



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE SANTA
ROSA

SOTO SARANGO CRISTHIAN PAUL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

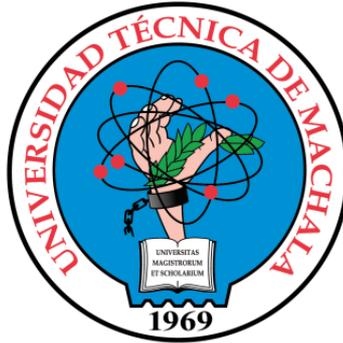
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE
SANTA ROSA

SOTO SARANGO CRISTHIAN PAUL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR
PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE SANTA ROSA

SOTO SARANGO CRISTHIAN PAUL
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
27 de febrero de 2023

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE SANTA ROSA.

por Cristhian Paul Soto Sarango

Fecha de entrega: 23-feb-2023 09:30a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2021240482

Nombre del archivo: A_UNA_VIVIENDA_EN_SANTA_ROSA.-_SOTO_SARANGO_CRISTHIAN_PAUL-.docx
(1.87M)

Total de palabras: 4108

Total de caracteres: 20901

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, SOTO SARANGO CRISTHIAN PAUL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE SANTA ROSA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2023



SOTO SARANGO CRISTHIAN PAUL
0704693308

UNIVERSITAS
MAGISTROBUM
ET SCHOLARUM

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE SANTA ROSA.

por Cristhian Paul Soto Sarango

Fecha de entrega: 23-feb-2023 09:30a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2021240482

Nombre del archivo: A_UNA_VIVIENDA_EN_SANTA_ROSA.-_SOTO_SARANGO_CRISTHIAN_PAUL-.docx
(1.87M)

Total de palabras: 4108

Total de caracteres: 20901

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE SANTA ROSA.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ dspace.ort.edu.uy

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo práctico fue direccionado para realizar el estudio y diseño de un sistema de agua caliente sanitaria en Santa Rosa de acuerdo a la NEC-11 capítulo 16 que refiere a la Norma Hidrosanitaria, para aprovechar la energía solar, se utilizó un sistema directo que funcione con gravedad ya que en el lugar de ubicación de la vivienda se cuenta con una presión en la red pública de agua potable de 11 m.c.a, de tal manera que el colector solar con termotanque funcione con total normalidad, y este a su vez permite captar la radiación solar suficiente para calentar el agua que utilizaran los aparatos sanitarios designados en la vivienda unifamiliar de una sola planta donde habitan la cantidad de 4 personas. En el Ecuador aun estos sistemas para el calentamiento de agua no han sido desarrollados en mayoría aun contando con la ventaja de tener radiación solar la mayor parte del año, pero casos muy puntuales han sido de gran relevancia para el ahorro energético y disminuir la contaminación ambiental. Se realizó varios cálculos importantes para seleccionar el colector solar, la demanda energética del sistema es de 5,58 kWh/día, el área de captación solar es de 4 m², el cual se determinó el volumen del agua que proporcionara el colector solar al tanque de almacenamiento de 150 litros. Se determinó la tubería a utilizarse para el sistema de ACS mediante la hoja electrónica de Excel.

Palabras clave: Agua caliente, Colector solar, Radiación solar, Energía solar.

ABSTRACT

The objective of this practical work was directed to carry out the study and design of a sanitary hot water system in Santa Rosa according to the NEC-11 chapter 16 that refers to the Hydrosanitary Standard, to take advantage of solar energy, a system was used direct that works with gravity since in the place of location of the house there is a pressure in the public network of drinking water of 11 m.c.a, in such a way that the solar collector with hot water tank works normally, and this in turn It allows the capture of sufficient solar radiation to heat the water used by the designated sanitary devices in the single-story single-family home where 4 people live. In Ecuador, even these systems for heating water have not been developed for the most part, even with the advantage of having solar radiation most of the year, but very specific cases have been of great relevance for energy savings and reducing environmental pollution. Several important calculations were made to select the solar collector, the energy demand of the system is 5.58 kWh/day, the solar collection area is 4 m², which determined the volume of water that the solar collector provided to the tank. 150 liter storage. The pipe to be used for the ACS system was determined using the electronic Excel sheet.

Keywords: Hot water, Solar collector, Solar radiation, Solar energy.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Ubicación	2
1.3. Objetivos del Trabajo Practico.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
2. DESARROLLO	4
2.1. Energía Térmica Solar.....	4
2.2. Radiación del Sol	4
2.3. Radiación Solar en Ecuador	4
2.4. Agua caliente sanitaria	5
2.5. Sistemas Solares para Calentar Agua.....	5
2.6. Funcionamiento de un sistema de ACS	5
2.7. Calentadores Solares	6
2.7.1. Calentador Solar con Termotanque (baja presión)	6
2.7.2. Colector Solar de Panel Plano	7
2.8. Metodología para el diseño	9
2.8.1. Tipo de Colector Solar.....	9
2.8.2. Demanda Energética	10
2.8.3. Depósito de almacenamiento	12
2.8.4. Orientación e Inclinación Óptima de los Colectores	12
2.8.5. Cálculo de red de distribución de ACS.....	13
3. CONCLUSIONES	15
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
5. ANEXOS	19

5.1.	Anexo 1	19
5.2.	Anexo 2	20
5.3.	Anexo 3	21
5.4.	Anexo 4	22
5.5.	Anexo 5	23
5.6.	Anexo 6	24
5.7.	Anexo 7	25
5.8.	Anexo 8	26
1.1.	Anexo 9	27
1.1.	Anexo 10	28
1.2.	Anexo 11	29
1.3.	Anexo 12	30
1.4.	Anexo 13	31
PLANOS	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de ubicación de la vivienda. Fuente: El Autor.....	2
Figura 2. Movimiento del sol sobre el firmamento. [6].....	5
Figura 3. Etapas del líquido de trabajo en el calentador solar. [9]	6
Figura 4. Componentes de un Colector Solar. [9]	7
Figura 5. Esquema de funcionamiento de un Colector Solar. [11].....	7
Figura 6. Funcionamiento del colector solar de placa plana.	8
Figura 7. Partes de un colector solar de placa plana. [3]	9
Figura 8. Rendimiento de colectores solares. [12]	10
Figura 9. Temperatura promedio del agua en Santa Rosa.	23
Figura 10. Insolación media global del Ecuador. [1].....	25
Figura 11. Características de los colectores solares planos elegido.	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de la vivienda.....	2
Tabla 2. Datos iniciales de la red de distribución de ACS.....	13
Tabla 3. Consumos específicos para diferentes aplicaciones. [17].....	19
Tabla 4. Eficiencias globales en sistemas puntual y continuo según las experiencias del OPS/CEPIS. [18]	20
Tabla 5. Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador. [19].....	21
Tabla 6. Monitoreo de presiones en la ciudad de Santa Rosa.....	22
Tabla 7. Temperatura promedio del agua en Santa Rosa.....	23
Tabla 8. Inclinaciones en función de la Latitud.....	24
Tabla 9. Diámetros de las tuberías. [16]	27
Tabla 10. Caudales, presiones y diámetros mínimos requeridos. [16]	28
Tabla 11. Coeficiente k para perdidas menores.	29
Tabla 12. Viscosidad Cinemática del Agua.....	30
Tabla 13. Valores de la rugosidad absoluta.	30

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo práctico está enfocado en el estudio y diseño de un sistema de ACS, la energía proveniente del sol es la principal fuente de energía que tiene el planeta, haciendo uso de ella se logra el ahorro de energías tradicionales y por consecuente la protección del medio ambiente.

El ACS en el consumo del hogar hoy en día es una necesidad básica para realizar actividades cotidianas o por situaciones de salud. Desde la parte ambiental, utilizar agua caliente obtenida de la radiación solar tiene una gran importancia, ya que esta no provoca algún tipo de daño al medio ambiente, dado al uso de colectores solares térmicos colocados en una vivienda.

Un colector solar es un aparato exclusivamente diseñado para no contaminar, tiene como función captar la radiación del sol y convertirla en energía que será aprovechada para varias funciones. En el Ecuador se ha ido de apoco desarrollando usar colectores solares en las viviendas para la obtención de ACS, sabiendo que esta parte del planeta cuenta con un gran recurso solar. De la información recopilada se han obtenidos datos relevantes como la radiación solar en el país es de $4,575 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$ según el mapa solar del Ecuador. [1]

Este diseño se lo realizará para una vivienda situada en la Provincia de El Oro, Cabecera Cantonal Santa Rosa, Ciudadela Febres Cordero, como dato de referencia el clima en dicho sector mantiene al año una temperatura media de 24°C .

La finalidad de este aporte es motivar a la comunidad a usar colectores solares para producir ACS, para así aprovechar al máximo el recurso solar que posee el lugar de emplazamiento del proyecto, de otra forma también lograr en cierta parte reducir el uso de energías tradicionales como la energía eléctrica o combustibles fósiles que generan más contaminación para el planeta. [2]

1.1. Descripción del problema

Debido al repentino cambio climático en los últimos tiempos se están presentando cambios bruscos de la temperatura ambiente afectando sobre todo a los niños y adultos mayores que presentan continuas afecciones en su salud.

El Ecuador al estar localizado en la línea ecuatorial, tiene la ventaja de tener radiación solar la mayor parte del año la misma que se puede utilizar para calentar el agua de consumo en los hogares, disminuyendo los costos de energía eléctrica.

Con este antecedente se requiere realizar un estudio y el diseño de un sistema de agua caliente utilizando radiación solar para una vivienda de tipo residencial para la ciudad de Santa Rosa con una ocupación promedio de cinco personas.

1.2. Ubicación

La residencia donde se realizará el estudio y diseño de un sistema de ACS utilizando calentador solar, se encuentra localizada en la provincia de El Oro, sur de la Ciudad de Santa Rosa, Avenida Cornelio Hernán Clavijo, entre la Avenida Joffre Lima Iglesia y calle Primera Longitudinal.

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de la vivienda. **Fuente:** Google Maps.

Latitud	3°28'47,4'' S
Longitud	79°57'35,2'' W



Figura 1. Croquis de ubicación de la vivienda. Fuente: El Autor.

1.3. Objetivos del Trabajo Practico

1.3.1. Objetivo General

Realizar el estudio y el diseño de un sistema de agua caliente sanitaria utilizando energía solar para una vivienda unifamiliar ubicada en la Ciudad de Santa Rosa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de ACS que necesita la vivienda unifamiliar en base a las necesidades actuales y futuras.
- Elegir un tipo apropiado de colector solar.
- Diseñar el colector solar y la red de distribución que permita satisfacer la demanda de ACS.

2. DESARROLLO

2.1. Energía Térmica Solar

Su fundamento es lograr provecho de la energía solar para obtener calor que se pueda utilizar para satisfacer las necesidades de la demanda de agua caliente, calentar y enfriar el ambiente. Esta puede ser pasiva o activa, la energía pasiva corresponde básicamente en el principio de los edificios bioclimáticos, donde el propio edificio funciona como un colector solar y debe diseñarse de tal manera que se aprovechen las condiciones ambientales. [3]

2.2. Radiación del Sol

Energía que se manifiesta en forma de ondas electromagnéticas, que es irradiada por el sol en cualquier dirección del espacio. En el borde exterior de la atmósfera existe un flujo constante de luz solar, denominado constante solar, con un valor aproximado de $1367 \frac{W}{m^2}$ y una desviación máxima de $\pm 7 \frac{W}{m^2}$, esta variación está relacionada con la actividad del sol, debido a la excentricidad de la órbita terrestre. Cabe señalar que la radiación del sol que la superficie de montaje recibe es importante para determinar el tamaño de la instalación, ya que es el factor más primordial que determina su idoneidad. Existen varios tipos de radiación solar como:

- Directa: Dada por el sol de forma directa.
- Difusa: Luego de ser desviada por dispersión atmosférica, se la recibe del sol.
- Reflejada.: Se forma a partir del reflejo de los objetos sobre la tierra.
- Total: Combinación de la directa, difusa y reflejada.
- Global: Se forma de la radiación directa y difusa. [4]

2.3. Radiación Solar en Ecuador

La ubicación en el globo terráqueo lo hace único en términos de recursos solares. Esto se debe a que la radiación solar en el centro del mundo es constante durante todo el año y cambia con la temporada de lluvias. Al estar atravesado por la línea ecuatorial, la posición del sol no cambia mucho en el país (Figura 2), lo cual es favorable para el uso de la energía solar.

Tener en cuenta que la vivienda de estudio al estar ubicada al sur del país aún no tiene eficiencia en usar algún tipo de avance para producir ACS, para lograr aquello vamos a necesitar varia información climática de la zona. [5]

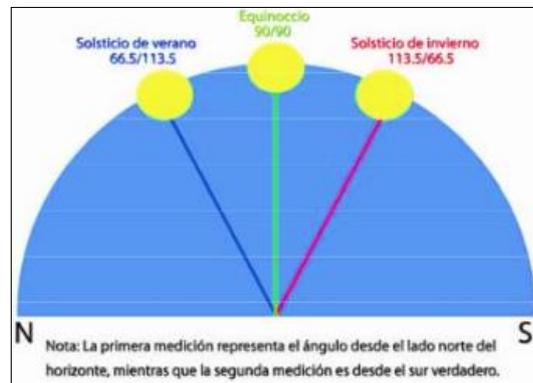


Figura 2. Movimiento del sol sobre el firmamento. [6]

2.4. Agua caliente sanitaria

Es agua (potable) caliente destinada para el consumo. Se utiliza más comúnmente para la limpieza, como fregaderos, lavavajillas y lavadoras, o con fines de higiene, como baños y duchas. El consumo de energía en la producción de agua caliente sanitaria (agua caliente sanitaria) en los edificios residenciales cobrará mayor importancia y tendrá un mayor impacto en el consumo total.[7]

2.5. Sistemas Solares para Calentar Agua

El objetivo de un sistema de calefacción solar es captar la radiación solar para calentar agua fría de la red y distribuirla como agua caliente a los puntos de agua para uso sanitario. La instalación consta de varios elementos, como las tuberías, que son los elementos clave del diseño, y otros elementos necesarios, como tanques, válvulas, bombas, accesorios y, en general, todo lo relacionado con los circuitos hidrosanitarios. [8]

Estos colectores solares capturan el calor del sol usando la radiación solar. Una placa de cobre o aluminio se suelda a un tubo de cobre que absorbe los rayos del sol y se calienta por efectos del calor. La energía térmica que se transmite a las tuberías de cobre hace que el fluido se caliente por la transferencia del calor, que a su vez transfiere el calor a los distintos sistemas de tuberías. Cuando el fluido transportado alcanza la temperatura proporcionada por el sol, se convierte en colector por circulación natural o forzada.

2.6. Funcionamiento de un sistema de ACS

El líquido de trabajo, en este caso el agua, para comenzar su ciclo debe de ingresar a una temperatura ambiente donde el captador solar la recibirá y por su funcionamiento de transferir calor, la temperatura de salida será mayor que la temperatura de entrada. Luego el agua ingresa a una cisterna donde existirán pérdidas del calor obtenido, mediante una bomba se hace el proceso de circulación llevando el líquido a otra cisterna o tanque, donde el cual sigue perdiendo el calor generado por el colector solar. Como indica en la Figura 3. [9]

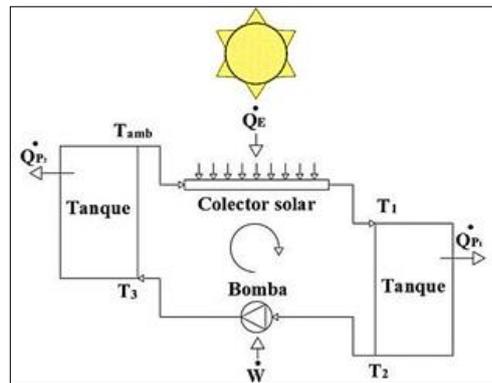


Figura 3. Etapas del líquido de trabajo en el calentador solar. [9]

2.7. Calentadores Solares

Es el que tiene como función captar la energía solar y transformarla en energía térmica, calentando así el líquido de trabajo que pasa por todo el sistema. La energía que cae sobre el colector solar no toda se considera energía útil, por lo tanto, que cuando se calienta el líquido de trabajo, también la energía por conducción se pierde, igual pasa con la convección y radiación, lo que da como resultado una producción energética equilibrada. Entre la radiación solar y la pérdida de calor, el resultado es energía útil para el colector solar. [10]

2.7.1. Calentador Solar con Termotanque (baja presión)

Funcionan en base a la energía solar absorbida por drenajes eficientes. Estos drenajes o tubos consisten en superficies cilíndricas concéntricas entre las que se crea un vacío. Este espacio previene la disminución del calor. Además, la pared exterior del tubo interior tiene un revestimiento de cobre que recoge hasta un 80 % de la luz solar total. [9]. A continuación, los componentes de un colector solar Figura 4.

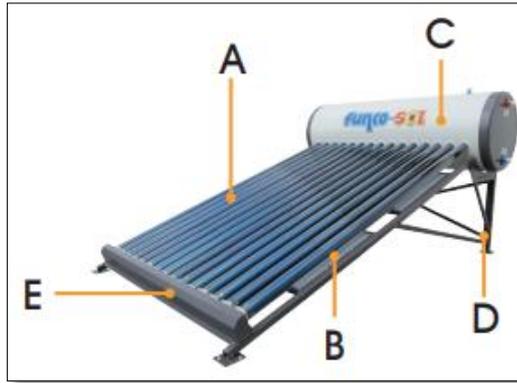


Figura 4. Componentes de un Colector Solar. [9]

Elementos

A: Tubos, B: Reflector, C: Termotanque, D: Estructura, E: Base para soporte de tubos

Funcionamiento

Debido a la diferencia de densidad, el acumulador absorbe el agua fría y la hace circular de forma natural por las tuberías, no hace falta bomba ni algún otro dispositivo para mantenerla en movimiento. Los tubos de vacío extraen agua fría del fondo del tanque térmico, el agua se calienta cuando se absorbe la energía del sol, al calentarse, el líquido vuelve a subir (por los tubos) y regresa al tanque térmico, comenzando nuevamente el mismo ciclo. Ver Figura 5.

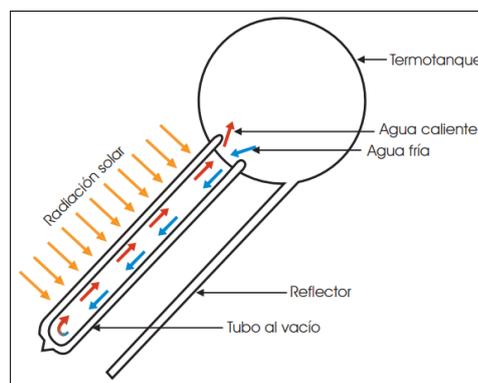


Figura 5. Esquema de funcionamiento de un Colector Solar. [11]

2.7.2. Colector Solar de Panel Plano

Un colector solar de panel plano se encarga de transformar la energía del sol en energía térmica empleando un panel compuesto por una cubierta acristalada, que permite el paso de la radiación solar hasta incidir y ser absorbida por la superficie selectiva de una placa absorbente. [3]

El aprovechamiento del efecto invernadero es el principio de funcionamiento de los colectores solares de panel plano como lo muestra la Fig. 6, que se manifiesta como radiación solar que atraviesa el vidrio e incide sobre las placas metálicas (este suele ser de acero, cobre o aluminio) del colector, algunos de los cuales reflejan otras radiaciones y dejan pasar el resto. Cuando la placa se calienta, emite aproximadamente (4,5 a 4,7 μm) de radiación de onda, color opaco debe tener el vidrio para retener la radiación dada por el sol y, en última instancia, transferir el calor almacenado al fluido de transferencia de calor.

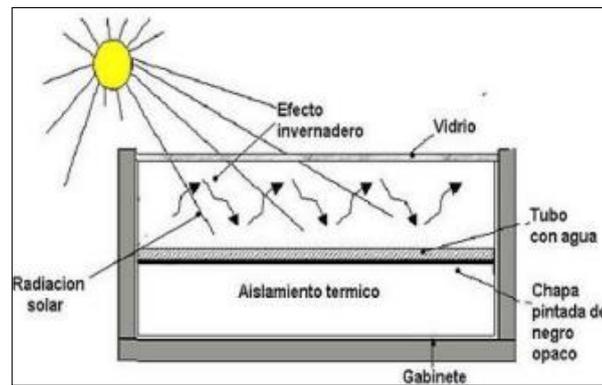


Figura 6. Funcionamiento del colector solar de placa plana.

Para crear un efecto invernadero, elija materiales con un coeficiente de expansión pequeño, con suficiente resistencia mecánica y que no sufran roturas causadas por el agua y el viento. El vidrio y el plástico forman parte de un grupo selecto de materiales usados para este tipo de colector, el plástico por su baja conductividad térmica, el alto coeficiente de expansión y a la baja resistencia a altas temperaturas y rigidez no es muy recomendado.

Partes de un colector solar de placa plana

Este consta de cuatro partes esenciales como lo muestra la figura 7: un absorbedor, una cubierta transparente, una carcasa y un material aislante.

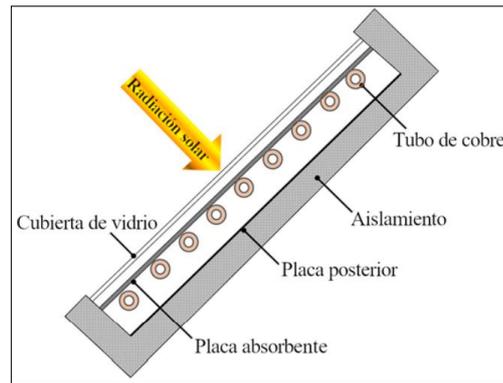


Figura 7. Partes de un colector solar de placa plana. [3]

Absorbedor: Placa metálica con tubos soldados (pueden ser de cobre o aluminio) por donde fluye el líquido caloportador. Absorber la mayor cantidad de radiación posible es su función, convertirla en calor y transferirla al líquido.

Cubierta de vidrio: La finalidad es crear un efecto invernadero, sellar el colector y disminuir las pérdidas por convección.

Carcasa: Es responsable de sostener y dar protección a todas las partes del colector solar y generalmente está hecho de aluminio (anticorrosión).

Aislamiento térmico: Es el Material que cubre todos los lados del colector solar y es responsable de disminuir la pérdida de calor de su carcasa.

2.8. Metodología para el diseño

Para implementar el proyecto, tomamos en cuenta los datos climáticos del lugar donde se utilizará el sistema de agua caliente. Cabe destacar que los datos iniciales son la radiación solar y el diseño del captador de energía. A continuación, se presentan algunos datos para elegir el colector solar adecuado para el sistema.

2.8.1. Tipo de Colector Solar

Elegir el colector solar del sistema se basa principalmente en la temperatura de funcionamiento y las condiciones climáticas del lugar. De manera que aumenta la temperatura del fluido o disminuye la temperatura ambiente, el rendimiento del colector también disminuye. La figura 8 muestra la eficiencia de varios colectores solares en función de la diferencia de temperatura. Esta diferencia se produce entre la temperatura ambiente media y la temperatura del líquido.

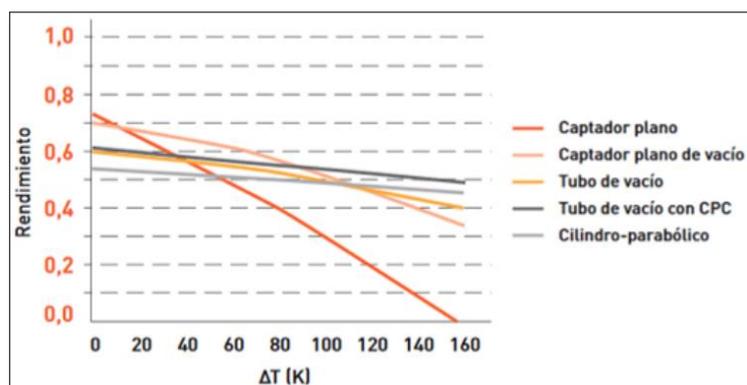


Figura 8. Rendimiento de colectores solares. [12]

Se realiza una comparativa entre el colector solar plano y el de tubos, considerando que hoy en día son los más utilizados por los consumidores. La temperatura de operación se determina considerando que la temperatura deseada es de unos 40 °C, pero esta puede ser reducida por la pérdida o reducción de la radiación solar. Conociendo que la temperatura media que se utiliza una persona para ducharse es de aproximadamente 38°C, como punto de partida se diseña ACS a 40°C y 60°C.

Según el anexo 5, en Santa Rosa la temperatura del agua en el ambiente es alrededor de 24,17°C.

$$\Delta T = T_{\text{media fluido}} - T_{\text{ambiente}} \quad (1)$$

$$\Delta T_1 = (60^\circ\text{C} - 24,17^\circ\text{C}) = 35,83^\circ\text{C} = 34,83 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 = (40^\circ\text{C} - 24,17^\circ\text{C}) = 15,83^\circ\text{C} = 15,83 \text{ K}$$

La temperatura de operación estará entre (15,83 y 35,83) K. De acuerdo con la Figura 8, se eligió el colector de placa plana porque posee mejor rendimiento que el colector de tubo de vacío. Los colectores planos tienen un mejor rendimiento porque su temperatura ambiente no será muy baja.

2.8.2. Demanda Energética

Es la energía utilizada para elevar la temperatura del agua de entrada a una de consumo, a esta se le llama requerimiento energético. Los cálculos de energía están determinados por la demanda de ACS, la temperatura de funcionamiento y la temperatura ambiente del agua.

El consumo de ACS se calcula con los valores de consumo unitario diario especificados en el Anexo 1. Se considera como referencia una temperatura de 60°C como lo indica la

NEC. Calcular la masa de la cantidad de ACS que se tiene previsto consumir en la vivienda unifamiliar, se ha establecido 4 usuarios, el volumen per cápita de cada usuario es 30 l/persona al día. [13]

$$M = n_p \rho_{H_2O} V_p \quad (2)$$

Donde:

n_p : Número de personas $\left(\frac{\text{persona}}{\text{día}}\right)$

V_p : Volumen de agua per cápita $\left(\frac{\text{l}}{\text{persona}}\right)$

ρ_{H_2O} : Densidad del agua $\left(0,9991 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right)$

$$M = 4 * 0,9991 * 30$$

$$M = 119,892 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \therefore M = 120 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

A continuación, para proseguir con el cálculo de la demanda, la temperatura del agua en la red de se ha establecido mediante un termómetro considerando un promedio de 20°C y se debe producir una temperatura referente de 60°C como lo indica la norma ecuatoriana de la construcción.

$$D_{ACS} = MC_p(T_{\text{final}} - T_{\text{inicio}}) \quad (3)$$

Donde:

D_{ACS} : Demanda de energía $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{día}}\right)$

M : Masa de agua a calentar $\left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)$

C_p : Capacidad calorífica del agua $\left(4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{°C}\right)$

T_{inicio} : Temperatura inicial del agua (°C)

T_{final} : Temperatura de consumo del agua (°C)

$$D_{ACS} = 120 * 0,001163 \text{ kwh/kg °C} * (60 - 20)$$

$$D_{ACS} = 5,58 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Calculada la demanda energética, se procede a dimensionar el colector que necesita la demanda, considerando el rendimiento global del colector igual al del modelo CS2 (Anexo 2).

$$A_{\text{cap}} = \frac{D_{\text{ACS}}}{H_{\text{T}} * n_{\text{g}}} * F. S. \quad (4)$$

Donde:

A_{cap} : Área de captación (m^2)

H_{T} : Radiación del sol ($\frac{\text{kWh}}{m^2}$)

n_{g} : Eficiencia del sistema (%)

F. S. : Proyección de demanda (1 - 1.5)

$$A_{\text{cap}} = \frac{5,58}{4,35 * 0,42} * 1,3$$

$$A_{\text{cap}} = 3,82 \therefore 4 \text{ m}^2$$

2.8.3. Depósito de almacenamiento

El volumen es un 15% mayor a la cantidad de agua acumulada durante un día.

$$V_{\text{dep}} = 1,15M \quad (5)$$

Donde:

V_{dep} : Volumen del depósito (L)

$$V_{\text{dep}} = 1,15 * 120$$

$$V_{\text{dep}} = 138 \text{ L}$$

El depósito térmico es el que almacena el ACS que produce el colector, para lo cual se debe elegir un depósito de 150 litros disponible en el mercado.

2.8.4. Orientación e Inclinación Óptima de los Colectores

Un colector solar debe estar inclinado para recibir la máxima energía del sol. La ecuación:

$$\beta_{\text{opt}} = 3,7 + 0,69 \cdot |\varphi| \quad (6)$$

Expresa la pendiente anual óptima basada en el análisis estadístico de la radiación anual de pendientes en varias latitudes. [14]

Donde:

φ : Latitud del lugar (grados)

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |-3,28^\circ|$$

$$\beta_{opt} = 5,96^\circ$$

El valor de $5,96^\circ$ es la inclinación mínima que puede tener el colector solar, por lo que se optó por 15° , que está dentro del límite recomendado por NEC, como se muestra en el Anexo 6. En el Ecuador, con una pendiente de por lo menos 5° y no más de 15° ; mientras que los colectores estarían orientados hacia el norte porque la casa está en el hemisferio sur cuando estarían orientados directamente sobre el meridiano.

La tecnología de ACS consiste en usar colectores planos orientados hacia el sur, con ángulo de inclinación de 15° . [15]

2.8.5. Cálculo de red de distribución de ACS

Datos Previos (ver anexo 12)

Tabla 2. Datos iniciales de la red de distribución de ACS.

m: Factor de simultaneidad entre 1.0 y 1.2	1,1	
V (velocidad de diseño)	2	m/s
Altura del colector solar	4	m
ε (rugosidad) de la tubería PVC	0,0015	mm
Viscosidad cinemática agua a 60° C	$0,477 \times 10^{-6}$	m^2/s

Caudal máximo posible

Dependiendo de su red, este caudal se estima como la suma de los caudales requeridos por cada mueble sanitario. Tenga en cuenta que el caudal mínimo instantáneo de ACS es 67% del caudal instantáneo mínimo de agua fría en los aparatos sanitarios según el consumo de agua. [16]

$$Q_{MaxPosible} = \sum q_i \quad (7)$$

Ver tabla de Caudales, presiones y diámetros mínimos requeridos anexo 10.

Coefficiente de simultaneidad

$$k_s = \frac{m}{\sqrt{n-1}} \quad (8)$$

Donde:

n: número de aparatos

m: Factor entre 1.0 y 1.2

Caudal máximo probable

Es el caudal efectivo del segmento de red, que se calcula al multiplicar el factor de simultaneidad por el caudal máximo posible.

$$Q_{MaxProbable} = k_s * \sum q_i \quad (9)$$

Diámetro en función de la velocidad de diseño

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{MaxProbable}}{\pi V}} \quad (10)$$

V: velocidad de diseño

Velocidad en función del diámetro calculado

$$V = \frac{Q_{MaxProbable}}{A} \quad (11)$$

Número de Reynolds

$$N_{RE} = \frac{VD}{\nu} \quad (12)$$

ν : viscosidad cinética del agua

Factor de fricción

Cuando $Re > 4000$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{5,74}{N_{RE}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (13)$$

ε : rugosidad de la tubería de PVC para agua caliente.

Cuando $Re < 2000$

$$f = \frac{24}{N_{RE}} \quad (14)$$

Perdidas por fricción (Formula de Darcy -Weisbach)

$$h_f = f \frac{LV^2}{2Dg} \quad (15)$$

Perdidas menores o locales. (Ver anexo 11)

$$h_m = k \frac{V^2}{2g} \quad (16)$$

$$k = \sum \text{Perdidas por accesorio} \quad (17)$$

Cálculo de la red de ACS

Hoja de Cálculo de Excel. Ver anexo 13.

3. CONCLUSIONES

- La investigación y el diseño se basan en las normas de construcción ecuatorianas para sistemas de calefacción solar sanitaria y norma Hidrosanitaria NHE Agua. Se determina que el consumo de agua es de 138 litros por día a una temperatura de aprox. 40°C, por lo que se necesitan 5,58 kWh/día para cubrir la demanda de ACS.
- El colector solar elegido fue un colector solar de placa plana ya que posee mejor rendimiento en las condiciones climáticas del lugar. El volumen del depósito de recogida es de 150 litros.
- Se calculó la tubería que se utilizara para transportar agua caliente sanitaria, se usara tuberías de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgadas, accesorios y otros elementos para la instalación.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Mantilla y J. Toro, “Diseño e Implementación de un Colector Cilindro Parabólico con Seguimiento Solar para obtener agua caliente,” Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2018.
- [2] L. Lannelli, R. Prieto y s. Gil, “Eficiencia en el calentamiento de agua sanitaria en Argentina,” ASADES, vol. 29, pp. 21-29, 2018.
- [3] W. Carrión Chamba, W. Murillo Torres y A. Montero Izquierdo, “Una revisión de los últimos avances de los colectores solares térmicos aplicados en la industria,” INGENIUS. Revista de Ciencia y Tecnología., n° 27, p. 21, 1 enero 2022.
- [4] W. E. Eufrazio Arias, N. I. Abregú Rodríguez y D. Rodríguez Espinoza, “Evaluación experimental de la eficiencia de un colector solar de tubos evacuados sin y con tubo de calor,” Revista Fuentes: El Reventón Energético, vol. 17, n° 1, pp. 7-17, 2019.
- [5] M. Armijos Cabrera, V. Gonzáles Jaramillo y A. Fries, “Caracterización de variables meteorológicas a ser usadas como fuentes de energía en la región Sur del Ecuador,” Revista GEOESPACIAL, pp. 13-23, 2018.
- [6] NTE INEN 2507,” Rendimiento térmico de colectores solares. Requisitos y métodos de ensayo,” Norma Técnica Ecuatoriana (NTE), 2016.
- [7] J. López Asiain, M. Nieves González, C. Morón y A. Payán de Tejada, “Evolución de los materiales utilizados en redes de distribución de agua caliente,” Dyna Ingeniería e Industria, pp. 1-5, 2019.
- [8] P. A. Lorente Herrero, “Diseño de una instalación solar para la producción de agua caliente sanitaria de un centro educativo,” Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2017.
- [9] W. Quitiaquez, J. Campos Estupiñán, I. Roldán, F. Toapanta Ramos y A. Lobato Campoverde, “Análisis numérico de un sistema de calentamiento de agua utilizando un colector solar de placa plana,” INGENIUS. Revista de Ciencia y Tecnología., n° 24, pp. 97-112, 2020.
- [10] Y. Rodríguez Gago y Y. Morejón Mesa, “Simulación de secadores solares tipo gabinete en función del colector solar y el conducto de extracción,” Revista Ingeniería Agrícola, vol. 10, n° 1, pp. 33-38, 2020.

[11] SCS15-01, Ficha Técnica, “Calentador solar por gravedad con termotanque,” FUNCOSA.

[12] A. Carrera, L. Herena, M. Valle y D. Gonzales, “Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificios, ” Instituto de La Diversificación y Ahorro de Energía,” 256, 2011.

[13] J. A. Palacio Serrano, S. V. Valarezo Jaramillo y F. V. Moncayo Serrano, “Factibilidad del uso de colectores solares para la obtención de agua caliente sanitaria, aplicada a la vivienda social,” AXIOMA. Revista Científica de Investigación, Docencia y Proyección Social., n° 21, pp. 36-47, 2019.

[14] J. A. Ávila Carranza, C. M. Rocha Osorio y J. S. Solís Chaves, “Perfiles de Consumo de Agua Caliente Residencial Aplicados a un Colector Tubular Plano para el Calentamiento Solar de Agua en Bogotá,” TECCIENCIA, vol. 16, n° 31, pp. 29-52, 2021.

[15] S. J. Guasumba Codena, L. Tipanluisa, E. Ocaña y J. E. Pérez Rosales, “Producción eficiente de biogás mediante calentamiento del sustrato con energía solar térmica de baja temperatura,” Científica, vol. 23, n° 1, pp. 2-11, 2019.

[16] NEC-11, Capítulo 16: Norma Hidrosanitaria NHE Agua, Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) – Cámara de la construcción de Quito, 2011.

[17] IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, “Instalaciones de Energía Solar Térmica,” 2009.

[18] S. Guevara Vásquez, “Teoría para el Diseño de Calentadores Solares de Agua,” Memoria Técnica, UNATSABAR – OPS/CEPIS, Lima, 2003.

[19] NEC-HS-ER, “Sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (ACS) – aplicaciones menores a 100 °C,” Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), 2020.

Bibliografía Complementaria

[20] F. J. Rey Martínez, E. Velasco Gómez y J. M. Rey Hernández, “Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética,” Madrid: Paraninfo, 2018.

[21] I. Zabalza Bribian y A. Aranda Usón, *Energía solar térmica*, Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009.

[22] M. Romero, “Diseño de un sistema de agua caliente sanitaria (ACS) mediante energía solar térmica para una vivienda unifamiliar ubicada en el barrio Clodoveo de la ciudad de Loja,” Loja: Universidad Nacional de Loja, 2021.

[23] G. Santa María Herranz y A. Castejón Oliva, *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Editorial Editex, 2019.

5. ANEXOS

5.1. Anexo 1

Tabla 3. Consumos específicos para diferentes aplicaciones. [17]

Criterio de consumo	Litros/día
Viviendas unifamiliares	30 por persona
Hospitales y clínicas	22 por persona
Hoteles (4 estrellas)	55 por cama
Hoteles (3 estrellas)	70 por cama
Hoteles/Hostales (2 estrellas)	40 por cama
Campings	40 por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 estrella)	35 por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	55 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15 por servicio
Escuelas	3 a 5 por alumno
Cuarteles	20 por persona
Fábricas y talleres	15 por persona
Oficinas	3 a 5 por persona
Gimnasios	20 a 25 por usuario
Lavanderías	3 a 5 por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10 por comida
Cafeterías	1 a 2 por almuerzo

5.2. Anexo 2

Tabla 4. Eficiencias globales en sistemas puntual y continuo según las experiencias del OPS/CEPIS. [18]

	Modelo CS1	Modelo CS2
Eficiencia global diaria sistema puntual (η)	43%	42%
Eficiencia global diaria sistema continuo (η)	53%	52%

5.3. Anexo 3

Tabla 5. Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador. [19]

PROVINCIA	CIUDAD	KWh/m2/día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4,14	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4,35	II
Imbabura	Ibarra	4,56	IV
Manabí	Portoviejo	4,16	III
Pichincha	Quito	4,99	IV
Tsáchilas	Sto. Domingo	3,44	II
Cotopaxi	Latacunga	4,42	IV
Napo	Tena	4,36	II
Santa Elena	Salinas	4,36	II
Guayas	Guayaquil	4,37	III
Los Ríos	Babahoyo	3,78	III
Bolívar	Guaranda	4,8	IV
Tungurahua	Ambato	4,55	III
Chimborazo	Riobamba	4,49	II
Pastaza	Puyo	3,8	II
Cañar	Azogues	4,5	III
Morona Santiago	Macas	4,09	II
Azuay	Cuenca	4,35	II
El Oro	Machala	4,35	II
Loja	Loja	4,35	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4,35	II
Galápagos	Puerto Ayora	5,84	V

5.4. Anexo 4

Tabla 6. Monitoreo de presiones en la ciudad de Santa Rosa.

BARRIO	UBICACIÓN	PRESIÓN (M.C.A)
Helechos	Calle Tercera y vía a bella maría	9,86
Barrio Quito	Avenida Quito y calle L3	12,67
Atahualpa	Teresa Arcaya y Avenida Loja	7,04
La avanzada	Redondel La Avanzada	10,56
Febres Cordero	Coronel Cornelio Clavijo y Primera Longitudinal	11,26
Bellavista	José Antonio de Sucre	16,90
Jumon	Vía principal	3,52
San Agustín	Frente a Parque	11,97
Central	Sucre y 30 de agosto	11,97

Fuente: (Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Aguas Lluvias Santa Rosa, 2022)

5.5. Anexo 5

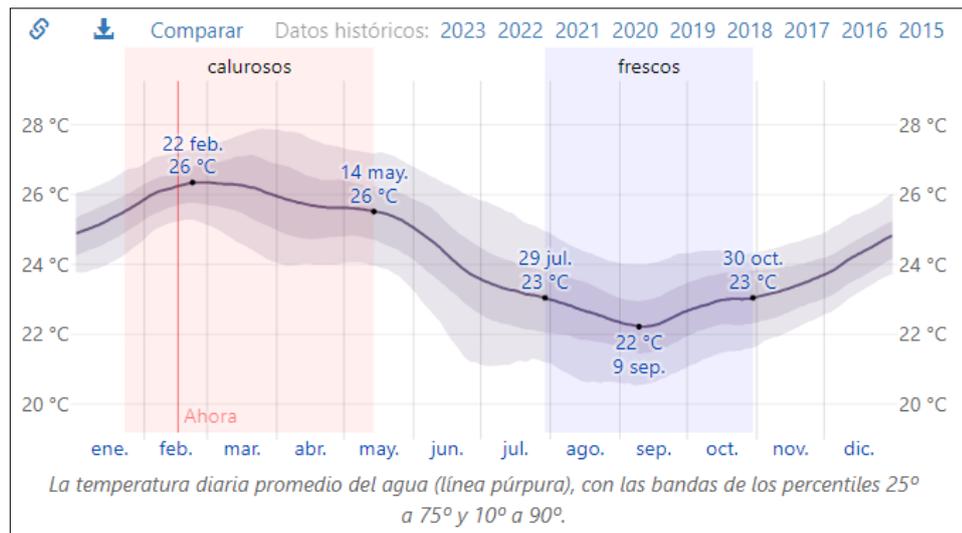


Figura 9. Temperatura promedio del agua en Santa Rosa.

Fuente: (Weather Spark 2022)

Tabla 7. Temperatura promedio del agua en Santa Rosa.

Mes	Temperatura °C
Enero	25
Febrero	26
Marzo	26
Abril	26
Mayo	25
Junio	24
Julio	23
Agosto	23
Septiembre	22
Octubre	23
Noviembre	23
Diciembre	24
Promedio	24,16

Fuente: (Weather Spark 2022)

5.6. Anexo 6

Tabla 8. Inclinaciones en función de la Latitud.

Latitud del lugar	Ángulo de inclinación	Ángulo de inclinación
Instalación (grados)	INVIERNO	VERANO
0 a 15°	15°	15°
15 a 25°	Igual que la latitud	Igual que la latitud
25 a 30°	Latitud + 5°	Latitud - 5°
30 a 35°	Latitud + 10°	Latitud - 10°
35 a 40°	Latitud + 15°	Latitud - 15°
> 40°	Latitud + 20°	Latitud - 20°

5.7. Anexo 7

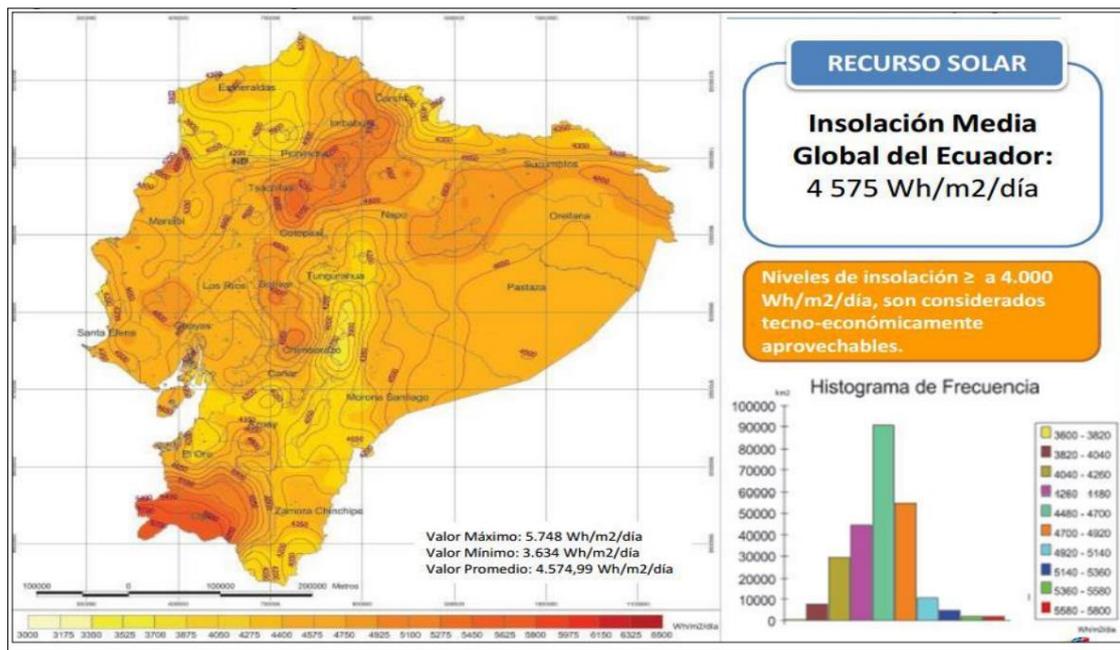


Figura 10. Insolación media global del Ecuador. [1]

5.8. Anexo 8



Soluciones para agua caliente

SISTEMA CALENTADOR SOLAR



calentadores de agua
Seguridad y confort

**Calentador Solar de Agua
Tipo Termosifón**

- Colector solar placas planas
- Tanque Externo e interno de Acero Inox
- Aislante térmico de poliuretano 5,5 cm
- Funcionamiento de bajo mantenimiento
- Estructura de aluminio
- Vida útil de hasta 25 años
- No requiere bomba de presión
- Alto poder de calentamiento
- Tecnología de punta
- 2 años de garantía



	150 Litros	200 Litros	300 Litros
No. De Personas max.	4	5	7
Medidas (cm)	ancho 175 / prof 280	ancho 200 / prof 280	ancho 220 / prof 280
Área m ²	4,90	5,60	6,16
Peso con agua (kg)	290	320	469
Área de colectores	1 pza x 2.5m ²	1 pza x 2.5m ²	2 pzas x 2m ²
Tanque interno	Acero inox sub 304		
Aislamiento térmico	Poliuretano de alta densidad 5,5 cm		

Figura 11. Características de los colectores solares planos elegido.

1.1. Anexo 9

Tabla 9. Diámetros de las tuberías. [16]

Diámetro Nominal (")	Diámetro Exterior Nominal	Espesor de Pared Nominal	Diámetro Interno
1	33,40 mm	4,90 mm	23,60 mm
1 1/4	42,05 mm	4,85 mm	32,35 mm
1 1/2	48,12 mm	5,10 mm	37,92 mm
2	60,30 mm	5,60 mm	49,10 mm
3/4	26,67 mm	3,90 mm	18,87 mm
1/2	21,34 mm	3,40 mm	14,54 mm

1.1. Anexo 10

Tabla 10. Caudales, presiones y diámetros mínimos requeridos. [16]

Aparato Sanitario	Caudal Instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m.c.a)	mínima (m.c.a)	
Bañera/tina	0,30	7,0	3,0	20
bidet	0,10	7,0	3,0	16
Calentador/calderas	0,30	15,0	10,0	20
Ducha	0,20	10,0	3,0	16
Fregadero cocina	0,20	5,0	2,0	16
Fuente de beber	0,10	3,0	2,0	16
Grifo de manguera	0,20	7,0	3,0	16
Inodoro con deposito	0,10	7,0	3,0	16
Inodoro con fluxor	1,25	15,0	10,0	25
Lavabo	0,10	5,0	2,0	16
Máquina de lavar ropa	0,20	7,0	3,0	16
Maquina lava vajilla	0,20	7,0	3,0	16
Urinario con fluxor	0,50	15,0	10,0	20
Urinario con llave	0,15	7,0	3,0	16
Sauna, turco o hidromasaje doméstico	1,00	15,0	10,0	25

1.2. Anexo 11

Tabla 11. Coeficiente k para pérdidas menores.

ACCESORIO	DIAMETRO (pul)								
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
codo 90	0,81	0,75	0,69	0,66	0,63	0,57	0,54	0,53	0,51
codo 45	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,30	0,29	0,28	0,27
válvula compuerta	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
válvula globo	9,20	8,50	7,80	7,50	7,10	6,50	6,10	6,00	5,80
válvula mariposa	1,35	1,22	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	0,79	0,77
válvula bola	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Válvula check	1,50	1,40	1,30	1,20	1,20	1,10	1,00	1,00	0,94
válvula de pie	11,30	10,50	9,70	9,30	8,80	7,60	7,60	7,10	7,10
Tee Normal	0,54	0,50	0,46	0,44	0,42	0,38	0,36	0,37	0,34
Tee con derivación	1,62	1,50	1,38	1,32	1,26	1,14	1,10	1,08	1,02
entrada de un tanque	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
salida de un tanque	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
unión	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

1.3. Anexo 12

Tabla 12. Viscosidad Cinemática del Agua.

Temperatura °C	Viscosidad Cinemática del Agua (m ² /s)
0	1.785*10 ⁻⁶
5	1.519*10 ⁻⁶
10	1.306*10 ⁻⁶
15	1.139*10 ⁻⁶
20	1.003*10 ⁻⁶
25	0.893*10 ⁻⁶
30	0.800*10 ⁻⁶
40	0.685*10 ⁻⁶
60	0.477*10 ⁻⁶

Tabla 13. Valores de la rugosidad absoluta.

MATERIAL	ε (mm)
PVC	0.0015
AC	0.03
Acero	0.046
Hierro galvanizado	0.15
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil	0.25
Concreto	0.3-3.0
Vidrio	0.0003

1.4. Anexo 13

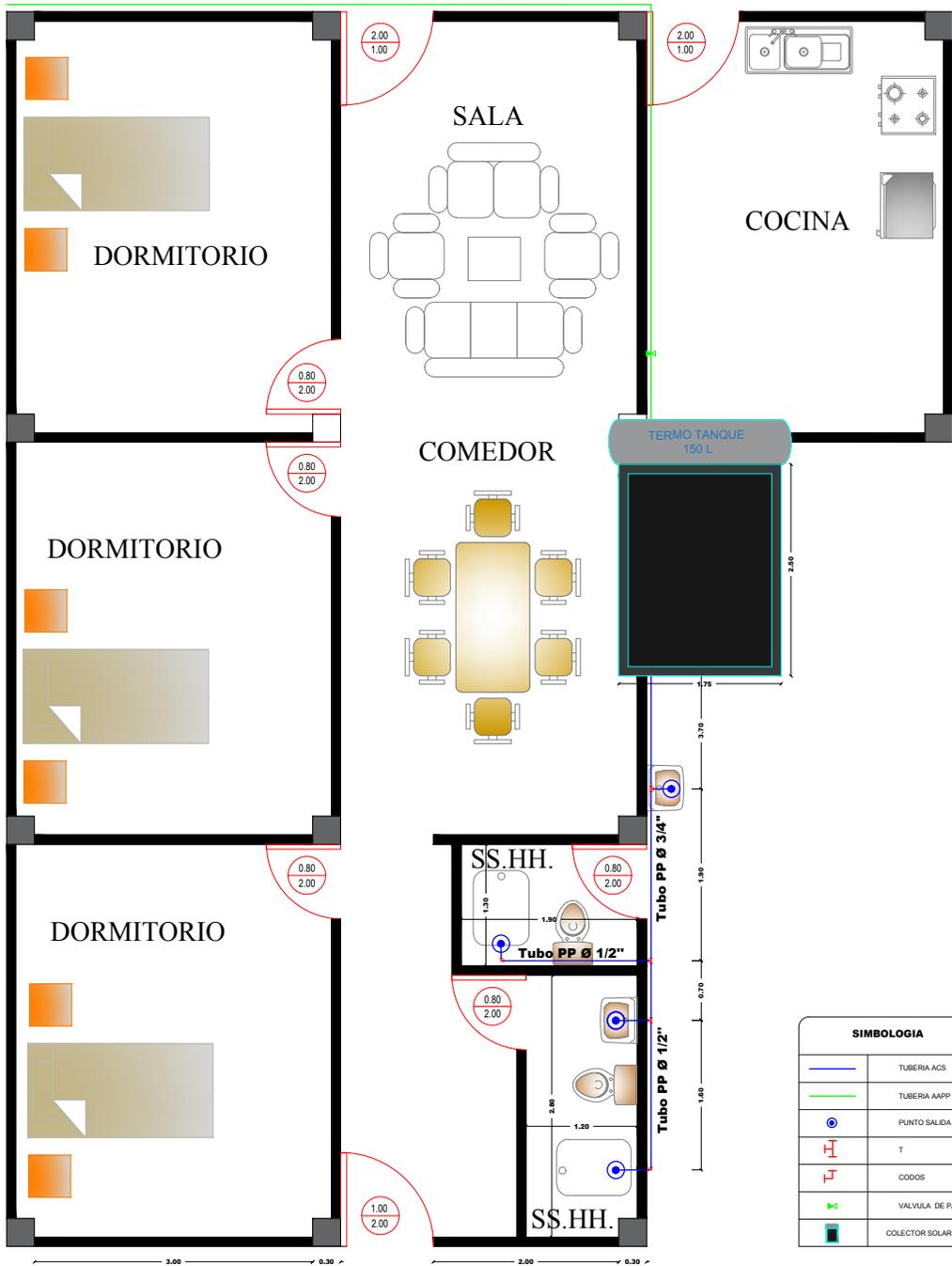
CALCULO DE TUBERIA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

<i>N.º Aparataros</i>	<i>Nudo inicial</i>	<i>Nudo Final</i>	<i>Q máx. Caudal máx. Posible (l/s)</i>	<i>Ks Factor de simultaneidad</i>	<i>Q máx. p Caudal máx. Probable (l/s)</i>	<i>Ø Diámetro Calculado (mm)</i>	<i>Ø Diámetro nominal (")</i>	<i>Ø Diámetro interior</i>	<i>V(m/s) Velocidad (m/s)</i>	<i>m Longitud (m)</i>	<i>Re N.º Reynolds</i>
4	1	2	0,402	0,64	0,255	0,0127	3/4	18,87	0,913	4,00	36114,19597
4	2	3	0,402	0,64	0,255	0,0127	3/4	18,87	0,913	3,70	36114,19597
1	3	4	0,067	1	0,067	0,0065	1/2	14,54	0,404	0,30	12299,91572
3	3	5	0,335	0,78	0,261	0,0129	3/4	18,87	0,932	1,90	36858,89691
1	5	6	0,134	1	0,134	0,0092	1/2	14,54	0,807	1,60	24599,83145
1	6	7	0,134	1	0,134	0,0092	1/2	14,54	0,807	2,50	24599,83145
2	5	8	0,201	1	0,201	0,0113	1/2	14,54	1,211	0,70	36899,74717
1	8	9	0,134	1	0,134	0,0092	1/2	14,54	0,807	0,20	24599,83145
1	8	10	0,134	1	0,134	0,0092	1/2	14,54	0,807	1,60	24599,83145
1	10	11	0,134	1	0,134	0,0092	1/2	14,54	0,807	0,20	24599,83145
1	11	12	0,134	1	0,134	0,0092	1/2	14,54	0,807	2,50	24599,83145

f	hf	k	hm	ht	m	m	Detalles	
<i>Factor de fricción</i>	<i>Pérdida por fricción</i>	<i>Pérdidas</i>	<i>Pérdidas menores (m)</i>	<i>hf+hm (m)</i>	<i>Pérdida carga acumulada (m)</i>	<i>Presión de Servicio (m.c.a)</i>	<i>Aparatos S</i>	<i>Accesorio</i>
0,023	0,20	1,25	0,053	0,257	0,257	3,743		1 T y 1 codo 90°
0,023	0,19	0,5	0,021	0,210	0,467	3,533		1 Tee normal
0,029	0,01	0,81	0,007	0,012	0,479	3,521	LAVAMANOS	1 codo 90°
0,023	0,10	0,5	0,022	0,123	0,589	3,411		1 Tee normal
0,025	0,09	0,81	0,027	0,117	0,707	3,293		1 codo 90°
0,025	0,14	0,81	0,027	0,168	0,875	3,125	DUCHA	1 codo 90°
0,023	0,08	0,54	0,040	0,121	0,711	3,289		1 Tee normal
0,025	0,01	0,81	0,027	0,038	0,749	3,251	LAVAMANOS	1 codo 90°
0,025	0,09	0,81	0,027	0,117	0,828	3,172		1 codo 90°
0,025	0,01	0,81	0,027	0,038	0,866	3,134		1 codo 90°
0,025	0,14	0,81	0,027	0,168	1,034	2,966	DUCHA	1 codo 90°

Llega desde Red EMAPA S.R

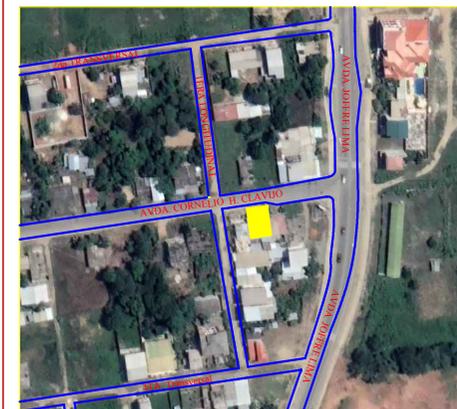
Tubo PVC Ø 1/2"



Planta Baja

ESCALA 1:75

UBICACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TIPO DE ESTUDIO / NOMBRE DLE PROYECTO:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA CALIENTE
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA EN
SANTA ROSA.

PROVINCIA:

EL ORO

CANTON:

SANTA ROSA

PARROQUIA:

SANTA ROSA

SITIO/LUGAR:

CDLA. FEBRES CORDERO

CONTIENE:

DISEÑO ARQUITECTÓNICO
DISTRIBUCIÓN DE RED DE ACS

ESCALA:

1:75

LAMINA:

1

FEBRERO 2023

DISEÑO ARQUITECTONICO:

CRISTHIAN SOTO

PROPIETARIO:

SR. CRISTHIAN SOTO

UBICACIÓN:

APROBACIONES MUNICIPALES:

