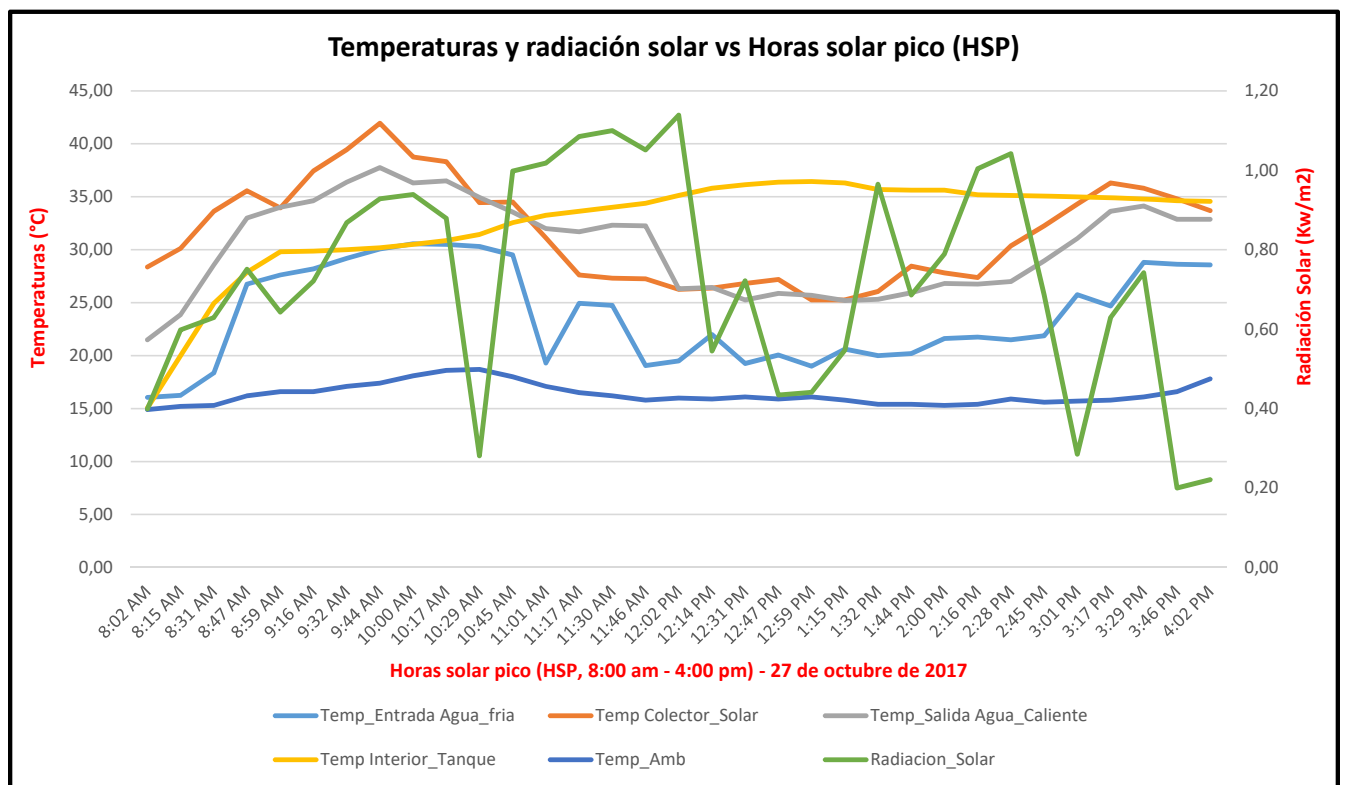
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
8:02 AM	14,56	27,44	18,94	14,19	14,1	199	0,20	Nublado
8:14 AM	15,13	31,56	24,50	18,12	14,5	265	0,27	Nublado
8:30 AM	24,25	33,94	30,94	24,06	15,2	202	0,20	Nublado
8:46 AM	26,44	34,06	33,94	29,00	15,7	163	0,16	Nublado
8:59 AM	26,62	36,69	32,50	29,00	15,8	155	0,16	Nublado
9:15 AM	28,06	40,44	37,25	28,94	15,9	323	0,32	Nublado
9:31 AM	28,69	43,88	38,44	28,87	16,1	438	0,44	Nublado
9:47 AM	29,25	42,06	38,75	28,81	16,3	350	0,35	Nublado
10:03 PM	15,06	14,56	21,06	28,75	16,7	366	0,37	Nublado
10:16 AM	29,81	41,88	39,25	28,75	17,5	411	0,41	Nublado
10:32 AM	29,75	43,25	38,69	28,75	18,3	925	0,93	Soleado
10:44 AM	29,75	48,44	39,63	28,75	18,8	675	0,68	Combinado
11:01 AM	27,87	39,50	40,25	29,00	19,9	466	0,47	Nublado
11:17 AM	30,44	55,38	44,25	29,94	20,3	552	0,55	Nublado
11:29 AM	30,94	63,31	45,88	31,37	21,3	782	0,78	Combinado
11:45 AM	31,69	47,13	41,25	32,25	21,8	557	0,56	Nublado
12:02 PM	32,00	42,81	39,31	32,81	21,4	396	0,40	Nublado
12:14 PM	32,19	43,00	40,06	33,31	21,6	1090	1,09	Soleado
12:30 PM	32,50	41,19	39,13	33,25	21,5	526	0,53	Nublado
12:46 PM	32,50	39,75	38,25	33,13	20,7	512	0,51	Nublado
1:02 PM	32,56	39,88	37,44	32,94	20,4	427	0,43	Nublado
1:15 PM	33,25	40,94	38,31	32,75	20,8	404	0,40	Nublado
1:31 PM	33,44	40,00	38,56	32,13	21,2	501	0,50	Nublado
1:47 PM	33,81	41,50	38,88	32,06	21,4	1085	1,09	Soleado
1:59 PM	34,19	42,38	39,63	32,00	21	891	0,89	Soleado
2:16 PM	34,56	42,13	39,88	31,94	20,5	810	0,81	Soleado
2:32 PM	34,63	41,63	39,56	32,19	20,7	786	0,79	Combinado
2:44 PM	34,56	41,81	39,44	32,31	21,1	747	0,75	Combinado
3:00 PM	34,38	40,19	38,81	32,38	21,4	872	0,87	Soleado
3:17 PM	34,00	40,50	38,63	32,38	20,4	691	0,69	Combinado
3:29 PM	34,13	39,81	38,50	32,25	20,8	724	0,72	Combinado
3:45 PM	33,56	37,94	37,63	32,19	21,2	548	0,55	Nublado
4:01 PM	30,75	35,44	35,31	32,06	20,6	606	0,61	Combinado



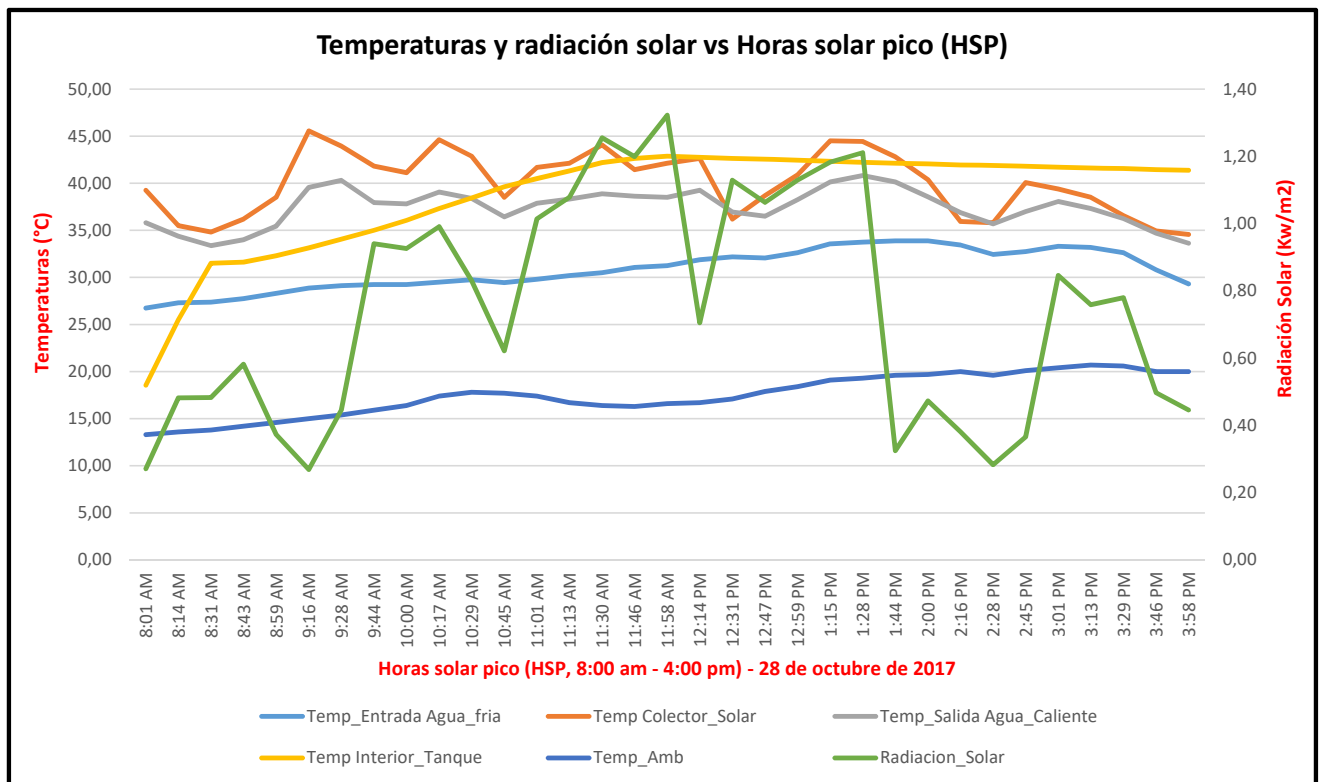
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	15,25	25,31	17,87	16,31	13,9	207	0,21	Nublado
8:16 AM	15,25	30,50	22,69	19,25	14	450	0,45	Nublado
8:29 AM	17,44	35,94	30,44	24,12	14,2	371	0,37	Nublado
8:45 AM	28,75	39,00	37,94	29,00	14,9	355	0,36	Nublado
9:01 AM	29,12	41,38	38,88	28,87	15,6	550	0,55	Nublado
9:17 AM	29,81	40,75	38,00	28,94	16,8	663	0,66	Combinado
9:29 AM	29,75	38,81	36,81	29,06	16,3	578	0,58	Nublado
9:46 AM	30,69	46,81	41,44	29,25	16,2	464	0,46	Nublado
10:02 AM	31,06	48,38	42,38	30,37	16,6	529	0,53	Nublado
10:14 AM	31,25	53,75	44,00	32,25	17,3	668	0,67	Combinado
10:30 AM	31,75	56,69	45,31	34,19	18,6	329	0,33	Nublado
10:47 AM	32,63	56,19	46,00	35,56	18,8	420	0,42	Nublado
10:59 AM	32,81	57,00	45,69	36,56	19,5	649	0,65	Combinado
11:15 AM	32,88	46,81	41,19	37,56	19,8	378	0,38	Nublado
11:31 AM	33,38	47,44	42,38	38,25	20	316	0,32	Nublado
11:44 AM	33,81	53,69	43,25	38,13	20,7	327	0,33	Nublado
12:00 PM	34,94	47,50	44,00	37,56	21	371	0,37	Nublado
12:16 PM	35,88	47,44	43,94	35,69	21,2	380	0,38	Nublado
12:32 PM	36,50	47,38	44,00	35,56	21,8	506	0,51	Nublado
12:45 PM	37,25	45,00	43,13	35,44	22,1	1315	1,32	Soleado
1:01 PM	36,88	46,69	42,94	35,31	21,2	1155	1,16	Soleado
1:17 PM	37,50	46,75	43,88	35,25	20,8	1088	1,09	Soleado
1:29 PM	37,63	46,69	43,69	35,13	21,1	1083	1,08	Soleado
1:45 PM	38,13	45,13	43,06	35,06	22,2	998	1,00	Soleado
2:02 PM	36,81	41,13	41,13	35,06	22,8	921	0,92	Soleado
2:14 PM	35,81	39,63	39,75	35,00	23,2	840	0,84	Soleado
2:30 PM	33,63	37,69	38,13	34,94	22,6	819	0,82	Soleado
2:46 PM	31,25	35,63	36,19	34,81	22,7	809	0,81	Soleado
2:59 PM	30,00	34,31	35,63	34,75	22,5	821	0,82	Soleado
3:15 PM	28,19	33,56	33,88	34,75	22,5	383	0,38	Nublado
3:31 PM	27,50	34,19	33,63	34,69	23,1	316	0,32	Nublado
3:47 PM	26,50	33,25	32,63	34,63	23,2	118	0,12	Nublado
4:00 PM	26,06	32,56	31,75	34,63	23,1	120	0,12	Nublado



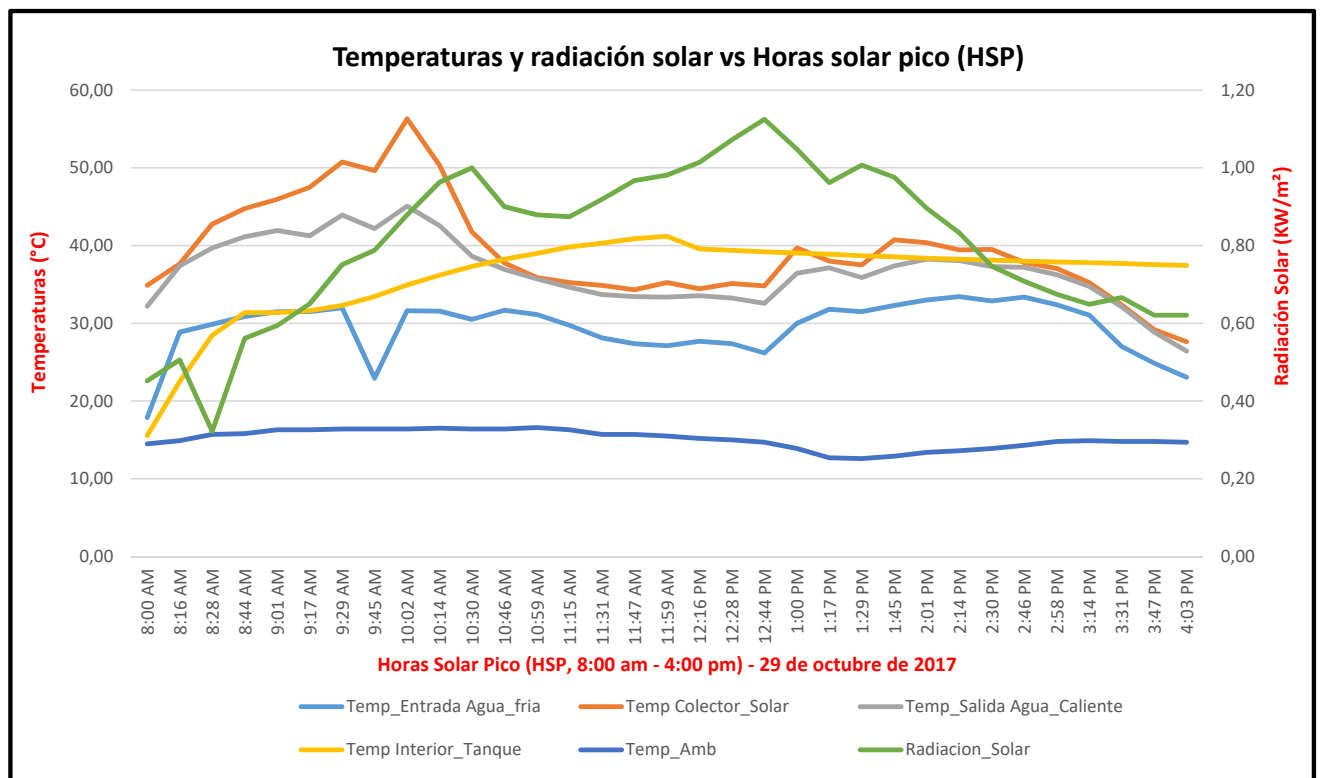
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m ²)	Radiación solar (KW/m ²)	Períodos del día
8:02 AM	16,06	28,37	21,50	15,06	14,9	399	0,40	Nublado
8:15 AM	16,25	30,12	23,87	20,00	15,2	598	0,60	Nublado
8:31 AM	18,37	33,63	28,56	24,94	15,3	629	0,63	Combinado
8:47 AM	26,75	35,56	33,00	27,87	16,2	751	0,75	Combinado
8:59 AM	27,62	33,94	34,00	29,81	16,6	643	0,64	Combinado
9:16 AM	28,19	37,44	34,63	29,87	16,6	721	0,72	Combinado
9:32 AM	29,19	39,44	36,38	30,00	17,1	868	0,87	Soleado
9:44 AM	30,06	41,94	37,75	30,19	17,4	928	0,93	Soleado
10:00 AM	30,56	38,75	36,31	30,50	18,1	939	0,94	Soleado
10:17 AM	30,50	38,31	36,50	30,87	18,6	879	0,88	Soleado
10:29 AM	30,31	34,44	34,94	31,44	18,7	281	0,28	Nublado
10:45 AM	29,50	34,50	33,56	32,56	18	998	1,00	Soleado
11:01 AM	19,31	31,12	32,00	33,25	17,1	1018	1,02	Soleado
11:17 AM	24,94	27,62	31,69	33,63	16,5	1085	1,09	Soleado
11:30 AM	24,75	27,31	32,31	34,00	16,2	1100	1,10	Soleado
11:46 AM	19,06	27,25	32,25	34,38	15,8	1051	1,05	Soleado
12:02 PM	19,50	26,25	26,31	35,13	16	1139	1,14	Soleado
12:14 PM	22,00	26,37	26,44	35,81	15,9	545	0,55	Nublado
12:31 PM	19,25	26,81	25,25	36,13	16,1	722	0,72	Combinado
12:47 PM	20,06	27,19	25,87	36,38	15,9	434	0,43	Nublado
12:59 PM	19,00	25,25	25,69	36,44	16,1	441	0,44	Nublado
1:15 PM	20,62	25,25	25,19	36,31	15,8	547	0,55	Nublado
1:32 PM	20,00	26,06	25,31	35,69	15,4	965	0,97	Soleado
1:44 PM	20,19	28,44	25,94	35,63	15,4	686	0,69	Combinado
2:00 PM	21,62	27,81	26,81	35,63	15,3	789	0,79	Combinado
2:16 PM	21,75	27,37	26,75	35,19	15,4	1004	1,00	Soleado
2:28 PM	21,50	30,37	27,00	35,13	15,9	1042	1,04	Soleado
2:45 PM	21,87	32,25	28,94	35,06	15,6	686	0,69	Combinado
3:01 PM	25,75	34,31	31,06	35,00	15,7	285	0,29	Nublado
3:17 PM	24,69	36,31	33,63	34,88	15,8	629	0,63	Combinado
3:29 PM	28,81	35,81	34,13	34,81	16,1	742	0,74	Combinado
3:46 PM	28,62	34,81	32,88	34,63	16,6	200	0,20	Nublado
4:02 PM	28,56	33,69	32,88	34,56	17,8	221	0,22	Nublado



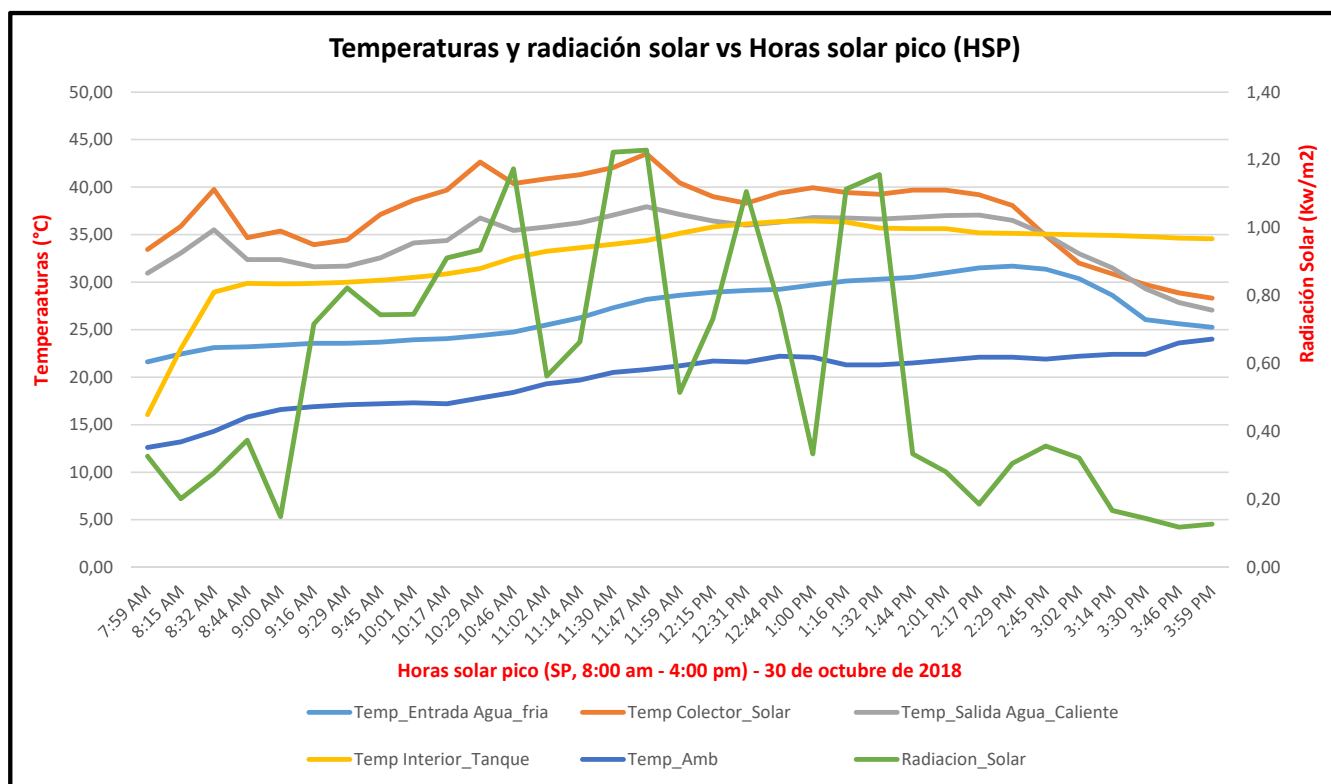
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
8:01 AM	26,75	39,25	35,81	18,56	13,3	271	0,27	Nublado
8:14 AM	27,31	35,50	34,38	25,50	13,6	482	0,48	Nublado
8:31 AM	27,37	34,81	33,38	31,50	13,8	483	0,48	Nublado
8:43 AM	27,75	36,19	34,00	31,62	14,2	582	0,58	Nublado
8:59 AM	28,31	38,50	35,44	32,31	14,6	373	0,37	Nublado
9:16 AM	28,87	45,56	39,56	33,13	15	269	0,27	Nublado
9:28 AM	29,12	43,94	40,31	34,06	15,4	446	0,45	Nublado
9:44 AM	29,25	41,81	37,94	35,00	15,9	940	0,94	Soleado
10:00 AM	29,25	41,13	37,81	36,06	16,4	926	0,93	Soleado
10:17 AM	29,50	44,63	39,06	37,31	17,4	991	0,99	Soleado
10:29 AM	29,75	42,88	38,38	38,44	17,8	830	0,83	Soleado
10:45 AM	29,44	38,50	36,44	39,63	17,7	622	0,62	Combinado
11:01 AM	29,81	41,69	37,88	40,50	17,4	1014	1,01	Soleado
11:13 AM	30,19	42,13	38,31	41,31	16,7	1078	1,08	Soleado
11:30 AM	30,50	44,06	38,88	42,19	16,4	1255	1,26	Soleado
11:46 AM	31,06	41,44	38,63	42,63	16,3	1199	1,20	Soleado
11:58 AM	31,25	42,13	38,50	42,88	16,6	1322	1,32	Soleado
12:14 PM	31,87	42,63	39,25	42,75	16,7	705	0,71	Combinado
12:31 PM	32,19	36,19	36,94	42,63	17,1	1129	1,13	Soleado
12:47 PM	32,06	38,69	36,50	42,56	17,9	1063	1,06	Soleado
12:59 PM	32,63	40,88	38,25	42,44	18,4	1129	1,13	Soleado
1:15 PM	33,56	44,50	40,13	42,31	19,1	1183	1,18	Soleado
1:28 PM	33,75	44,44	40,81	42,25	19,3	1211	1,21	Soleado
1:44 PM	33,88	42,81	40,13	42,13	19,6	325	0,33	Nublado
2:00 PM	33,88	40,38	38,56	42,06	19,7	473	0,47	Nublado
2:16 PM	33,44	35,94	36,88	41,94	20	381	0,38	Nublado
2:28 PM	32,44	35,81	35,69	41,88	19,6	283	0,28	Nublado
2:45 PM	32,75	40,06	37,00	41,81	20,1	366	0,37	Nublado
3:01 PM	33,31	39,38	38,06	41,69	20,4	846	0,85	Soleado
3:13 PM	33,19	38,50	37,31	41,63	20,7	759	0,76	Combinado
3:29 PM	32,63	36,56	36,25	41,56	20,6	780	0,78	Combinado
3:46 PM	30,81	34,94	34,69	41,44	20	497	0,50	Nublado
3:58 PM	29,31	34,56	33,63	41,38	20	446	0,45	Nublado



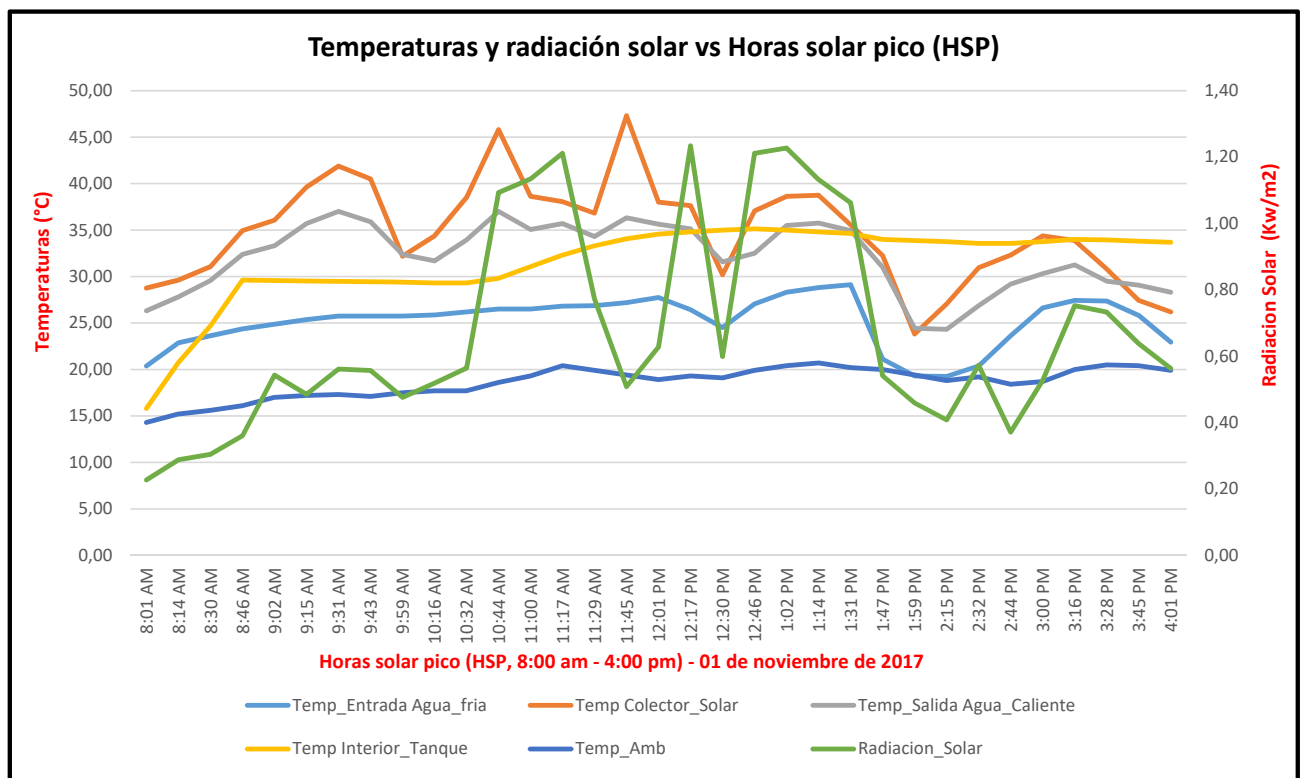
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	17,87	34,88	32,19	15,56	14,5	452	0,45	Nublado
8:16 AM	28,87	37,63	37,38	22,50	14,9	506	0,51	Nublado
8:28 AM	29,87	42,75	39,69	28,44	15,7	322	0,32	Nublado
8:44 AM	30,87	44,75	41,13	31,37	15,8	561	0,56	Nublado
9:01 AM	31,50	45,94	41,94	31,37	16,3	594	0,59	Nublado
9:17 AM	31,50	47,50	41,25	31,62	16,3	650	0,65	Combinado
9:29 AM	32,00	50,75	43,94	32,31	16,4	751	0,75	Combinado
9:45 AM	22,94	49,63	42,19	33,44	16,4	788	0,79	Combinado
10:02 AM	31,62	56,31	45,06	34,94	16,4	879	0,88	Soleado
10:14 AM	31,56	50,31	42,56	36,19	16,5	963	0,96	Soleado
10:30 AM	30,50	41,75	38,63	37,31	16,4	1000	1,00	Soleado
10:46 AM	31,69	37,75	36,94	38,25	16,4	900	0,90	Soleado
10:59 AM	31,12	35,88	35,69	39,00	16,6	879	0,88	Soleado
11:15 AM	29,75	35,25	34,63	39,81	16,3	874	0,87	Soleado
11:31 AM	28,12	34,88	33,69	40,31	15,7	919	0,92	Soleado
11:47 AM	27,37	34,31	33,44	40,88	15,7	967	0,97	Soleado
11:59 AM	27,12	35,25	33,38	41,19	15,5	981	0,98	Soleado
12:16 PM	27,69	34,44	33,56	39,56	15,2	1014	1,01	Soleado
12:28 PM	27,37	35,13	33,25	39,38	15	1072	1,07	Soleado
12:44 PM	26,19	34,81	32,56	39,19	14,7	1125	1,13	Soleado
1:00 PM	30,00	39,69	36,44	39,06	13,9	1048	1,05	Soleado
1:17 PM	31,81	38,00	37,13	38,88	12,7	962	0,96	Soleado
1:29 PM	31,50	37,50	35,88	38,69	12,6	1007	1,01	Soleado
1:45 PM	32,31	40,75	37,38	38,56	12,9	976	0,98	Soleado
2:01 PM	33,00	40,38	38,25	38,38	13,4	896	0,90	Soleado
2:14 PM	33,44	39,44	38,06	38,25	13,6	833	0,83	Soleado
2:30 PM	32,88	39,50	37,31	38,13	13,9	747	0,75	Combinado
2:46 PM	33,38	37,81	37,19	38,00	14,3	708	0,71	Combinado
2:58 PM	32,38	37,06	36,25	37,88	14,8	675	0,68	Combinado
3:14 PM	31,06	35,25	34,75	37,81	14,9	649	0,65	Combinado
3:31 PM	27,00	32,38	32,13	37,69	14,8	666	0,67	Combinado
3:47 PM	24,87	29,19	28,87	37,56	14,8	621	0,62	Combinado
4:03 PM	23,06	27,62	26,44	37,44	14,7	621	0,62	Combinado



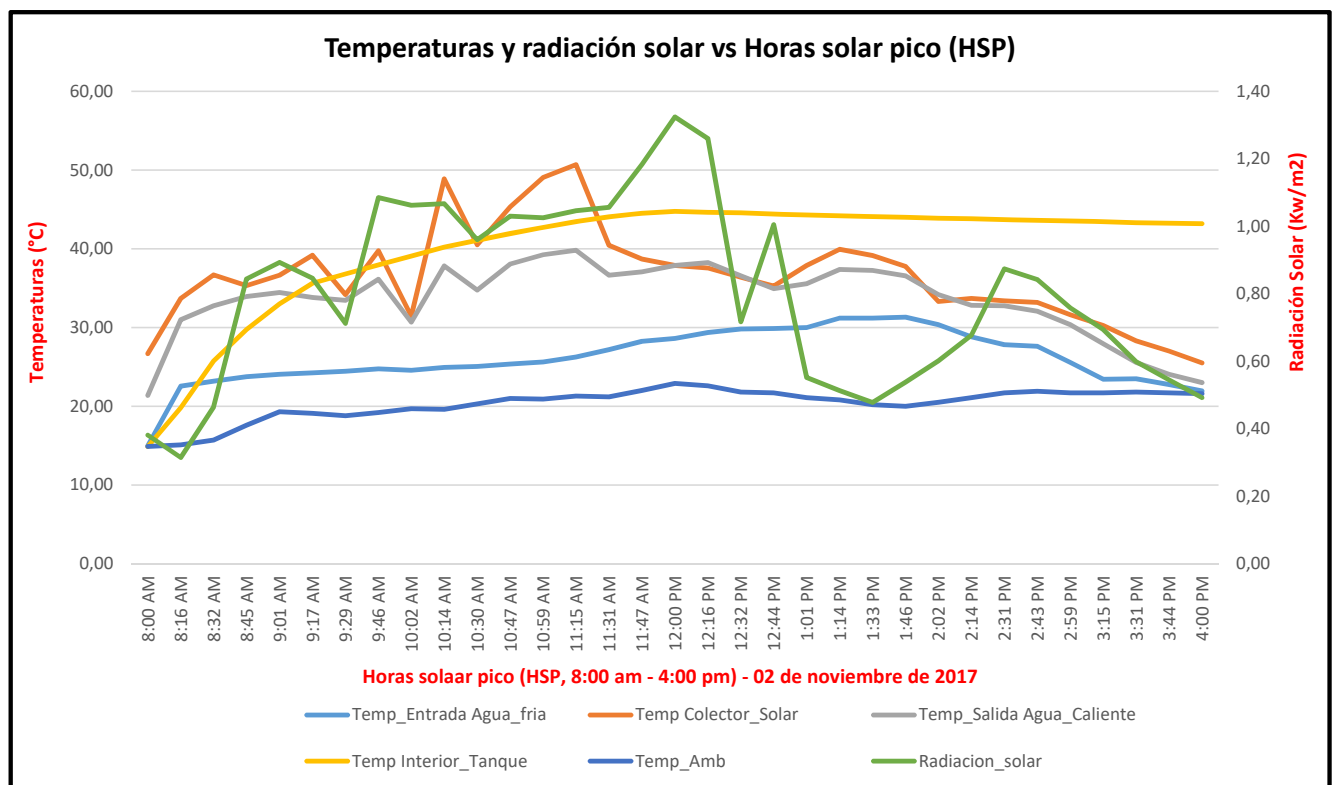
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación solar (W/m²)	Radiación solar (KW/m²)	Períodos del día
7:59 AM	21,62	33,44	30,94	16,06	12,6	327	0,33	Nublado
8:15 AM	22,44	35,88	33,06	23,00	13,2	202	0,20	Nublado
8:32 AM	23,12	39,75	35,50	28,94	14,3	278	0,28	Nublado
8:44 AM	23,19	34,69	32,38	29,87	15,8	374	0,37	Nublado
9:00 AM	23,37	35,38	32,38	29,81	16,6	149	0,15	Nublado
9:16 AM	23,56	33,94	31,62	29,87	16,9	717	0,72	Combinado
9:29 AM	23,56	34,44	31,69	30,00	17,1	823	0,82	Soleado
9:45 AM	23,69	37,13	32,56	30,19	17,2	744	0,74	Combinado
10:01 AM	23,94	38,63	34,13	30,50	17,3	745	0,75	Combinado
10:17 AM	24,06	39,69	34,38	30,87	17,2	911	0,91	Soleado
10:29 AM	24,37	42,63	36,75	31,44	17,8	935	0,94	Soleado
10:46 AM	24,75	40,38	35,44	32,56	18,4	1174	1,17	Soleado
11:02 AM	25,50	40,88	35,81	33,25	19,3	563	0,56	Nublado
11:14 AM	26,25	41,31	36,25	33,63	19,7	664	0,66	Combinado
11:30 AM	27,31	42,06	37,06	34,00	20,5	1223	1,22	Soleado
11:47 AM	28,19	43,50	37,94	34,38	20,8	1229	1,23	Soleado
11:59 AM	28,62	40,44	37,13	35,13	21,2	515	0,52	Nublado
12:15 PM	28,94	39,00	36,44	35,81	21,7	733	0,73	Combinado
12:31 PM	29,12	38,31	36,00	36,13	21,6	1107	1,11	Soleado
12:44 PM	29,25	39,38	36,31	36,38	22,2	768	0,77	Combinado
1:00 PM	29,69	39,94	36,81	36,44	22,1	334	0,33	Nublado
1:16 PM	30,12	39,44	36,75	36,31	21,3	1114	1,11	Soleado
1:32 PM	30,31	39,25	36,63	35,69	21,3	1157	1,16	Soleado
1:44 PM	30,50	39,69	36,81	35,63	21,5	334	0,33	Nublado
2:01 PM	31,00	39,69	37,00	35,63	21,8	281	0,28	Nublado
2:17 PM	31,50	39,19	37,06	35,19	22,1	186	0,19	Nublado
2:29 PM	31,69	38,06	36,50	35,13	22,1	306	0,31	Nublado
2:45 PM	31,37	34,88	35,00	35,06	21,9	357	0,36	Nublado
3:02 PM	30,37	32,00	33,00	35,00	22,2	322	0,32	Nublado
3:14 PM	28,62	30,87	31,50	34,88	22,4	167	0,17	Nublado
3:30 PM	26,06	29,75	29,31	34,81	22,4	144	0,14	Nublado
3:46 PM	25,62	28,87	27,87	34,63	23,6	118	0,12	Nublado
3:59 PM	25,25	28,31	27,06	34,56	24	127	0,13	Nublado



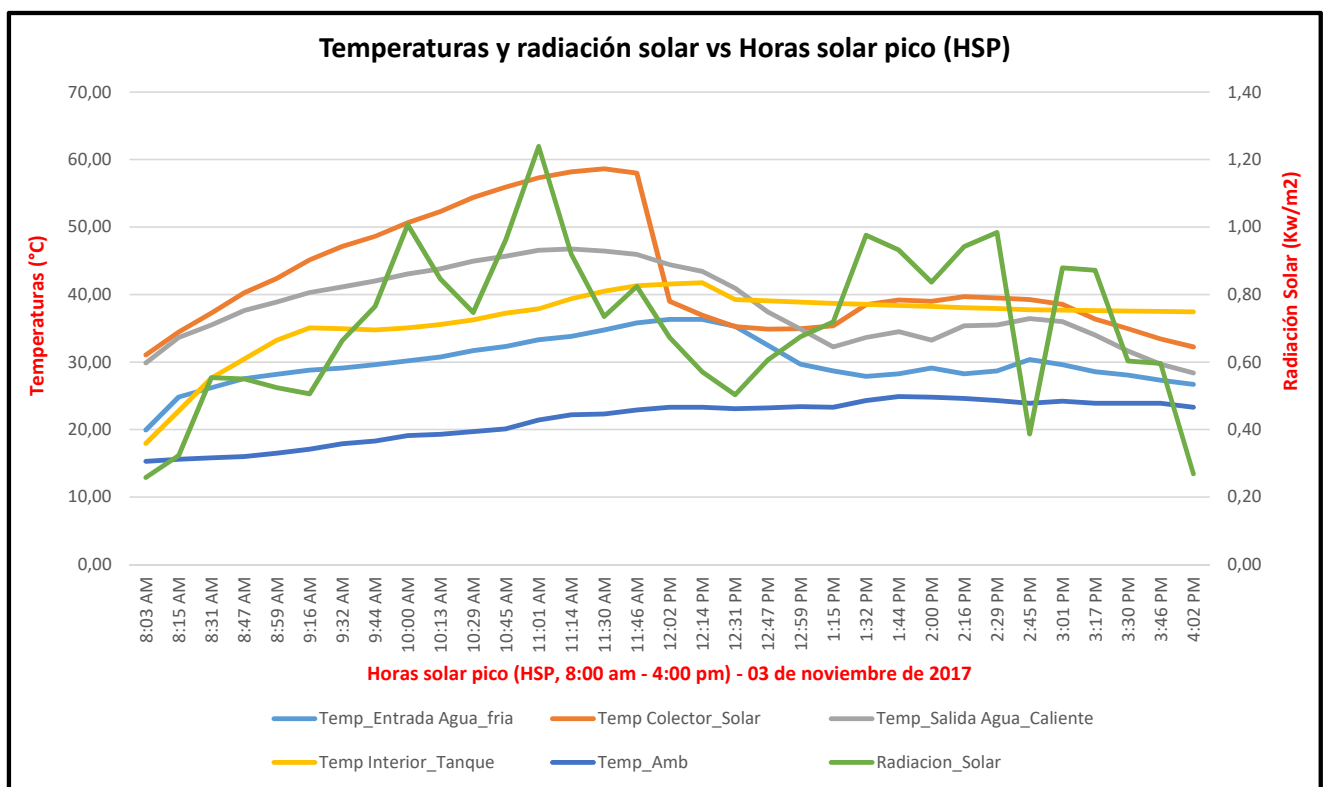
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos de día
8:01 AM	20,37	28,75	26,31	15,81	14,3	227	0,23	Nublado
8:14 AM	22,87	29,62	27,81	20,75	15,2	288	0,29	Nublado
8:30 AM	23,62	31,06	29,56	24,69	15,6	304	0,30	Nublado
8:46 AM	24,37	34,94	32,38	29,62	16,1	360	0,36	Nublado
9:02 AM	24,87	36,06	33,31	29,56	17	543	0,54	Nublado
9:15 AM	25,37	39,63	35,69	29,50	17,2	485	0,49	Nublado
9:31 AM	25,75	41,88	37,00	29,50	17,3	561	0,56	Nublado
9:43 AM	25,75	40,50	35,88	29,44	17,1	557	0,56	Nublado
9:59 AM	25,75	32,19	32,38	29,37	17,5	476	0,48	Nublado
10:16 AM	25,87	34,38	31,69	29,31	17,7	519	0,52	Nublado
10:32 AM	26,19	38,50	33,94	29,31	17,7	564	0,56	Nublado
10:44 AM	26,50	45,81	37,00	29,81	18,6	1093	1,09	Soleado
11:00 AM	26,50	38,63	35,06	31,06	19,3	1134	1,13	Soleado
11:17 AM	26,81	38,06	35,69	32,31	20,4	1211	1,21	Soleado
11:29 AM	26,87	36,81	34,31	33,31	19,9	773	0,77	Combinado
11:45 AM	27,19	47,31	36,31	34,06	19,4	508	0,51	Nublado
12:01 PM	27,75	38,00	35,63	34,56	18,9	628	0,63	Combinado
12:17 PM	26,44	37,63	35,13	34,81	19,3	1234	1,23	Soleado
12:30 PM	24,50	30,19	31,56	35,00	19,1	599	0,60	Nublado
12:46 PM	27,06	37,06	32,50	35,13	19,9	1211	1,21	Soleado
1:02 PM	28,31	38,63	35,50	35,00	20,4	1227	1,23	Soleado
1:14 PM	28,81	38,75	35,75	34,81	20,7	1132	1,13	Soleado
1:31 PM	29,12	35,56	34,94	34,63	20,2	1062	1,06	Soleado
1:47 PM	21,12	32,25	31,00	34,00	20	541	0,54	Nublado
1:59 PM	19,31	23,81	24,44	33,88	19,4	459	0,46	Nublado
2:15 PM	19,25	27,06	24,31	33,75	18,8	408	0,41	Nublado
2:32 PM	20,37	30,94	26,87	33,56	19,2	573	0,57	Nublado
2:44 PM	23,62	32,31	29,19	33,56	18,4	371	0,37	Nublado
3:00 PM	26,62	34,38	30,31	33,75	18,7	527	0,53	Nublado
3:16 PM	27,44	33,88	31,25	34,00	20	752	0,75	Combinado
3:28 PM	27,37	30,81	29,50	33,94	20,5	733	0,73	Combinado
3:45 PM	25,81	27,44	29,06	33,81	20,4	638	0,64	Combinado
4:01 PM	22,94	26,19	28,31	33,69	19,9	563	0,56	Nublado



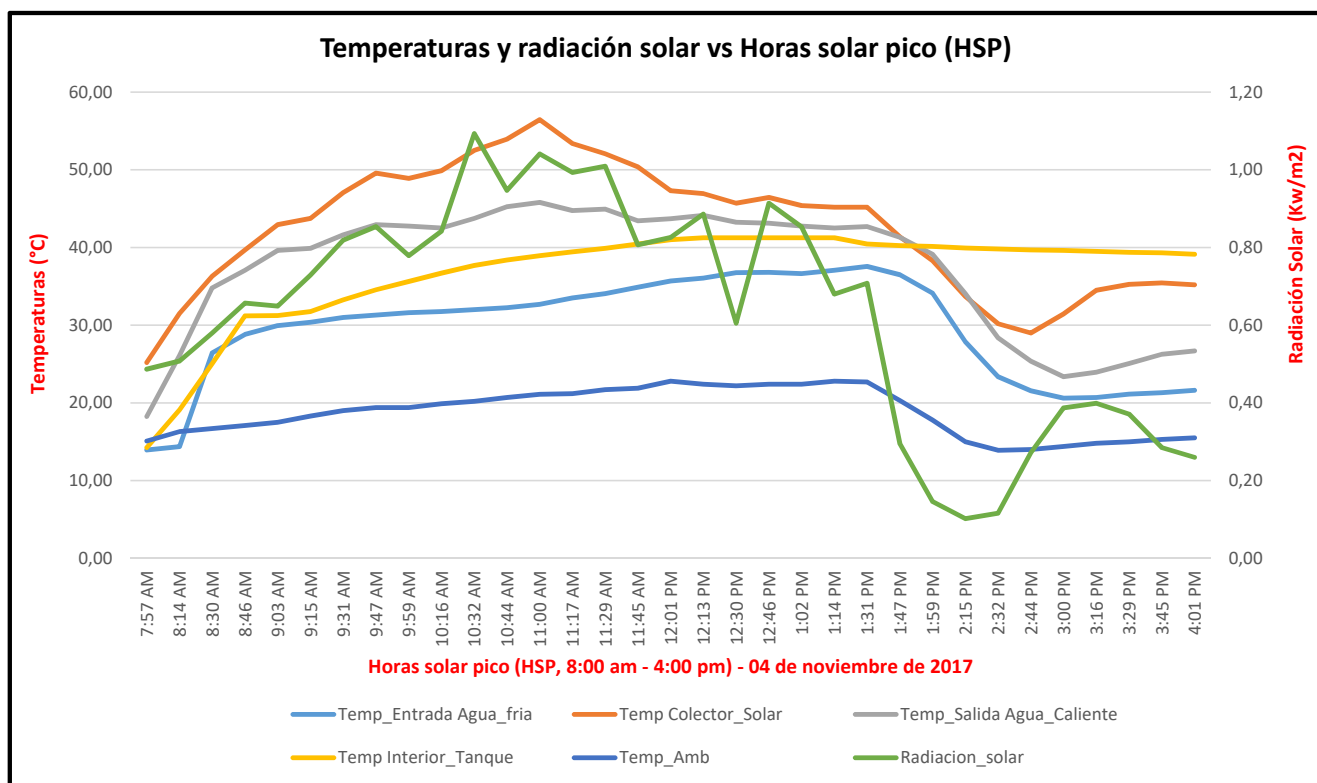
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m ²)	Radiación Solar (KW/m ²)	Períodos del día
8:00 AM	15,00	26,69	21,37	14,88	14,9	381	0,38	Nublado
8:16 AM	22,56	33,69	31,00	19,81	15,1	315	0,32	Nublado
8:32 AM	23,19	36,69	32,75	25,75	15,7	464	0,46	Nublado
8:45 AM	23,75	35,31	33,94	29,75	17,6	844	0,84	Soleado
9:01 AM	24,06	36,63	34,44	33,00	19,3	893	0,89	Soleado
9:17 AM	24,25	39,19	33,81	35,63	19,1	846	0,85	Soleado
9:29 AM	24,44	34,19	33,44	36,81	18,8	712	0,71	Combinado
9:46 AM	24,75	39,75	36,13	37,94	19,2	1085	1,09	Soleado
10:02 AM	24,56	31,44	30,69	39,06	19,7	1062	1,06	Soleado
10:14 AM	24,94	48,88	37,81	40,19	19,6	1067	1,07	Soleado
10:30 AM	25,06	40,50	34,75	41,06	20,3	960	0,96	Soleado
10:47 AM	25,37	45,31	38,06	41,94	21	1030	1,03	Soleado
10:59 AM	25,62	49,06	39,25	42,69	20,9	1025	1,03	Soleado
11:15 AM	26,25	50,69	39,81	43,44	21,3	1046	1,05	Soleado
11:31 AM	27,19	40,44	36,63	44,06	21,2	1056	1,06	Soleado
11:47 AM	28,25	38,69	37,06	44,50	22	1183	1,18	Soleado
12:00 PM	28,62	37,88	37,88	44,75	22,9	1324	1,32	Soleado
12:16 PM	29,37	37,56	38,25	44,63	22,6	1260	1,26	Soleado
12:32 PM	29,81	36,38	36,56	44,56	21,8	717	0,72	Combinado
12:44 PM	29,87	35,25	34,94	44,38	21,7	1005	1,01	Soleado
1:01 PM	30,00	37,88	35,56	44,31	21,1	552	0,55	Nublado
1:14 PM	31,19	39,94	37,38	44,19	20,8	513	0,51	Nublado
1:33 PM	31,19	39,13	37,25	44,06	20,2	478	0,48	Nublado
1:46 PM	31,31	37,75	36,56	44,00	20	538	0,54	Nublado
2:02 PM	30,37	33,31	34,19	43,88	20,5	601	0,60	Combinado
2:14 PM	28,81	33,69	32,81	43,81	21,1	677	0,68	Combinado
2:31 PM	27,81	33,38	32,75	43,69	21,7	874	0,87	Soleado
2:43 PM	27,62	33,19	32,06	43,63	21,9	842	0,84	Soleado
2:59 PM	25,56	31,62	30,37	43,50	21,7	758	0,76	Combinado
3:15 PM	23,44	30,25	27,94	43,44	21,7	694	0,69	Combinado
3:31 PM	23,50	28,31	25,56	43,31	21,8	599	0,60	Nublado
3:44 PM	22,75	27,00	24,06	43,25	21,7	545	0,55	Nublado
4:00 PM	21,94	25,50	23,00	43,19	21,6	492	0,49	Nublado



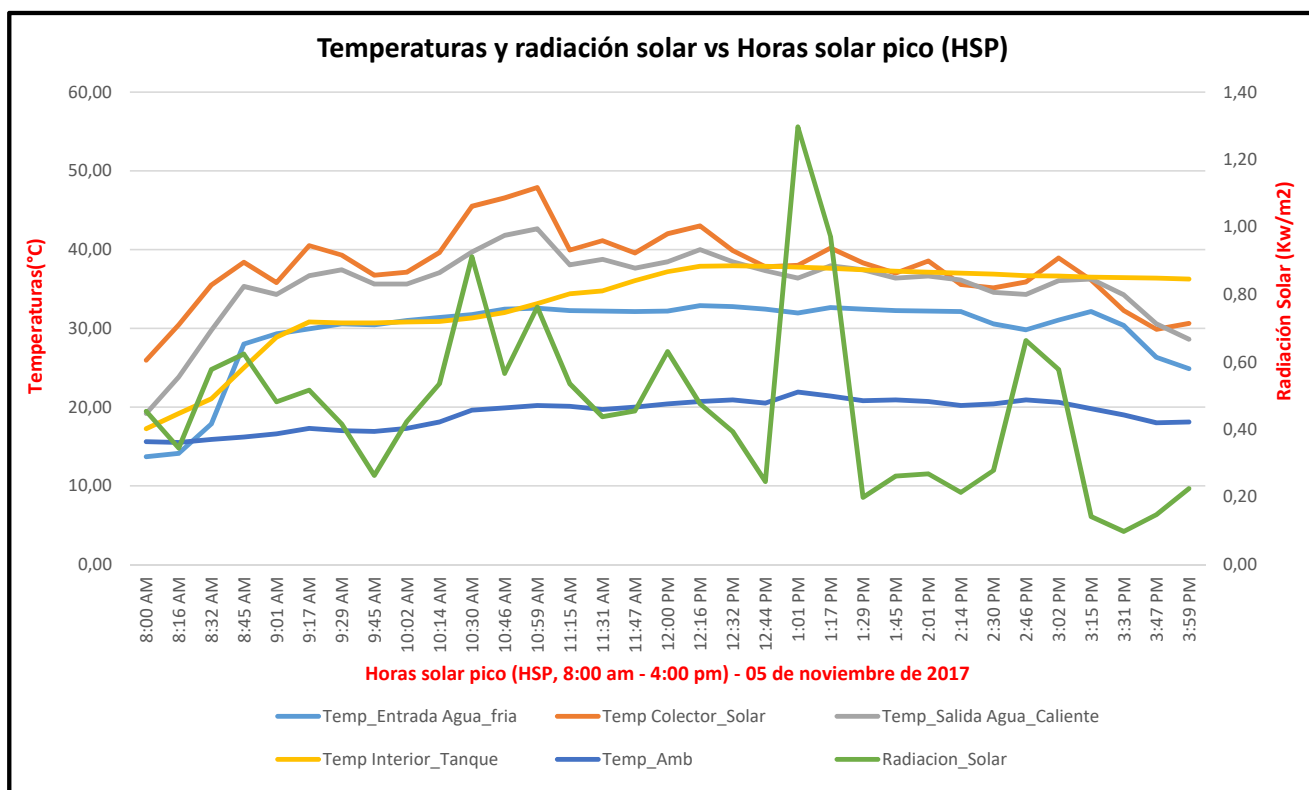
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:03 AM	19,94	31,06	29,87	17,94	15,3	258	0,26	Nublado
8:15 AM	24,81	34,44	33,63	22,75	15,6	323	0,32	Nublado
8:31 AM	26,19	37,25	35,50	27,63	15,8	554	0,55	Nublado
8:47 AM	27,56	40,25	37,63	30,44	16	550	0,55	Nublado
8:59 AM	28,19	42,38	38,88	33,25	16,5	524	0,52	Nublado
9:16 AM	28,81	45,13	40,31	35,06	17,1	506	0,51	Nublado
9:32 AM	29,12	47,13	41,13	34,94	17,9	664	0,66	Combinado
9:44 AM	29,62	48,63	42,00	34,75	18,3	765	0,77	Combinado
10:00 AM	30,19	50,63	43,06	35,06	19,1	1007	1,01	Soleado
10:13 AM	30,75	52,31	43,81	35,56	19,3	846	0,85	Soleado
10:29 AM	31,69	54,38	44,94	36,25	19,7	747	0,75	Combinado
10:45 AM	32,31	55,94	45,69	37,25	20,1	963	0,96	Soleado
11:01 AM	33,31	57,31	46,56	37,88	21,4	1239	1,24	Soleado
11:14 AM	33,81	58,19	46,75	39,38	22,2	919	0,92	Soleado
11:30 AM	34,75	58,63	46,44	40,50	22,3	735	0,74	Combinado
11:46 AM	35,81	58,00	45,94	41,31	22,9	824	0,82	Soleado
12:02 PM	36,31	39,00	44,44	41,56	23,3	673	0,67	Combinado
12:14 PM	36,31	36,94	43,44	41,75	23,3	571	0,57	Nublado
12:31 PM	35,31	35,25	40,94	39,25	23,1	503	0,50	Nublado
12:47 PM	32,50	34,88	37,44	39,06	23,2	606	0,61	Combinado
12:59 PM	29,69	34,94	34,88	38,88	23,4	675	0,68	Combinado
1:15 PM	28,69	35,38	32,25	38,69	23,3	719	0,72	Combinado
1:32 PM	27,87	38,50	33,63	38,56	24,3	976	0,98	Soleado
1:44 PM	28,25	39,19	34,50	38,38	24,9	932	0,93	Soleado
2:00 PM	29,12	39,00	33,25	38,25	24,8	837	0,84	Soleado
2:16 PM	28,25	39,69	35,38	38,06	24,6	942	0,94	Soleado
2:29 PM	28,69	39,50	35,50	37,94	24,3	984	0,98	Soleado
2:45 PM	30,37	39,25	36,44	37,75	23,9	387	0,39	Nublado
3:01 PM	29,62	38,56	36,00	37,69	24,2	879	0,88	Soleado
3:17 PM	28,56	36,38	34,00	37,63	23,9	872	0,87	Soleado
3:30 PM	28,06	34,94	31,62	37,56	23,9	603	0,60	Combinado
3:46 PM	27,31	33,44	29,69	37,50	23,9	596	0,60	Nublado
4:02 PM	26,69	32,25	28,37	37,44	23,3	269	0,27	Nublado



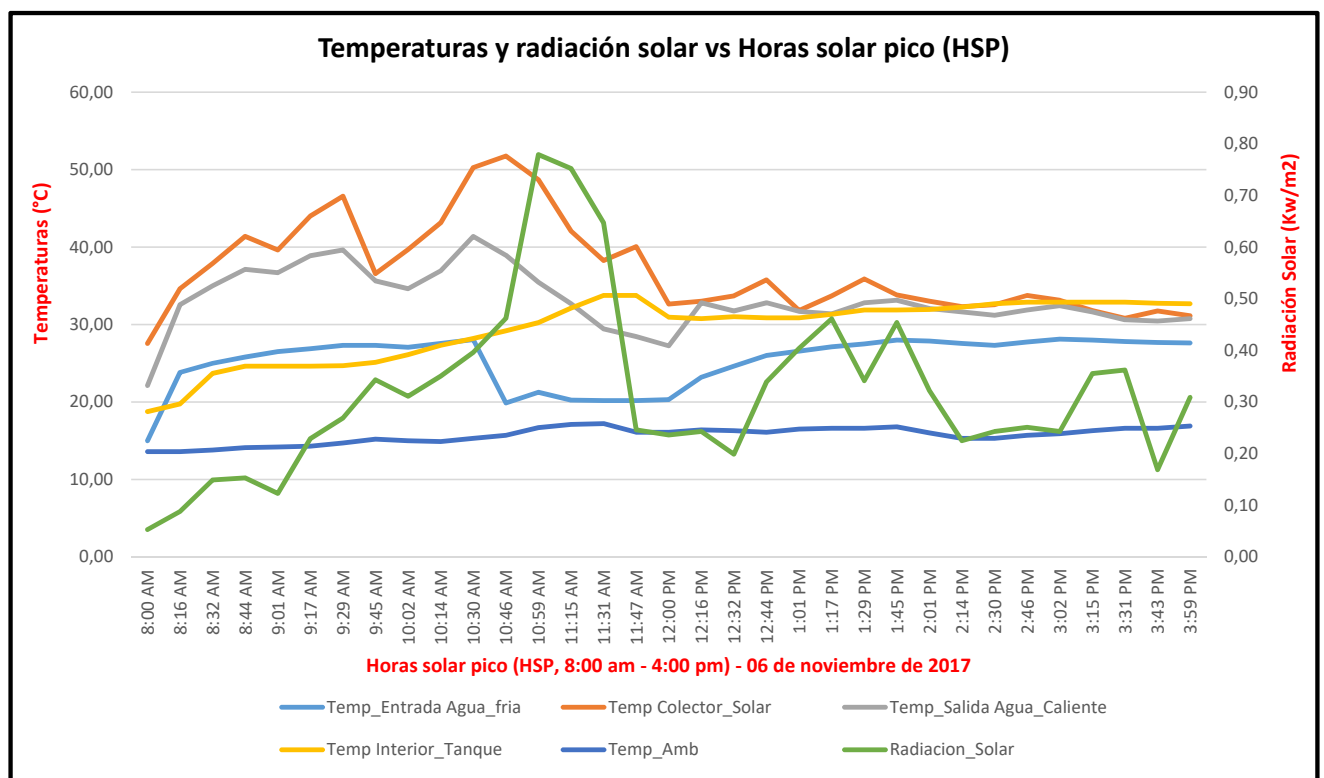
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Periodos del día
7:57 AM	13,94	25,19	18,25	14,25	15,1	487	0,49	Nublado
8:14 AM	14,38	31,50	26,12	19,12	16,3	508	0,51	Nublado
8:30 AM	26,44	36,31	34,81	25,06	16,7	580	0,58	Nublado
8:46 AM	28,81	39,69	37,06	31,19	17,1	657	0,66	Combinado
9:03 AM	29,94	42,94	39,63	31,25	17,5	649	0,65	Combinado
9:15 AM	30,37	43,75	39,88	31,75	18,3	729	0,73	Combinado
9:31 AM	31,00	47,06	41,63	33,25	19	819	0,82	Soleado
9:47 AM	31,31	49,56	42,94	34,56	19,4	854	0,85	Soleado
9:59 AM	31,62	48,88	42,75	35,63	19,4	779	0,78	Combinado
10:16 AM	31,75	49,88	42,50	36,69	19,9	842	0,84	Soleado
10:32 AM	32,00	52,50	43,75	37,69	20,2	1093	1,09	Soleado
10:44 AM	32,25	53,94	45,25	38,38	20,7	947	0,95	Soleado
11:00 AM	32,69	56,44	45,81	38,94	21,1	1041	1,04	Soleado
11:17 AM	33,50	53,38	44,75	39,44	21,2	993	0,99	Soleado
11:29 AM	34,06	52,06	44,94	39,88	21,7	1009	1,01	Soleado
11:45 AM	34,88	50,38	43,44	40,44	21,9	807	0,81	Soleado
12:01 PM	35,69	47,31	43,69	41,00	22,8	826	0,83	Soleado
12:13 PM	36,06	46,94	44,13	41,25	22,4	886	0,89	Soleado
12:30 PM	36,75	45,69	43,25	41,25	22,2	605	0,61	Combinado
12:46 PM	36,81	46,44	43,13	41,25	22,4	914	0,91	Soleado
1:02 PM	36,63	45,38	42,75	41,25	22,4	853	0,85	Soleado
1:14 PM	37,06	45,19	42,50	41,25	22,8	680	0,68	Combinado
1:31 PM	37,56	45,19	42,69	40,44	22,7	708	0,71	Combinado
1:47 PM	36,50	41,38	41,31	40,25	20,3	295	0,30	Nublado
1:59 PM	34,13	38,31	39,13	40,13	17,8	146	0,15	Nublado
2:15 PM	27,87	33,69	34,06	39,94	15	102	0,10	Nublado
2:32 PM	23,37	30,19	28,37	39,81	13,9	116	0,12	Nublado
2:44 PM	21,56	29,00	25,37	39,69	14	272	0,27	Nublado
3:00 PM	20,62	31,44	23,37	39,63	14,4	387	0,39	Nublado
3:16 PM	20,69	34,50	23,94	39,50	14,8	399	0,40	Nublado
3:29 PM	21,12	35,25	25,06	39,38	15	371	0,37	Nublado
3:45 PM	21,31	35,44	26,25	39,31	15,3	285	0,29	Nublado
4:01 PM	21,62	35,19	26,69	39,13	15,5	260	0,26	Nublado



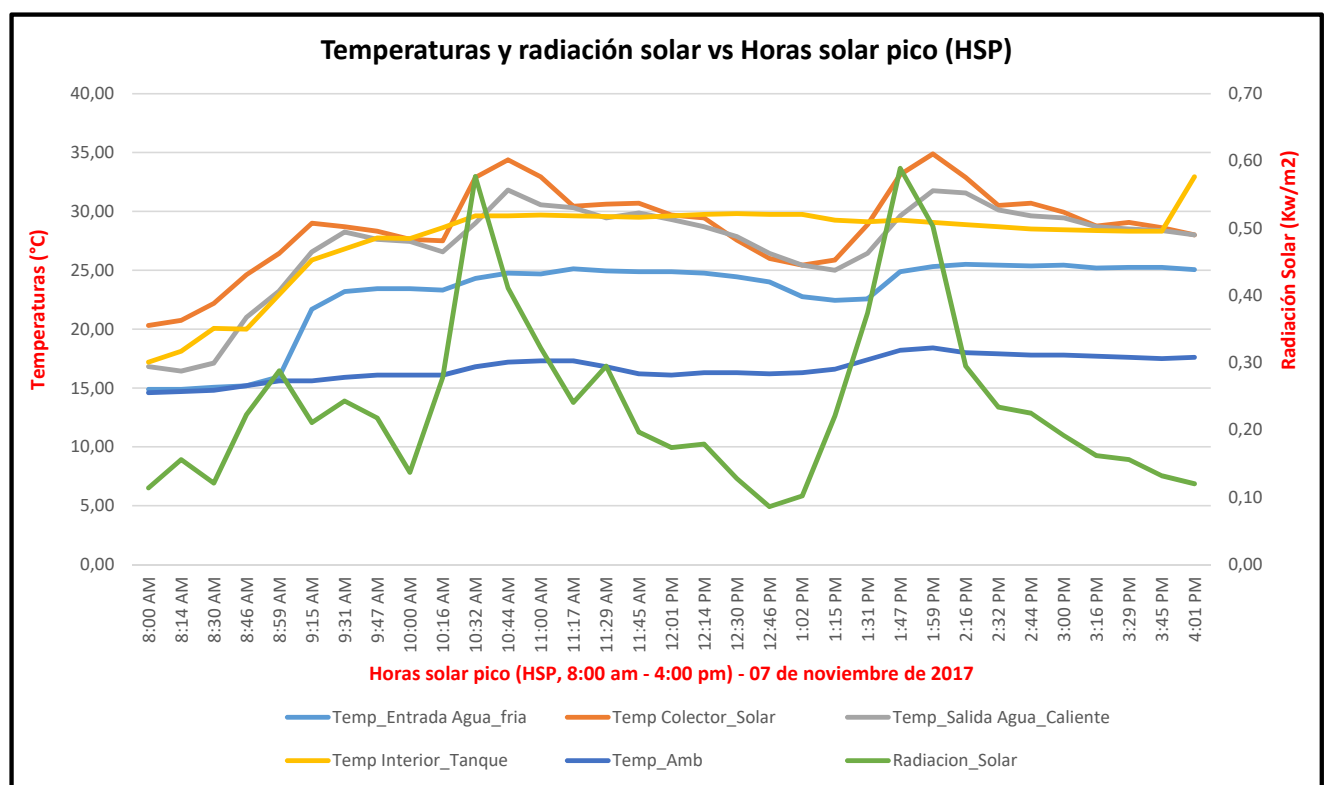
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	13,69	25,94	19,19	17,25	15,6	454	0,45	Nublado
8:16 AM	14,13	30,44	23,81	19,19	15,5	345	0,35	Nublado
8:32 AM	17,87	35,50	29,75	21,06	15,9	578	0,58	Nublado
8:45 AM	28,00	38,38	35,31	25,00	16,2	624	0,62	Combinado
9:01 AM	29,31	35,81	34,31	28,87	16,6	482	0,48	Nublado
9:17 AM	29,94	40,50	36,69	30,81	17,3	517	0,52	Nublado
9:29 AM	30,56	39,31	37,44	30,69	17	417	0,42	Nublado
9:45 AM	30,44	36,75	35,63	30,69	16,9	264	0,26	Nublado
10:02 AM	31,00	37,13	35,63	30,81	17,3	424	0,42	Nublado
10:14 AM	31,37	39,63	37,06	30,87	18,1	536	0,54	Nublado
10:30 AM	31,75	45,50	39,69	31,31	19,6	912	0,91	Soleado
10:46 AM	32,44	46,56	41,81	32,00	19,9	566	0,57	Nublado
10:59 AM	32,56	47,88	42,63	33,13	20,2	763	0,76	Combinado
11:15 AM	32,25	39,94	38,06	34,38	20,1	536	0,54	Nublado
11:31 AM	32,19	41,13	38,75	34,75	19,7	438	0,44	Nublado
11:47 AM	32,13	39,56	37,63	36,06	20	455	0,46	Nublado
12:00 PM	32,19	42,00	38,44	37,19	20,4	631	0,63	Combinado
12:16 PM	32,88	43,00	40,00	37,88	20,7	476	0,48	Nublado
12:32 PM	32,75	39,88	38,44	37,94	20,9	394	0,39	Nublado
12:44 PM	32,44	37,81	37,31	37,88	20,5	246	0,25	Nublado
1:01 PM	31,94	38,00	36,38	37,75	21,9	1297	1,30	Soleado
1:17 PM	32,63	40,19	37,94	37,63	21,4	972	0,97	Soleado
1:29 PM	32,44	38,31	37,44	37,44	20,8	199	0,20	Nublado
1:45 PM	32,25	37,00	36,38	37,25	20,9	262	0,26	Nublado
2:01 PM	32,19	38,56	36,63	37,13	20,7	269	0,27	Nublado
2:14 PM	32,13	35,56	36,13	37,00	20,2	214	0,21	Nublado
2:30 PM	30,56	35,13	34,56	36,88	20,4	279	0,28	Nublado
2:46 PM	29,81	35,88	34,31	36,69	20,9	664	0,66	Combinado
3:02 PM	31,06	38,94	36,06	36,63	20,6	578	0,58	Nublado
3:15 PM	32,13	36,13	36,25	36,50	19,8	142	0,14	Nublado
3:31 PM	30,37	32,25	34,25	36,44	19	98	0,10	Nublado
3:47 PM	26,31	29,87	30,56	36,38	18	148	0,15	Nublado
3:59 PM	24,87	30,62	28,62	36,25	18,1	225	0,23	Nublado



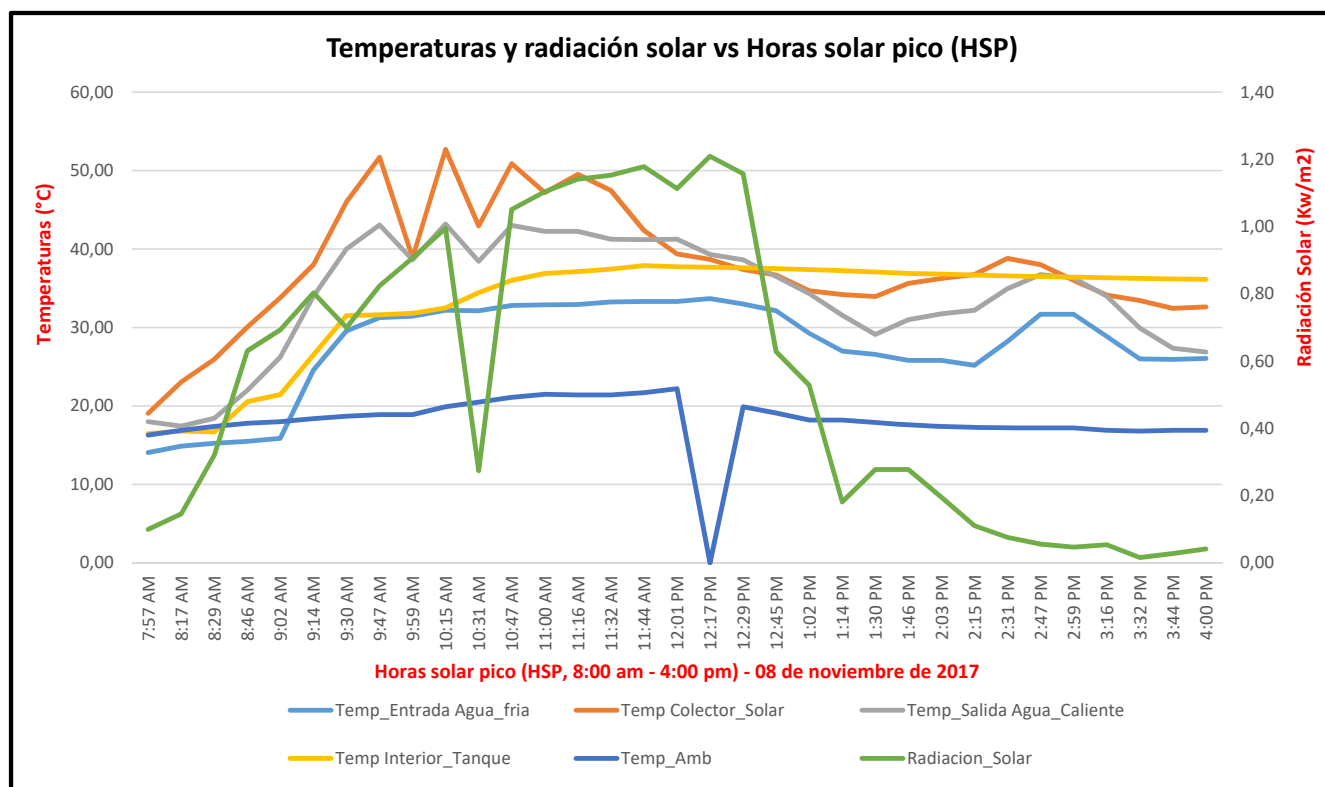
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	15,00	27,56	22,12	18,75	13,6	53	0,05	Nublado
8:16 AM	23,81	34,63	32,56	19,75	13,6	88	0,09	Nublado
8:32 AM	25,00	37,88	35,00	23,69	13,8	149	0,15	Nublado
8:44 AM	25,81	41,38	37,13	24,62	14,1	153	0,15	Nublado
9:01 AM	26,50	39,63	36,69	24,62	14,2	123	0,12	Nublado
9:17 AM	26,87	44,00	38,88	24,62	14,3	229	0,23	Nublado
9:29 AM	27,31	46,56	39,63	24,69	14,7	269	0,27	Nublado
9:45 AM	27,31	36,56	35,63	25,12	15,2	343	0,34	Nublado
10:02 AM	27,06	39,69	34,63	26,12	15	311	0,31	Nublado
10:14 AM	27,56	43,13	36,94	27,31	14,9	350	0,35	Nublado
10:30 AM	28,06	50,25	41,38	28,19	15,3	396	0,40	Nublado
10:46 AM	19,87	51,75	38,94	29,19	15,7	462	0,46	Nublado
10:59 AM	21,25	48,69	35,44	30,25	16,7	779	0,78	Combinado
11:15 AM	20,25	42,06	32,69	32,13	17,1	752	0,75	Combinado
11:31 AM	20,19	38,25	29,44	33,75	17,2	647	0,65	Combinado
11:47 AM	20,19	40,06	28,44	33,75	16,1	246	0,25	Nublado
12:00 PM	20,31	32,63	27,25	30,94	16,1	236	0,24	Nublado
12:16 PM	23,19	33,00	32,81	30,75	16,4	243	0,24	Nublado
12:32 PM	24,62	33,69	31,75	31,00	16,3	199	0,20	Nublado
12:44 PM	26,00	35,75	32,81	30,87	16,1	339	0,34	Nublado
1:01 PM	26,56	31,81	31,69	30,87	16,5	404	0,40	Nublado
1:17 PM	27,12	33,69	31,37	31,31	16,6	461	0,46	Nublado
1:29 PM	27,50	35,88	32,81	31,87	16,6	341	0,34	Nublado
1:45 PM	28,00	33,81	33,13	31,87	16,8	454	0,45	Nublado
2:01 PM	27,87	33,00	32,06	31,94	16	322	0,32	Nublado
2:14 PM	27,56	32,31	31,62	32,25	15,3	225	0,23	Nublado
2:30 PM	27,31	32,56	31,19	32,69	15,3	243	0,24	Nublado
2:46 PM	27,75	33,75	31,87	32,88	15,7	251	0,25	Nublado
3:02 PM	28,12	33,13	32,44	32,88	15,9	243	0,24	Nublado
3:15 PM	28,00	31,81	31,62	32,88	16,3	355	0,36	Nublado
3:31 PM	27,81	30,81	30,62	32,88	16,6	362	0,36	Nublado
3:43 PM	27,69	31,75	30,44	32,75	16,6	169	0,17	Nublado
3:59 PM	27,62	31,12	30,75	32,69	16,9	309	0,31	Nublado



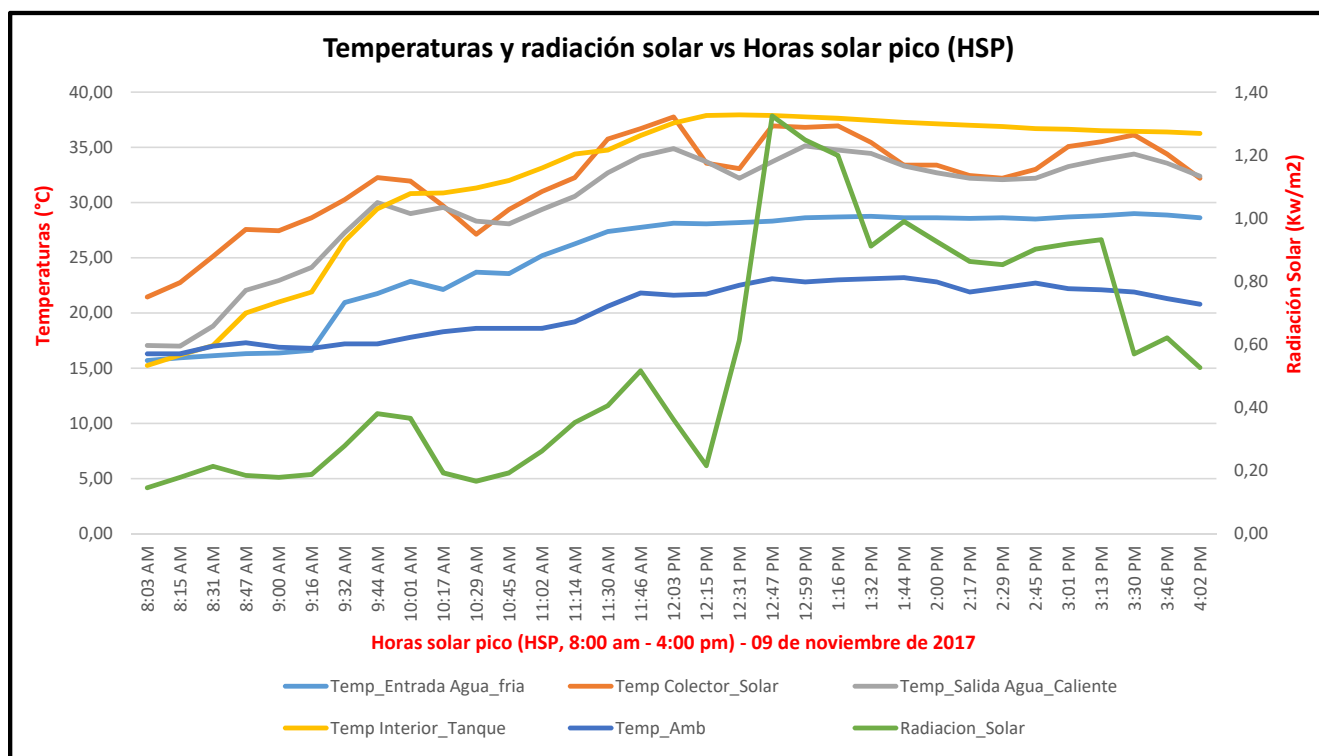
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m ²)	Radiación Solar (KW/m ²)	Períodos del día
8:00 AM	14,88	20,31	16,81	17,19	14,6	114	0,11	Nublado
8:14 AM	14,88	20,75	16,44	18,12	14,7	156	0,16	Nublado
8:30 AM	15,06	22,19	17,12	20,06	14,8	121	0,12	Nublado
8:46 AM	15,19	24,62	21,00	20,00	15,2	223	0,22	Nublado
8:59 AM	15,94	26,44	23,25	22,94	15,6	288	0,29	Nublado
9:15 AM	21,69	29,00	26,56	25,87	15,6	211	0,21	Nublado
9:31 AM	23,19	28,69	28,25	26,81	15,9	243	0,24	Nublado
9:47 AM	23,44	28,31	27,62	27,75	16,1	218	0,22	Nublado
10:00 AM	23,44	27,62	27,44	27,69	16,1	137	0,14	Nublado
10:16 AM	23,31	27,50	26,56	28,62	16,1	278	0,28	Nublado
10:32 AM	24,31	32,88	29,00	29,62	16,8	577	0,58	Nublado
10:44 AM	24,75	34,38	31,81	29,62	17,2	411	0,41	Nublado
11:00 AM	24,69	32,94	30,56	29,69	17,3	322	0,32	Nublado
11:17 AM	25,12	30,44	30,31	29,62	17,3	241	0,24	Nublado
11:29 AM	24,94	30,62	29,44	29,56	16,8	295	0,30	Nublado
11:45 AM	24,87	30,69	29,87	29,50	16,2	197	0,20	Nublado
12:01 PM	24,87	29,69	29,31	29,62	16,1	174	0,17	Nublado
12:14 PM	24,75	29,44	28,69	29,75	16,3	179	0,18	Nublado
12:30 PM	24,44	27,56	27,87	29,81	16,3	128	0,13	Nublado
12:46 PM	24,00	26,00	26,44	29,75	16,2	86	0,09	Nublado
1:02 PM	22,75	25,44	25,44	29,75	16,3	102	0,10	Nublado
1:15 PM	22,44	25,87	25,00	29,25	16,6	221	0,22	Nublado
1:31 PM	22,56	28,87	26,44	29,12	17,4	374	0,37	Nublado
1:47 PM	24,87	33,13	29,62	29,25	18,2	589	0,59	Nublado
1:59 PM	25,31	34,88	31,75	29,06	18,4	503	0,50	Nublado
2:16 PM	25,50	32,88	31,56	28,87	18	295	0,30	Nublado
2:32 PM	25,44	30,50	30,12	28,69	17,9	234	0,23	Nublado
2:44 PM	25,37	30,69	29,62	28,50	17,8	225	0,23	Nublado
3:00 PM	25,44	29,94	29,44	28,44	17,8	192	0,19	Nublado
3:16 PM	25,19	28,75	28,69	28,37	17,7	162	0,16	Nublado
3:29 PM	25,25	29,06	28,50	28,31	17,6	156	0,16	Nublado
3:45 PM	25,25	28,62	28,37	28,31	17,5	132	0,13	Nublado
4:01 PM	25,06	28,00	28,00	32,94	17,6	120	0,12	Nublado



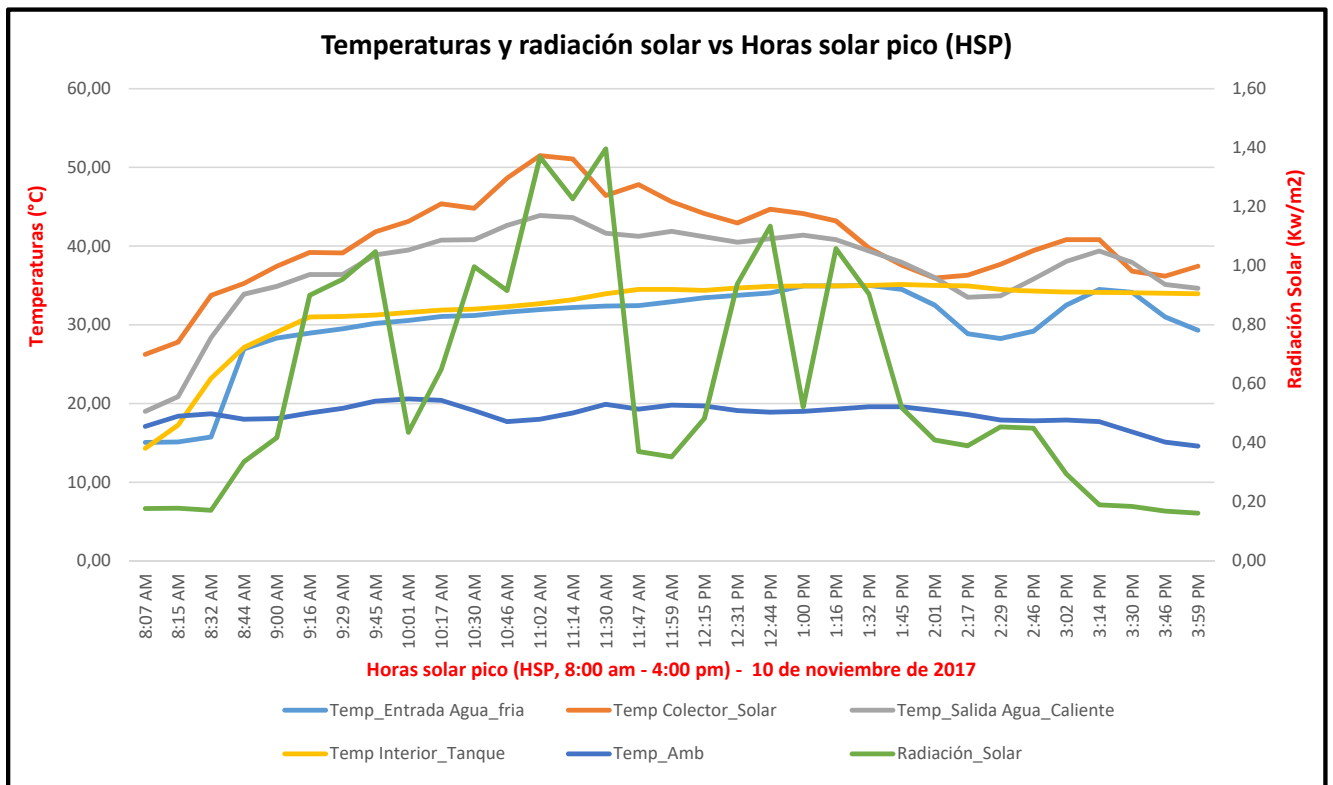
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m ²)	Radiación Solar (KW/m ²)	Periodos del día
7:57 AM	14,06	19,06	18,00	16,47	16,3	100	0,10	Nublado
8:17 AM	14,88	23,06	17,44	16,81	16,9	146	0,15	Nublado
8:29 AM	15,25	25,94	18,44	16,69	17,4	320	0,32	Nublado
8:46 AM	15,50	30,06	22,00	20,56	17,8	631	0,63	Combinado
9:02 AM	15,88	33,81	26,25	21,44	18	693	0,69	Combinado
9:14 AM	24,56	38,00	34,00	26,50	18,4	803	0,80	Soleado
9:30 AM	29,56	46,00	40,00	31,50	18,7	700	0,70	Combinado
9:47 AM	31,25	51,69	43,06	31,62	18,9	824	0,82	Soleado
9:59 AM	31,44	38,88	38,63	31,81	18,9	907	0,91	Soleado
10:15 AM	32,19	52,69	43,19	32,50	19,9	995	1,00	Soleado
10:31 AM	32,13	42,94	38,44	34,44	20,5	274	0,27	Nublado
10:47 AM	32,81	50,88	43,00	36,00	21,1	1051	1,05	Soleado
11:00 AM	32,88	47,19	42,25	36,88	21,5	1104	1,10	Soleado
11:16 AM	32,94	49,50	42,25	37,13	21,4	1141	1,14	Soleado
11:32 AM	33,25	47,44	41,25	37,44	21,4	1153	1,15	Soleado
11:44 AM	33,31	42,38	41,19	37,88	21,7	1178	1,18	Soleado
12:01 PM	33,31	39,38	41,25	37,75	22,2	1113	1,11	Soleado
12:17 PM	33,69	38,69	39,31	37,69	---	1209	1,21	Soleado
12:29 PM	33,00	37,38	38,63	37,63	19,9	1157	1,16	Soleado
12:45 PM	32,13	36,69	36,50	37,50	19,1	628	0,63	Combinado
1:02 PM	29,25	34,69	34,31	37,38	18,2	528	0,53	Nublado
1:14 PM	27,00	34,19	31,56	37,25	18,2	181	0,18	Nublado
1:30 PM	26,56	33,94	29,12	37,06	17,9	278	0,28	Nublado
1:46 PM	25,81	35,63	31,00	36,88	17,6	278	0,28	Nublado
2:03 PM	25,81	36,25	31,75	36,81	17,4	195	0,20	Nublado
2:15 PM	25,19	36,75	32,19	36,69	17,3	111	0,11	Nublado
2:31 PM	28,25	38,81	34,94	36,56	17,2	76	0,08	Nublado
2:47 PM	31,69	38,00	36,75	36,50	17,2	56	0,06	Nublado
2:59 PM	31,69	36,00	36,31	36,44	17,2	47	0,05	Nublado
3:16 PM	28,87	34,13	34,00	36,31	16,9	54	0,05	Nublado
3:32 PM	26,00	33,44	29,94	36,25	16,8	16	0,02	Nublado
3:44 PM	25,94	32,44	27,37	36,19	16,9	28	0,03	Nublado
4:00 PM	26,06	32,63	26,87	36,13	16,9	42	0,04	Nublado



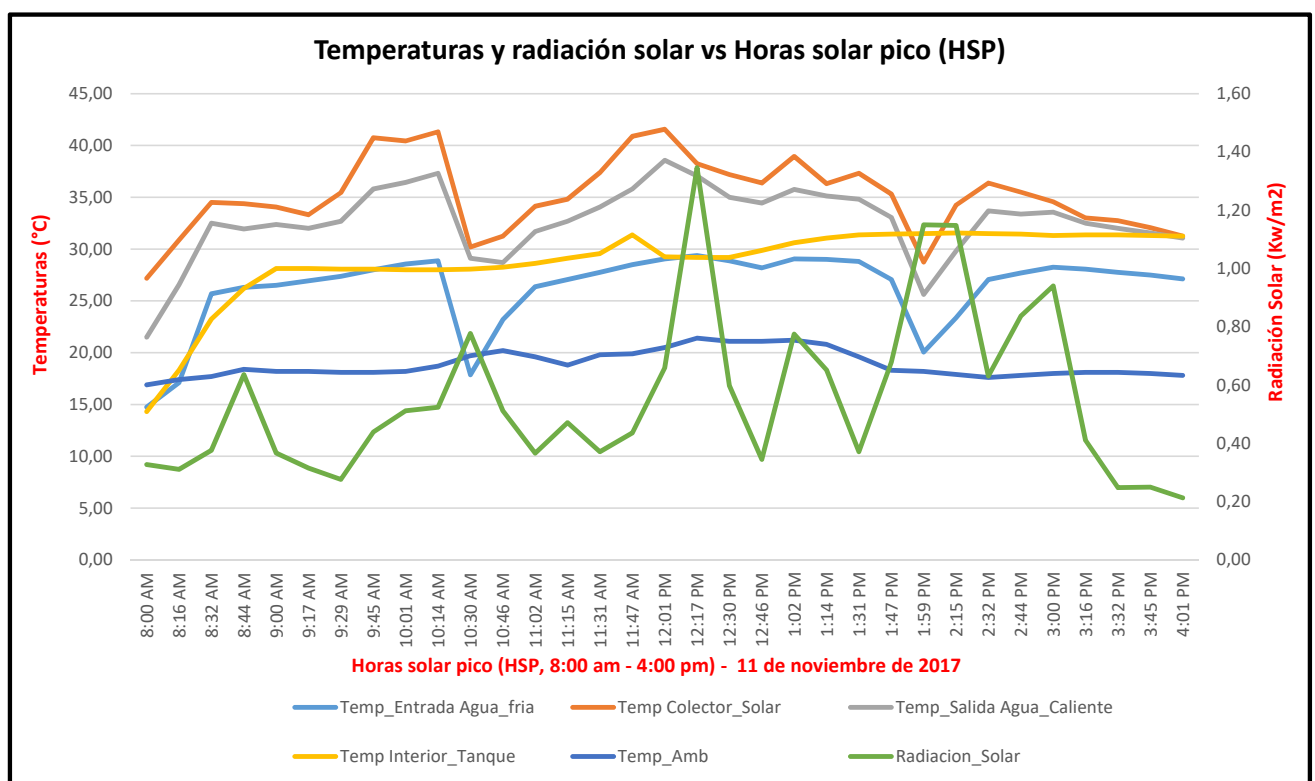
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:03 AM	15,69	21,44	17,06	15,25	16,3	146	0,15	Nublado
8:15 AM	15,94	22,75	17,00	16,19	16,3	179	0,18	Nublado
8:31 AM	16,12	25,12	18,81	17,06	17	214	0,21	Nublado
8:47 AM	16,31	27,56	22,06	20,00	17,3	185	0,19	Nublado
9:00 AM	16,37	27,44	22,94	21,00	16,9	179	0,18	Nublado
9:16 AM	16,62	28,62	24,12	21,90	16,8	188	0,19	Nublado
9:32 AM	20,94	30,25	27,25	26,50	17,2	279	0,28	Nublado
9:44 AM	21,75	32,25	30,00	29,43	17,2	381	0,38	Nublado
10:01 AM	22,87	31,94	29,00	30,81	17,8	366	0,37	Nublado
10:17 AM	22,12	29,69	29,56	30,87	18,3	193	0,19	Nublado
10:29 AM	23,69	27,12	28,31	31,31	18,6	167	0,17	Nublado
10:45 AM	23,56	29,37	28,06	32,00	18,6	193	0,19	Nublado
11:02 AM	25,19	31,00	29,37	33,13	18,6	262	0,26	Nublado
11:14 AM	26,25	32,25	30,56	34,38	19,2	353	0,35	Nublado
11:30 AM	27,37	35,75	32,69	34,75	20,6	406	0,41	Nublado
11:46 AM	27,75	36,69	34,19	36,06	21,8	517	0,52	Nublado
12:03 PM	28,12	37,75	34,88	37,19	21,6	362	0,36	Nublado
12:15 PM	28,06	33,56	33,69	37,88	21,7	216	0,22	Nublado
12:31 PM	28,19	33,06	32,19	37,94	22,5	613	0,61	Combinado
12:47 PM	28,31	36,94	33,69	37,88	23,1	1324	1,32	Soleado
12:59 PM	28,62	36,81	35,13	37,75	22,8	1248	1,25	Soleado
1:16 PM	28,69	36,94	34,75	37,63	23	1199	1,20	Soleado
1:32 PM	28,75	35,44	34,44	37,44	23,1	912	0,91	Soleado
1:44 PM	28,62	33,38	33,31	37,25	23,2	990	0,99	Soleado
2:00 PM	28,62	33,38	32,69	37,13	22,8	926	0,93	Soleado
2:17 PM	28,56	32,44	32,19	37,00	21,9	863	0,86	Soleado
2:29 PM	28,62	32,19	32,06	36,88	22,3	853	0,85	Soleado
2:45 PM	28,50	33,00	32,19	36,69	22,7	902	0,90	Soleado
3:01 PM	28,69	35,06	33,25	36,63	22,2	919	0,92	Soleado
3:13 PM	28,81	35,50	33,88	36,50	22,1	932	0,93	Soleado
3:30 PM	29,00	36,13	34,38	36,44	21,9	570	0,57	Nublado
3:46 PM	28,87	34,38	33,56	36,38	21,3	621	0,62	Combinado
4:02 PM	28,62	32,19	32,38	36,25	20,8	527	0,53	Nublado



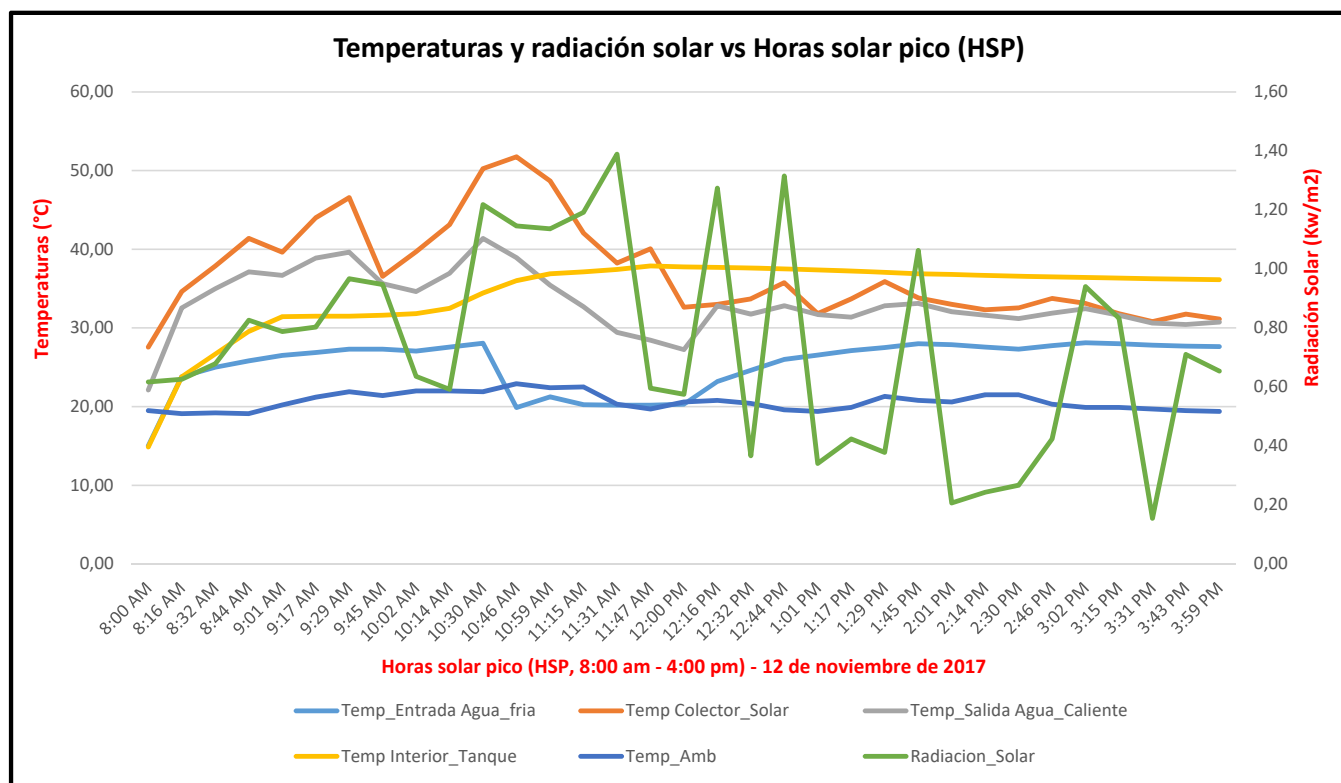
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:07 AM	15,06	26,25	19,00	14,31	17,1	178	0,18	Nublado
8:15 AM	15,13	27,81	20,87	17,25	18,4	179	0,18	Nublado
8:32 AM	15,75	33,75	28,37	23,19	18,7	172	0,17	Nublado
8:44 AM	26,94	35,25	33,88	27,12	18	336	0,34	Nublado
9:00 AM	28,31	37,44	34,88	29,06	18,1	418	0,42	Nublado
9:16 AM	28,94	39,19	36,38	31,00	18,8	900	0,90	Soleado
9:29 AM	29,50	39,13	36,38	31,06	19,4	954	0,95	Soleado
9:45 AM	30,19	41,81	38,88	31,25	20,3	1048	1,05	Soleado
10:01 AM	30,56	43,13	39,50	31,56	20,6	436	0,44	Nublado
10:17 AM	31,06	45,38	40,75	31,87	20,4	649	0,65	Combinado
10:30 AM	31,19	44,81	40,81	32,00	19,1	997	1,00	Soleado
10:46 AM	31,62	48,63	42,63	32,31	17,7	916	0,92	Soleado
11:02 AM	31,94	51,50	43,88	32,69	18	1368	1,37	Soleado
11:14 AM	32,19	51,06	43,63	33,19	18,8	1227	1,23	Soleado
11:30 AM	32,38	46,44	41,63	33,94	19,9	1396	1,40	Soleado
11:47 AM	32,44	47,81	41,25	34,50	19,3	371	0,37	Nublado
11:59 AM	32,94	45,63	41,88	34,50	19,8	353	0,35	Nublado
12:15 PM	33,44	44,13	41,19	34,38	19,7	483	0,48	Nublado
12:31 PM	33,75	42,94	40,50	34,69	19,1	939	0,94	Soleado
12:44 PM	34,06	44,69	40,94	34,88	18,9	1134	1,13	Soleado
1:00 PM	34,94	44,13	41,38	34,94	19	522	0,52	Nublado
1:16 PM	34,94	43,19	40,81	34,94	19,3	1058	1,06	Soleado
1:32 PM	35,00	39,75	39,38	35,00	19,6	905	0,91	Soleado
1:45 PM	34,50	37,56	37,94	35,13	19,6	519	0,52	Nublado
2:01 PM	32,50	35,94	36,00	35,00	19,1	410	0,41	Nublado
2:17 PM	28,87	36,31	33,50	34,94	18,6	390	0,39	Nublado
2:29 PM	28,25	37,69	33,69	34,50	17,9	454	0,45	Nublado
2:46 PM	29,19	39,44	35,81	34,25	17,8	450	0,45	Nublado
3:02 PM	32,50	40,81	38,06	34,19	17,9	295	0,30	Nublado
3:14 PM	34,50	40,81	39,38	34,13	17,7	190	0,19	Nublado
3:30 PM	34,13	36,81	37,94	34,06	16,4	185	0,19	Nublado
3:46 PM	31,00	36,19	35,13	34,00	15,1	169	0,17	Nublado
3:59 PM	29,31	37,44	34,63	33,94	14,6	162	0,16	Nublado



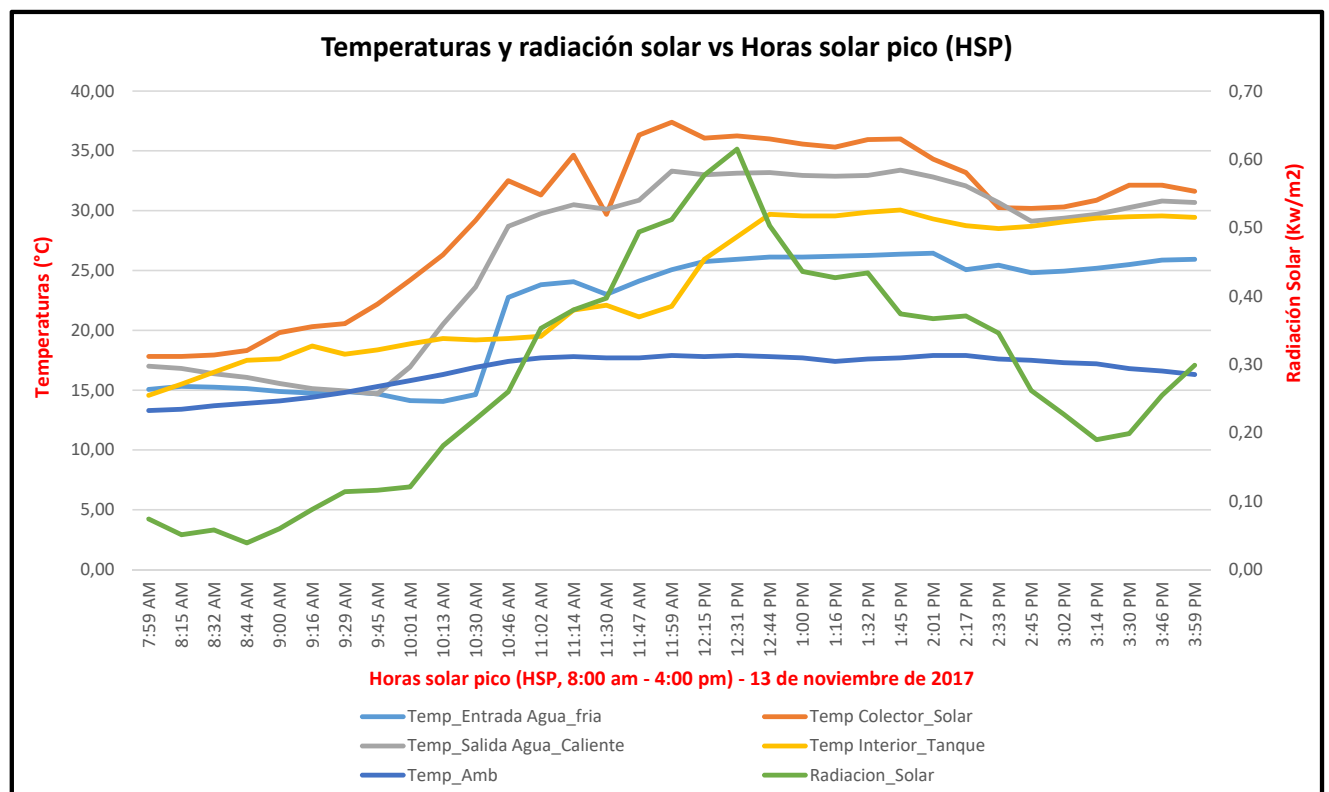
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	14,75	27,19	21,50	14,31	16,9	327	0,33	Nublado
8:16 AM	17,12	30,87	26,56	18,31	17,4	311	0,31	Nublado
8:32 AM	25,69	34,50	32,50	23,25	17,7	376	0,38	Nublado
8:44 AM	26,31	34,38	31,94	26,19	18,4	636	0,64	Combinado
9:00 AM	26,50	34,06	32,38	28,12	18,2	367	0,37	Nublado
9:17 AM	26,94	33,31	32,00	28,12	18,2	315	0,32	Nublado
9:29 AM	27,37	35,44	32,69	28,06	18,1	276	0,28	Nublado
9:45 AM	28,00	40,75	35,81	28,06	18,1	439	0,44	Nublado
10:01 AM	28,56	40,44	36,44	28,00	18,2	512	0,51	Nublado
10:14 AM	28,87	41,31	37,31	28,00	18,7	524	0,52	Nublado
10:30 AM	17,87	30,19	29,12	28,06	19,7	777	0,78	Combinado
10:46 AM	23,19	31,25	28,69	28,25	20,2	512	0,51	Nublado
11:02 AM	26,37	34,13	31,69	28,62	19,6	366	0,37	Nublado
11:15 AM	27,06	34,81	32,69	29,12	18,8	471	0,47	Nublado
11:31 AM	27,75	37,38	34,06	29,56	19,8	371	0,37	Nublado
11:47 AM	28,50	40,88	35,81	31,37	19,9	436	0,44	Nublado
12:01 PM	29,06	41,56	38,56	29,25	20,5	659	0,66	Combinado
12:17 PM	29,37	38,25	37,06	29,19	21,4	1346	1,35	Soleado
12:30 PM	28,87	37,19	35,00	29,19	21,1	598	0,60	Nublado
12:46 PM	28,19	36,38	34,44	29,87	21,1	345	0,35	Nublado
1:02 PM	29,06	38,94	35,75	30,62	21,2	775	0,78	Combinado
1:14 PM	29,00	36,31	35,13	31,06	20,8	652	0,65	Combinado
1:31 PM	28,81	37,31	34,81	31,37	19,6	371	0,37	Nublado
1:47 PM	27,06	35,31	33,06	31,44	18,3	679	0,68	Combinado
1:59 PM	20,06	28,75	25,62	31,50	18,2	1150	1,15	Soleado
2:15 PM	23,37	34,25	29,81	31,56	17,9	1148	1,15	Soleado
2:32 PM	27,06	36,38	33,69	31,50	17,6	631	0,63	Combinado
2:44 PM	27,69	35,50	33,38	31,44	17,8	837	0,84	Soleado
3:00 PM	28,25	34,56	33,56	31,31	18	940	0,94	Soleado
3:16 PM	28,06	33,00	32,50	31,37	18,1	410	0,41	Nublado
3:32 PM	27,75	32,75	32,00	31,37	18,1	248	0,25	Nublado
3:45 PM	27,50	32,06	31,56	31,31	18	250	0,25	Nublado
4:01 PM	27,12	31,25	31,06	31,25	17,8	213	0,21	Nublado



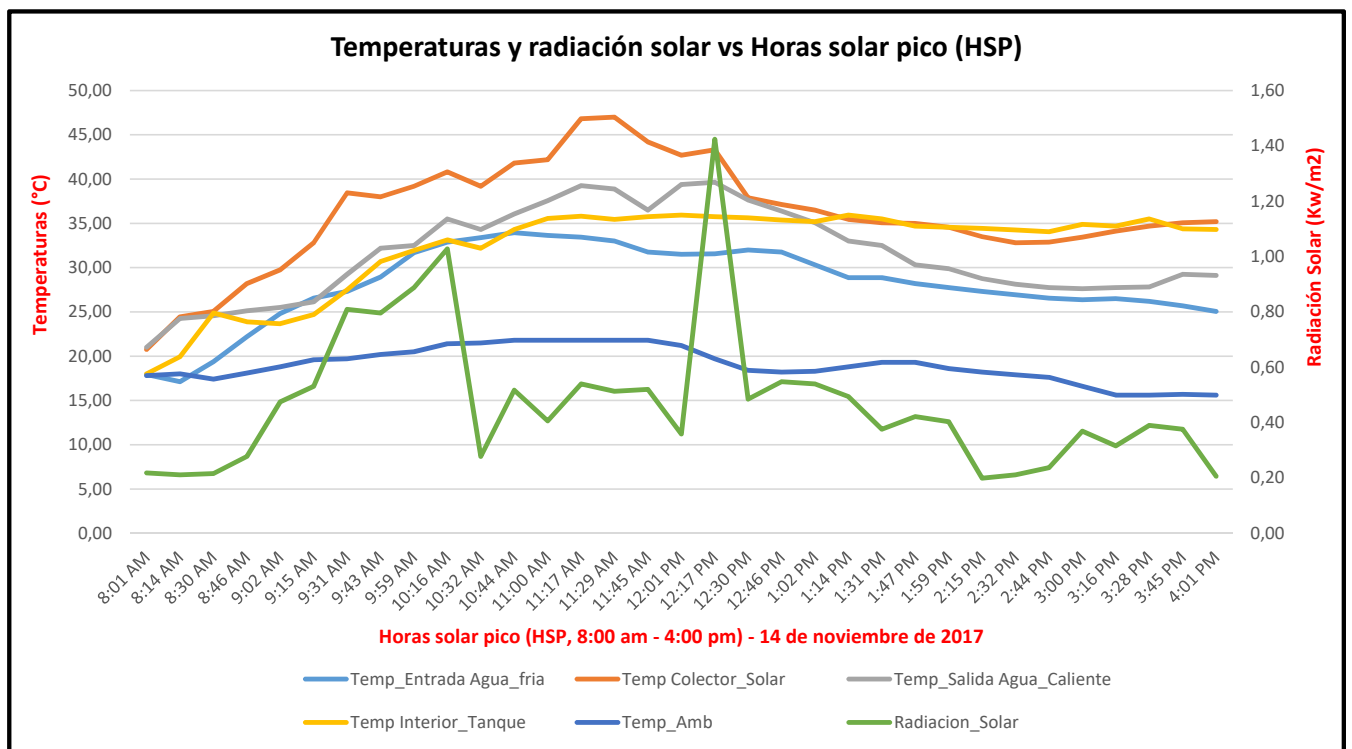
Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	15,00	27,56	22,12	14,87	19,5	617	0,62	Combinado
8:16 AM	23,81	34,63	32,56	23,81	19,1	626	0,63	Combinado
8:32 AM	25,00	37,88	35,00	26,69	19,2	679	0,68	Combinado
8:44 AM	25,81	41,38	37,13	29,56	19,1	826	0,83	Soleado
9:01 AM	26,50	39,63	36,69	31,44	20,2	788	0,79	Combinado
9:17 AM	26,87	44,00	38,88	31,50	21,2	803	0,80	Soleado
9:29 AM	27,31	46,56	39,63	31,50	21,9	967	0,97	Soleado
9:45 AM	27,31	36,56	35,63	31,62	21,4	947	0,95	Soleado
10:02 AM	27,06	39,69	34,63	31,81	22	636	0,64	Combinado
10:14 AM	27,56	43,13	36,94	32,50	22	592	0,59	Nublado
10:30 AM	28,06	50,25	41,38	34,44	21,9	1218	1,22	Soleado
10:46 AM	19,87	51,75	38,94	36,00	22,9	1146	1,15	Soleado
10:59 AM	21,25	48,69	35,44	36,88	22,4	1136	1,14	Soleado
11:15 AM	20,25	42,06	32,69	37,13	22,5	1192	1,19	Soleado
11:31 AM	20,19	38,25	29,44	37,44	20,3	1389	1,39	Soleado
11:47 AM	20,19	40,06	28,44	37,88	19,7	596	0,60	Nublado
12:00 PM	20,31	32,63	27,25	37,75	20,6	575	0,58	Nublado
12:16 PM	23,19	33,00	32,81	37,69	20,8	1274	1,27	Soleado
12:32 PM	24,62	33,69	31,75	37,63	20,4	367	0,37	Nublado
12:44 PM	26,00	35,75	32,81	37,50	19,6	1315	1,32	Soleado
1:01 PM	26,56	31,81	31,69	37,38	19,4	341	0,34	Nublado
1:17 PM	27,12	33,69	31,37	37,25	19,9	424	0,42	Nublado
1:29 PM	27,50	35,88	32,81	37,06	21,3	378	0,38	Nublado
1:45 PM	28,00	33,81	33,13	36,88	20,8	1063	1,06	Soleado
2:01 PM	27,87	33,00	32,06	36,81	20,6	207	0,21	Nublado
2:14 PM	27,56	32,31	31,62	36,69	21,5	243	0,24	Nublado
2:30 PM	27,31	32,56	31,19	36,56	21,5	267	0,27	Nublado
2:46 PM	27,75	33,75	31,87	36,50	20,3	424	0,42	Nublado
3:02 PM	28,12	33,13	32,44	36,44	19,9	940	0,94	Soleado
3:15 PM	28,00	31,81	31,62	36,31	19,9	833	0,83	Soleado
3:31 PM	27,81	30,81	30,62	36,25	19,7	155	0,16	Nublado
3:43 PM	27,69	31,75	30,44	36,19	19,5	710	0,71	Combinado
3:59 PM	27,62	31,12	30,75	36,13	19,4	654	0,65	Combinado



Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Periodos del día
7:59 AM	15,06	17,81	17,00	14,56	13,3	74	0,07	Nublado
8:15 AM	15,31	17,81	16,81	15,50	13,4	51	0,05	Nublado
8:32 AM	15,25	17,94	16,37	16,50	13,7	58	0,06	Nublado
8:44 AM	15,13	18,31	16,06	17,50	13,9	39	0,04	Nublado
9:00 AM	14,88	19,81	15,56	17,62	14,1	60	0,06	Nublado
9:16 AM	14,75	20,31	15,13	18,69	14,4	88	0,09	Nublado
9:29 AM	14,88	20,56	14,94	18,00	14,8	114	0,11	Nublado
9:45 AM	14,69	22,19	14,69	18,37	15,3	116	0,12	Nublado
10:01 AM	14,13	24,19	16,94	18,87	15,8	121	0,12	Nublado
10:13 AM	14,06	26,31	20,50	19,31	16,3	181	0,18	Nublado
10:30 AM	14,63	29,19	23,62	19,19	16,9	220	0,22	Nublado
10:46 AM	22,75	32,50	28,69	19,31	17,4	260	0,26	Nublado
11:02 AM	23,81	31,31	29,75	19,50	17,7	353	0,35	Nublado
11:14 AM	24,06	34,63	30,50	21,69	17,8	380	0,38	Nublado
11:30 AM	23,00	29,69	30,12	22,09	17,7	397	0,40	Nublado
11:47 AM	24,12	36,31	30,87	21,12	17,7	494	0,49	Nublado
11:59 AM	25,06	37,38	33,31	22,00	17,9	512	0,51	Nublado
12:15 PM	25,75	36,06	33,00	25,94	17,8	577	0,58	Nublado
12:31 PM	25,94	36,25	33,13	27,81	17,9	615	0,62	Combinado
12:44 PM	26,12	36,00	33,19	29,69	17,8	503	0,50	Nublado
1:00 PM	26,12	35,56	32,94	29,56	17,7	436	0,44	Nublado
1:16 PM	26,19	35,31	32,88	29,56	17,4	427	0,43	Nublado
1:32 PM	26,25	35,94	32,94	29,87	17,6	434	0,43	Nublado
1:45 PM	26,37	36,00	33,38	30,06	17,7	374	0,37	Nublado
2:01 PM	26,44	34,31	32,81	29,31	17,9	367	0,37	Nublado
2:17 PM	25,06	33,19	32,06	28,75	17,9	371	0,37	Nublado
2:33 PM	25,44	30,25	30,69	28,50	17,6	346	0,35	Nublado
2:45 PM	24,81	30,19	29,12	28,69	17,5	262	0,26	Nublado
3:02 PM	24,94	30,31	29,37	29,06	17,3	227	0,23	Nublado
3:14 PM	25,19	30,87	29,69	29,37	17,2	190	0,19	Nublado
3:30 PM	25,50	32,13	30,25	29,50	16,8	199	0,20	Nublado
3:46 PM	25,87	32,13	30,81	29,56	16,6	255	0,26	Nublado
3:59 PM	25,94	31,62	30,69	29,44	16,3	299	0,30	Nublado



Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Periodos del día
8:01 AM	17,94	20,75	21,00	18,01	17,8	218	0,22	Nublado
8:14 AM	17,12	24,44	24,25	19,94	18	211	0,21	Nublado
8:30 AM	19,37	25,06	24,56	24,87	17,4	216	0,22	Nublado
8:46 AM	22,19	28,19	25,13	23,87	18,1	278	0,28	Nublado
9:02 AM	24,81	29,75	25,50	23,67	18,8	475	0,48	Nublado
9:15 AM	26,56	32,81	26,13	24,69	19,6	531	0,53	Nublado
9:31 AM	27,31	38,44	29,25	27,50	19,7	809	0,81	Soleado
9:43 AM	28,94	38,00	32,19	30,69	20,2	796	0,80	Combinado
9:59 AM	31,69	39,19	32,50	31,94	20,5	888	0,89	Soleado
10:16 AM	32,88	40,81	35,50	33,13	21,4	1028	1,03	Soleado
10:32 AM	33,38	39,19	34,31	32,19	21,5	278	0,28	Nublado
10:44 AM	33,94	41,81	36,06	34,31	21,8	517	0,52	Nublado
11:00 AM	33,63	42,19	37,56	35,56	21,8	406	0,41	Nublado
11:17 AM	33,44	46,81	39,25	35,81	21,8	540	0,54	Nublado
11:29 AM	33,00	47,00	38,88	35,44	21,8	513	0,51	Nublado
11:45 AM	31,75	44,19	36,50	35,75	21,8	520	0,52	Nublado
12:01 PM	31,50	42,69	39,38	35,94	21,2	359	0,36	Nublado
12:17 PM	31,56	43,31	39,63	35,75	19,7	1424	1,42	Soleado
12:30 PM	32,00	37,88	37,63	35,63	18,4	485	0,49	Nublado
12:46 PM	31,75	37,13	36,38	35,38	18,2	548	0,55	Nublado
1:02 PM	30,31	36,50	35,06	35,19	18,3	540	0,54	Nublado
1:14 PM	28,87	35,44	33,00	35,94	18,8	494	0,49	Nublado
1:31 PM	28,87	35,06	32,50	35,50	19,3	376	0,38	Nublado
1:47 PM	28,19	35,00	30,31	34,69	19,3	422	0,42	Nublado
1:59 PM	27,75	34,56	29,87	34,56	18,6	403	0,40	Nublado
2:15 PM	27,31	33,50	28,75	34,44	18,2	199	0,20	Nublado
2:32 PM	26,94	32,81	28,12	34,25	17,9	211	0,21	Nublado
2:44 PM	26,56	32,88	27,75	34,06	17,6	237	0,24	Nublado
3:00 PM	26,37	33,44	27,62	34,88	16,6	369	0,37	Nublado
3:16 PM	26,50	34,13	27,75	34,69	15,6	316	0,32	Nublado
3:28 PM	26,19	34,69	27,81	35,50	15,6	390	0,39	Nublado
3:45 PM	25,69	35,06	29,25	34,38	15,7	376	0,38	Nublado
4:01 PM	25,06	35,19	29,12	34,31	15,6	206	0,21	Nublado



Hora	Temp_Entrada Agua_fria	Temp Colector_Solar	Temp_Salida Agua_Caliente	Temp Interior_Tanque	Temperatura Ambiente (°C)	Radiación Solar (W/m²)	Radiación Solar (KW/m²)	Períodos del día
8:00 AM	15,00	26,69	19,69	18,87	17,7	90	0,09	Nublado
8:16 AM	16,81	32,00	27,12	20,81	18,1	278	0,28	Nublado
8:32 AM	24,37	32,06	30,37	23,69	19,2	374	0,37	Nublado
8:44 AM	24,94	34,75	31,81	28,81	19,1	462	0,46	Nublado
9:01 AM	25,56	32,94	31,87	29,00	19,4	413	0,41	Nublado
9:17 AM	26,12	36,38	33,31	29,44	19,4	439	0,44	Nublado
9:29 AM	26,31	33,31	32,44	30,31	19,7	338	0,34	Nublado
9:45 AM	26,44	37,50	33,13	31,37	20	954	0,95	Soleado
10:02 AM	26,87	42,88	36,56	32,56	20,4	269	0,27	Nublado
10:14 AM	27,00	39,63	35,44	33,94	20,6	664	0,66	Combinado
10:30 AM	24,69	39,38	34,00	35,13	21,2	1062	1,06	Soleado
10:46 AM	18,56	26,94	28,44	36,50	21,3	779	0,78	Combinado
10:59 AM	23,19	32,06	28,06	37,50	20,4	993	0,99	Soleado
11:15 AM	26,69	38,06	36,13	38,38	19,5	424	0,42	Nublado
11:31 AM	26,37	37,31	33,94	39,25	18,1	947	0,95	Soleado
11:47 AM	26,75	39,94	34,69	39,75	17,7	1037	1,04	Soleado
11:59 AM	27,31	43,13	38,06	39,94	17,4	522	0,52	Nublado
12:16 PM	27,62	39,44	36,88	39,88	17,9	635	0,64	Combinado
12:32 PM	27,44	37,31	35,25	39,81	18,3	1306	1,31	Soleado
12:44 PM	27,12	34,31	33,50	39,69	18,3	673	0,67	Combinado
1:00 PM	27,50	32,44	31,94	39,56	18	962	0,96	Soleado
1:13 PM	27,19	29,87	30,50	39,13	17,8	364	0,36	Nublado
1:29 PM	25,94	30,37	29,06	38,94	17,7	234	0,23	Nublado
1:45 PM	25,94	32,44	29,75	38,81	17,5	165	0,17	Nublado
2:01 PM	27,31	34,31	31,75	38,75	17,2	216	0,22	Nublado
2:14 PM	27,56	34,38	32,75	38,63	16,5	301	0,30	Nublado
2:30 PM	27,75	33,06	32,50	38,56	16,2	357	0,36	Nublado
2:46 PM	27,19	30,19	30,69	38,50	16,1	343	0,34	Nublado
3:02 PM	26,00	29,62	29,31	38,44	16,4	323	0,32	Nublado
3:15 PM	25,06	29,62	28,56	38,31	15,9	156	0,16	Nublado
3:31 PM	23,44	28,75	27,50	38,25	15,7	156	0,16	Nublado
3:47 PM	22,19	26,69	25,37	37,94	15,7	135	0,14	Nublado
3:59 PM	22,37	25,75	24,19	37,81	15,8	97	0,10	Nublado

