



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR COMO  
MEDIO ALTERNO PARA EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE DEL ÁREA  
DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL DR. LUIS RAZZETTI, UBICADO EN  
EL MUNICIPIO BARINAS DEL ESTADO BARINAS**

**Autor:**

Villamizar Gutiérrez Jean Marcos

C.I.Nº: V.- 26.578.143

Tutor: Ing. Wiston Espinoza

C.I. Nº: V.- 9.885.895

Urb. Yuma II, calle Nº 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD INGENIERÍA  
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

**PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR COMO  
MEDIO ALTERNO PARA EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE DEL ÁREA  
DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL DR. LUIS RAZZETTI**

Proyecto de trabajo de grado para optar al título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**Elaborado por:**

Jean Marcos Villamizar Gutiérrez

C.I.N° 26.578.143

**Tutor:**

Wiston Espinoza

C.I. N°: V.- 9.885.895

San Diego, agosto 2021



FI-M-002-2021-ICR (TG)

Valencia, 23 de julio de 2021

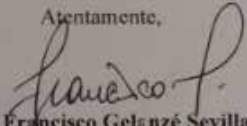
Ciudadano:  
Villamizar G., Jean M.  
26.578.143

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2021 de fecha 26-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR COMO MEDIO ALTERNO PARA EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE DEL ÁREA DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL DR. LUIS RAZZETTI, UBICADO EN EL MUNICIPIO BARINAS DEL ESTADO BARINAS**, presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Ing. Wiston Espinoza C.I: 9.885.895 como Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

  
Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.  
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

FG/a.a.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍAS Y TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE APROBACIÓN DEL INFORME DE PASANTÍA O  
TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Propuesta de la aplicación de la energía solar como medio  
alterno para el sistema de agua caliente del área de lavandería  
del Hospital Dr. Luis Rizzetti, ubicado en el municipio  
Barinas del estado Barinas

Realizado por el (la) Br. Jean Villamizar

C.I. Nº 26578143, cursante de la carrera de Ingeniería Mecánica hace constar  
después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes  
para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA E Veinte (20) PUNTOS

El Jurado

Wiston Espingola

Tutor académico (coordinador)

Nombre: Wiston Espingola  
C.I. 9885895

Wiston Espingola

Jurado (1)

Nombre: Wiston Espingola  
C.I. 4574000

Fredy Barulagan

Jurado (2)

Nombre: Fredy Barulagan  
C.I. 11151670

Fecha: 06/09/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser  
colocada en la solvencia Académica.

Nombre del Graduando:

C.I.

Fecha:

Wiston Espingola

Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado

SEMESTRE: 2021-1ce





**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Wiston Espinoza, titular de la cédula de identidad N°9.885.895, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el bachiller Jean Marcos Villamizar Gutiérrez, titular de la cédula de identidad N°26.578.143, titulado **PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR COMO MEDIO ALTERNO PARA EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE DEL ÁREA DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL DR. LUIS RAZZETTI, UBICADO EN EL MUNICIPIO BARINAS DEL ESTADO BARINAS**, presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO MECÁNICO**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 30 días del mes de Julio del año dos mil veintiuno.

---

**Wiston Espinoza  
C.I.: 9.885.895**

*Dedicatoria*

Este trabajo especial de grado es dedicado especialmente a mis padres, quiénes ha sido el motor que me ha impulsado para lograr las metas planteadas, su ejemplo de constancia, perseverancia y lucha incesante me ha guiado a lo largo del camino y me ha enseñado que “debemos caernos para levantarnos”. No hubiese sido posible sin su apoyo, comprensión y enseñanzas.

A mis hermano Jack el por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Al señor Pedro y a la señora Omaira por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A mis amigos Leonardo y Argenis que me han apoyado en los momentos más difíciles.

A Diana que a pesar de la distancia nunca ha dejado de apoyarme teniendo siempre fe en mí.

# *Agradecimientos*

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios por haberme dado fuerza y valor para poder culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi hermano que con sus consejos me ha ayudado a afrontar todos los retos que se han presentado en mi vida.

Finalmente agradezco a mis amigos cercanos por todo el apoyo que me han brindado en todos estos años.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	pp.
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABLA</b> .....	x
<b>RESUMEN INFORMATIVO</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1

### CAPÍTULO

#### I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance y limitaciones del proyecto.....	8

#### II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	13
2.2.1 El sol.....	13
2.2.2 La energía solar.....	14
2.2.2.1 Sistema fotovoltaico.....	16
2.2.2.2 Energía solar térmica.....	17
2.2.3 Radiación.....	42
2.2.3.1 Tipos de radiación solar.....	46
2.2.4 Irradiación.....	46
2.2.4.1 La insolación.....	47
2.2.5 Servicio de lavandería de los hospitales.....	52
2.3 Bases legales.....	52
2.4 Definición de términos.....	54

#### III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de la investigación.....	58
3.2 Diseño de la investigación.....	58
3.3 Nivel de la investigación.....	59
3.4 Población y muestra.....	60
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60
3.6 Fases de la investigación.....	62

#### **IV RESULTADOS**

4.1	Diagnóstico de la situación actual del sistema de agua caliente del área de la lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti.....	65
4.2	Consumo de agua caliente y equipos existentes en el área de lavandería del hospital.....	66
4.3	Selección del sistema de energía solar acorde a los requerimientos del área de lavandería del hospital.....	68
4.3.1	Índice o porcentaje de ocupación.	69
4.3.2	Consumo de agua caliente sanitaria mensual m3 (CACS)	69
4.3.3	Temperatura de la red.....	70
4.3.4		

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>FIGURA</b>	<b>Pp.</b>
1 Recursos energéticos del mundo.....	15
2 Partes de un colector solar plano.....	18
3 Partes colector de placa plana.....	20
4 Partes colectores de tubos evacuados.....	21
5 Componentes de un tubo evacuado tipo.....	22
6 Esquema de un colector de tubos de vacío simple.....	23
7 Esquema de un colector de tubos de vacío de flujo directo.....	23
8 Esquema de un colector de tubos de vacío de Heat Pipe.....	25
9 Tipos de colectores solares por temperatura.....	25
10 Tipos de colectores solares.....	26
11 Circuito cerrado.....	30
12 Circulación forzada.....	31
13 Circulación termosifón.....	32
14 Conexión en serie.....	33
15 Conexión en paralelo.....	34
16 Conexión mixto.....	35
17 Curva característica de eficiencia (referida al área de absorción).....	38
18 Curva característica de eficiencia (referida al área total).....	38
19 Eficiencia de varios colectores solares.....	39
20 Espectro electromagnético con longitud de onda en metros.....	44
21 Energía radiada por el Sol y la tierra.....	45
22 Tipos de radiación solar.....	46
23 Radiación solar mundial y clasificación.....	48
24 Estaciones meteorológicas en Venezuela.....	48
25 Radiación media anual kWh/m <sup>2</sup> en Venezuela.....	49
26 Insolación por regiones en Venezuela.....	49
27 Insolación en Venezuela.....	50
28 Horas solares pico en Venezuela.....	51
29 Fases de la investigación.....	62
30 Temperatura del agua del estado Barinas.....	71
31 Estaciones meteorológicas de Venezuela.....	73
32 Radiación media anual.....	74
33 Radiación media anual Barinas.....	75
34 Temperatura ambiente Barinas.....	79
35 Colector solar Magnum 25 L.....	80
36 Instalación solar térmica.....	83
37 Conexión del sistema de almacenamiento.....	85
38 Intercambiador M6.....	87
39 Ábaco.....	88
40 Cálculo tubería tramo 0 – 1.....	89
41 Distancia entre colectores.....	90

42	Tubería revestida con Armaflex.....	91
43	Diagrama circulación del agua.....	93

## ÍNDICE DE TABLA

<b>TABLA</b>	<b>Pp</b>
1 Distribución de la longitud de onda para la radiación electromagnética.....	45
2 Insolación por sectores en Venezuela.....	50
3 Variación horaria de la radiación en Venezuela.....	51
4 Peso de las piezas.....	67
5 Criterio de consumo de agua por uso.....	70
6 Temperatura promedio de la red.....	71
7 Salto térmico.....	72
8 Clasificación de la radiación solar según su potencial.....	73
9 Radiación solar promedio en los centros de medición.....	74
10 Radiación promedio.....	75
11 Número medio de horas diarias de sol útiles.....	77
12 Temperatura ambiente.....	79
13 Características técnicas del colector Magnum 25L.....	80
14 Intercambiadores.....	86
15 Tubería.....	89
16 Diámetro del Amaflex.....	91
17 Características del Armaflex.....	92
18 Pérdidas por baterías de colectores.....	94
19 Volumen en l/m en función del diámetro de tubería de cobre.....	97
20 Cálculo del volumen total.....	98
21 Cálculos del diseño.....	101
22 Presupuesto.....	104



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR COMO  
MEDIO ALTERNO PARA EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE DEL ÁREA  
DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL DR. LUIS RAZZETTI, UBICADO EN  
EL MUNICIPIO BARINAS DEL ESTADO BARINAS**

Autor: Jean Marcos Villamizar Gutiérrez

Tutor: Wiston Espinoza

Fecha: Julio 2021

**RESUMEN INFORMATIVO**

En la presente investigación se propuso la aplicación de energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas; iniciativa que surge con el objetivo de introducir la energía solar, específicamente el diseño de instalaciones térmicas con el fin de contribuir al uso racional y eficiente de la energía eléctrica, y poner en manifiesto los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, siguiendo la línea de investigación de eficiencia energética, y así dar cumplimiento a las leyes y resoluciones vigentes en materia de energía eléctrica. Debido a que el hospital no cuenta con un sistema eléctrico de respaldo en el área de la lavandería, lo que ocasiona una deficiencia en el cumplimiento de las actividades propias del área, así como insuficiencia del material de lencería necesario para cubrir los requerimientos de la institución. Para lograr los objetivos se realizó un análisis de la situación actual, se levantó la información referente a la cantidad de agua caliente necesaria para cubrir la demanda de uso, y así se definió el sistema de energía solar acorde a esto y los materiales y equipos. Teniendo en cuenta las leyes vigentes en materia de energía eléctrica, las especificaciones del Código Eléctrico Nacional (CEN), los catálogos de fabricantes, entre otros. El diseño y tipo de investigación es no experimental, de campo y documental, ubicado bajo la línea de investigación de eficiencia eléctrica, dentro del diseño de sistemas térmicos alimentados con energía solar.

**Palabras Claves:** Energía solar, Sistema térmicos, eficiencia eléctrica.

## INTRODUCCIÓN

La utilización de las fuentes de energía renovables data desde el comienzo de la humanidad con el uso de la materia orgánica (biomasas) para cocinar los alimentos, protegerse del frío y de los depredadores; luego aprovecharon la energía eólica para propulsar las embarcaciones, llegando a utilizarla en los molinos de viento y hasta para irrigar los campos cultivados. En la actualidad existen aún en operación algunos centenares de aerobombas del tipo multipala, del cual se fabricaron más de seis millones, después de su invención en 1854.

El descubrimiento de los yacimientos de combustible fósiles, y el uso nuevas tecnologías para su explotación, hizo que los sistemas de aprovechamiento de sistemas de energía renovable se olvidaran o se dejaran de utilizar, para optar por los sistemas centralizados, que ofrecían energía a un costo económico lo que apoyó al desarrollo industrial, y a su vez acarrearón la implantación de patrones de consumo irracional y el deterioro del medio ambiente.

Este uso indiscriminado de los recursos energéticos y de los combustibles fósiles, han hecho que muchos países vuelvan a retomar o a aprovechar las diferentes Fuentes de Energía Renovables, para ello se requiere del desarrollo de nuevas tecnologías. Esto se aplica a Venezuela donde la falla del sistema eléctrico nacional hace que tanto las empresas públicas como privadas, se vean en la necesidad de buscar medios alternos para afrontar el racionamiento eléctrico y la deficiencia del gas doméstico para cubrir las necesidades básicas.

Y tomando como base las leyes y normativas emitidas por el gobierno central, en cuanto al uso racional y eficiente de la energía eléctrica y poder aportar solución al problema existente en cuanto al suministro de agua caliente en el área de la lavandería del Hospital Dr. Luis Razzeti de la ciudad de Barinas, se planteó la propuesta de diseñar un sistema alternativo con energía solar, para los requerimientos del citado hospital. El cual tiene grandes ventajas, entre las que se pueden mencionar:

No emite gases contaminantes perjudiciales para la salud ni gases de efecto invernadero que afecte el cambio climático.

No produce ningún tipo de desperdicio o residuo peligroso de difícil eliminación.

Es una fuente limpia, silenciosa, confiable y barata.

Promueven el autoconsumo y la independencia energética.

No requiere costosos trabajos de extracción, transporte o almacenamiento.

Permite ahorro de energía convencional y de combustibles.

Los costos de mantenimiento son bajos.

Tiene elevada fiabilidad.

Es una energía que no corre riesgos de agotarse.

Y como los hospitales están entre los servicios sociales priorizados en el suministro energético, dado a que los mismos funcionan las 24 horas del día por los 365 días del año, y aunque sus instalaciones están diseñadas para que no se interrumpan sus operaciones, estos no escapan a la situación país, y las dificultades económicas consecuencias de la crisis mundial y el deterioro del sistema eléctrico nacional.

Para llevar a cabo la investigación se hizo necesaria plantear los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema, objetivos, justificación, delimitación y limitaciones; Capítulo II: Antecedentes de la investigación, marco teórico o bases teóricas, marco legal y definición de términos; Capítulo III: marco metodológico; Capítulo IV: Resultados, conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

Desde el inicio de los tiempos el hombre ha sido un ser cambiante, desde la era de las cavernas, pasa a la creación de la rueda y así sucesivamente hasta la revolución industrial, es decir, utiliza sus recursos para tener mayor confort, esto ha llevado a que la vida de los países industrializados sean tomados como modelo de los países en vía de desarrollo, sin tomar en cuenta que la mayor parte de la estructura de la oferta energética a nivel mundial o energía primaria está basada en combustibles fósiles, recursos naturales no renovables (en el petróleo, gas natural, carbón, entre otros) estas cifra oscilan en un 90%.

Con el transcurrir de los años el hombre en el siglo XVIII, en su afán de tener mayor confort, inventó la máquina de vapor, la cual parte del fuego, pero utiliza el vapor para mover mecanismos. Posteriormente descubre el petróleo, el cual era mejor que la leña o el carbón que utilizaban las máquinas de vapor, más fácil de transportar y con mayor densidad energética, lo que se traduce en que, para obtener la misma cantidad de energía, se necesitaba menos petróleo que carbón.

Con el petróleo también llegó el gas, lo que permitió en el siglo XIX la aparición de las primeras redes de alumbrado público y a principios del siglo XX, la escasez de gas forzó el cambio hacia otra fuente de energía: la electricidad. Todas estas fuentes de energía tradicionales han causado graves problemas de contaminación, como el calentamiento global, que es el aumento de la temperatura de la tierra debido a los gases contaminantes.

Y en los últimos años, han tomado protagonismo las energías alternas entre las que se pueden mencionar: la energía solar, la energía eólica, la energía geotérmica, el biogás y la biomasa, las cuales son fuentes de energía más limpias que se deben tener en cuenta para la preservación del medio ambiente y el planeta. Es por ello que últimamente todos los países han establecido leyes y normas para el uso

racional y eficiente de la energía y preservación del medio ambiente y Venezuela no escapa de esto, y en noviembre 2.009, promulga el Decreto 6.992, donde en su artículo 9 cita textualmente:

Se instruye al Poder Popular para la Educación Superior..... para formular e implementar un programa nacional de educación energética. A tales efectos, se creará un Comité Interministerial, entre estos despachos, que se encargarán de diseñar e implementar las acciones necesarias para poner en práctica el referido programa.

El mismo tiene como fin informar a todas las dependencias del sector público que ejecuten planes para la reducción de al menos un 20% su consumo eléctrico. Adicional a lo anteriormente mencionado, también hay que tomar en cuenta el continuo crecimiento de la población, lo que trae consigo mayores exigencias de servicios básicos: electricidad, aseo, gas y agua, en todos los sectores: residencial, industrial, educación, salud, entre otros.

A lo mencionado no se escapan las instituciones de salud y una de estas es el hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas, el cual es un centro hospitalario, quien se ha visto afectado por la situación que se vive mundialmente por la cuarentena y por las suspensiones del servicio eléctrico debido al racionamiento existente a nivel nacional, aunado a que debe cumplir con lo estipulado en el decreto anteriormente mencionado.

Actualmente el hospital cuenta con cuatro (04) plantas eléctricas de respaldo para cuando hay fallas del sistema eléctrico, pero solo una está operativa y se utiliza para el área de cuidados intensivos. Por lo que estas suspensiones del servicio eléctrico, afectan en gran medida al desempeño del hospital y una de las áreas más afectadas es la lavandería donde la falla del fluido eléctrico deja fuera de servicio el sistema de agua caliente del área de lavandería y por ende las lavadoras, lo que ocasiona acumulación de la lencería (sábanas, manteles, toallas, almohadas, batas, entre otros).

Esta situación ha causado malestar entre los trabajadores, ya que se desfasa la ejecución del trabajo y se le recarga al turno siguiente o no hay lencería disponible a

tiempo. Y esta área es imprescindible, ya que está es la encargada de abastecer de ropa a las diferentes dependencias, y debe asegurar la limpieza y las buenas condiciones de uso, del vestuario del personal y la lencería de las camas del hospital.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y contribuir con uso racional y eficiente de la energía eléctrica, aprovechado las energías renovables, específicamente la solar, la cual en el transcurrir de los años ha mostrado grandes avances, y a la creciente demanda de agua caliente en el área de lavandería, es que se propone la aplicación de la energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas, lo que redundaría en la disminución de: energía eléctrica (calentadores eléctricos) o el uso de gas doméstico (Glp), que en los actuales momentos debido a las múltiples fallas en la producción y refinación del petróleo es escaso.

El desarrollo de la propuesta lleva implícito el levantamiento de toda la información relacionada a los equipos del sistema de calentamiento del agua, las lavadoras, entre otros. Con esta data se realizarán los cálculos pertinentes, el estudio y el análisis de factibilidad de la utilización de la energía solar como medio de alimentación alternativo, para el calentamiento del agua requerida en el área de la lavandería.

## **1.2 Formulación del problema**

Para poder cumplir con la propuesta planteada se requiere dar respuesta a una serie de interrogantes entre las que se pueden mencionar: ¿De qué manera se podría garantizar el suministro de agua caliente al área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti del municipio Barinas, estado Barinas, en condiciones operacionales adversas y contribuyendo a la eficiencia energética?

## **1.3Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer la aplicación de la energía solar como medio alterna para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicada en el municipio Barinas del estado Barinas

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Diagnosticar la situación actual del sistema de agua caliente del área de la lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti.
2. Analizar los requerimientos técnicos y operativos del sistema de agua caliente del área de la lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti.
3. Seleccionar el sistema de energía solar acorde a los requerimientos del área de lavandería del hospital.
4. Analizar la factibilidad técnica, económica y social de la propuesta.
5. Elaborar la propuesta del sistema de agua caliente con energía solar

### **1.4 Justificación**

Dado a que todos los entes públicos deben dar cumplimiento a lo dispuesto en la gaceta oficial anteriormente mencionada, a las leyes referentes al racionamiento eléctrico y a la importancia que este hospital tiene para los habitantes de la zona, es que se tomó la iniciativa de reacondicionar el sistema de agua caliente del área de la lavandería del hospital, con la utilización de la energía solar como medio alternativo de alimentación.

Por lo anteriormente expuesto, la utilización de energía solar para el calentamiento de agua, más allá de ser una opción ecológica, es una alternativa tecnológica económica y competitiva. Debido a que los productos derivados del petróleo y el sistema eléctrico están fallando; es por ello que se deben tener presente que las energías alternas son fuentes de energías limpias y que a mediano y largo plazo son la alternativa que se debería poner en práctica. Tomando esto como base es que se propone la aplicación de la energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas.

Con esta propuesta, se garantizaría el suministro de agua caliente para el área de la lavandería y para cualquier otro equipo que lo requiera, lo que contribuirá a mantener al día el inventario de lencería, es decir, contar con el mínimo demandado de sabanas, toallas, fundas de cama y almohadas, batas, entre otros. Así como también contribuir con lo dispuesto en las leyes en materia energética, en relación a

que los institutos de educación superior deben promover la utilización de energías alternas para fomentar al uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Todo esto enmarcado varios momentos, los cuales se describen a continuación:

**Teórico.** Permite al investigador seleccionar las bases conceptuales que sirvan de soporte a la investigación refrescando así los conocimientos adquiridos y adquirir nuevos. Entre los puntos a investigar u refrescar, están las distribuciones eléctricas, tableros de distribución y energías alternas, entre otros, siguiendo las pautas del Código Eléctrico Nacional, así como de las normas Covenin.

**Técnico.** Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. En este momento se hace referencia a la importancia que tiene el desarrollo de esta propuesta, ya que se ponen de manifiesto los conocimientos adquiridos, durante el pre grado, en cuanto al cálculo de instalaciones eléctricas, la selección del sistema solar, inversores, reguladores, la batería o banco de baterías, entre otros.

**Económico.** Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos. Aún y cuando no se cuenta actualmente con los recursos con este trabajo se deja reflejando el alcance del trabajo, los planos y la lista de materiales necesarios para su implementación.

**Operativo.** Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), depende de los recursos humanos que participen durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo. Y en cuanto a la operatividad del sistema eléctrico con este diseño se garantiza preservar las instalaciones eléctricas, los equipos eléctricos, así como la seguridad de las instalaciones y del personal que allí labora.

**Metodológico.** Permite al investigador o investigadores establecer el o los tipos de investigación, todo esto relacionado con las variables que afecten en mayor o

menor importancia a la investigación y de cómo se debe plantear la recolección de datos e información, así como las técnicas e síntesis y análisis para la interpretación de los mismos y obtener el resultado esperado.

**Social.** Este momento es uno de los más importantes dado a que, las necesidades sanitarias básicas de cualquier hospital, clínica o centro de salud requieren que las prendas que utilizan deben de estar, además de limpias, desinfectadas y este proceso de lavado debe de ser muy exhaustivo para garantizar la salud y el bienestar de los enfermos y personal sanitario. Porque un buen servicio de lavandería hospitalaria, generará opiniones positivas sobre el centro ya que los pacientes estarán más satisfechos de su paso.

Adicionalmente en lo social con este proyecto se verán beneficiados la comunidad ya que habrá disminución en el consumo de energía eléctrica o del gas doméstico.

Esta investigación permitirá al hospital contar con un sistema de respaldo del suministro de energía eléctrica en el área de la lavandería, reducir, costos, cumplir con las leyes y normas vigentes en cuanto al uso racional y eficiente de la energía eléctrica, así como la oportunidad de aplicar el sistema en otras áreas del hospital.

### **1.5 Alcance y Limitaciones**

Para Hernández, Fernández y Batista (2012), para el alcance de la investigación no es una tipología, ni en una clasificación, porque este implica es el resultado que se espera obtener del estudio. En el caso de estudio como la investigación es del tipo descriptiva, es por ello que se debe identificar el fenómeno y los objetos/sujetos involucrados, las variables, recolectar los datos, realizar el análisis la síntesis para así llegar a las conclusiones.

De acuerdo a los objetivos variables son:

#### **General**

Variable independiente: Sistema solar (captadores solares, paneles, solares)

Variable dependiente: Consumo de agua caliente

### **Específicos**

Variable independiente: Sistema de agua caliente y tecnología renovable

Variable dependiente: Consumo de agua caliente

Para ello se debe levantar la información relacionada a:

- a) Sistema actual de agua caliente
- b) Equipos que conforman el sistema de agua caliente
- c) Número de lavadoras que utilizan el agua caliente y la capacidad de cada una de ellas
- d) Consumo promedio diarios de agua caliente utilizado, si no se tiene hay que averiguar el N° de piezas de lencería diaria lavada.
- e) Otros usos del agua caliente en el área.

### **Limitaciones**

La presente propuesta presenta limitaciones en cuanto a:

La consecución de los recursos, dado a que el hospital depende del presupuesto asignado por el gobierno nacional

La adquisición de los equipos y materiales necesarios, debido a la situación país.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

La revisión de la literatura se inicia desde el inicio de toda investigación, ya que el conocimiento que brinda es útil para plantear el problema y posteriormente sirve para refinarlo y contextualizarlo. Para Hernández Sampieri (2014), En este capítulo se comenta y se profundiza la manera de contextualizar el problema de investigación planteado mediante el desarrollo de una perspectiva teórica, es decir, se detallan las actividades que se deben realizar, entre las que se pueden mencionar: detección, obtención y consulta de la literatura pertinente para el problema de investigación, extracción, así como la recopilación de la información relacionada con el objeto de estudio y construcción del marco teórico.

#### 2.1. Antecedentes

Los antecedentes permiten al investigador, darse cuenta de cómo se ha tratado un problema específico, y para profundizar se hace necesario revisar estudios, investigaciones y trabajos anteriores, especialmente si uno no es experto en el tema.

Una vez revisadas diferentes investigaciones relacionadas con el objeto de se tomaron en cuenta las siguientes:

La Tesis de Calle J., (2018) titulada, **Integración de sistemas solares térmicos eficientes para obtener agua caliente sanitaria y disminuir la contaminación ambiental en el Cantón Cuenca**, como requisito para optar al título de Doctor en Ingeniería industrial, en la Universidad Mayor de San Marcos en Lima Perú. Cuyo objetivo general fue: Integrar sistemas solares térmicos eficientes en el Cantón Cuenca para obtener agua caliente sanitaria permanente disminuyendo la contaminación ambiental.

El aporte de esta investigación fue la manera en que abordaron la investigación, dividiéndola en cuatro (04) etapas: la primera: identificar la situación actual de consumo y demanda de agua caliente; en la segunda: hay que monitorear,

procesar y analizar los datos de radiación solar para determinar la cantidad de energía que se requieren para el calentamiento del agua; en la tercera: se selecciona el sistema solar acorde con los requerimientos u necesidades; y en la cuarta: se presenta la propuesta, como se puede ver tiene mucha similitud a los objetivos específicos de la presente investigación.

El trabajo de Vitriago A. (2017), titulado: **Propuesta de una vivienda unifamiliar, utilizando energía eólica y solar como suministro de energía alternativa los Taques estado Falcón**, como requisito para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad de Nueva Esparta-Venezuela. Donde su objetivo general fue el establecer el uso de tecnología eólica y solar como suministro de energía alternativa dentro del diseño de una vivienda unifamiliar de crecimiento progresivo en los Taques estado Falcón.

El aporte de esta investigación son las bases teóricas, ya que hace referencia a lo que es la energía eléctrica, su producción, el porcentaje de uso de la electricidad en los países vías de desarrollo, la emisión dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)de acuerdo al sector industrial, el sistema de unidades internacional (SIU), los diferentes tipos de energías: convencionales (no renovables) y no convencionales (renovables), así como los principales tópicos que hay que tomar en consideración para el uso de la energía solar.

Así mismo se presenta la tesis de Kouyomgia I, (2018), titulado: **Cálculo de instalaciones eléctricas utilizando energía solar**, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Simón Bolívar (USB), Caracas Venezuela. En la cual se estudian tres (03) casos: en el primero se hizo el levantamiento de toda la carga o consumo eléctrico de una vivienda, tomando como base el Código Eléctrico Nacional (CEN); el segundo se realizaron los cálculos del alumbrado público según la Norma COVENIN 3290:1997, y se dimensiono el sistema completo; y el tercero: se realizó el levantamiento de carga y consumo de las áreas comunes de un edificio residencial, para posteriormente emitir una propuesta de energía solar como alternativa de ahorro energético.

Entre los aportes de este trabajo están: diferentes normas utilizadas, los cálculos totales para el dimensionamiento del sistema solar, así como las diferentes herramientas de análisis, las cuales permiten en el futuro tomar en cuenta las energías renovables o verdes como alternativas del ahorro energético.

Siguiendo en el mismo orden de ideas, se presenta el trabajo de Agurero I., Charris M., y Toyo J. (2015), titulado: **Modelo de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica para la industria cervecera del estado Zulia**, trabajo especial de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad Rafael Beloso Chacín Maracaibo, estado Zulia Venezuela. Cuyo objetivo general está relacionado con el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en la industria cerveceras del estado.

El aparte de la investigación es la metodología utilizada, que al igual que la presente es del tipo descriptiva, el uso de las entrevistas semi estructuradas y la observación directa para el levantamiento de la información, así como las fases utilizadas que van desde el levantamiento de la información, la determinación o el cálculo de la carga instalada, la selección del sistema solar, y el desarrollo de la propuesta.

Y por último pero no en importancia está el trabajo presentado por, Uzcátegui E., (2015), titulado, **Estudio de la incorporación a la red de una planta solar fotovoltaica en el desarrollo agro turístico el Naranjal**, para optar al título de Ingeniero Electricista de la Universidad Central de Venezuela, donde algunos de sus objetivos fueron: Identificar los sistemas solares fotovoltaicos y sus tecnologías actuales; Seleccionar la metodología a emplear para realizar los cálculos pertinentes al dimensionado de una planta solar fotovoltaica; Investigar sobre las características geográficas y climatológicas en el área planteada para la implementación de la planta solar fotovoltaica.

Ya desarrollado el trabajo llegaron a la conclusión de que una planta solar fotovoltaica, puede realizarse de dos (02) formas: con un sistema aislado de la red eléctrica o con un sistema conectado a la red, gran parte de los proyectos y estudios

desarrollados se refieren a sistemas aislados, la metodología aquí empleada permite el dimensionamiento de plantas incorporadas a la red.

El principal aporte de este trabajo fue la metodología utilizada para realizar el dimensionado del sistema solar fotovoltaica, así como las bases teóricas, las cuales hacen referencia a los sistemas aislados de la red eléctrica y a los sistemas conectado a la red, indiferentemente del tipo hay que tomar en cuenta algunos criterios entre los que se pueden mencionar; las condiciones geográficas y climatológicas necesarias, posteriormente se determina la capacidad del sistema o planta solar tomando como base metodologías de cálculo de plantas fotovoltaicas utilizadas en Venezuela y otros países.

## **2.2. Bases teóricas**

Para la elaboración de las bases teóricas se hace necesaria la revisión de la literatura, lo que implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y todo aquel material que tenga relación con el objeto de estudio, de aquí se extraer y recopilar la conceptualización relevante y necesaria que enmarcar el problema planteado. A continuación se presentan una serie de conceptos que permitieron el desarrollo de la presente investigación.

### **2.2.1 El sol**

Es una fuente de las fuentes de energía más poderosas, sin su luz y calor no existieran los seres vivos o no existiría la vida en el planeta. La posibilidad de utilización de esta energía, ha concedido el desarrollo de diferentes sistemas, entre los que se pueden mencionar: transformación, almacenamiento y distribución, según sea el caso o convenga. Es por ello que en los últimos años el interés por esta ha aumentado, dado a que es la fuente energética más atractiva del futuro, ya que es gratuita, es inagotable en términos u escala humana.

La energía solar es de fácil almacenamiento y eternamente renovable. Sus diferentes formas de almacenamiento y características específicas, permiten ser utilizadas en diferentes áreas y en pequeña o gran escala, es decir, desde la alimentación de un foco de iluminación hasta la interconexión del sistema eléctrico nacional.

Debido a que todas o la gran mayoría de las actividades que ejecuta el ser humano lleva implícito el uso de la energía: las comunicaciones, el transporte, la calefacción, el sistema de aires acondicionados, los equipos médicos, la producción de alimentos, el suministro y almacenamiento de agua, entre otras. Los cuales en los actuales momentos son abastecidos por los productos derivados del petróleo, carbón, gas natural, y el sistema eléctrico nacional por medio de la planta hidroeléctrica. Ya que no se ha tomado en cuenta que solo con un día de energía solar se podría abastecer la demanda mundial de energía.

La energía solar se puede aprovechar de diferentes formas:

- a) Energía solar fotovoltaica. Mediante un efecto físico, con la radiación del Sol se puede generar corriente eléctrica.
- b) Energía solar térmica. Este sistema aprovecha la capacidad calorífica del Sol.
- c) Energía solar pasiva. Este es un recurso que se utiliza para aprovechar el calor solar sin uso recursos externos, ejemplo los arquitectos colocan las ventanas de las edificaciones de forma tal que recibirán la luz del sol.

### **2.2.2 La energía solar**

En los últimos años la energía solar es una fuente de energía renovable y limpia que ha experimentado más desarrollo y con muchas expectativas. En la página de internet <http://nateonavarra.es>, el promedio, de energía solar que llega a la atmósfera exterior equivale a una potencia de 1,4 kW por cada m<sup>2</sup>, la cual se reduce al atravesar la atmosfera aproximadamente a 1 kW, se puede decir, que cada año el sol proyecta sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consume, lo que demuestra que esta fuente energética está aún infravalorada y sobre todo poco explotada en relación a sus posibilidades.

El aprovechamiento de la energía solar consiste en captar por medio de diferentes tecnologías la radiación del sol que llega a la tierra con el fin de emplear esa energía para diferentes usos, como calentar agua, generar electricidad, entre otros. Uno de los desafíos más importante a los que debe enfrentar todas las naciones u gobiernos es el de gestionar el medio ambiente, con miras a mantener la vida en

todas sus formas. El desafío consiste en conjugar las demandas contrapuestas de los diferentes usuarios de los mismos recursos y en gestionar esos recursos con vistas a optimizar los beneficios que puedan obtenerse de manera sostenible.

La energía solar se transmite por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos del sol, estas son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía se puede percibir en forma de luz y calor. Cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio.

En la figura 1, se puede observar que la energía solar es la de mayor potencial, seguida por la eólica y así sucesivamente. Desde que se dio a conocer la energía solar se apuntó como la solución perfecta para las necesidades energéticas de todos los países debido a su universalidad y acceso gratuito. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación.

A esta también se le conoce con el nombre de energía limpia/verde o no contaminante, la potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de radiación el valor es de aproximadamente 1000 w/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre, y esta potencia se la conoce como irradiación.



**Figura 1.** Recursos energéticos del mundo  
Fuente:WBGU

Las ventajas de la energía solar son numerosas respecto a las energías convencionales, en primer lugar es la fórmula energética más respetuosa con el medio ambiente y sus recursos son inagotables, por lo que reduce la dependencia energética de energías fósiles y contaminantes como el petróleo. Por último, facilita el autoabastecimiento y permite generar energía cerca de donde se necesita sin necesidad de costosas infraestructuras para su transporte.

De la Cuesta (2014), hace referencia a que hoy en día solo se utiliza una mínima porción la enorme cantidad de energía que proviene o llega del sol, por lo que hay que recorrer un largo camino, para aprovechar al máximo o a gran escala la energía solar, dado a que esta se puede utilizar en diversas áreas, las cuales se pueden clasificar en tres (03) grandes grupos: generación térmica, que no es otra cosa que la generación de calor para calefacción, agua caliente sanitaria, desecación y refrigeración; generación de trabajo; y generación de frío esta se produce por medio de máquinas de absorción, para aprovechar este tipo de energía se dispone de dos vías la conversión térmica y la conversión fotovoltaica. Con estos fines se usan los sistemas de calentadores solares, sistemas de paneles o parques fotovoltaicos, destiladores solares.

#### **2.2.2.1 Sistemas fotovoltaicos**

Para COIT.ES, (2010), un sistema fotovoltaico es aquel que transforma la energía de la radiación solar en energía eléctrica, es decir, es la generación de corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones, la cual es generada mientras la luz incide sobre una célula solar. Esta energía eléctrica se puede utilizar de dos (02) formas:

1. Instalaciones aisladas a la red: la energía generada se almacena en baterías para poder disponer de su uso cuando sea preciso. Se emplean generalmente en aquellos lugares que no tienen acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo; por ejemplo en viviendas rurales, sistemas de telecomunicación, de señalización, de bombeo de agua.

2. Instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional: la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada.

Actualmente existen muchas configuraciones, para la ubicación de un arreglo o sistema fotovoltaico, donde las más comunes son: montaje en el suelo, montaje en fachadas y montaje en el techo. Sawin (2015) indicó, que en el 2014, la energía solar fotovoltaica registró otro record en su crecimiento anual, con un estimado de 40 GW instalados, lo que da una capacidad mundial total de cerca de 117 GW. China, Japón y Estados Unidos reportaron la gran mayoría y el Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM) afirma que Cuba tiene instalados 22 MW en 14 Parques Solares Fotovoltaicos.

#### **2.2.2.2 Energía solar térmica**

La energía solar térmica o energía termosolar, consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que puede aprovecharse en varias aplicaciones. La mayor ventaja de la energía solar comparada con otras formas de energía es, sin duda, su limpieza y que puede ser obtenida sin ningún tipo de contaminación medioambiental. Entre los sistemas térmicos de captación se tienen:

Sistemas por termosifón. son los sistemas termosolares más conocidos, disponen el depósito de acumulación sobre los colectores solares

Sistemas por circulación forzada, es aquella equipada con dispositivos (bombas, ventiladores, etc.,) que provocan la circulación del fluido de trabajo, es más eficiente que el de termosifón, pero también más caro.

El calor logrado por medio de los colectores térmicos, puede ser utilizado para:

Obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial.

Dar calefacción a nuestros hogares, hoteles, colegios, fábricas.

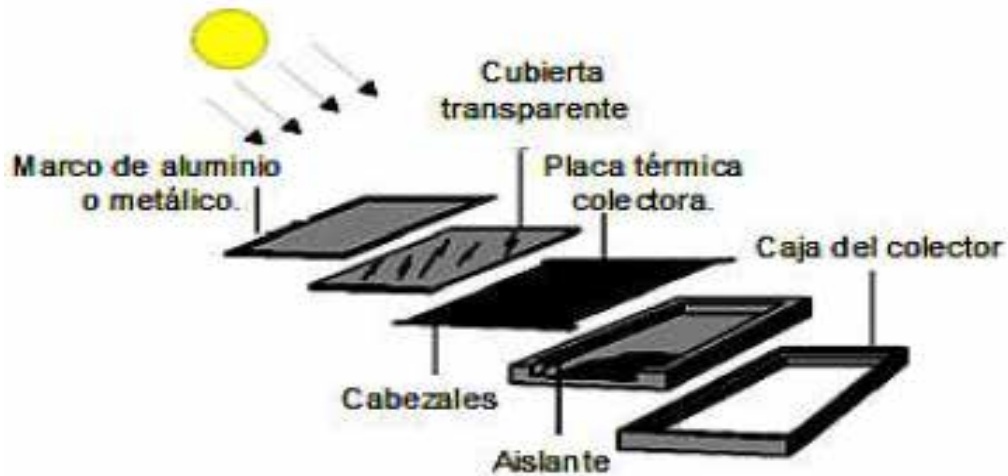
Climatizar las piscinas.

La refrigeración

Estos colectores solares son dispositivos utilizados para coleccionar, absorber y transferir energía solar a un fluido, que puede ser agua o aire. Existen varios tipos de colectores solares y el uso depende de la utilización que se le vaya a dar.

## Colectores solares

Para B. Rodríguez. (2009), Es el aparato más representativo de la tecnología solar fototérmica, y elemento más importante de los calentadores solares energética solar y transferirla al agua para así elevar su temperatura, en la figura 2 se puede observar un colector solar.



**Figura 2.** Partes de un colector solar plano

**Fuente:** Sistemas Térmicos Solares. Comisión Nacional para el uso Eficiente de la energía. [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_630 termosolar](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630 termosolar)

Para este autor, los colectores solares son de dos (02) tipos principales de colectores solares de agua: colectores solares planos y colectores de tubos evacuados. Cuyas características principales para identificar la calidad son su: eficiencia, entendida como la capacidad de conversión de la energía solar incidente en energía térmica.

### a. Colectores solares de placa plana

Son utilizados en bajas temperaturas. Estos atrapan y utilizan el calor del sol para aumentar la temperatura del agua hasta alrededor de los 70°C. Se caracterizan por ser más económicos y resultan eficientes para obtener agua caliente sanitaria. Además, tienen la ventaja de usar una orientación fija y aprovechar tanto la radiación directa como la difusa. Estos colectores se componen de cuatro elementos principales: la cubierta transparente, la placa captadora, el aislante y la carcasa. (Figura 3)

### **Cubierta transparente**

Es la encargada de dejar pasar la radiación solar, evitar que el calor emitido por la placa captadora se vaya del sistema y reducir las pérdidas por convección. La cubierta del colector posible (transmisividad  $> 0.8$ ), de espesor no inferior a 3 mm, tener un alto coeficiente de transmisión de la radiación solar, en la banda de 0.3 a 3 mm, el cual se tiene que conservar. Los principales materiales utilizados son principales que son transparentes a la radiación de onda inferior a 3mm y opacos a las radiaciones superiores, se debe elegir los vidrios recosidos o templados, ya que se mejoran sus propiedades mecánicas sin alterar a las ópticas.

El otro material principal utilizado forma de películas flexibles de algunas decimas de milímetros de espesor, o bajo forma de placa rígida de algunos milímetros. Sus características principales son: baja densidad, mala conductividad térmica, coeficiente de dilatación lineal importante y mala resistencia a temperaturas elevadas.

### **Placa captadora**

Tiene por misión absorber de solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador, el cual evita las heladas en el circuito primario de los colectores, impidiendo la congelación del fluido en las conducciones del circuito, evitando posibles roturas. Se debe de tener en cuenta que la distancia entre la placa captadora y la cubierta transparente debe de estar alrededor de 2 a 4cm. La cara de la placa captadora que se expone al sol debe de estar protegida de los rayos solares por medio de: pintura de color negro u oscuro que absorbe la radiación solar y superficies selectivas que poseen un coeficiente de absorción de radiación solar alto y un bajo coeficiente de emisión.

### **Aislamiento**

La placa captadora está protegida en su parte posterior y lateral por un aislamiento que evita las perdidas térmicas hacia el exterior. El grosor depende de la aplicación, lugar y tipo de aislante. El aislamiento debe resistir altas temperaturas sin deteriorarse, lo que muchas veces se consigue colocando entre la placa y el aislante una capa reflectante, que impida que el aislante reciba directamente la radiación.

Los materiales más usados son la fibra de vidrio, la espuma rígida de poliuretano y el poliestireno expandido

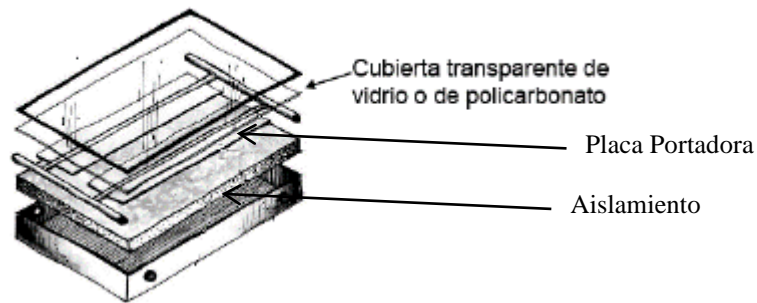
### **Carcasa o Caja exterior.**

Es la encargada de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio por medio de los soportes. Los colectores solares planos se dividen en tres categorías:

Colectores solares planos con cubierta transparente

Colectores solares planos sin cubierta

Colector semiesférico de tubos corrugado



**Figura 3.** Partes colector de placa plana

Fuente: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/>

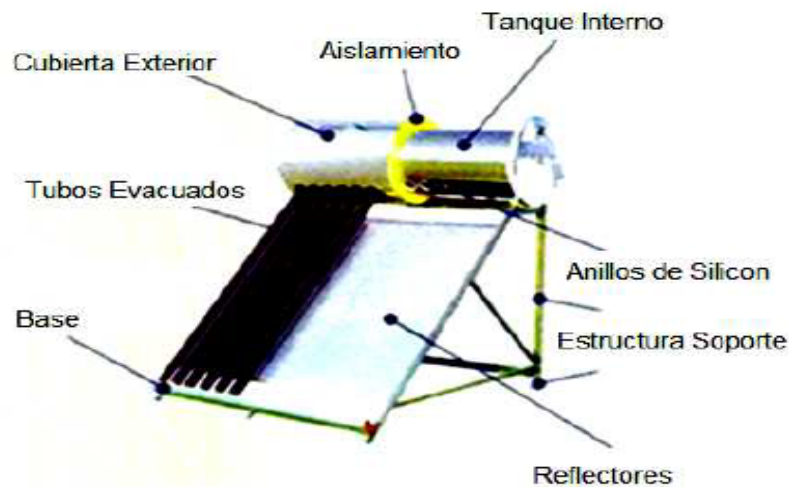
### **b. Colectores de tubos evacuados**

La tecnología de tubos de vacío es actualmente la más eficaz de las empleadas en los colectores solares térmicos. Durante un tiempo fue un sistema muy caro y de difícil acceso. Sin embargo este sistema comienza a hacerse cada vez más accesible para algunas aplicaciones, como lo demuestra la proliferación de sistemas compactos de agua caliente por termosifón con tubos de vacío que en los últimos años han invadido los mercados del mundo.

SolarMax (2008), Explica que estos colectores se aprovechan al máximo en aplicaciones que requieren temperaturas moderadas, entre 50 °C y 95 °C, en climas muy fríos, y tienen eficiencias casi constantes del 65%, a través de todas las diferencias de temperatura entre la entrada y salida. Estos se componen de un arreglo de tubos en el que cada uno en si es un colector solar completo. Cada una de estas

unidades está constituida por 2 tubos concéntricos sellados en sus extremos de manera que se genere vacío entre ellos.

El tubo exterior es altamente permeable al paso de radiación térmica, sobre el tubo interior se dispone la superficie absorbente. El calor captado por el tubo es transmitido a través de una lámina conductora hacia un tubo de cobre por el cual circula el fluido a calentar. Las partes de este tipo de colector se pueden apreciar en la figura 4.



**Figura 4.** Partes colectores de tubos evacuados

**Fuente:** Colectores de tubos de vacío”. Sitio solar: energías renovables, <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Tanque interno: De acero caliente.

Aislamiento: 55 mm de espuma de poliuretano inyectado.

Cubierta exterior: En acero inoxidable.

Anillos de silicona: Sirven de empaque y sujeción de los tubos evacuados al termo tanque.

Estructura soporte: fabricada en aluminio anodizado

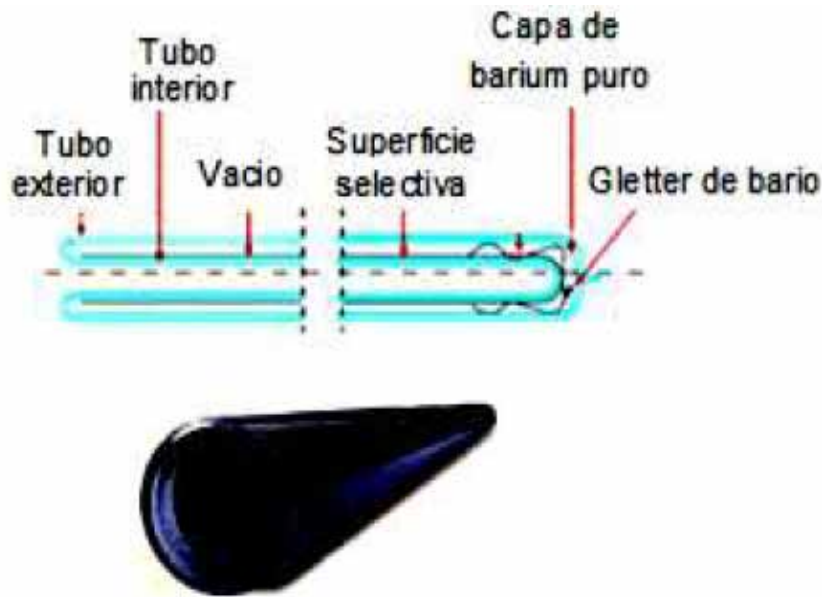
Tornillería: en acero inoxidable fácil de armar.

Reflectores: aumentan la cantidad de energía solar incidente en los tubos evacuados

Base: Soporte inferior de los tubos evacuados.

Tubos evacuados

El tubo evacuado consiste básicamente en dos tubos de vidrio boro silicatos concéntricos. El tubo exterior de alta resistencia al impacto y el tubo interior recubierto con nitrato de aluminio que tiene una excelente absorción de energía solar y mínimas propiedades de reflexión. Los componentes de un tubo evacuado tipo se observan en la figura 5.



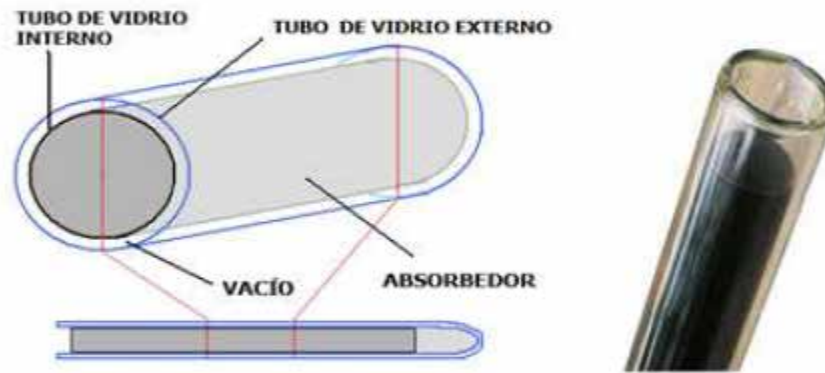
**Figura 5.** Componentes de un tubo evacuado tipo

Fuente: Sitiosolar portal de energías renovables,  
<http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Existen tres (03) tipos de tubos colectores evacuados: tubos de vacío simples, tubos de vacío de flujo directo y tubos de vacío de Haet Pipe.

#### **Tubos de vacío simples**

Es utilizado en calentadores solares termosifónicos. Son tubos evacuados ensamblados directamente con el depósito acumulador y que por lo tanto contienen agua. En la pared interior del tubo evacuado se encuentra una capa de color oscuro de material absorbente. (ver Figura 6). Cuando la radiación solar incide sobre la capa de material absorbente se transforma en calor y eleva la temperatura del agua que está en contacto con él, de esta manera el agua calentada se eleva por convección y comienza a ascender siendo reemplazada por agua fría que a su vez se calienta y reinicia el proceso.



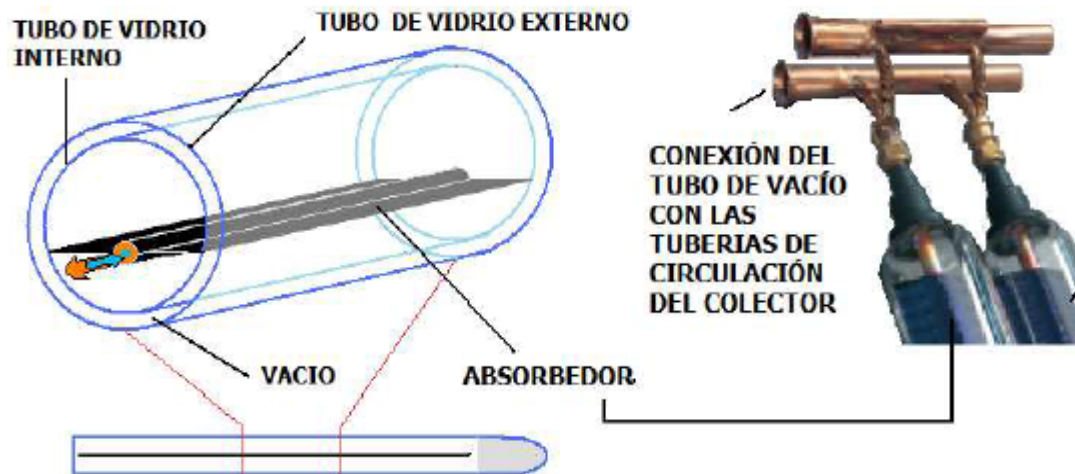
**Figura 6.** Esquema de un colector de tubos de vacío simple.

**Fuente:** Sitiosolar portal de energías renovables,

<http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

**Tubos de vacío de flujo directo.** (Figura 7)

Los colectores de tubos evacuados de flujo directo colocan en el interior del tubo evacuado una plancha de material absorbente que hace las veces de absorbedor transformando la radiación solar en calor. El absorbedor es recorrido en su superficie por un tubo con flujo directo en el que circula un fluido que eleva su temperatura en contacto con él.



**Figura 7.** Esquema de un colector de tubos de vacío de flujo directo.

**Fuente:** Sitiosolar portal de energías renovables,

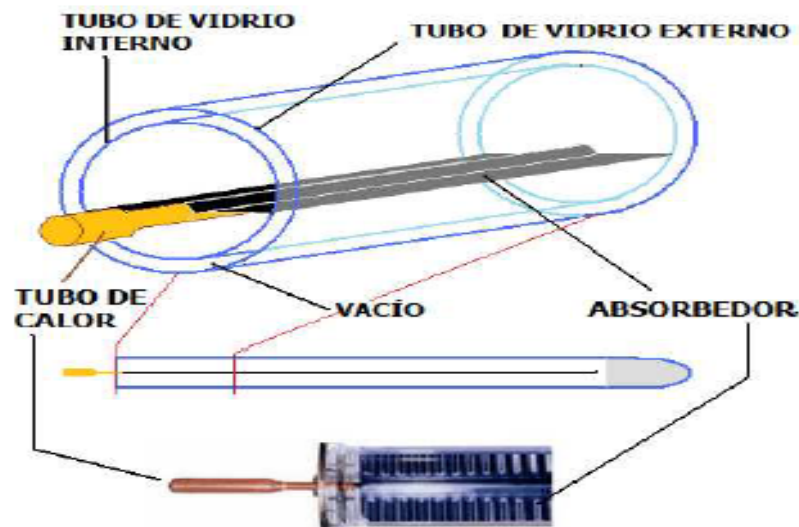
<http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Este colector puede adoptar una posición tanto horizontal como vertical sin mermar su rendimiento ya que el tubo puede rotar sobre su eje. El absorbedor se inclina de la manera más adecuada, y es utilizable en áreas frías.

**Tubos de vacío de Heat Pipe.** (Figura 8)

Este mecanismo consiste en un tubo cerrado en el cual se introduce un fluido de propiedades específicas. Cuando el Sol incide sobre el absorbedor adosado al tubo, el fluido se evapora y absorbe calor (calor latente). El líquido asciende como gas hasta lo alto del tubo donde se sitúa el foco frío. Allí se licua (condensa) y cede su calor latente al fluido que nos interesa calentar volviendo a caer al fondo del tubo por gravedad. Este proceso se repite mientras dure la radiación del Sol o hasta que el colector ha alcanzado una temperatura muy alta (de en torno los 130 grados o más).

Esta tecnología Heat Pipe no presenta pérdidas por la noche ya que el proceso de transferencia de calor no es reversible (es decir el fluido caliente o el calor no puede pasar del acumulador al tubo y por lo tanto perderse). Además cada tubo es independiente pudiéndose cambiar en pleno funcionamiento del sistema. Los tubos de este colector giran sobre su eje, por lo que pueden adoptar posiciones verticales y horizontales pero respetando una inclinación mínima del largo del tubo para permitir que el fluido una vez licuado pueda descender por gravedad.



**Figura 8.** Esquema de un colector de tubos de vacío de Heat Pipe.

**Fuente:** Sitiosolar portal de energías renovables,

<http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Otras clasificaciones de los colectores solares

### **Tipos de colectores solares**

Colectores solares térmicos según su temperatura de trabajo:

#### **De baja temperatura**

Plano: protegido y no protegido

Tubos vacío: flujo directo, tubo calor (heat pipe) y concentrador solar

(CPC)

#### **De alta temperatura**

Cilindro-parabólicos

Sistema de receptor central

Discos parabólicos

Chimenea solar

#### **Otros colectores**

De caucho

Esféricos

Cónicos

En las figuras 9 y 10 se pueden observar algunos tipos de colectores solares.



**Figura 9.** Tipos de colectores solares

Fuente: <https://modulosolar.com/>



**Figura 10.** Tipos de colectores solares

Fuente: <https://modulosolar.com/>

En <https://www.energiasolar.lat/>, clasifica o define los tipos de colectores de acuerdo también a localización de la instalación y de la demanda energética que se pretenda satisfacer. Existen muchos tipos de colectores, pero hay dos grandes grupos: colectores sin concentración y colectores con concentración y estos son:

El colector solar térmico de placa plana o plano. Este tipo de panel solar capta la radiación solar recibida en una superficie para calentar un fluido. A menudo se utiliza el efecto invernadero para capturar el calor. El alma de este colector solar es una verja vertical de tubos metálicos, para simplificar, que conducen el agua fría en paralelo, conectados por abajo por un tubo horizontal a la toma de agua fría y por arriba por otro similar al regreso. La parrilla viene encajada en una cubierta, como la descrita más arriba, normalmente con doble vidrio para arriba y aislante por detrás.

El colector solar térmico de concentración de la radiación solar. Este tipo de colectores captan la radiación recibida en una superficie relativamente grande ya la concentran mediante espejos en una superficie más pequeña. Este tipo de colector captura la radiación solar en una superficie relativamente grande y la concentra, mediante espejos, en una superficie más pequeña. Suelen componerse de placas curvadas hacia dentro en forma parabólica y son los que se usan en las grandes centrales termosolares, donde enormes superficies de acumuladores captan y concentran la energía.

El colector solar térmico de tubos de vacío. Este colector solar térmico consta de un conjunto de tubos cilíndricos, formados por un absorbedor selectivo, situado sobre un asentamiento reflector y rodeado de un cilindro de vidrio transparente. En otras palabras, en vez de una placa plana, la parte del acumulador puede estar compuesta por una serie de cilindros finos y alargados, similares en su forma a los tubos fluorescentes de luz. El funcionamiento básico es el mismo que el de cualquier otro tipo de colector solar térmico. De hecho, el mecanismo de todos es muy sencillo en general, se trata de acumular toda la radiación posible y su calor. Las distintas instalaciones y sus materiales tratan de optimizar esa recogida, evitar pérdidas y conservar la energía térmica.

Además de estos tipos, también se pueden conseguir de acuerdo a su potencia, independientemente del mecanismo o la forma concreta que tengan:

Acumuladores de baja temperatura. Proporcionan calor, pero siempre menor de 65 grados.

Acumuladores de media temperatura. Que pueden dar calor de entre 100 y 300 grados, más usados para procesos industriales, como limpiezas especiales o tratamientos que requieren más de 100 grados.

Acumuladores de alta temperatura. Es decir, superiores a 500 grados. Este tipo de colectores son los que se usan para generar energía eléctrica mediante vapor, como hemos comentado ya.

### **Formas de transmisión del calor**

Existen 3 formas en las que el calor se transmite de un cuerpo a otro:

**Conducción:** Se trata de la transmisión de calor que se produce entre dos cuerpos a distinta temperatura que están en contacto físico directo o entre dos áreas de un mismo cuerpo a distintas temperaturas. El flujo de transmisión del calor dependerá de lo amplia que sea la superficie de contacto entre las dos áreas de distinta temperatura y del desequilibrio térmico que exista entre ellas. Este tipo de transmisión la comprobamos empíricamente al tocar un cuerpo caliente (nos transmite el calor) o al sostener un elemento metálico sometido al fuego (notaremos que el calor se distribuye progresivamente por todo el objeto).

**Convección:** Tipo de transmisión de calor que sólo se da entre los fluidos, no entre los sólidos. Se produce porque al elevarse la temperatura de un fluido este pierde densidad y asciende sobre el medio más frío y denso transfiriendo a este último su calor. Este tipo de transmisión se puede comprobar empíricamente colocando una mano sobre un radiador o una estufa. Se notará una suave corriente de aire cálido ascendente.

**Radiación:** Es este caso no se requiere que los cuerpos estén en contacto para transmitirse calor pudiendo existir incluso en vacío entre ellos. Todo cuerpo por el simple hecho de estar a una temperatura superior al cero absoluto (-273 grados centígrados) emite radiación electromagnética. Cuanta mayor sea su temperatura mayor será la radiación que emita.

#### **Colectores de tubo de vacío vs colectores de placa plana**

Existe un debate abierto a entre los profesionales sobre cuál de las dos tecnologías de colectores es la más adecuada.

Los que abogan por los de tubo de vacío los consideran más avanzados y sostienen que en el futuro esta tecnología terminará por desplazar a los colectores de placa plana debido a su mejor rendimiento.

En cuanto al mayor costo de los colectores de tubo de vacío con respecto a los de placa plana, los partidarios de los primeros consideran que optar por ellos se compensa ya que al ofrecer un mayor rendimiento por m<sup>2</sup> será necesario adquirir menos colectores.

También alegan sus partidarios su facilidad para integrarlo en edificios ya que se pueden colocar en vertical cubriendo una fachada como hemos visto con alguna de las tecnologías.

Los que prefieren los colectores de placa plana sostienen que no se justifica estos colectores en países donde la temperatura media es suave (como España donde el frío no suele ser extremo y que tienen zonas de clima cálido) ya que unos más económicos paneles de placa plana pueden cumplir con los objetivos normalmente deseados sin problemas.

Otro aspecto a tener en cuenta se da en áreas con marcada diferencia de radiación y temperatura entre el invierno y el verano dónde un número de paneles

necesario para satisfacer las necesidades en invierno pueden suponer un problema de sobrecalentamiento en verano. Este factor de sobrecalentamiento ha de ser muy tenida en cuenta por el instalador ya que puede arruinar la instalación.

En estos casos, los partidarios de los colectores de placa plana sostienen que en una instalación con colectores de tubo de vacío se alcanzan en verano temperaturas de más de 130 grados lo que puede ser difícil (o costoso) de controlar mientras que en instalaciones de placa plana la temperatura que se alcanza es menor.

En áreas de climas tropicales y subtropicales los problemas de sobrecalentamiento en verano de reducirán conforme nos acerquemos al ecuador ya que la temperatura y la radiación tenderá a hacerse más uniforme a lo largo del año y el número de colectores será más ajustado en todos los meses.

En definitiva un profesional adecuadamente formado debe valorar atendiendo a los requerimientos específicos de la instalación, la climatología del lugar en cada estación del año, a su experiencia previa y a la disponibilidad de presupuesto la elección de una u otra tecnología.

### **Almacenamiento de energía de los colectores solares**

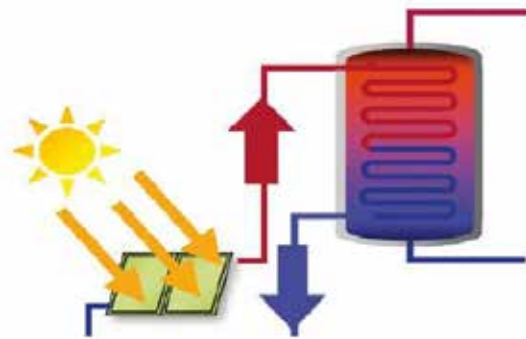
En la Guía de Energía Solar, explica que el calor resultante de la conversión térmica de la radiación solar se almacena en un depósito de acumulación. La conexión y la transferencia de calor entre el captador solar y el depósito se efectúan a través de un circuito hidráulico de acuerdo con una de las siguientes configuraciones:

#### **Circuito abierto**

El fluido que circula por los captadores solares es el agua de consumo. El circuito directo acarrea problemas de corrosión y calcificación de las tuberías, por lo que solo se instala en lugares con agua de red aceptable.

#### **Circuito cerrado**

Por los captadores circula un fluido térmico, en circuito cerrado (primario) y con intercambio térmico hacia el circuito de consumo (secundario) a través de un intercambiador de calor interior o exterior al depósito. (Figura 11)



**Figura 11.** Circuito cerrado

**Fuente.** Tecnologías apropiadas: Energía solar, <http://www.tecnologiasapropiadas.com/>

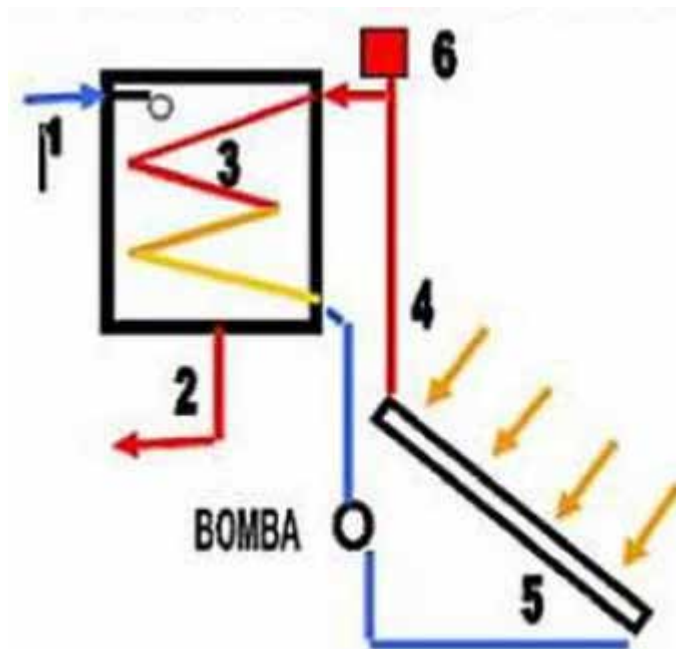
### **Circulación del fluido**

En la Guía de Energía Solar, la circulación del fluido por el captador puede realizarse a través de la utilización de una bomba circuladora (circulación forzada) o por circulación natural basada en la diferencia de densidades (circulación por termosifón).

#### **a. Circulación forzada**

En este sistema el fluido, contenido en el colector solar, fluye en el circuito cerrado por efecto del empuje de una bomba comandada por una centralita o termostato que se activa, a su vez, por sondas colocadas en el colector y en el depósito. El acumulador podrá estar a nivel inferior al colector. Necesitará un temporizador de arranque y parada, según el asoleamiento. La bomba podrá arrancar cuando el nivel térmico del colector es más alto que el del agua del acumulador. El funcionamiento del sistema por circulación forzada se determina por seis pasos (figura 12):

1. Entrada de agua fría al tanque
2. Salida de agua caliente al consumidor
3. Serpentina de intercambio
4. Salida de colector
5. Retorno al colector
6. Vaso de expansión



**Figura 12.** Circulación forzada

**Fuente.** Tecnologías apropiadas: Energía solar, <http://www.tecnologiasapropiadas.com/>

Los elementos que forman un sistema de este tipo son:

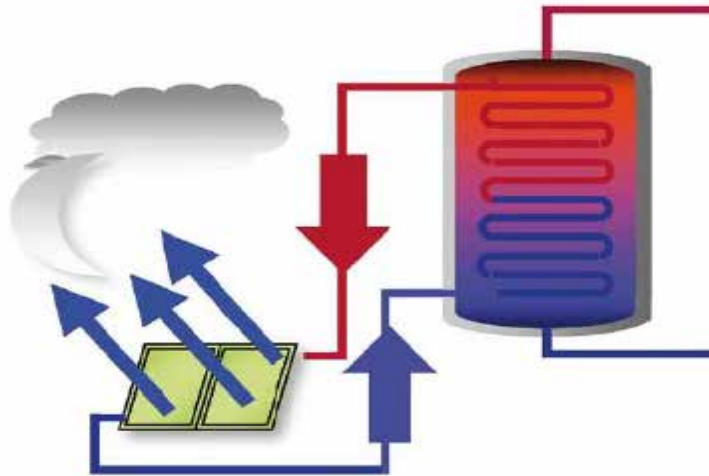
- Colector/es solar/es
- Depósito de acumulación/intercambiadores
- Termostato diferencial o centralita
- Sondas de temperatura
- Bomba de circulación
- Vaso de expansión
- Intercambiador de calor
- Válvulas

Es evidente que en un sistema de circulación forzada, el proyecto no se limita al cálculo de la superficie de los colectores solares, sino que es necesario dimensionar también los demás componentes del sistema.

**b. Circulación por Termosifón o circulación natural**

En estos sistemas no hay elementos de tipo electromecánico: el motor de la circulación natural es directamente la energía solar. El fluido caloportador se dilata al calentarse en los colectores solares y, al disminuir su densidad, sube naturalmente

hacia el depósito, situado más arriba. Cuanta más radiación, más rápido circula, si cesa la radiación cesa la circulación de agua por el sistema. En general, los sistemas termosifón son más baratos ya que no necesitan ningún dispositivo de circulación de control, a condición de que la acumulación se encuentre mayor altura que el colector. (Figura 13)



**Figura 13.** Circulación termosifón

**Fuente.** Tecnologías apropiadas: Energía solar, <http://www.tecnologiasapropiadas.com/>

En los sistemas de circulación natural el depósito de acumulación del agua tiene que estar siempre colocado más arriba del panel y a poca distancia del mismo, aunque también existen sistemas con el depósito colocado detrás del panel. Asimismo, las tuberías de enlace entre el panel y el depósito tienen que mantener la misma inclinación.

#### **Ventajas de la circulación natural**

Los sistemas de circulación natural tienen las siguientes ventajas:

1. Velocidad de intercambio térmico proporcional a la diferencia de temperatura entre el depósito de acumulación y los paneles.
2. Ninguna circulación invertida durante la noche.
3. Autorregulación de la circulación.
4. Ausencia de bombas de circulación, centralitas y sondas.
5. Montaje rápido y económico.

6. Mantenimiento reducido al mínimo.
7. Garantía del sistema en su totalidad.

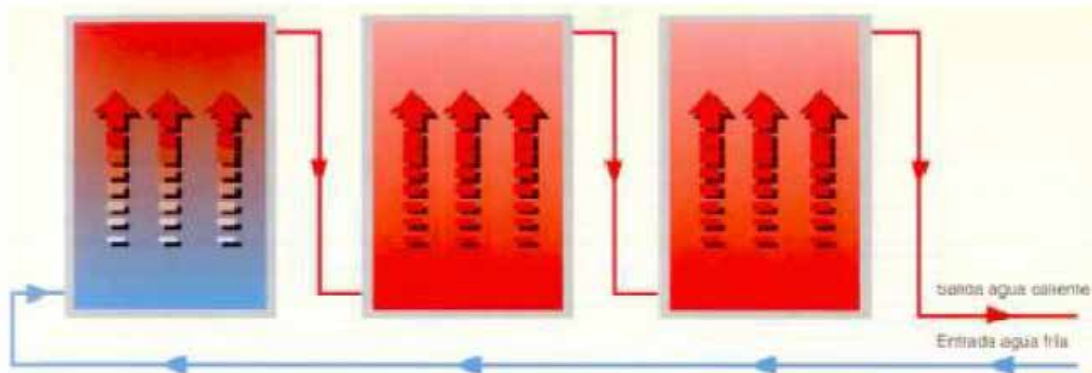
### **Conexión de colectores**

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos (Fundamento teórico de la energía solar). Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en:

**Serie.** En el conexionado en serie (Figura 14), la salida de un colector corresponde a la entrada del siguiente. El rendimiento del colector dependerá del caudal que circule por él y de la temperatura del colector. Al trabajar cada vez con una temperatura de entrada más alta se puede llegar a obtener una temperatura de salida mucho más elevada que si se trabajara con un solo colector o con un grupo de colectores en serie.

Cuanto más alta es la temperatura de entrada de colector más bajo es el rendimiento, por lo que cada colector conectado en serie tendrá un rendimiento menor que el colector anterior, hasta el punto que uno de los colectores llegue a la temperatura de estancamiento, en cuyo caso el rendimiento será cero y el de los colectores posteriores también.

El rendimiento global del campo de captación tendrá un valor intermedio entre los valores de cada uno de los colectores. Por consiguiente, el campo de captación trabajara a menor rendimiento que el de un colector solo.

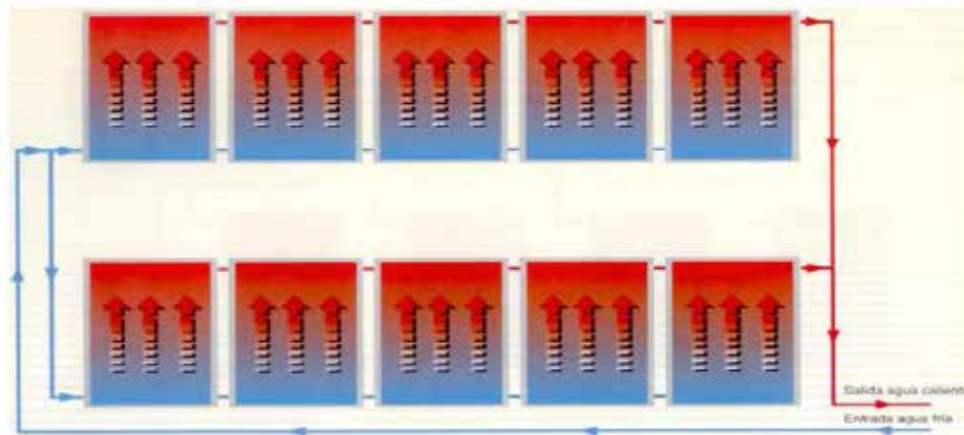


**Figura 14.** Conexionado en serie.

**Fuente.** Productos Energía Solar Térmica

[http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo\\_erbe\\_solar\\_es.pdf](http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf)

**Paralelo.** Conexionado en paralelo (Figura 15), donde, el caudal que circula por cada colector y el salto de temperaturas es el mismo (siempre que esté bien equilibrado). El caudal equivale a la suma de los caudales de cada colector y el área equivalente es la suma de las áreas de todos los colectores. Todos los colectores tienen que ser iguales para evitar caminos preferentes y pérdidas por mal funcionamiento de algunos colectores.



**Figura 15** Conexionado en paralelo.

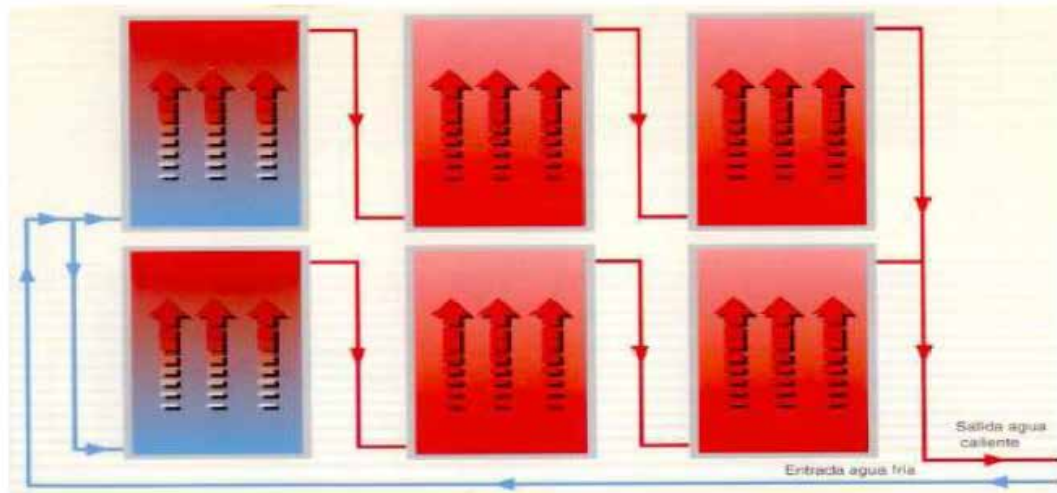
**Fuente.** Productos Energía Solar Térmica,

[Http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo\\_erbe\\_solar\\_es.pdf](http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf)

**Mixto.** El conexionado en mixto es usado en casos en los que la temperatura de utilización lo requiera. El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE): ITE 10.1.3.Criterios generales de diseño y calculo, especifica que las instalaciones mixtas pueden ser como máximo:

Tres baterías en serie formadas por colectores en paralelo.

Baterías en paralelo formadas por un máximo de tres colectores en serie.



**Figura 16** Conexionado mixto.

**Fuente.** Productos Energía Solar Térmica,

[Http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo\\_erbe\\_solar\\_es.pdf](http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf)

### **Equipos y materiales para el diseño de colectores solares**

Los materiales que conforman una instalación solar térmica, deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse. Para ello hay que tomar en cuenta las Normas COVENIN y la Norma ASTM D-2846, establecen que si se utiliza en un mismo sistema solar térmico con materiales diferentes, como por ejemplo el cobre y el acero, estos no deberán estar en contacto, por lo que se sugiere instalar manguitos dieléctricos. Es importante prever la protección catódica del acero.

#### **a. Sistema de acumulación solar**

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. Algunas normas establecen que:

La conexión de entrada de agua caliente procedente de los captadores se realizara preferentemente entre el 50-75 % de la altura del acumulador.

La salida de agua fría del acumulador hacia los captadores se realizara por la parte inferior de este.

La alimentación del agua fría se realizara por la parte inferior y la salida a consumo por la parte superior.

**b. Tanque de Almacenamiento**

Estos se ubican sobre los colectores para aprovechar el efecto de termosifón. El mismo es instalado en una cavidad en el techo y únicamente el colector es expuesto al sol. La posición de los colectores debe ser la adecuada para permitir que se produzca termosifón en forma natural. En cuanto a la configuración general del tanque de almacenamiento, se debe especificar las características de las conexiones, indicando que la entrada de agua fría se realizara siempre por la parte inferior del depósito y la conexión de salida se deberá conectar de manera que se eviten caminos preferentes del fluido. Por tanto, vendrá equipado por el fabricante con las conexiones y manguitos necesarios para una correcta conexión al circuito.

**c. Tuberías y accesorios**

Para la selección de estos se deben de tomar en cuenta las normas relacionadas con las tuberías y equipos para lata temperatura y alta presión. En este aparte están incluidas las tuberías, las bombas, el o los sistemas de control, las llaves de paso, las llaves de arresto, y todos los accesorios con las que cuente el calentador solar. El sistema de tuberías es básicamente por donde circula el agua. El circuito hidráulico entre el colector solar y el tanque termosolar está diseñado para permitir la recirculación del fluido entre el tanque y el colector. Este circuito debe diseñarse de tal manera que no permita el reflujó del agua caliente en horas de no sol, desde el tanque hacia el colector. Debe disponer de aislamiento.

**d. Aislamiento de las tuberías**

Para evitar en la medida de lo posible las pérdidas de energía en el sistema de captación solar es necesario colocar aislamientos térmicos en todos los componentes del sistema. Para ello se deben de seguir lo estipulados en las normas vigentes.

**e. Válvulas**

La selección de las válvulas depende de la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento, esto es presión y temperatura. Las tuberías, uniones, codos, válvulas de alivio, etc., deben cumplir las normas establecidas para las acometidas hidráulicas de agua caliente, pero además, debe tenerse sumo cuidado de que sus materiales compatibles químicamente, desde el punto de vista de la

corrosión galvánica con los materiales del colector solar plano y del tanque de almacenamiento, al igual que entre ellos mismos.

Las válvulas que se utilicen serán las específicas para las instalaciones de calefacción y agua caliente y tendrán las características mínimas que se definan.

**f. Bombas de circulación**

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba deberán ser:

- a) Resistentes a la corrosión.
- b) Compatibles con el fluido de trabajo utilizado.
- c) Resistentes a las averías producidas por el efecto de las incrustaciones calizas.
- d) Resistentes a la presión y temperatura máxima del circuito

**Rendimiento térmico en los colectores solares**

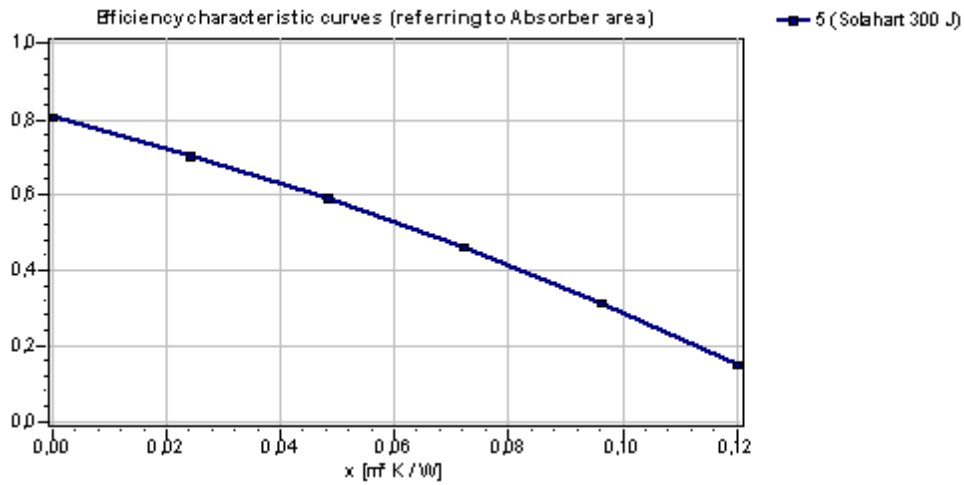
Un panel solar térmico permite producir agua caliente sanitaria de manera ecológica y rentable, y se comporta como cualquier máquina al devolvernos de forma útil solo una parte de la energía que recibe. Su forma constructiva también es determinante para la mayor o menor captación de calor. El rendimiento que proporciona un colector en un determinado momento es expresado de la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\text{Calor útil}}{\text{Calor admitido}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Este comportamiento mide la relación entre la energía útil que existe y la recibida en el captador (sumado perdidas), buscando así el indicador de rendimiento.

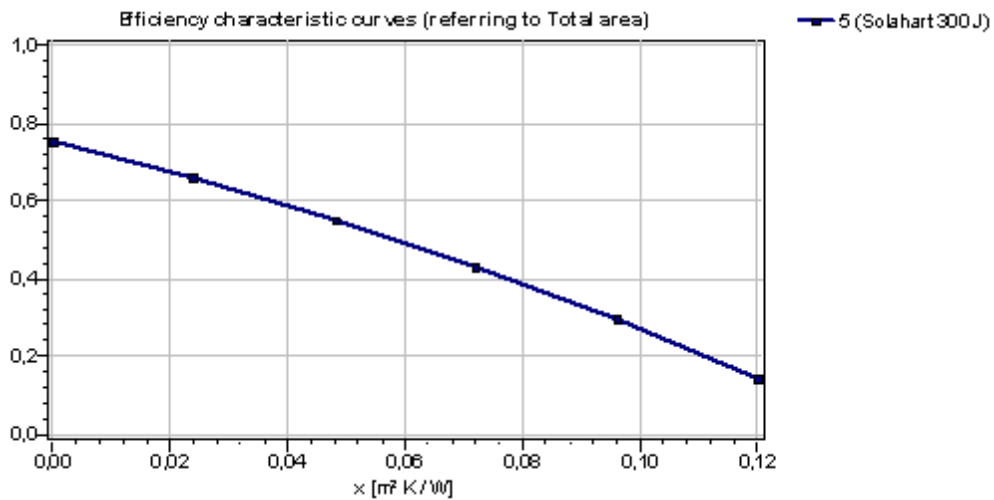
**Eficiencia en un colector solar**

La eficiencia se define como la relación entre la energía absorbida (densidad de energía) por el fluido portador del calor y la energía incidente (densidad de energía solar) sobre su superficie. A continuación se muestran dos gráficos típicos de eficiencia:



**Figura 17.** Curva característica de eficiencia (referida al área de absorción)

Fuente: [www.cecua.es](http://www.cecua.es)



**Figura 18.** Curva característica de eficiencia (referida al área total)

Fuente: [www.cecua.es](http://www.cecua.es)

Donde el significado de los valores del eje horizontal es:

Abcisas =  $DT / G$

DT: Diferencia entre temperatura ambiente y temperatura del colector

G: Radiación solar térmica

En la práctica, los valores del eje horizontal se pueden interpretar, de una forma aproximada, de la siguiente manera:

Eje horizontal = 0,02 P 20 °C de diferencia de temperatura entre el colector y el ambiente

Eje horizontal = 0,04 P 40 °C de diferencia de temperatura entre el colector y el ambiente

Eje horizontal = 0,06 P 60 °C de diferencia de temperatura entre el colector y el ambiente

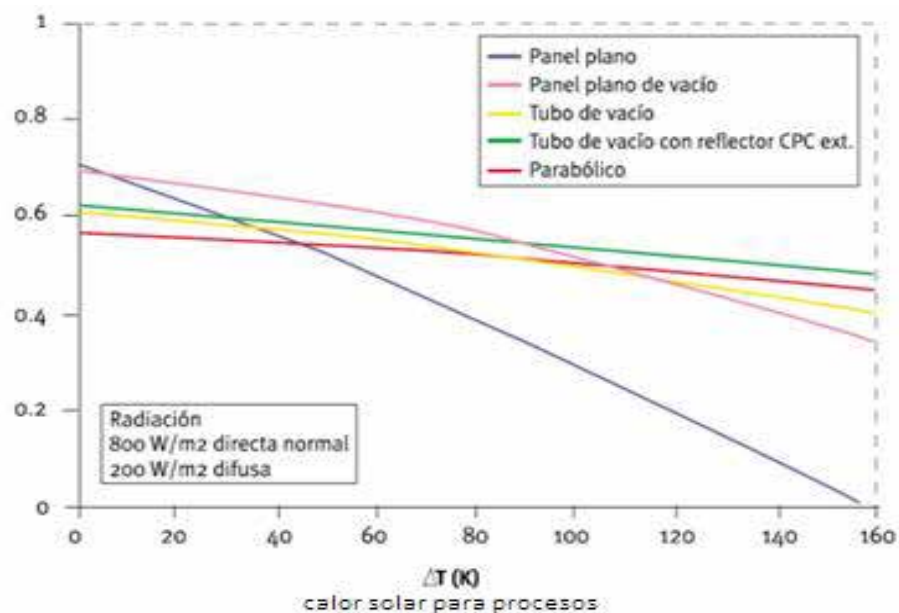
En el análisis de un gráfico de eficiencia, hay que dar especial importancia al área del colector:

1. Sólo el área de la placa captadora –figura 17

2. Área total del colector -figura 18

Esta distinción es especialmente importante en la comparación de las eficiencias de los colectores solares planos y las de los colectores solares de vacío.

### Eficiencia de los diferentes tipos de colectores



**Figura 19.** Eficiencia de varios colectores solares

Fuente: [www.cecua.es](http://www.cecua.es)

La ordenada al origen da el rendimiento considerando solamente el valor de las pérdidas ópticas, mientras que la pendiente, nos informa acerca de las pérdidas térmicas. Por lo tanto una pendiente mayor implica mayores pérdidas térmicas y una ordenada al origen menor, más pérdidas ópticas.

### **Dimensionamiento del sistema de agua caliente**

Para el dimensionamiento de un sistema de calentamiento solar, se debe tener conocimiento previo de los hábitos de consumo de agua caliente de los usuarios finales, hacer un análisis sensato del tipo de edificación donde se instalarán los colectores solares, disponibilidad de radiación solar en las condiciones específicas de la obra, factores climáticos locales y desempeño térmico de los productos, entre otros.

Para ello se debe tener:

Necesidades medias diarias/mensuales

Consumo promedio diario/mensual el cual se calcula con la siguiente expresión.

$$V_{ACS} = N^{\circ} \text{ de usuarios} * \text{litros por usuario} * 1 \text{ día} \quad \text{Ec. 2}$$

Este consumo puede aumentar o disminuir dependiendo del mes, ya que se pueden presentar factores como el que las viviendas no estén ocupadas en alguno de los meses o que haya meses demasiado calurosos y, por tanto, no se necesite tanta agua caliente.

Temperatura del agua de la red: La temperatura media del agua de la red.

Cálculo de la demanda energética de agua caliente sanitaria (ACS). El calentamiento de agua para consumo doméstico es uno de los principales usos de la energía solar térmica. La demanda energética del ACS se calcula en función del consumo de agua caliente y las temperaturas de preparación y agua fría. Para realizar el cálculo correspondiente al calentamiento del agua se conoce el  $V_{ACS}$  y la temperatura de uso en °C. Este valor se considera constante durante todo el año, sin embargo, la temperatura del agua de la red sí sufre una pequeña variación debido a la temperatura exterior. Y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$D_{ACS} = V_{ACS} * \rho_a * C_p (T_{uso} - T_{red}) \quad \text{Ec. 3}$$

$$\rho_a = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} ; C_p = 4.187 \text{ (J/kg}^{\circ}\text{C)} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde

$D_{ACS}$ : Demanda ACS (MJ)

V: Consumo ACS (m<sup>3</sup>/día)

a: Densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>P</sub>: Calor específico del agua (J/(kg °C))

T<sub>USO</sub> Temperatura de consumo (°C)

T<sub>RED</sub> Temperatura de red (°C)

Caudal diario de ACS.

Calculada la necesidad diaria de agua caliente sanitaria, se puede hacer el cálculo del flujo másico que debe circular por la tubería que suministra el agua caliente. No obstante, para el cálculo del flujo másico se estima el número de horas de sol diarias como valor medio anual, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$m_{\text{cons}} = \frac{V_{\text{ACS}} * 1000 \text{ (kg / m}^3\text{)}}{100 \text{ L./m}^3 * h * 3600 \text{ seg}} \quad \text{kg/seg} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde: h = horas de sol promedio diarias

Energía solar disponible

Son las horas de sol brillante lo que permite determinar la intensidad de radiación que incide, para ello se necesita la insolación difusa promedio y la insolación directa promedio. Y esta se calcula:

$$G_{\text{solar}} = \frac{G_D \text{Cos}\theta + G_d \text{ (w/m}^2\text{)}}{h} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde

G<sub>D</sub> = Insolación directa promedio

G<sub>d</sub> = Insolación difusa promedio

Potencia solar local

Para el análisis empleamos el método de Glover y McCulloch, citado por Estrada (2006)

$$I = G_o [0.29 \text{ Cos}\theta + 0.52 \text{ n/N}] \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

I = Radiación solar incidente en la superficie terrestre (w/m<sup>2</sup>)

$G_o$  = Constante solar o radiación que llega a la atmósfera (1353 w/m<sup>2</sup>)

min. Latitud sur. (Medición mediante G.P.S.)

0,29 y 0,52 = Coeficientes experimentales que corrigen la radiación solar incidente, en función de la dispersión de la radiación solar al atravesar la atmósfera

$n$  = Número de horas de sol brillante al día

$N$  = Número máximo de horas de sol al día en la localidad

$N^\circ$  de colectores requeridos

Al relacionar el recurso disponible y la demanda requerida, junto con la eficiencia, se puede encontrar el área de colectores solares para el calentamiento del agua.

$$A = \frac{m * C_p * (T_f - T_i)}{I * \eta}$$

Ec. 8

Dónde:

$A$  = Área de colectores solares (m<sup>2</sup>)

$\eta$  = Eficiencia del sistema de calentamiento (0,70 – 0,85)

$I$  = radiación incidente en el colector.

### 2.2.3 Radiación

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

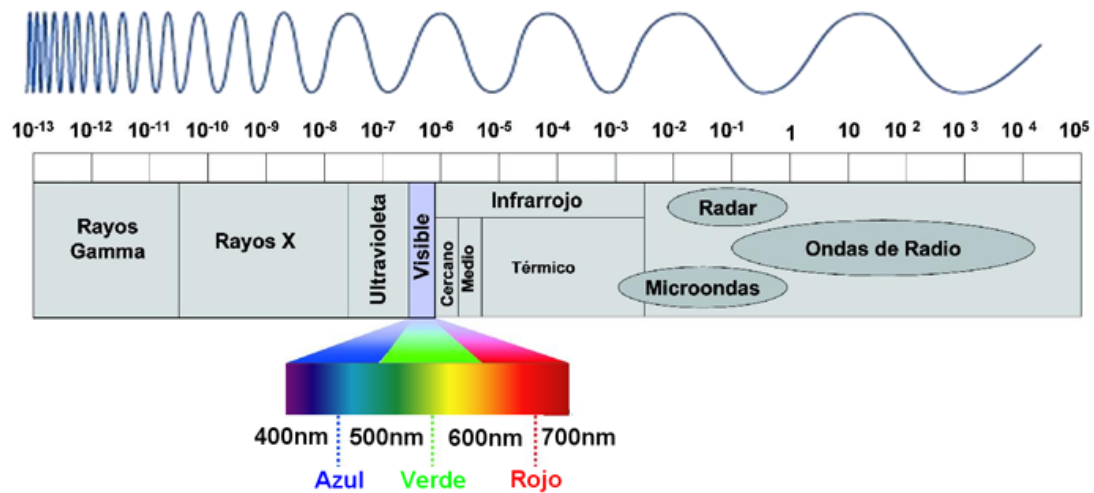
Medir la radiación solar es importante para un amplio rango de aplicaciones, en las áreas de ingeniería, arquitectura, agricultura, ganadería, salud humana y meteorología, dentro de las cuales se destacan: su empleo como fuente alternativa de energía en la generación de electricidad y en el diseño y uso de sistemas de calentamiento de agua, el diseño de edificios e infraestructura, el monitoreo del

crecimiento de plantas, la deshidratación de alimentos, implicaciones en la salud (ej. cáncer de piel o tratamientos curativos), el análisis de la evaporación e irrigación, su importante rol en los modelos de calidad del aire y de predicción del tiempo y el clima y muchas otras aplicaciones y usos que emplean la radiación solar como una de sus fuentes de energía.

La energía solar llega en forma de radiación electromagnética o luz. La radiación electromagnética, son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse, por lo que estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. La longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $\nu$ ) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión  $\lambda\nu = C$  (donde  $C$  es la velocidad de la luz), son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de  $C = 299.792 \text{ km/s}$ .

La radiación es emitida sobre un espectro de longitud de ondas, con una cantidad específica de energía para cada longitud de onda. La longitud de onda de la luz es tan corta que suele expresarse en nanómetros (nm), que equivalen a una milmillonésima de metro, o una millonésima de milímetro o en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) que equivalen a una millonésima de metro.

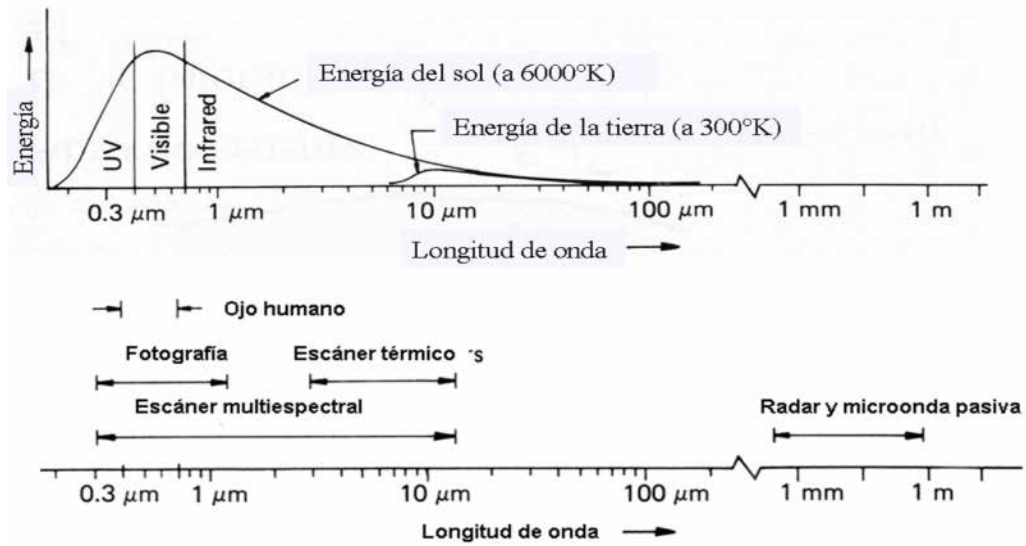
La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro en diferentes longitudes de onda, como se muestra en la figura N°2, que se extiende desde longitudes de onda corta de billonésimas de metro (frecuencias muy altas), como los rayos gama, hasta longitudes de onda larga de muchos kilómetros (frecuencias muy bajas) como las ondas de radio. El espectro electromagnético no tiene definidos límites superior ni inferior y la energía de una fracción diminuta de radiación, llamada fotón, es inversamente proporcional a su longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético.



**Figura 20.** Espectro electromagnético con longitud de onda en metros  
**Fuente.** IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta, principalmente en la banda del ultravioleta, visible y el infrarrojo cercano, con longitudes de onda entre 0,2 y 3,0 micrómetros (200 nm a 3.000 nm). Aproximadamente un 99% de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra está contenida en la región entre 0,2 y 3,0  $\mu\text{m}$  mientras que la mayor parte de la radiación terrestre de onda larga está contenida en la región entre 3,5 y 50  $\mu\text{m}$  (Ver figura 2). Las ondas en el intervalo de 0,25  $\mu\text{m}$  a 4,0  $\mu\text{m}$  se denominan espectro de onda corta, para muchos propósitos como en aplicaciones de celdas solares y en el proceso de la fotosíntesis.

a. La región visible (entre  $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ ) corresponde a la radiación que puede percibir la sensibilidad del ojo humano e incluye los colores: violeta (420 nm), azul (480 nm), verde (520 nm), amarillo (570 nm), naranja (600 nm) y rojo (700 nm). La luz de color violeta es más energética que la luz de color rojo, porque tiene una longitud de onda más pequeña. La radiación con las longitudes de onda más corta que la correspondiente a la luz de color violeta es denominada radiación ultravioleta. Los distintos colores de luz tienen en común el ser radiaciones electromagnéticas que se desplazan con la misma velocidad. Se diferencian en su frecuencia y longitud de onda. Dos rayos de luz con la misma longitud de onda tienen la misma frecuencia y el mismo color.



**Figura 21.** Energía radiada por el Sol y la tierra

**Fuente.** IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

- b. La región del ultravioleta está entre los 100 y los 400 nanómetros.
- c. La región del infrarrojo cercano está entre los 700 y los 4000 nanómetros.

A cada región le corresponde una fracción de la energía total incidente en la parte superior de la atmósfera (denominada radiación solar extraterrestre) distribuida así: 7,2% al ultravioleta; 47,2% al visible y 45,6% al infrarrojo cercano. En la tabla 1, se puede apreciar la distribución de la onda.

**Tabla 1.** Distribución de la longitud de onda para la radiación electromagnética

Banda de radiación	Longitud de onda	Valor
Infrarrojo (onda larga)	0,7 - 3,5 m	46%
Visible	0,4 - 0,7 m	47%
ultravioleta	0,29 - 0,4m	7

**Fuente:** astrociencia.com

### 2.2.3.1 Tipos de radiación solar

La radiación solar que recibe la superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

- a) Radiación directa: Proviene directamente del sol, es aquella que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de la propia radiación y se caracteriza por ser una luz cegadora. Una superficie captadora absorberá mayor radiación directa, si se instala con una inclinación que la coloque perpendicularmente a los rayos solares.
- b) Radiación difusa: Es la producida por las nubes, tiene una radiación más débil que la directa, es térmicamente aprovechable y sus rayos son los encargados de producir el color azul del cielo.
- c) Radiación reflejada: Está constituida por la radiación directa y difusa que es reflejada cuando incide sobre la superficie de la tierra.

En la figura N° 3, se pueden observar los diferentes tipos de radiación.



**Figura 22.** Tipos de radiación solar

Fuente. <https://www.sfe-solar.com/>

### 2.2.4 Irradiación.

La irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. La irradiancia es la cantidad promedio de energía que incide por unidad de área por unidad de tiempo sobre una superficie. Las unidades en que se mide son las unidades radiométricas y es en  $W/m^2$ . En este caso corresponde a radiación proveniente del sol, la cual se puede

percibir en forma de calor o luz (visible o no visible, lo cual dependerá de cada longitud de onda en particular). En la siguiente figura se puede apreciar el espectro de radiación solar para niveles sobre la atmósfera terrestre y a nivel del mar.

La irradiación directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de  $1354 \text{ w/m}^2$ . Con el fin de simplificar los cálculos realizados en base a la información sobre radiación, la energía solar se expresa en equivalentes a horas de luz solar plena. La luz solar plena registra una potencia de unos  $1000 \text{ w/m}^2$ ; por lo tanto, una hora de luz solar plena equivale a  $1 \text{ kw-h/m}^2$  de energía Solar pura terrestre.

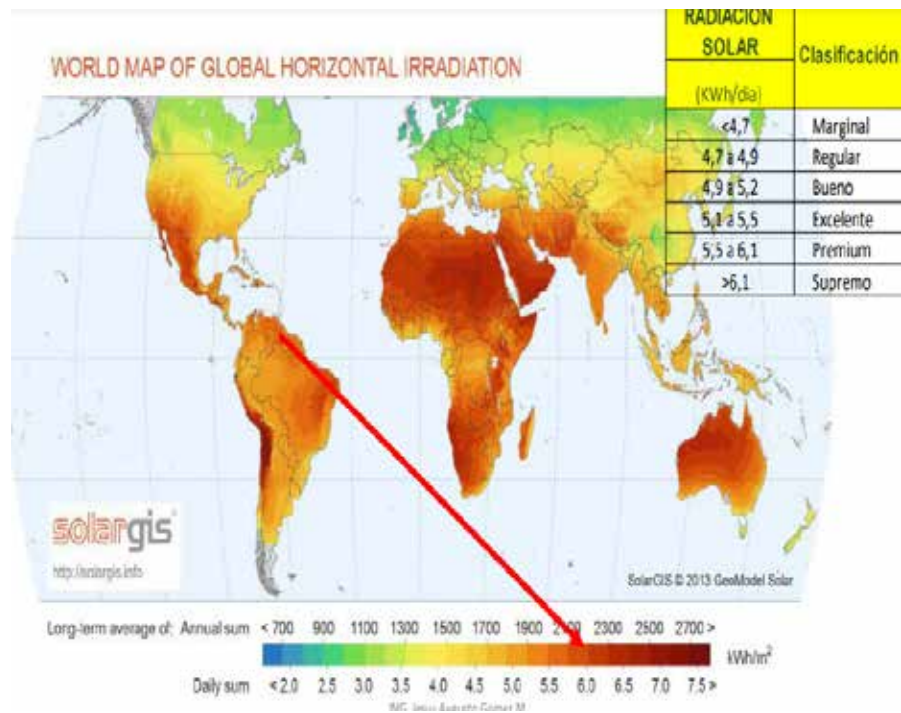
La radiación fluctúa entre un promedio de  $1000 \text{ kw-h/m}^2$  al año, en los países del norte de Europa (tales como Alemania), y  $2000$  a  $2500 \text{ kw-h/m}^2$  al año en las zonas desérticas. Estas variaciones se deben a las condiciones climáticas y a la diferencia con respecto a la posición relativa del sol en el cielo (elevación solar), la cual depende de la latitud de cada lugar.

#### **2.2.4.1 La insolación**

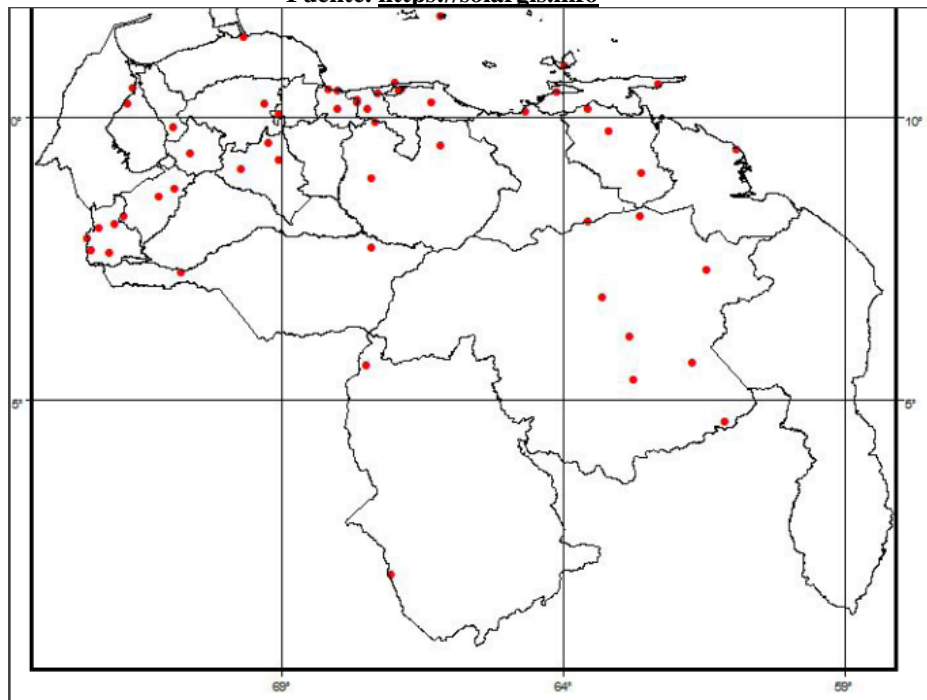
La insolación es la cantidad de energía en forma de radiación que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o un año (insolación anual), es decir, es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado, la unidad de medida es el watts-hora por metro cuadrado ( $\text{w-h/m}^2$ ).

Puede calcularse asumiendo que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de la atmósfera y se denomina insolación diurna o anual no atenuada o que se mide en la superficie de la Tierra para lo cual hay que tener presente la atmósfera y que en este caso se denomina atenuada siendo su cálculo mucho más complejo.

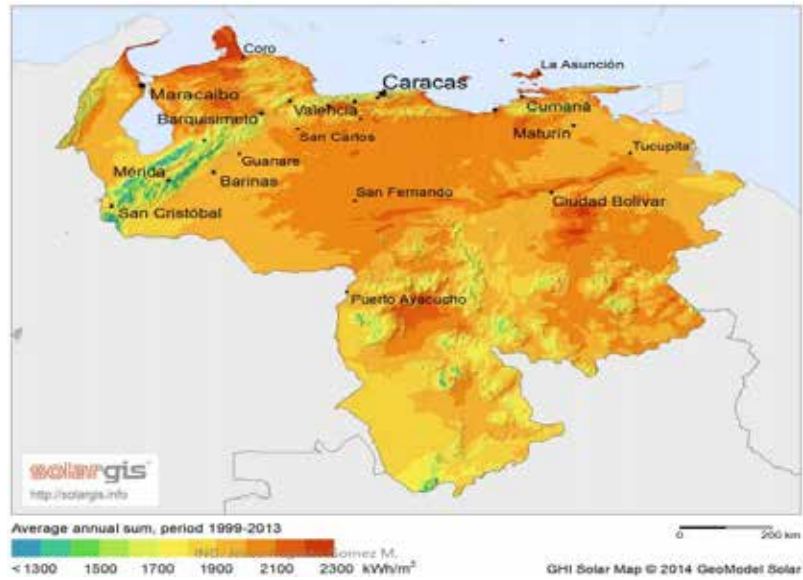
En las siguientes figuras se pueden observar el potencial de radiación solar mundial, las estaciones meteorológicas en Venezuela, la radiación e insolación solar de Venezuela, la radiación solar mundial y en la tabla N° 2, la clasificación del radiación solar.



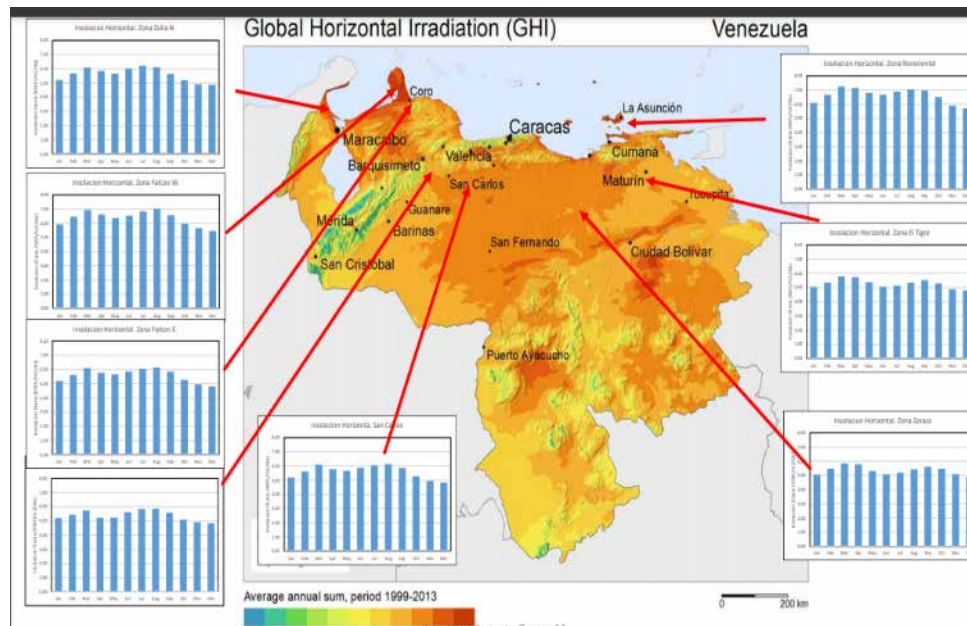
**Figura 23.** Radiación solar mundial y clasificación  
**Fuente.** <https://solargis.info>



**Figura 24.** Estaciones meteorológicas en Venezuela  
**Fuente.** <https://solargis.info>



**Figura 25.** Radiación media anal kWh/m<sup>2</sup> en Venezuela  
**Fuente.** <https://solargis.info>

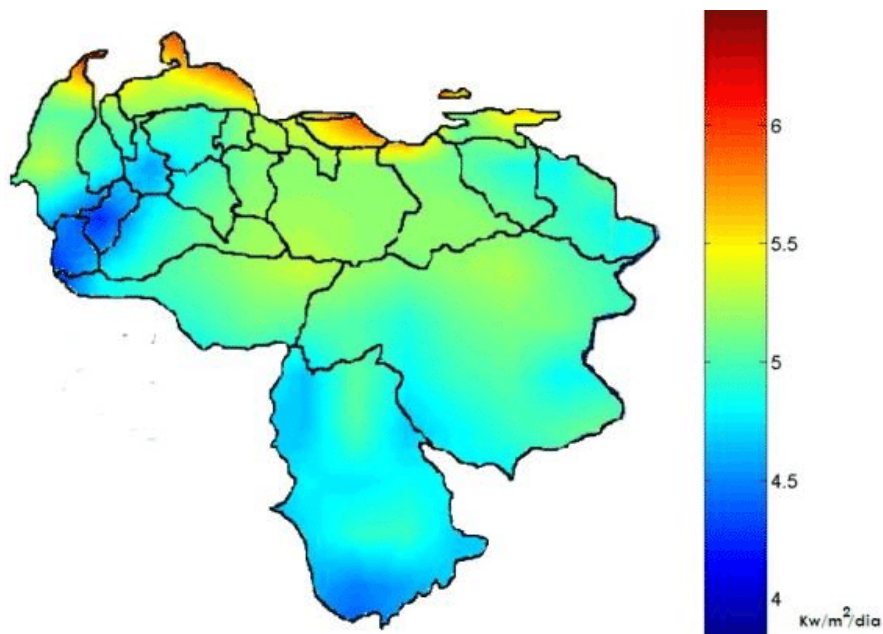


**Figura 26.** Insolación por regiones en Venezuela  
**Fuente.** <https://solargis.info>

**Tabla 2.** Insolación por sectores en Venezuela

Sector	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio Anual (kWhm <sup>2</sup> /día)	Promedio Anual (kWhm <sup>2</sup> /Año)	CV %
NorOriente	6,09	6,66	7,24	7,14	6,81	6,67	6,89	7,04	6,96	6,50	5,89	5,71	6,63	2419,95	7,492
Oeiente	5,04	5,34	5,79	5,74	5,37	5,05	5,14	5,33	5,52	5,29	4,88	4,79	5,27	1923,80	5,927
Oriente 2	5,05	5,48	5,85	5,79	5,32	5,08	5,20	5,43	5,61	5,48	5,09	4,88	5,36	1953,60	5,708
San Carlos	5,29	5,50	5,64	5,05	4,68	4,55	4,80	4,97	5,12	4,95	4,80	4,87	5,02	1830,77	6,487
Lara	5,19	5,43	5,73	5,20	5,22	5,61	5,83	5,84	5,57	5,09	4,90	4,83	5,37	1959,07	6,435
Falcón E	5,19	5,61	6,10	5,77	5,66	5,86	6,05	6,13	5,85	5,27	4,95	4,82	5,61	2044,80	7,993
Falcón W	5,91	6,46	6,93	6,61	6,37	6,53	6,85	7,01	6,56	5,96	5,66	5,45	6,36	2319,63	7,959
Zulia N	5,21	5,68	6,10	5,85	5,66	6,03	6,22	6,12	5,64	5,20	4,91	4,88	5,63	2052,10	8,420

Fuente. <https://solargis.info>



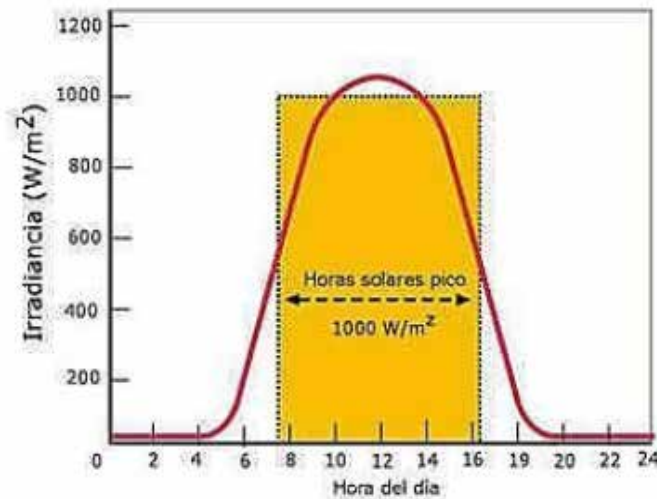
**Figura 27.** Insolación en Venezuela

Fuente. <https://www.researchgate.net>

**Tabla 3.** Variación horaria de la radiación en Venezuela  
Variación horaria de la radiación en Venezuela

HORAS	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0,19	0,22	0,27	0,31	0,28	0,21	0,22	0,24	0,28	0,30	0,27	0,22
12	0,72	0,79	0,86	0,86	0,75	0,61	0,67	0,73	0,77	0,77	0,74	0,71
15	0,72	0,81	0,86	0,83	0,71	0,57	0,64	0,71	0,72	0,68	0,65	0,66
18	0,22	0,27	0,28	0,27	0,22	0,19	0,22	0,23	0,21	0,16	0,14	0,16
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente. <https://solargis.info>



**Figura 28.** Horas solares pico en Venezuela

Fuente. <https://solargis.info>

Donde las **horas solares pico (HSP)** es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. La HSP traslada toda la energía recibida por el Sol a lo largo de un día a las horas en las que se recibiría toda esa energía si la irradiancia fuera hipotéticamente constante e igual a  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Es decir, son las horas de irradiancia equivalentes a una irradiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  constante que se tiene en un

lugar específico. Este parámetro también permite simplificar los cálculos de dimensionamiento de sistemas solares.

La HSP es la energía que se recibe en horas por m<sup>2</sup>, y esta energía no es la misma dependiendo de la localización (cuanto más cerca del ecuador mayor será) y por su época del año. No hay el mismo sol en un día de invierno que de verano.

### **2.2.5 Servicio de lavandería de los hospitales**

Según la página en internet [WWW.lavadotextiles.es](http://WWW.lavadotextiles.es), los hospitales son una de las entidades que más prendas sucias generan a diario. La limpieza de cada habitación implica realizar un cambio de sábanas y toallas de todas las camas de pacientes, es decir sustituirlas de manera inmediata por otras limpias y desinfectadas, así como las camas de los dormitorios del personal médico, enfermeras y consultorios, también las batas, ropas empleadas en consultas y otros elementos textiles.

Dentro de cualquier hospital, clínica o centro de salud, las necesidades sanitarias deben de ser cumplidas estrictamente, ya que las prendas deben de estar preparadas e higienizadas eficientemente para después tener contacto con los pacientes e incluso con heridas sin poner a nadie en riesgo. Por esta razón el proceso de lavado de las entidades sanitarias debe de ser exhaustivo y muy eficiente en el desinfectado.

La salud y el bienestar del personal como de los pacientes puede verse afectada si no se realiza un buen tratamiento y desinfección. Un buen servicio de lavandería de los hospitales puede mejorar la imagen de este, hacia el público y los trabajadores, Dando lugar a opiniones positivas y un servicio más satisfactorio.

### **2.3 Bases legales**

Es todo el soporte legal fundamentado en: la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela; las Leyes Orgánicas, los Reglamentos y Normas que le dan el soporte jurídico al desarrollo del trabajo de investigación. A continuación se citan alguno de ellos.

En el artículo 156° numeral 29. Es competencia del Poder Público Nacional “El régimen general de los servicios públicos domiciliarios y, en especial, electricidad, agua potable y gas” (p: 39).

Artículo 178°,

Son de la competencia del Municipio el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asignen esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la aplicación de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas:..... 6. Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico; alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios. (p: 46)

**Decreto 6.992, publicado en Gaceta Oficial No. 372.680**, de fecha 3 de noviembre del 2.009. Donde se instruyen a todas las instituciones de educación superior a implementar planes en busca de alternativas viables para el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

**Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico**, en donde en el Artículo 21, denominado Contenido del Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, establece:

El Plan de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional se enmarcará en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social de la Nación, en concordancia con los lineamientos de política económica, energética y ordenamiento territorial del Estado. Contendrá, al menos: ... 4. Acciones orientadas a impulsar el uso de las fuentes alternativas de energía, renovables y ambientalmente sostenibles; 5. El uso racional y eficiente de la energía eléctrica;.....

**Reglamento de la Ley del Servicio Eléctrico**, donde en su artículo 1 cita: “Objeto y Alcance: Este Reglamento establece las normas y condiciones que regirán la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica y las relaciones entre La Distribuidora y sus usuarios”.

en donde en su artículo 1, establece el objeto de la

ley, el cual cita textualmente:

Esta Ley tiene por objeto establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta, en interés de la humanidad.

Artículo 10. Objetivos:

..... 5 Fomentar y estimular la educación ambiental y la participación protagónica de la sociedad..... 10 Promover la adopción de estudios e incentivos económicos y fiscales, en función de la utilización de tecnologías limpias y la reducción de parámetros de contaminación, así como la reutilización de elementos residuales provenientes de procesos productivos y el aprovechamiento integral de los recursos naturales.....

Artículo 36. Generación de procesos de educación ambiental, el cual cita:  
Las personas naturales o jurídicas, públicas y privadas, responsables en la formulación y ejecución de proyectos que impliquen la utilización de los recursos naturales y de la diversidad biológica, deben generar procesos permanentes de educación ambiental que permitan la conservación de los ecosistemas y el desarrollo sustentable

#### Instrucción **UNE 100-155-88**

Los derechos de naturaleza inalienable, inembargable, irrenunciable e imprescriptible. (Art.18 al 23 LSDA y Art. 13 del Reglamento de la LSDA).

#### **Código Eléctrico Nacional.**

#### **Normas y reglamentos internos de la Universidad José Antonio Páez**

#### **2.4 Definición de Términos**

**Absorbedor:** Componente de un captador solar, cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

**ACS:** Agua Caliente Sanitaria.

**Acumulador:** Aparato destinado a calentar el agua contenida en un recipiente hasta alcanzar una temperatura determinada.

**Aislante térmico:** Sustancia que reduce los flujos de calor entre un sistema y su entorno.

**Altura solar:** Angulo de la posición del Sol respecto al plano horizontal del observador.

**Ángulo de incidencia:** Angulo con que incide la radiación solar sobre la superficie.

**Ángulo de inclinación del captador:** Angulo formado por el captador y una superficie horizontal.

**Área total:** Área máxima proyectada por el captador completo, excluyendo cualquier medio de soporte y acoplamiento de los tubos expuesta.

**Captador:** Dispositivo destinado a captar la radiación solar incidente para convertirla, en general, en energía térmica y transferirla a un fluido portador de calor.

**Captador de concentración:** Captador solar que utiliza reflectores, lentes u otros elementos ópticos para redireccionar y concentrar sobre el absorbedor la radiación solar que atraviesa la apertura.

**Captador de tubos de vacío:** Captador de vacío que utiliza un tubo transparente (normalmente de cristal) donde se ha realizado el vacío entre la pared del tubo y el absorbedor.

**Captador solar plano:** Captador solar sin concentración cuya superficie absorbente es plana.

**Captador solar térmico:** Sistema capaz de transformar la radiación solar irradiante en energía térmica de un fluido de trabajo.

**Circuito primario:** Circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

**Circuito secundario:** Circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

**Circulación forzada:** Sistema que necesita de un control electrónico que regule su funcionamiento porque por diseño la instalación es incapaz de aportar energía.

**Circulación natural:** Sistema que permite la recirculación del fluido caloportador a través del circuito hidráulico. Sus propios elementos son los que, de forma natural, regulan el funcionamiento del circuito.

**Conducción:** Intercambio de calor realizado mediante contacto.

**Conductividad térmica:** Propiedad de los materiales para transmitir energía entre un foco caliente y un foco frío. La conductividad térmica se expresa en unidades de W/mK (J/sm °C).

**Eficiencia solar:** Relación entre la transferencia real de calor y el calor real procedente de la irradiación solar.

**Insolación diaria media:** Promedio diario de energía solar recibida sobre una superficie horizontal de un lugar

**Instalaciones por termosifón:** Instalaciones en las que el fluido de trabajo circula por convección libre.

**Instalación con circulación forzada:** Instalación equipada con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

**Irradiancia solar:** Potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en W/m<sup>2</sup>.

**Irradiancia solar directa:** Cociente entre el flujo radiante recibido en una superficie plana dada, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar, y el área de dicha superficie. Si el plano es perpendicular al eje del ángulo sólido, la irradiancia solar recibida se llama directa normal. Se expresa en W/m<sup>2</sup>.

**Irradiancia solar difusa:** Irradiancia de la radiación solar difusa sobre una superficie receptora plana. Hay que especificar la inclinación y el azimut de la superficie receptora.

**Irradiancia solar reflejada:** La radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre una superficie.

**Irradiación:** Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se expresa en MJ/m<sup>2</sup> o kWh/m<sup>2</sup>.

**Julio y caloría:** Unidades de energía que miden la cantidad de trabajo, energía transmitida o recibida. Su equivalencia es de  $4,18 \text{ J} = 1 \text{ cal}$ ; o  $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$ .

**Kilovatio hora (kWh):** Unidad de energía que se emplea para medir la cantidad de energía consumida por un elemento de 1 kW durante una hora.

**Materiales aislantes:** Son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica, cuyo empleo en el colector solar tiene por objeto reducir las pérdidas de calor por la parte posterior y laterales.

**Orientación:** Ángulo de desviación respecto al sur geográfico.

**Panel solar térmico:** Conjunto de tuberías soldadas a una plancha, por las que circula agua para ser calentada por la radiación solar.

**Piranómetro:** Instrumento que mide la radiación solar total.

**Placa absorbente:** Absorbedor cuya superficie es plana.

**Radiación solar:** Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

**Radiación solar directa:** Es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área que, sin haber sufrido modificación en su trayectoria, incide sobre una superficie.

**Rendimiento de un panel:** Relación que existe entre la energía que capta el panel y la que realmente aprovecha.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

En todo trabajo de grado, se hace necesario que los hechos estudiados, así como las relaciones de los mismos, los resultados, las evidencias y nuevos conocimientos, en relación al problema investigado, reúnan condiciones de objetividad, confiabilidad y validez, lo cual se consigue delimitando los procedimientos de orden metodológico al dar respuestas a las interrogantes objeto de estudio.

#### **3.1 Tipo de la investigación**

Según La Revista Universitaria de Investigación (SAPIENS 2002), conceptualizaron al proyecto factible como una modalidad, esto después de realizar una conceptualización y análisis de las diferentes posturas de los autores, entre los que se pueden mencionar. El Manual de la UPEL (2016), define al proyecto factible como un estudio “que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”; La universidad Simón Rodríguez, en su manual de trabajo de grado (2010) considera que un proyecto factible está orientado a resolver un problema planteado o a satisfacer las necesidades en una institución.

Tomando en cuenta estas definiciones la propuesta de la aplicación de la energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas, se considera proyecto factible, dado a que el mismo va a proporcionar una posible solución a la problemática existente en el hospital en relación al suministro de agua caliente en el área de la lavandería.

### **3.2Diseño de la investigación**

Arias (2017) lo define como: “la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”; Palella y Martins (2012) indican que el diseño de la investigación se refiere a: “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio. Para fines didácticos, se clasifican en diseño de campo, diseño experimental, diseño no experimental, diseño bibliográfico y documental” y Bisquerra (2.009), el diseño de la investigación es: “la estrategia concebida para obtener la información que se requiere, dar respuesta al problema formulado y cubrir los intereses del estudio”

En lo que respecta al objetivo planteado en esta investigación, proponer la aplicación de la energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas, el estudio se clasificó como diseño no experimental que, según los autores Palella y Martins (2012), este diseño se define como: “el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable... Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos”

Así mismo, Palella y Martins (2012) indican que la investigación de campo: “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular o controlar variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural” y Arias (2012) menciona que la investigación de campo es aquella que: “consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes”. Según el mismo autor, esta condición hace que la investigación de campo se caracterice, al mismo tiempo, como una investigación no experimental.

### **3.3 Nivel de la investigación**

Arias (2.012) define el nivel de la investigación como: “el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. La investigación de campo comprende ciertos niveles entre los cuales, y para efectos del presente estudio, se debe destacar el nivel descriptivo.

Para Pallela y Martins (2.012) el propósito principal del nivel descriptivo es: “interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. Hace énfasis sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente” y Arias (2.012) define que el nivel descriptivo: “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

Por lo anteriormente expuesto el nivel de investigación, es descriptivo ya que hay que analizar la situación actual del área de lavandería del hospital. Adicional a esto hay que hacer un estudio exhaustivo de los diferentes tipos de sistemas solares para así seleccionar el más acorde a las necesidades existentes.

### **3.4 Población y muestra**

Selltiz (1.974), citado por Hernández, Fernández y Baptista (2.006), establecen que la población es: “el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”, Arias (2.012) define la población como: “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio”. Así mismo este mismo define a la población finita, como una agrupación en la que se conoce la cantidad de unidades que la integran y que, además, existe un registro documental de esas unidades.

En el caso de estudio la población está conformada por los diferentes equipos presentes en el área de la lavandería, entre los que se pueden mencionar: lavadoras, calentadores de agua, entre otros. Dado a que la población y la muestra son la misma (finita), no se requiere la toma de muestra, donde Arias (2.012) hace referencia a que si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su

totalidad, no será necesario extraer una muestra y, por lo tanto, se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo.

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas de recolección, Hurtado (2.007) las refieren al cómo se va a recoger la información de datos; Pallela y Martins (2.012), indica que las mismas se llevan a cabo cuando empieza el contacto directo con la realidad objeto de la investigación y las definen como: “las distintas formas o maneras de obtener la información”; y Arias (2.012) las define como: “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Tomando en cuenta los diferentes puntos de vista de los autores, se seleccionó como técnicas de la recolección de la información a la observación, la Isita de cotejo y la entrevista no estructurada, las cuales se definen a continuación:

Entrevista no estructurada: son más informales, más flexibles y se planean de manera tal, que pueden adaptarse a los sujetos y a las condiciones, es decir, son conversaciones que se establecen con las personas involucradas sin seguir un patrón definido. Este tipo de entrevista es la que ha despertado mayor interés ya que “...se asocia con la expectativa de que es más probable que los sujetos.

**La Observación:** esta es fundamental en todos los campos de la ciencia, consiste en el uso sistemático de los sentidos orientados a la captación de la realidad que se estudia. Concebida esta técnica, la observación consiste en estar a la expectativa frente al fenómeno, del cual se tomó y se registra la información para su posterior análisis, en ella se apoyó el investigador para obtener el mayor número de datos.

Para Stracuzzi S, y Pestana F (2004) existen dos clases de observación, la científica y la no científica, donde la diferencia básica entre ambas está en la intencionalidad, ya que la primera significa observar un objetivo claro y preciso, donde se puede decir, que observar sin intención científica es mirar sin objetivo definido y, por tanto sin preparación previa.

Y para Farías F (2004), puede ser: a.) Simple o no participativa, es decir, el investigador no se involucra en el medio donde se realiza el estudio; b.) Participante,

en este caso el investigador pasa a ser parte de la comunidad o medio del objeto en estudio.

Lista de cotejo o de control, esta es un instrumento muy útil. Que sirve para registrar aspectos a evaluar o de interés, es decir, permite precisar la ausencia o la existencia de algo. La cual permiten situar la observación y conseguir un registro claro y ordenado de todo, a la vez permite clasificar los distintos niveles de logro del investigador, mediante el uso de proposiciones, ítems, indicadores (o criterios de evaluación) y de una escala cualitativa previamente seleccionada.

Adicional a esto también se requirió el uso de:

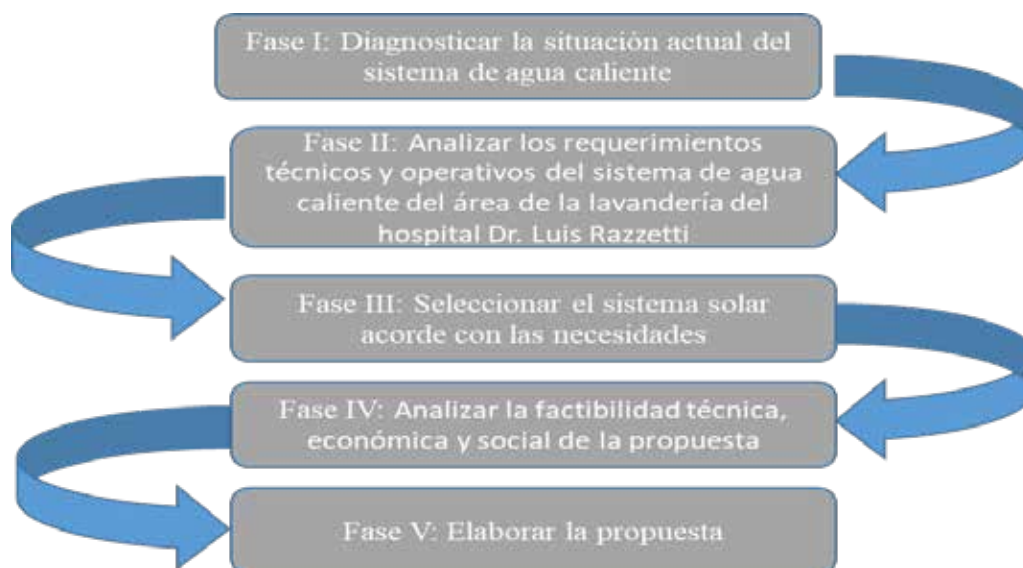
**Internet:** es actualmente la herramienta de recaudación de información más usada en todo el mundo su empleo es muy versátil y cubre una vasta gama de áreas entre ellas la planificación.

**Revisión de Textos:** Los libros, revistas y folletos se presentan como una de las herramientas más adecuadas en el propósito de encontrar o conseguir la información necesaria acerca del proyecto.

Una vez recolectada toda la información, esta se plasmará, se estudiará y se analizará, mediante:

**Técnicas de análisis:** Según Arias (2017), el análisis: es la descomposición de un todo en sus elementos. El análisis, es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia y comprender su esencia. El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

### 3.6 Fases de la Investigación



**Figura 29.**Fases de la investigación

Villamizar (2021)

**Fase I.** Fase de vital importancia, ya que con ella se da inicio a la recolección de la información, para ello se van a realizar entrevistas no estructuradas al personal que labora o tiene relación con el área de la lavandería del hospital, es decir, información acerca de cómo obtienen el agua caliente actualmente, de si el sistema está operativo o no, de si su funcionamiento es por energía eléctrica o a gas, si tienen sistema de respaldo, entre otras.

**Fase II.** Una vez obtenida la información de la fase I, se procede a levantar la información acerca de los equipos que conforman el área de la lavandería, es decir, todos los equipos que utilicen agua caliente (capacidad en litros), así como el consumo de los mismos, si tiene tanque de almacenamiento, entre otros. Si no se tiene el consumo del agua, se debe obtener el número de sábanas de cama y almohadas, toallas, batas, cobijas, entre otros que se lavan diariamente. Para con ello sacar un estimado del consumo diario de agua.

**Fase III.** Una vez obtenido todos los datos, se proceden a realizar la selección de los posibles sistemas de energía solar, ya sea sistema fotovoltaico o

sistema de colectores solares térmicos, Realizado los cálculos se procede a seleccionar los componentes y accesorios del sistema.

**Fase IV.** Ya cumplidas las fases anteriores se procede a realizar los estudios de factibilidad económica: la cual se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos; Factibilidad técnica. En estas se hace referencia a los recursos técnicos necesarios entre los que están: experiencia, conocimientos, habilidades, herramientas, entre otros, que se requieren para poder efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto; Factibilidad ambiental. En esta hay que tomar en cuenta las normativas vigentes en materia del ambiente, es decir, investigar las características naturales de la zona, las regulaciones y restricciones ambientales y de uso de suelo, y los factores que pueden influir en la selección del sitio y en las características del proyecto y la factibilidad social, que tiene que ver con el desarrollo sustentable y en qué grado puede afectar o beneficiar a los habitantes del sector.

**Fase V.** Cumplida las fases anteriores se procede a elaborar la propuesta, en la cual debe incluir, el objetivo general de la propuesta, fundamentación legal, beneficiarios, factibilidad, y la propuesta o propuestas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

Recopilada toda la información teórica y de campo, se procedió a realizar el procesamiento y análisis de los mismos y así presentar la propuesta planteada, la o las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

#### **Diagnóstico de la situación actual del sistema de agua caliente del área de la lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti.**

El área de lavandería de los establecimientos hospitalarios y su funcionamiento, es un eslabón muy importante dentro de la cadena de cuidados; por tanto, debe ser tomado en cuenta para combatir la propagación de enfermedades. Es por ello, que la correcta aplicación de técnicas profesionales de lavado, equipos adecuados y en buen estado, complementados con un personal idóneo; hacen posible un buen servicio de ropa limpia, la cual luego puede ser distribuida con la suficiencia y asepsia requerida.

El Hospital Dr. Luis Razzetti, del municipio Barinas del estado Barinas, fue fundado en 1.937, por el general Carlos Jordán Falcón, presidente del estado para la fecha. Cuenta con un área de lavandería de 182 mts cuadrados (ver ANEXO A) donde hay seis (06) lavadoras industriales de: 50 Lbs, 220V/60Hz/1F, de las cuales solo están operativas dos (02), y para el suministro de agua caliente hay una caldera que esta inoperativa desde hace cierto tiempo, por lo que actualmente no hay suministro de agua caliente sanitaria (ACS) en el hospital, la cual es de vital importancia para la desinfección, blanqueo y esterilización de la lencería, prendas textiles, toallas entre otros, es decir, se lavan los grupos de ropa más representativos del hospital, entre los que se pueden mencionar: uniformes del personal, ropa de los pacientes, ropa de quirófano, pijamas y camisones, ropa de cama, cobijas, toallas, centro de camas, entre otros.

Ya que en las Normas básicas de higiene del entorno en la atención sanitaria de la Organización Mundial de las Salud (OMS 2016), en la parte 3 denominada: Orientaciones para establecer normas de higiene del entorno y en la orientación n° 7, referente a la Limpieza y lavandería. Cuya definición es: La ropa y las superficies de los establecimientos sanitarios se mantienen limpias, establece en el indicador 4:

Limpieza de la ropa sucia. La ropa sucia no se debe separar en los lugares ocupados por los pacientes y se debe evitar moverla en exceso para no propagar patógenos al entorno. Se debe lavar y desinfectar en una autoclave antes de llevarla a los quirófanos. Las mantas de lana se lavan con agua tibia (OMS, 2004b).

Para la desinfección de la ropa se va a utilizar una temperatura de 45°C

#### **4.2 Consumo de agua caliente y equipos existentes en el área de lavandería del hospital**

El consumo de agua caliente requerido para el lavado, está directamente relacionado por el número de camas que tiene una unidad, ya que de ello depende la cantidad de ropa sucia que se genera a diario y el número de turnos en las que se debe procesar. Ya que esta ropa debe someterse a un proceso higiénico de lavado especial, según el tipo y uso, a fin de evitar la transmisión de gérmenes o bacterias.

Para ello se debe utilizar diversos fluidos y energéticos para el funcionamiento de las máquinas, tales como: agua caliente y fría, vapor, energía eléctrica, aire a presión, gas combustible. Como la cantidad de agua depende de la cantidad de camas, se puede decir, que en el hospital Dr. Luis Razzetti, hay un aproximado de 300 camas y 35 camillas, ubicadas en las 90 habitaciones y los 25 consultorios.

Estas habitaciones están distribuidas en cinco (05) pisos, con un promedio de 16 habitaciones por piso, en los cuales hay de dos (02), tres (03) y cuatro (04) camas por habitación. También hay: dos (02) habitaciones con dos (02) literas c/u para médicos de guardia; tres (03) habitaciones con cuatro (04) literas c/u para los estudiantes de las universidades: Rómulo Gallegos, Francisco de Miranda y de los Andes (ULA); dos (02) habitaciones para el personal de enfermería con cuatro (04) literas, una (01) habitación con dos (02) literas para el personal de mantenimiento de guardia.

De acuerdo al número de habitaciones hay un aproximado de 300 camas y 35 camillas en el hospital, lo que implica: 335 esquineros, 335 fundas de almohadas, 335 sabanas, 335 protectores de cama, así como toallas, batas y otros. Para el lavado de este material como se mencionó anteriormente existen seis (06) lavadoras, de las cuales solo están operativas cuatro (04), y cada una de ellas tiene un consumo de aproximadamente 90 L./lavado, por lo que el estimado de consumo por lavado de las mismas es:

**Consumo de agua caliente = 6 \* 90 = 540 de agua por lavado.**

Según la empresa Siemens Hogar el peso aproximado de las prendas de algodón es:

Sábana de algodón: 650 gramos.

Toalla de baño pequeña: 200 gramos.

Toalla de baño grande: 650 gramos.

Batas: 450 gramos

Fundas de almohadas: 350 gramos

Por consiguiente el estimado de peso de todas las piezas de tela del hospital se pueden observar en la tabla 4:

**Tabla 4** Peso de las piezas

Descripción	Peso (gr)	Cant	Peso total (gr)	Peso total (Kg)
Sábana de algodón	650	700	455.000,00	455
Toalla de baño pequeña	200	100	20.000,00	20
Toalla de baño grande	650	100	65.000,00	65
Batas	450	100	45.000,00	45
Fundas de almohadas	350	335	117.250,00	117,25
Protector de cama	350	335	117.250,00	117,25

**Fuente:** Villamizar 2021

**Nota:** La cantidad de sabanas es doble dado a que se toman en cuenta las dos (02) piezas: sabana y esquinero

Teniendo el peso aproximado de las piezas a lavar (819.5 Kg) y la capacidad de las lavadoras: 50 Lbs. o 22, 68 Kg. Se procedió a calcular la capacidad de lavado de la lavandería por ronda de lavado:

**Ronda de lavado (R<sub>L</sub>): N° de lavadoras (N°<sub>L</sub>) \* Capacidad lavadora (C<sub>L</sub>) (Kg)**

$$\mathbf{R_L = 6 * 22.68 = 136.08}$$

Obtenida la capacidad de la lavandería por ronda de lavado se procedió a calcular, la cantidad de rondas de lavado requeridas para lavar el material textil del hospital, mediante la siguiente expresión:

**Rondas de lavado requeridas(R<sub>Lr</sub>)=Material textil Total (M<sub>Tt</sub>)/Peso total de ropa(Kg.)**

$$R_{Lr} = 819.5 \text{ Kg} / 136.08 \text{ Kg}$$

$$\mathbf{R_{Lr} = 6}$$

En todo centro hospitalario se requiere como mínimo realizar dotación de material de limpieza de camas dos (02) al día, es decir, cada cambio de guardia. Por consiguiente los Kg. de ropa se duplican y también hay que sumar las eventualidades u emergencias: vómitos, diarreas, derrames, fallecimientos, entre otros. Por consiguiente: Se requieren 12 rondas de lavado para lavar la dotación de ropa para los dos (02) cambios de guardia. Y si cada lavadora consume 90 L.. de agua entonces, la cantidad de agua caliente sanitaria (C<sub>ACS</sub>) requerida se calcula con la siguiente expresión:

$$C_{ACS} = N^{\circ} \text{ de lavadoras (N}^{\circ}\text{L)} * \text{Litros de agua por lavadora} * \text{Rondas de lavado total (R}_{LT})$$

$$\mathbf{C_{ACS} = N^{\circ}\text{L} * 90 \text{ L.} * R_{LT}}$$

$$C_{ACS} = 6 * 90 \text{ L.} * 12 = 6.480 \text{ L}$$

$$\mathbf{C_{ACS} = 6.480 .}$$

Y tomando en cuenta las emergencias y eventualidades próximas a un 25% por guardia la cantidad de agua será:

$$C_{ACS} = 6.480 \text{ L} * 1.25$$

$$\mathbf{C_{ACS} = 8.100 .}$$

#### **4.3 Selección del sistema de energía solar acorde a los requerimientos del área de lavandería del hospital.**

Para Tarifasgaslux, existen tres tipos de energía solar: fotovoltaica, térmica y pasiva, donde:  $e$  es para producir electricidad por conversión fotovoltaica;  $e$  es para producir calor y agua sanitaria por conversión térmica y la  $e$  es para el aprovechamiento de la energía solar sin tecnología extra para transformarla. Tomando en cuenta esto y que el área de lavandería requiere agua caliente, el sistema de energía solar más acorde, es el sistema de colectores solares, ya que el mismo, estará a la temperatura media que debe estar el agua para uso sanitario en el depósito de acumulación la de 45°C y la cantidad de calor necesaria será la que debe aportar para elevar la cantidad de agua a consumir desde la temperatura de la red hasta los 45°C.

Esta temperatura variará en función del mes año y se obtiene a partir de la fórmula:

$$Q = mC_e$$

Donde:

$e$  es el salto térmico existente entre los 45°C y la temperatura media del agua de la red de servicio.

$Q$  es la cantidad de calor expresada en kilocalorías o termias dependiendo de si  $m$ , masa de agua a calentar, se expresa en kilogramos o en toneladas. Ese valor deberemos pasarlo a julios o mejor a megajulios.

$C_e$  es el calor específico del agua que vale 1 kcal/kg°C o 1termia/tonelada°C.

Para obtener el consumo energético en la lavandería del Hospital Dr. Luis Razzetti se procede realizando los siguientes pasos:

#### 4.3.1 Índice o porcentaje de ocupación.

Este % de ocupación depende del uso, dado que en este caso es un hospital el % de ocupación es del 100 % para todos los meses del año, el cual se puede observar en la columna 1 de la tabla 21.

#### 4.3.2 Consumo de agua caliente sanitaria mensual $m^3(C_{ACS})$

Para este cálculo se toma en cuenta el % de ocupación, los días de cada mes, el N° de camas y los litros de agua por cama de acuerdo al uso mostrados en la tabla 5.

$$C_{ACS} = \% \text{ ocup} * \text{días mes} * N^{\circ} \text{ camas} * L. \text{ agua/cama}$$

**Tabla 5** Criterio de consumo de agua por uso

Criterio de consumo	Litros/día
Viviendas unifamiliares	40 p/persona
Viviendas multifamiliares	30 por persona
Hospitales y clínicas	80 por cama
Hoteles (4 estrellas)	100 por cama
Hoteles (3 estrellas)	80 por cama
Hoteles/Hostales (2 estrellas)	60 por cama
Campings	60 por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 estrella)	50 por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	80 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	20 por servicio

Manual Criterios de energía Solar y Eólica

Con todos los datos se procede a calcular el consumo mensual de ACS en m<sup>3</sup> para cada uno de los meses del año.

Por ejemplo el consumo mensual del mes de enero expresado en litros es:

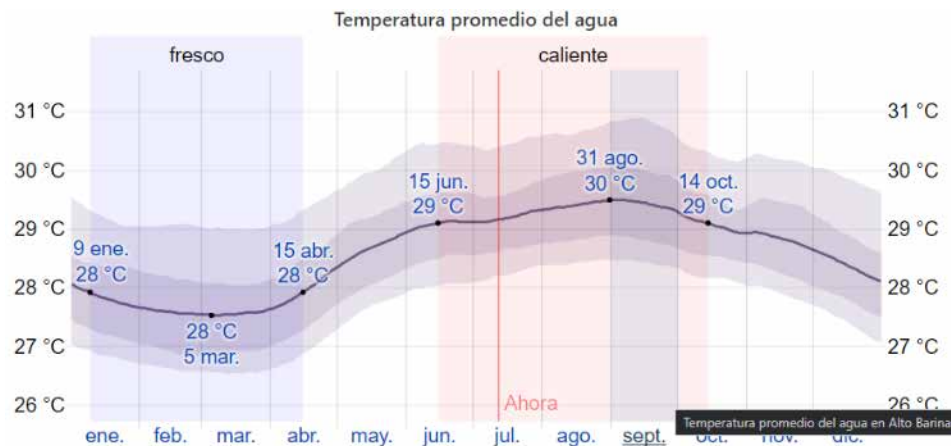
$$1 * 31 * 335 * 80 = 830.800,00 = 830.8 \text{ m}^3$$

N° de día mes  
Litros de ACS + cama a 45°C  
% de ocupación  
N° de camas

Los resultados por mes se pueden observar en la columna 2 de la tabla 21.

#### 4.3.3 Temperatura de la red

Para este dato se tomaron las temperaturas mensuales promedio del estado Barinas de MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA, como se puede apreciar en la figura 30. Y cuyo resultado se muestra en la columna 3 de la tabla 21.



**Figura 30.** Temperatura del agua del estado Barinas

**Fuente.**

**Tabla 6.** Temperatura promedio de la red

Mes	Temp. Min	Temp. Máx	Temp. Prom
ene	27,5	28	27,75
feb	27,5	27,7	27,6
mar	27,5	27,7	27,6
abr	27,7	28,5	28,1
may	28,5	29	28,75
jun	29	29,2	29,1
jul	29,2	29,4	29,3
ago	29,4	29,5	29,45
sep	29,5	29,2	29,35
oct	29,2	29	29,1
nov	29	28,7	28,85
dic	28,7	28,2	28,45

**Fuente.** Villamizar (2021)

#### 4.3.4 Salto térmico ( ) .

Este se obtienen, mediante la diferencia entre la temperatura de uso, es decir, la temperatura final que se quiere en el acumulador, en este caso 45°C, y la del agua de la red dependiendo del mes del año, la cual se observar en la columna 4 de la tabla 21.

**Tabla 7. Salto térmico**

Mes	Temp. Min	Temp. Máx	Temp. Prom	Temp. Sistema	Salto térmico
ene	27,5	28	27,75	45	17,25
feb	27,5	27,7	27,6	45	17,4
mar	27,5	27,7	27,6	45	17,4
abr	27,7	28,5	28,1	45	16,9
may	28,5	29	28,75	45	16,25
jun	29	29,2	29,1	45	15,9
jul	29,2	29,4	29,3	45	15,7
ago	29,4	29,5	29,45	45	15,55
sep	29,5	29,2	29,35	45	15,65
oct	29,2	29	29,1	45	15,9
nov	29	28,7	28,85	45	16,15
dic	28,7	28,2	28,45	45	16,55

Fuente. Villamizar (2021)

### Termias mensuales

Una termia, (símbolo: th) es una unidad de energía, equivalente a 1 millón de calorías. Y es el requerimiento de energía que se necesita para llevar la temperatura del agua de red mensual a los 45 °C, mediante la expresión anteriormente mencionada, la cual se observar en la columna 5 de la tabla 21.

$$1 \text{ * } 830,8 \text{ * } 16,5 = 13.708,2 \text{ termias}$$

Masa de agua en toneladas
Salto térmico

Calor específico del agua

### 4.3.6 Mega joule mensuales (MJ)

Para obtener los mega joule mensuales, hay que llevar las termias a mega julios: 1 termia es igual a 4,184 MJ. Para ello se multiplica la columna 5 de la tabla 21 por 4.184 MJ, obteniéndose los valores de la columna 6 de la tabla 21.

$$13.708,2 \text{ * } 4,184 \text{ MJ} = 57.355,11 \text{ MJ}$$

Factor de conversión

Termias mes de enero

#### 4.3.7 Mega joule diarios

Este se obtiene de dividir los MJ mensuales entre los días del mes, los cuales se pueden observar en la columna 7 de la tabla 21.

#### 4.3.8 Energía aprovechable (E)

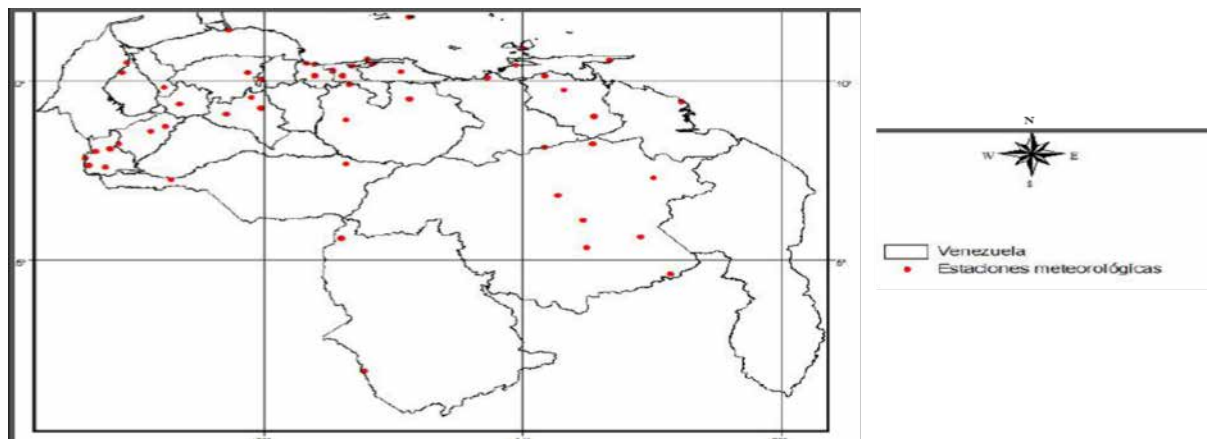
Es la energía aprovechable que incide en un día medio de cada mes sobre cada m<sup>2</sup> de superficie del colector solar. Para esto se debe conocer la irradiación solar diaria/mensual/anual del lugar donde se va a colocar los colectores u sistema de colectores. La clasificación de la radiación solar según su potencial (ver Tabla 8).

**Tabla 8** Clasificación de la radiación solar según su potencial

<b>RADIACION SOLAR</b> (KWh/dia)	<b>Clasificación</b>
<4,7	Marginal
4,7 a 4,9	Regular
4,9 a 5,2	Bueno
5,1 a 5,5	Excelente
5,5 a 6,1	Premium
>6,1	Supremo

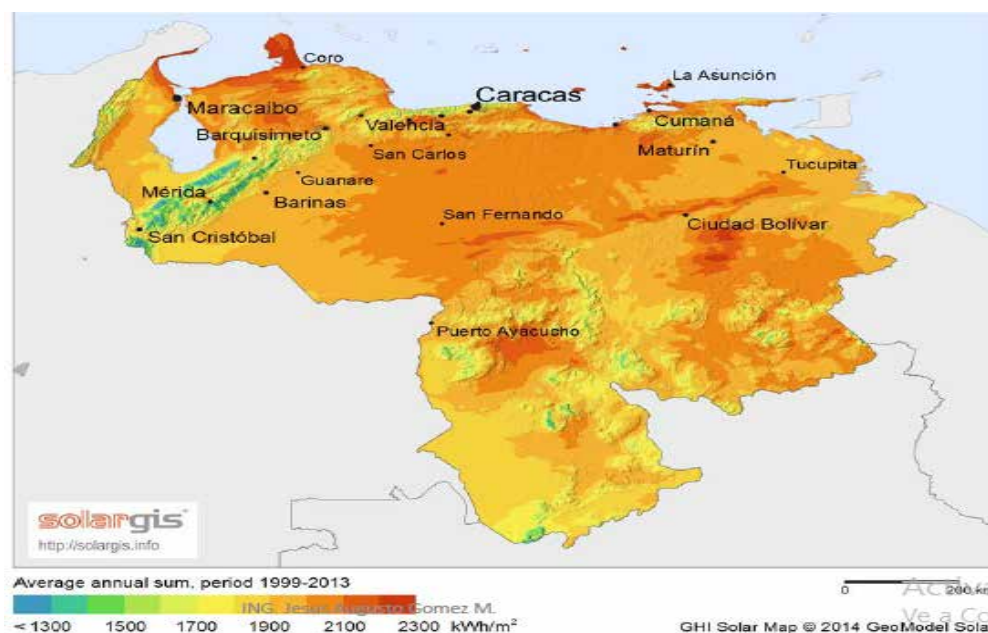
**Fuent** La Cruz E. (2005)

En Venezuela hay un aproximado de 50 estaciones meteorológicas, que miden el potencial de energía solar del país, las cuales se pueden observar en la figura 31.



**Figura 31** Estaciones meteorológicas de Venezuela  
**Fuente.** Posso F., González J., Guerra F. y Gómez H.

Y la radiación media anual se puede observar en la figura 32.



**Figura 32.** Radiación media anual  
**Fuente.** GHI Solar Map (2014) Geo Model Solar

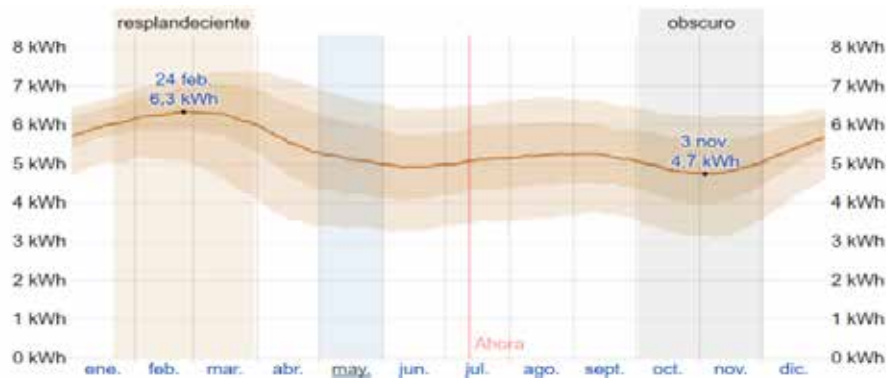
En la Tabla 9, se pueden observar el promedio de la radiación solar mensual en algunos de los centros de medición.

**Tabla 9** Radiación solar promedio en los centros de medición

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	Promedio Anual (KWh/m2/día)	Promedio Anual (KWh/m2/Año)
Nor oriente	6,09	6,66	7,24	7,14	6,81	6,67	6,89	7,04	6,96	6,50	5,89	5,71	6,63	2419,95
Orinete	5,04	5,34	5,79	5,74	5,37	5,05	5,14	5,33	5,52	5,29	4,88	4,79	5,27	1923,80
Oriente 2	5,05	5,48	5,85	5,79	5,32	5,08	5,20	5,43	5,61	5,48	5,09	4,88	5,36	1953,59
Sn Carlos	5,29	5,50	5,64	5,05	4,68	4,55	4,80	4,97	5,12	4,95	4,80	4,87	5,02	1830,77
Lara	5,19	5,43	5,73	5,20	5,22	5,61	5,83	5,84	5,57	5,09	4,90	4,83	5,37	1959,06
Falcon E	5,19	5,61	6,10	5,77	5,66	5,86	6,05	6,13	5,85	5,27	4,95	4,82	5,61	2044,79
Falcon O	5,91	6,46	6,93	6,61	6,37	6,53	6,85	7,01	6,56	5,96	5,66	5,45	6,36	2319,62
Zulia N	5,21	5,68	6,10	5,85	5,66	6,03	6,22	6,12	5,64	5,20	4,91	4,88	5,63	2052,09

**Fuente.** NASA Surface meteorology and Solar Energy

Y la radiación solar en Barinas se puede observar en la figura 33.



**Figura 33.** Radiación media anual Barinas

**Fuente.** MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA.

La tabla 10 muestra la radiación promedio mensual del estado Barinas

**Tabla 10.** Radiación promedio

<b>Barinas</b>	<b>kWh</b>
ene	6,00
feb	6,25
mar	6,15
abr	5,60
may	5,10
jun	5,00
jul	5,05
ago	5,15
sep	5,15
oct	4,90
nov	4,85
dic	5,40
<b>Promedio anual</b>	<b>5,38</b>

**Fuente** Villamizar (2021)

Coordenadas del estado Barinas: Latitud: 8.63048 Longitud: -70.2099  
 Latitud: 8° 37' 50" Norte Longitud: 70° 12' 36" Oeste

Para el cálculo de E, se procede a multiplicar la irradiación H, por un factor de corrección K, que es en función de la latitud del lugar y de la inclinación de los colectores, para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$E = K * H$$

Como en todo cálculo de energía hay que tomar en cuenta las pérdidas del sistema, estas suelen estimarse en un 6%. Por lo que la expresión queda:

$$E = 0.94 * K * H$$

El K depende del ángulo de inclinación donde se va a realizar la instalación, ya que la incidencia de la radiación solar varía durante el año y por ende varía acorde a la inclinación de los colectores solares. Es por ello que en muchas ocasiones hay que cambiar la inclinación de los paneles de acuerdo a las estaciones. Situación que no afecta al caso en estudio, ya que Venezuela está cerca del ecuador y para el caso en estudio se seleccionó una inclinación de 15<sup>a</sup> ya que con esta inclinación es auto limpiante.

Si se toma en cuenta las tablas de la empresa Certificación Energética, el factor de corrección promedio, para la latitud del municipio Barinas del Estado Barinas y un ángulo de inclinación de 15<sup>a</sup>, **K = 0.995**.

#### 4.3.9 Cálculo de la energía total incidente.

La irradiación diaria incidente total teórica, E, por m<sup>2</sup> de superficie colectora, teniendo en cuenta que los colectores están inclinados, viene dada por la expresión:

$$E = K * H \text{ corregida}$$

La H corregida está dada de acuerdo al lugar donde se va a instalar el sistema y esta depende de: lugar limpio de polución (1.05); normal (1) y lugar con polución 0,95 (este factor de corrección algunos diseñadores no lo toman en cuenta, por lo que es a criterio del mismo), en este caso se toma con polución .Así mismo, hay que tomar en cuenta las pérdidas, que en este caso es debido a la diferencia de temperatura, Por lo tanto, es necesario tomar en cuenta las pérdidas de energía debidas a los momentos del día en que la intensidad del sol está debajo de la umbral (radiación o intensidad umbral, cuyo valor en base a la experiencia es de unos 200W/m<sup>2</sup>. Estas pérdidas se estiman como se mencionó anteriormente en un 6%.

$$0,94 * 1,07 * 20,52 \text{ MJ/m}^2 = 57.355,11 \text{ MJ}$$

K. Factor de corrección por inclinación de colectores  
 ↑  
 ↓  
 H. Energía por m<sup>2</sup> de superficie horizontal corregida

←  
 Factor de corrección por radiación umbral

El valor de E por mes, se aprecia en la columna 11 de la tabla 21

#### 4.3.10 Cálculo de la intensidad útil

Como se mencionó anteriormente la radiación solar sobre los colectores varía durante el transcurso del día, es por ello que, para los cálculos, se debe definir una intensidad media útil como el cociente entre la energía útil incidente dividido por las horas útiles que el sol se encuentra en el horizonte, descontando las horas por debajo de la intensidad umbral anteriormente definida. Y estas se pueden apreciar en la tabla 11.

**Tabla 11.** Número medio de horas diarias de sol útiles (intensidad por encima de la de umbral)

Latitud	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
De +25° a +45° (Hemisf. Norte)	8,00	9,00	9,00	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,00	9,00	8,00	7,50
De -25° a +25° (Zona Ecuatorial)	8,75	9,25	9,50	9,25	9,75	8,50	8,75	9,25	9,50	9,25	8,75	8,50
De -25° a -45° (Hemisf. Sur)	9,50	9,50	9,00	9,00	8,00	7,50	8,00	9,00	9,00	9,00	9,50	9,50

**Fuente:** MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA

Para obtener la intensidad en  $W/m^2$ , es necesario, realizar las conversiones de horas a segundos y los Megajulios a Julios.

#### 4.3.11 Horas diarias útiles de sol

Como se mencionó anteriormente Venezuela está próxima al ecuador por consiguiente se toma la incidencia del sol: De  $-25^\circ$  a  $+25^\circ$  (Zona Ecuatorial), la cual está reflejada en la columna 12 de la tabla 21.

#### 4.3.12 Intensidad radiante

La intensidad incidente sobre una superficie varía en el transcurso del día. Consecuentemente para realizar los cálculos, se debe trabajar con un valor promedio diario. El cuál es el cociente entre la energía solar incidente aprovechable a lo largo

del día por m<sup>2</sup> y las horas de sol útiles, en otras palabras, dividir la columna 11 entre la 12 de la tabla 21, y se puede apreciar en la columna 13 de la misma tabla

Donde:

I. La intensidad radiante deberá estar expresada en W/m<sup>2</sup>.

Por lo tanto, la energía que está expresada en MJ se debe pasarla a Joule multiplicando por 10<sup>6</sup>

El tiempo está expresado en horas, por lo que se debe de llevar a segundos multiplicando por 3600.

—

—————

$$I = 655.21$$

#### 4.3.13 Rendimiento del colector(

El rendimiento de un colector es la última barrera que se tiene que tomar en el diseño de un sistema solar térmico y este dato que lo facilita el fabricante. Esta viene dado por la expresión:

$$= a - b (t_m^0 - t_a^0) / I$$

Donde:

La constante a, es el rendimiento óptico o factor de ganancia del colector.

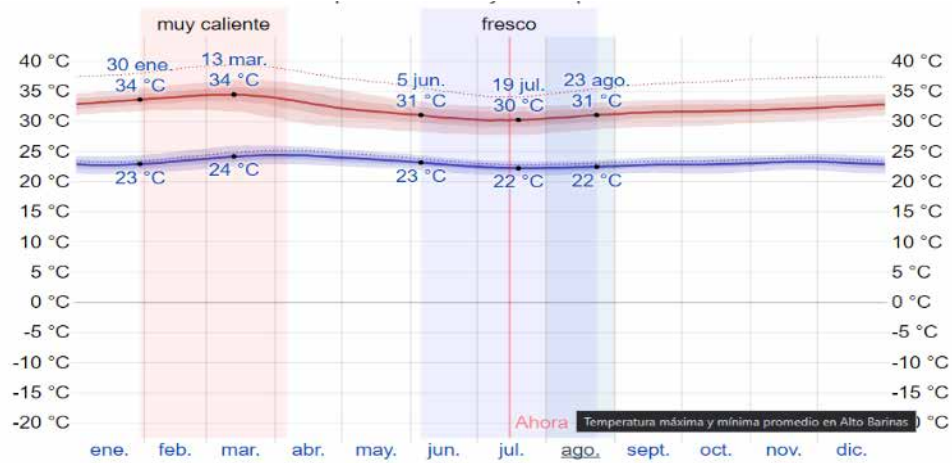
La constante b, es el coeficiente de pérdidas o factor de pérdidas.

t<sub>m</sub><sup>0</sup>, es la temperatura media del ACS en el acumulador y que si no nos indican lo contrario siempre será de 45°.

t<sub>a</sub><sup>0</sup>, es el valor de la temperatura ambiente media diaria durante las horas de sol para cada uno de los meses del año y cada localidad.

#### 4.3.14 Temperatura ambiente.

Dato requerido para calcular el rendimiento del colector, la temperatura ambiente del estado Barinas (figura 34 y tabla 12). (y el promedio se aprecia en la columna 14 de la tabla 21).



**Figura 34.** Temperatura ambiente Barinas  
**Fuente.** MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA.

**Tabla 12.** Temperatura ambiente

Mes	Temp. Min.	Temp. Máx	Temp. Prom
ene	23	34	28,5
feb	23	34	28,5
mar	24	34	29
abr	24	34	29
may	24	34	29
jun	23	31	27
jul	22	30	26
ago	22	31	26,5
sep	22	31	26,5
oct	23	32	27,5
nov	23	32	27,5
dic	23	34	28,5

**Fuente** Villamizar (2021)

#### 4.3.15 Rendimiento instantáneo del colector.

Para ello, se requiere seleccionar el colector, el colector seleccionado es: Magnum 25 L, figura 35, cuyas características se pueden apreciar en la tabla 13



**Figura 35.** Colector solar Magnum 25 L

**Fuente.** Catálogo del Fabricante

**Tabla 13** Características técnicas del colector Magnum 25L

<b>COMPONENTES</b>	
Absorbedor	Lámina de cobre con recubrimiento selectivo de óxido de titanio y parrilla de 12 tubos de cobre de Ø 8 mm unida a 2 tubos colectores de cobre de Ø 22 mm
Cubierta transparente	Vidrio solar de seguridad y bajo contenido en hierro, templado, de espesor 4 mm.
Caja captador	Marco y fondo de perfil de aluminio anodizado.
Aislamiento térmico	Lana mineral de 50 mm de espesor.
Conexiones	4 uniones roscadas de 1", en un lado son uniones macho y en el otro hembra.
<b>Características constructivas y dimensionales</b>	
Dimensiones externas (mm)	2063 x 1224 x 100 (2,53 m <sup>2</sup> )
Dimensiones absorbedor (m <sup>2</sup> )	2,35
Dimensiones apertura (m <sup>2</sup> )	2,36
Peso en vacío (kg)	45
Capacidad de líquido (l)	1,7
<b>Características funcionales</b>	
Presión máxima de trabajo (bar)	10
Temperatura de estancamiento (°C)	210
Fluido de trabajo	Agua o agua + anticongelante
<b>ABSORTIVIDAD Y EMISIVIDAD</b>	95% - 5%
<b>CURVA DE RENDIMIENTO</b>	
$\eta = \eta_0 - a_1 (\Delta T/G) - a_2 \Delta T^2/G$	$\eta_0: 0,803$ Coeficiente de pérdidas $a_1: 2,956 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Coeficiente de pérdidas $a_2: 0,034 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$
Referente al área de apertura	Contraseña Certificación: NPS-11207

**Fuente** Manual del fabricante (Disol)

Y la curva de rendimiento de este colector viene dada por la expresión:

$$= 0.803 - 3.492 [(t_m - t_a) / I] - 0.009 * [(t_m - t_a)^2 / I]$$

Y la temperatura en el interior del colector para ACS es de 45°C, las pérdidas se tomaron en 6 %. Por consiguiente la expresión queda:

$$= 0.94 * 0.803 - 3.492 [(t_m - t_a) / I] - 0.009 * [(t_m - t_a)^2 / I]$$

Entonces, sustituyendo en la expresión, para el mes de enero será:

$$\begin{aligned}
&= 0.94 * 0.803 - 3.492 [(45 - 28.5) / 655.21] - 0.009 * [(45 - 28.5)^2 / 655.21] \\
&= 0.663321 \\
&= \mathbf{66.33}
\end{aligned}$$

Los datos del rendimiento del colector para cada mes del año se pueden apreciar en la columna 15 de la tabla 21.

#### 4.3.16 Cálculo de la energía útil y superficie requerida.

por uno, será la energía media diaria útil por metro cuadrado de colector que se puede obtener en un determinado mes. Para calcular los m<sup>2</sup> requeridos de superficie colectora para cubrir las necesidades energéticas anuales, dividiendo éstas últimas por la suma de la energía útil por m<sup>2</sup> de superficie en cada uno de los meses del año. Aportación solar por m<sup>2</sup> y esta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{\text{útil}} = \text{ * } E$$

Por ejemplo para el mes de enero:

$$E_{\text{útil}} = 0.6633 * 20.64 \text{ MJ/m}^2 = 13.69 \text{ MJ/m}^2$$

$$E_{\text{útil}} = \mathbf{13.69}$$

Los resultados por mes se observan en la columna 16 de la tabla 21.

#### 4.3.17 Energía disponible al día por m<sup>2</sup>.

La energía diaria que aportan los colectores no coincide con la disponible para el consumo, debido a que en los elementos de la instalación generan pérdidas, principalmente en el acumulador. Y estas pérdidas no se encuentran en los datos de los fabricantes, por consiguiente se estimaron entre el 15 o el 20 %. En este caso se tomó el 20 %. Por lo tanto la energía neta será:

$$E_{\text{neta}} = \mathbf{0.8} * \text{ * } E_{\text{útil}}$$

Por ejemplo para el mes de enero:

$$E_{\text{neta}} = 0.8 * 0.6633 * 20.64 \text{ MJ/m}^2 = 10.91 \text{ MJ/m}^2$$

$$E_{\text{neta/día}} = \mathbf{10.91}$$

Los resultados por mes se observan en la columna 17 de la tabla 21. Y para obtener la energía disponible mensual, se multiplica la energía neta diaria por los números de día mes, la cual se puede observar en la columna 18 de la tabla 21. Con la sumatoria de estos valores se obtiene la energía total anual va a proporcionar la instalación, que en este caso es 3.199.48 MJ/m<sup>2</sup>.

Tomado en cuenta este dato se procede a calcular los m<sup>2</sup> requeridos para cubrir el requerimiento energético. El cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{m}^2 \qquad \qquad \qquad \text{E neta disp. mes por m}^2 \text{ MJ/m}^2$$

$$\text{m}^2 \text{ de superficie colectora} = 421.579,84 \text{ MJ} / 3199,48 \text{ MJ/m}^2$$

$$\text{m}^2 \text{ de superficie colectora} = 131.765 \text{ m}^2$$

#### 4.3.18 Cálculo del N° de colectores.

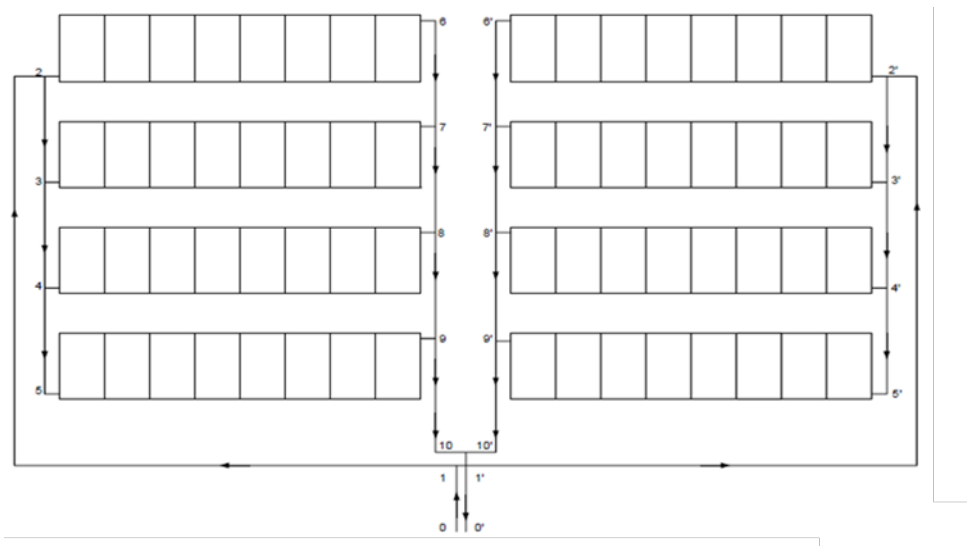
Este es dato final y el más importante del diseño, y este se obtiene mediante el cociente del número de m<sup>2</sup> de superficie colectora necesaria por la superficie de abertura del colector seleccionado, que en este caso es el Magnum 25L, cuya superficie de apertura es de 2,42 m<sup>2</sup>.

$$\text{N}^\circ \text{ de colectores} = \text{m}^2 \text{ de superficie colectora} / \text{apertura del colector m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de colectores} = 131.765 \text{ m}^2 / 2.42 \text{ m}^2 = 54.448$$

$$\text{N}^\circ \text{ de colectores} \quad 55$$

Para aplicaciones de ACS los colectores se deben conectar en paralelo y a su vez las filas también se conectan entre sí en paralelo. El N° de colectores que se conectan en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante, y en paralelo el colector usado, el fabricante hace referencia que el máximo de colectores conectados en paralelo para este modelo no debe ser > a 8 para un caudal nominal de 40 l/h·m<sup>2</sup>. Por consiguiente para el caso de estudio será de 6.8 7, pero por ser impar y que el sistema no este desbalanceado se redondea a 8 y la conexión da como resultado un total de 64 colectores, como se aprecia en la figura 36:



**Figura 36.** Instalación solar térmica  
**Fuente** Villamizar (2021)

#### 4.3.19 Energía total.

Teniendo el N° total de colectores, se procede a verificar los m<sup>2</sup> de superficie necesaria para la instalación del sistema solar de colectores. Y se obtienen al multiplicar el N° de colectores por la superficie de abertura en m<sup>2</sup> del colector.

$$\mathbf{m^2 \text{ de superficie colectora} = 64 \times 2,42 = 154,88}$$

Con este dato y el la energía neta disponible para el consumo que suministra cada m<sup>2</sup> de superficie colectora, podemos obtener para cada uno de los meses del año la energía neta disponible (columna 18) para el consumo que suministra la instalación.

Por ejemplo para el mes de enero:

$$E_{\text{total}} = 154,88 \text{ m}^2 \times 339.52 \text{ MJ/m}^2 = 52.584,80 \text{ MJ}$$

$$\mathbf{E_{\text{total}} = 52.584,80}$$

#### 4.3.20 % de sustitución.

Este representa qué fracción del consumo energético se satisface mediante energía solar. Es decir, en los meses en los que la aportación solar sea superior al consumo dicho porcentaje será, lógicamente, igual al 100%. Y esta se obtiene mediante el cociente de la columna 6 y la columna 19 de la tabla 21

Por ejemplo para el mes de enero se tiene:

$$\% \text{ de sustitución} = 34.241,86/55.584,40 = 0.6512$$

$$\% \text{ de sustitución} = 0.6512 * 100 = 65.12$$

$$\% \text{ de sustitución} = 65.12$$

#### 4.3.21 Déficit energético.

Representa la energía auxiliar que hay que aportar en los meses en que la energía solar no es suficiente por sí sola para cubrir el 100% de las necesidades. Lógicamente el déficit energético será nulo en aquellos meses, en los que, con la instalación solar se cubra el 100% de las necesidades, el cual se calcula:

$$\text{Déficit energético} = \text{Columna 19} - \text{Columna 6}$$

Por ejemplo, en el mes de enero:

$$\text{Déficit energético} = 52.584.40 - 34.241,86 = 18.342,94 \text{ MJ}$$

$$\text{Déficit energético} = 18.342,94 \text{ MJ}$$

Los resultados por mes se observan en la columna 21 de la tabla 21.

#### 4.3.22 Cálculo del tanque de almacenamiento.

Para la aplicación de ACS, el área total de los colectores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:  $50 < V/A < 180$

Donde:

A. Es la suma de las áreas de los colectores en m<sup>2</sup>, y en este caso es de 154,88 m<sup>2</sup>.

V. Es el volumen del depósito de acumulación en litros

El valor recomendado para el volumen de acumulación solar será aproximadamente igual a la carga de consumo diaria.

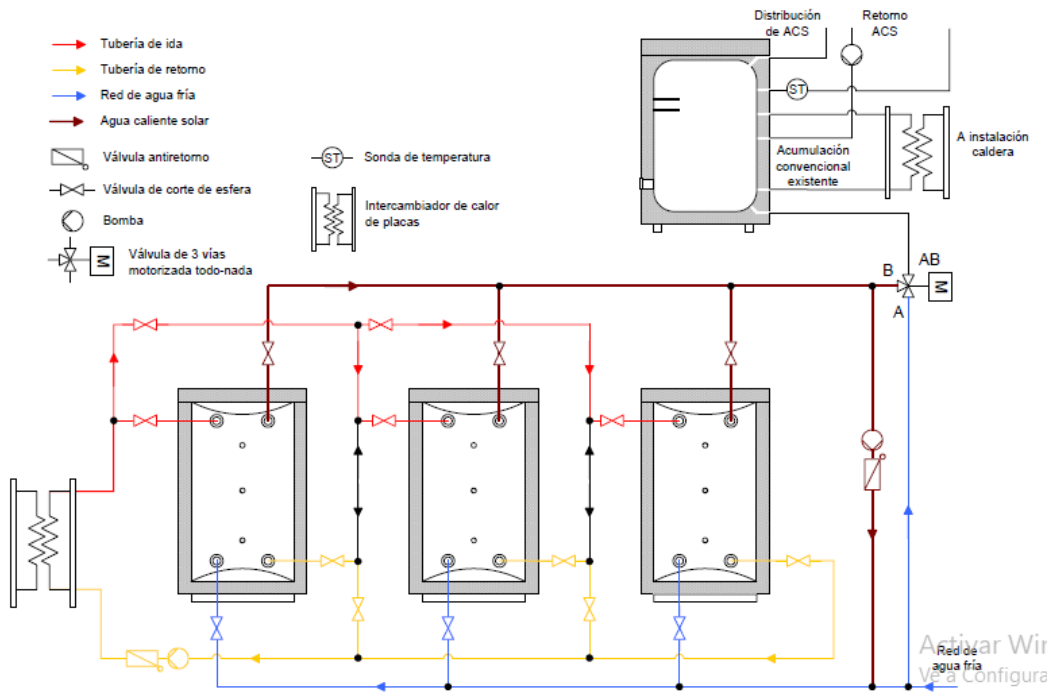
$$\text{N}^\circ \text{ de camas} * \text{L. día}$$

En el caso de estudio se calculó la cantidad de agua caliente sanitaria diaria arrojando que la misma es:

$$C_{ACS} = 8.100$$

Por el tipo de colector el fabricante ofrece tanques de almacenamiento de 5000 L. Por lo que se hace necesarios dos (02) y así obtener una capacidad de 10.000 L. Los mismos se instalaran en serie invertida con el circuito de consumo y se

instalarán llaves de corte que permitan anular uno para actividades de reparación o mantenimientos y su instalación se puede apreciar en la figura 37.



**Figura 37.** Conexión del sistema de almacenamiento Fuente Manual del fabricante de los colectores

Con el volumen de acumulación  $V = 10.000 \text{ L.}$  y la superficie de los colectores  $S = 154.88 \text{ m}^2$ . Se procede a verificar si la condición establecida:  $50 < V/A < 180$ , se cumple:

$$\text{¿}50 < 10.000 / 154.88 < 180\text{?}$$

$$50 < 64.57 < 180$$

Se cumple.

#### 4.3.23 Dimensionamiento de otros componentes.

Ya calculados los  $\text{m}^2$  de superficie de los colectores y el volumen de acumulación necesaria se procede a calcular el resto de los componentes de la instalación, entre los que se pueden mencionar: intercambiador exterior de placas, bombas de circulación, diámetros de tuberías, espesores y tipo de aislantes, vaso de expansión, entre otros.

### Intercambiador exterior.

En el apartado 3.3.4 de la Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, Sistema de intercambio. Establece que para el caso de un intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, debe cumplir la condición:

Donde:

P. Potencia mínima del intercambiador, en W

A. Área de captadores, en m<sup>2</sup>

Anteriormente se mencionó que el sistema está compuesto por 64 colectores y que el área de apertura de los mismos es de 154.88 m<sup>2</sup>, por lo tanto:  $A = 154,88 \text{ m}^2$ . Sustituyendo, se obtiene la potencia del intercambiador:

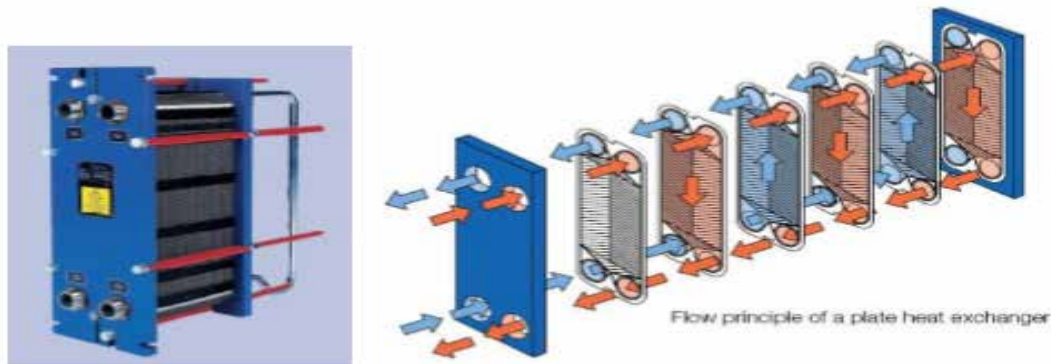
En la tabla 14, se pueden observar algunos tipos de intercambiadores y sus características.

Intercambiadores

Modelo	N° de placas	Paneles	1° Panel 55 °C		2° ACS 45 °C		Potencia
			l/h	MCA	l/h	MCA	kCal/h
M3 FM		5	750	0,81	750	0,81	6000
M3 FM	9	10	1425	2,12	1425	1,08	11400
M3 FM	18	20	2850	1,65	2850	0,98	22800
M3 FM	25	30	4215	2,41	4215	1,03	34200
M3 FM	32	40	5700	2,55	5700	1,02	45600
M3 FM	39	50	7060	2,99	7060	1,01	56400
M6 MFM	13	60	8475	2,51	8475	2,09	67800
M6 MFM	15	0	8800	2,00	8800	2,25	79200
M6 MFM	17	80	11325	2,47	11325	2,00	80500
M6 MFM	19	90	12750	2,63	12750	2,02	102000
M6 MFM	21	100	14100	2,46	14100	2,05	112800

Fuente. Manual del fabricante (FM)

Dado a que el N° de colectores es 64, se seleccionó el M6 MFM de 13 placas (figura 38).



**Figura 38.** Intercambiador M6  
**Fuente,** Manual del fabricante

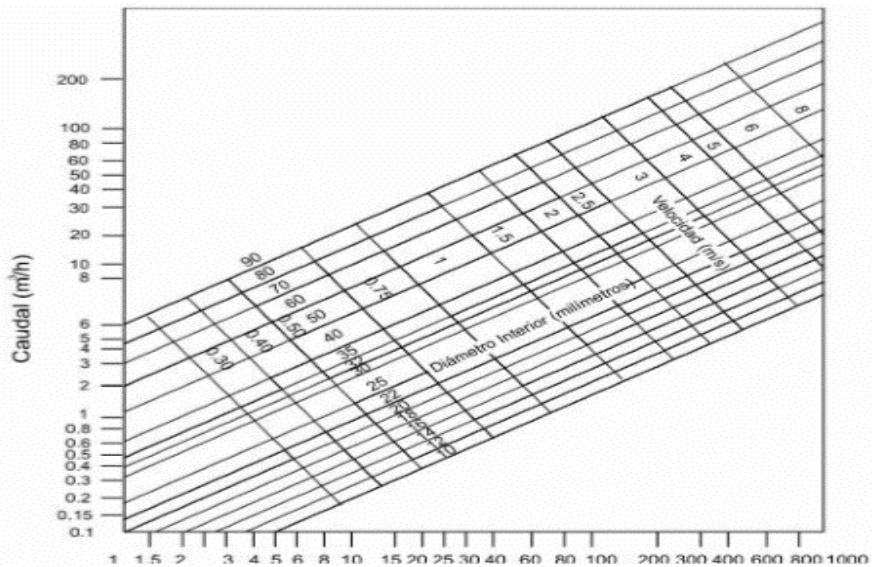
### **Cálculo del diámetro de la tubería.**

En el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE, en el Anexo VII “Componentes” en su apartado “VII.6 Tuberías” indica que el diámetro de las tuberías se selecciona de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería pase por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados. Así como también establece que el dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

El método más sencillo para el cálculo de diámetros de tuberías es la utilización de ábacos. Para ello se deben de tomar en cuenta, cuatro (04) magnitudes:

- P Pérdida de carga.
- P Caudal de circulación.
- P Diámetro de la tubería.
- P Velocidad de circulación del fluido.

Para el cálculo de la tubería se utilizó el ábaco de la figura 39, ya que da la pérdida por rozamiento (mm de columna de agua por metro) para tubería de cobre (diámetro interior en milímetros).



**Figura 39.** Ábaco

**Fuente.** Pabón y Dávila (2000)

En el cálculo de los diámetros de tuberías, los datos que se tienen son: el caudal de circulación y la pérdida de carga unitaria. Que para el caso en estudio se fijó una pérdida de carga unitaria inferior a 20 mmca por m<sup>2</sup>. También se debe tener en cuenta o presente: los tramos de la instalación, la disposición de los colectores, la cual está dispuesta en 8 \* 8 conectado en paralelo (Figura 36).

**Definición de los tramos (ver figura 36)**

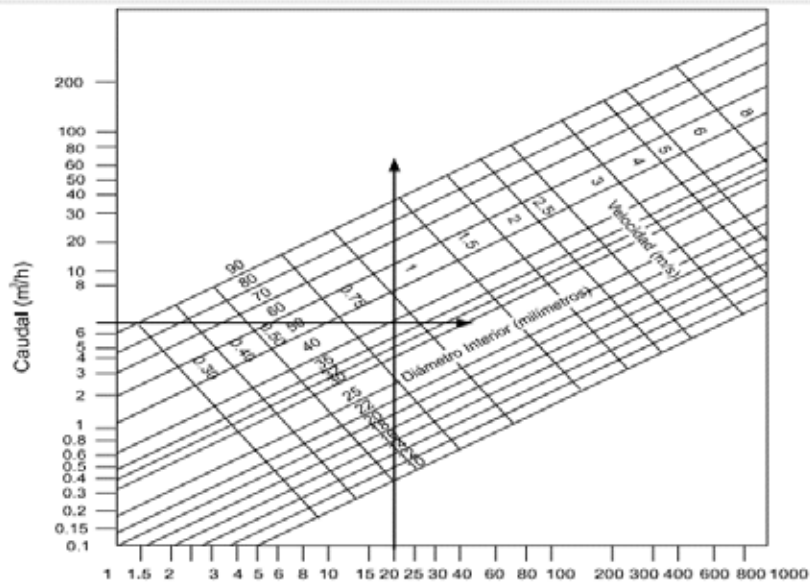
**Tramo 0 – 1**

Este es el tramo que alimenta a todo el sistema, por consiguiente, el caudal se calcula:

$$64 \text{ (colectores)} * 40 \text{ (l/m}^2 \text{ h)} * 2.42 \text{ (m}^2\text{)} = 6.195,2 \text{ l/h} = 6,2 \text{ m}^3\text{h}$$

Con este dato y las pérdidas seleccionadas se va al ábaco.

La intersección de las dos rectas, indica el diámetro interior superior de la tubería 35 mm, por lo que selecciona la inmediata superior que es la que se consigue en el mercado = 40 mm. De esta misma forma se calcula para los diferentes tramos.



**Figura 40.** Cálculo tubería tramo 0 – 1  
**Fuente.** Hunter (2014-2021)

**Tramo 1 – 2 y 9 - 10.** 32 colectores

**Tramo 2 – 3 y 8 - 9.** 24 colectores

**Tramo 3 – 4 y 7 - 8.** 16 colectores

**Tramo 4 – 5 y 6 - 7.** 8 colectores

La parte derecha e izquierda de la instalación son simétricas por lo tanto es la misma tubería. Cuyos resultados se observan en la tabla 15.

**Tabla 15**Tubería

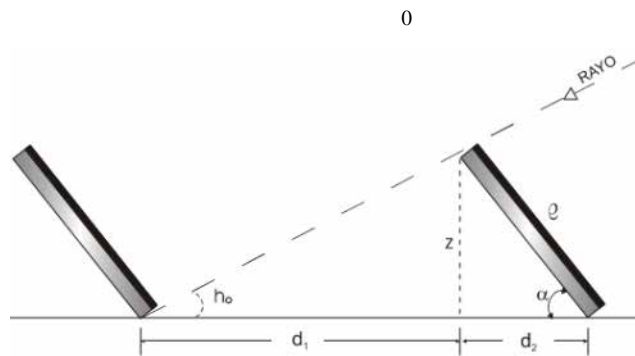
<b>Tramo</b>	<b>Tubería</b>
0 - 1 y 1'- 0'	40/42
1 - 2 y 2'- 1'	33/35
2 - 3 y 2'- 3'	26/28
3 - 4 y 4'- 3'	20/22
4 - 5 y 5'- 4'	16/18
6 - 7 y 7'- 6'	16/18
7 - 8 y 8'- 7'	20/22
8 - 9 y 9'- 8'	26/28
9 - 10 y 10'-9'	33/35

**Fuente.** Villamizar (2021)

El diámetro de la tubería del circuito secundario, también se obtiene a partir del ábaco y para ello se considera que el caudal que circula por dicho circuito al igual que el primario es de unos 6,2 m<sup>3</sup>/h y la pérdida de carga unitaria inferior a 20 mmca por m. por consiguiente la tubería es 40/42.

### Cálculo de la distancia entre colectores

Para el cálculo de la distancia entre las dos (02) baterías de colectores, se utiliza la siguiente expresión:



**Figura 41.** Distancia entre colectores

**Fuente.** Villamizar (2021)

Para el caso en estudio:

$l = 2,065$  m (longitud del colector)

$15^\circ$

$h_0 = (90^\circ - \text{latitud del lugar}) - 23.5^\circ$

Latitud de Barinas: 8.63048 Longitud: -70.2099 Latitud:  $8^\circ 37' 50''$  Norte

Longitud:  $70^\circ 12' 36''$  Oeste.

$$h_0 = 90^\circ - 8^\circ - 23.5^\circ = 58.5^\circ$$

$$h_0 = 58.5^\circ$$

Con estos valores:

$$d = 2,065 \times (\text{sen } 15 / \tan 58.5 + \cos 15) = 2,065 \times (1,312 + 0,766) = 2,065 \times 2,078 = 4,3 \text{ m}$$

Si a este resultado aplicamos un 25% más por motivos de seguridad, la distancia mínima entre filas de colectores será:  $d = d = 1,25 \times 4,3 =$

### Cálculo del aislamiento de la tubería.

Los componentes de una instalación (equipos, aparatos, conducciones y accesorios) se les deben colocar un aislamiento térmico cuando contengan fluidos a temperatura superior a 40°C. El espesor del aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no será inferiores a los valores mostrados en la tabla 16:

**Tabla 16** Diámetro del Amaflex

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (mm) *	Temperatura del fluido °C			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
	20	20	30	40
	20	30	40	40
	30	30	40	50
	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

Nota. Para instalaciones solares de ACS y calefacción se emplearán los datos de la 1ª columna

Catálogo fabricante (Armacell)

Armacell, es el fabricante del aislante Armaflex S (HT), el cual es un aislamiento flexible de espuma elastomérica resistente a altas temperaturas que optimiza la eficiencia de las instalaciones de energía solar térmica para ACS (figura 42).



**Figura 42.** Tubería revestida con Armaflex

Fuente. Armacell

En la tabla 17, se detallan las características técnicas de este aislante.

Tabla 17 Características del Armaflex

Propiedades		Valores Armaflex S (HT)		Valores Armaflex DuroSolar	
<b>Datos Técnicos</b>					
<b>Armaflex S (HT)</b> Breve descripción: Aislamiento térmico flexible de espuma elastomérica para altas temperaturas con recubrimiento de copolímero de poliolefina resistente a los rayos UV y protección mecánica. Campo de aplicación: Tuberías de conexión entre el colector solar y el acumulador de agua en instalaciones de energía solar y otras aplicaciones. Gama de productos: presentación en coqueillos resistentes de 2m de longitud.					
<b>Armaflex DuroSolar</b> Breve descripción: 2 tuberías de cobre o acero inoxidable corrugado presostáticas con aislamiento flexible de espuma elastomérica para altas temperaturas HT/Armaflex, con un recubrimiento de copolímero de poliolefina. Campo de aplicación: Conexión entre el colector solar y el acumulador de agua de una manera profesional en instalaciones de energía solar térmica y otras aplicaciones. Gama de productos: presentación en roles presostáticos, de tubería de cobre o acero inoxidable corrugado.					
<b>Propiedades</b>					
Rango de aplicación		+ 150° C (+ 175° C *)		+ 150° C (+ 175° C *)	
Temperatura máx.		- 50° C		- 50° C	
Temperatura mín.					
Conductividad térmica λ según EN ISO 8487		λ 20° C: 0,040 W/(m·K)		λ 0° C: 0,040 W/(m·K)	
λ 40° C: 0,045 W/(m·K)					
Comportamiento en caso de incendio según DIN 4102		DIN 4102-B2		DIN 4102-B2	
Resistencia a los Rayos UV según ISO 4892 / 2		Buena		Buena	
Tuberías de cobre		-		DIN EN 1057	
Conexiones mecánicas recomendadas		-		DIN EN 1224	
Radio de curvatura en tuberías de cobre		-		Máx. ø1 diámetro externo	
Tuberías de acero inoxidable corrugado		-		acero inoxidable austenítico X6CrNiMoTi17122	
<small>*sólo para tuberías de cobre con un diámetro exterior de 15 mm a 30 mm.</small>					
<b>Gama de producto</b>					
<b>Armaflex S (HT)</b>				<b>Coqueillo, 2 m</b>	
Tubería de cobre Cu		Tubería de hierro Fe		Armaflex Coqueillo	
Ø exterior mm	Pulgadas	Ø exterior mm	Pulgadas	Ø int. mínima coqueillo Armaflex	25 mm (int)
15	5/8	13,5	1/2	16,5-18,5	HT-30K215-DWH
18	3/4	17,2	3/8	19,5-21,5	HT-30K218-DWH
22	7/8	21,3	1/2	23,5-25,5	HT-30K222-DWH
26	1 1/8	26,9	3/4	29,5-31,5	HT-30K226-DWH
30	1 3/8	33,7	1	36,5-38,5	HT-30K230-DWH
<small>Armaflex S (HT) puede suministrarse en espesor de 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150 mm.</small>					
<b>Armaflex DuroSolar</b>				<b>Aislamiento</b>	
		Tubería		Aislamiento	
		Ø exterior de tubería mm	Grosor de pared en mm	Ø exterior mm	Grosor de pared en mm
Armaflex DuroSolar CU 15 mm		15	0,8	43	54
Armaflex DuroSolar CU 18 mm		18	1,0	46	54
Armaflex DuroSolar VA DN 16		21,5	0,5	51	54
Armaflex DuroSolar VA DN 20		26,5	0,3	56	54
<small>Ø int. mínima aislamiento 50 mm para cobre y 55 mm para acero inoxidable.</small>					

Fuente. Armacell

### Cálculo de la bomba de circulación.

Para la selección de la bomba de circulación se necesita conocer:

El caudal de fluido que debe circular por la instalación.

Las pérdidas de carga total de la instalación que la bomba tiene que vencer.

El caudal del fluido en los colectores del circuito primario es un dato que ya se calculó y es = 6,2 m<sup>3</sup>/h. En cuanto a las pérdidas de carga de este circuito, se debe calcular:

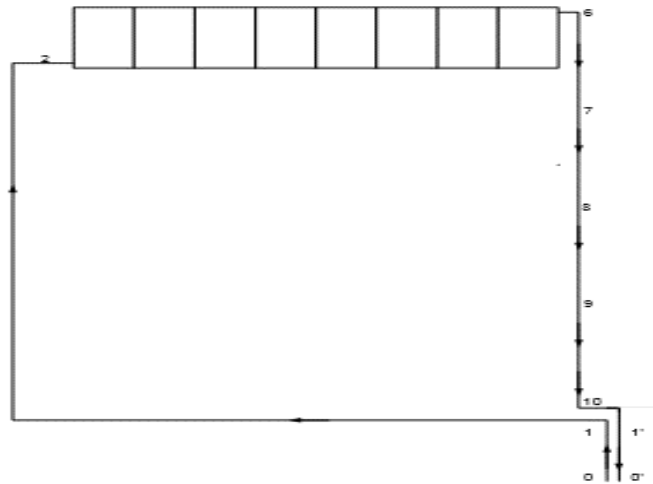
Pérdidas de carga en la red de tuberías (lineales).

Pérdidas de carga locales en accesorios.

Pérdidas de carga en colectores.

### Pérdidas de carga en el intercambiador.

Las pérdidas de carga en la red de tuberías se calculan multiplicando la pérdida de carga unitaria por metro, establecida en 20 mmca por m, por la longitud total de tubería. A continuación, se muestra el cálculo para una batería ya que la bomba que se seleccione si es capaz de vencer las pérdidas de carga para esta batería será capaz de hacerlo para cualquiera de las baterías restantes de la instalación debido a que la longitud del camino de ida y retorno para el fluido es el mismo para todas por tratarse de un circuito equilibrado hidráulicamente. En el caso de que el sistema no estuviese equilibrado se elegiría para el cálculo la batería más alejada a la bomba.



**Figura 43.** Diagrama circulación del agua

**Fuente.** Villamizar (2021)

La longitud de los tramos es:

Tramo 0-

Tramo 1-

Tramo 3 – 4    5.5 m

Tramo 4 – 5    5.5 m

Tramo 6-

Tramo 7-

Tramo 8-

Tramo 9-

Tramo 1'-

Longitud total de tuberías ( $L_{tt}$ )= 12 + 32,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 5,5 + 12 = 83 m, para la línea primaria y secundaria por consiguiente la longitud total de la tubería es = 166 m

$$L_{tt} = 166 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga por batería de colectores, se toman los suministrados por el fabricante Disol para el colector seleccionado (tabla 18).

**Tabla 18.** Pérdidas por baterías de colectores

Pérdidas de carga por batería													
2 captadores		3 captadores		4 captadores		5 captadores		6 captadores		7 captadores		8 captadores	
l/h·m <sup>2</sup>	mmca	l/h·m <sup>2</sup>	mmca	l/h·m <sup>2</sup>	mmca	l/h·m <sup>2</sup>	mmca	l/h·m <sup>2</sup>	mmca	l/h·m <sup>2</sup>	mmca	l/h·m <sup>2</sup>	mmca
40	39,41	40	104,19	40	219,51	40	400,73	40	663,23	40	1022,37	40	1493,53
45	45,96	43	117,86	43	242,86	42	436,32	42	713,62	41	1090,13		
50	53,15	47	132,49	45	267,48	44	473,51	43	765,93	43	1160,12		
55	60,99	50	148,08	48	293,39	46	512,30	45	820,17	44	1232,36		
60	69,46	53	164,63	50	320,58	48	552,69	47	876,32	46	1306,84		
		57	182,14	53	349,06	50	594,68	48	934,39	47	1383,55		
		60	200,61	55	378,81	52	638,28	50	994,39	49	1462,51		
				58	409,84	54	683,47	52	1056,31				
				60	442,15	56	730,27	53	1120,14				
						58	778,66	55	1185,90				
						60	828,66	57	1253,58				
								58	1323,18				
								60	1394,71				

Catálogo del fabricante

De la tabla se fija, las **pérdidas de carga para una batería de 8 captadores** conectados en paralelo son de 1493,53 mmca.

Para el cálculo de las **pérdidas de carga locales (P<sub>l</sub>)** se utilizar el procedimiento es expresar estas como un porcentaje de las pérdidas de carga lineales de la instalación, generalmente entre un 20% y un 30% dependiendo de la cantidad de curvas y complejidad de la instalación. Para esta instalación se fijó en 30 %.

De este modo, las pérdidas de carga locales en accesorios, P<sub>l</sub>:

$$P_l = 0,3 \times 1.493,53 = 448,06$$

Las **pérdidas de carga en el intercambiador** son un dato que facilita el fabricante del mismo. En este caso el fabricante indica que para el intercambiador modelo M6-FG son de 2.510 mmca. Por consiguiente, se tiene:

$$P_T = 2.510$$

Teniendo estos datos, se procede a calcular la **pérdida de carga total** del primario de la instalación:

$$P_T = 1.493,53 + 448,06 + 2.510 = 4.451,6$$

Conocido el caudal necesario y la pérdida de carga total que tiene que vencer la bomba, mediante el diagrama caudal-presión de la bomba suministrado por el fabricante se puede seleccionar el modelo adecuado. Para la instalación diseñada la bomba tendrá que suministrar un caudal de 6,2 m<sup>3</sup>/h y deberá ser capaz de vencer unas pérdidas de carga de 4.451,6 mmca.

Las **pérdidas de carga en la red de tuberías** se calculan multiplicando la pérdida de carga unitaria por metro, que anteriormente se fijó en 20 mmca por m, por la longitud total de tubería. En este caso la longitud total de tubería para el circuito secundario es de 10 m (tomando en cuenta que el intercambiador está situado en el mismo cuarto que los acumuladores).

Las pérdidas de carga, p, lineales:

$$p = 20 \times 10 = 200$$

Para el cálculo de las **pérdidas de carga locales**, al igual que para el caso del circuito primario, se utiliza el procedimiento de expresar estas como un % de las pérdidas de carga lineales de la instalación, generalmente entre un 20% y un 30% de las pérdidas de carga en tuberías dependiendo de la cantidad de curvas y complejidad de la instalación. Y en este caso se fijó un 20%, dado a que el circuito secundario tiene menos accesorios que el primario.

De este modo, las **pérdidas de carga locales en accesorios, p<sub>l</sub>**;

$$p_l = 20 \times 0,2 \times 10 = 40$$

Las **pérdidas de carga en el intercambiador**, dato suministrado por el fabricante. En este las pérdidas de carga en el circuito secundario para su modelo M6-FG son de 2009 mmca.

$$p_i = 2.009$$

El fluido de circulación del circuito secundario es agua por lo que no se deberá aplicar ningún factor corrector para el cálculo de las pérdidas de carga. Con

estos datos se procede a calcular la pérdida de carga total que corresponde a la expresión:

$$p_T = 200 + 40 + 2009 = 2.249$$

Al igual que antes la bomba que seleccionemos para el circuito secundario tendrá que suministrar un caudal de 6,2m<sup>3</sup>/h y deberá ser capaz de vencer unas pérdidas de carga de 2.249 mmca.

### **Dimensionamiento de vaso de expansión.**

Para el cálculo del volumen del vaso de expansión necesario para el circuito primario de la instalación solar térmica, se sigue el procedimiento de la Instrucción UNE 100-155-88. Según esta instrucción para un vaso de expansión cerrado con fluido en contacto indirecto (con diafragma) con un gas presurizado, el volumen total del vaso se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_t = V \times C_e \times C_p$$

Donde:

$V_t$ . Volumen total del vaso de expansión.

$V$ . Contenido total de fluido caloportador en el circuito primario de la instalación solar.

$C_e$ . Coeficiente de dilatación del fluido caloportador.

$C_p$ , coeficiente de presión del gas.

Primero se calcula el volumen de fluido caloportador de la instalación solar,  $V$ , en litros. Para ello se utiliza la tabla 19, la cual permite conocer el volumen estimado en l/m en función del diámetro de tubería de cobre.

**Tabla 19** Volumen en l/m en función del diámetro de tubería de cobre

Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)	Peso lineal (Kg/m)	Superficie pared exterior (cm <sup>2</sup> /m)	Sección interior (mm <sup>2</sup> )	Capacidad (l/m)	Resistencia	
							Útil (Kp/cm <sup>2</sup> )	Rotura (Kp/cm <sup>2</sup> )
18	0,75	16,5	0,362	565	214	0,214	40	199
	1	16	0,475		201	0,201	55	275
	1	20	0,587		314	0,314	44	220
22	1,2	19,6	0,698	691	302	0,302	54	269
	1,5	19	0,860		284	0,284	69	347
	1	26	0,753		531	0,531	34	169
28	1,2	25,6	0,899	880	515	0,515	41	206
	1,5	25	1,111		491	0,491	53	264
	1	33	0,951		855	0,855	27	133
35	1,2	32,6	1,134	1100	835	0,835	32	162
	1,5	32	1,405		804	0,804	41	206
	1	40	1,436		1257	1,257	22	110
42	1,2	39,6	1,369	1319	1232	1,232	27	133
	1,5	39	1,699		1195	1,195	34	169

UNE 100-155-88

En este caso:

Tub

Tu

Tub

Con estos datos ya se pueden calcular el volumen (ver tabla 20)

**Tabla 20.**Cálculo del volumen total

<b>Tramo</b>	<b>Tubería</b>	<b>Longitud del tramo (m)</b>	<b>Longitud del tramo (m)</b>	<b>Volumen (l)</b>	<b>Volumen (l)</b>
0 - 1 y 1' - 0'	40/42	2*12	24	1,257*24	30,168
1 - 2 y 2' - 1'	33/35	2*32,5	65	0,855*65	55,575
2 - 3 y 2' - 3'	26/28	2*5,5	11	0,531*11	5,841
3 - 4 y 4' - 3'	20/22	2*5,5	11	0,314*11	3,454
4 - 5 y 5' - 4'	16/18	2*5,5	11	0,201*11	2,211
6 - 7 y 7' - 6'	16/18	2*5,5	11	0,201*11	2,211
7 - 8 y 8' - 7'	20/22	2*5,5	11	0,314*11	3,454
8 - 9 y 9' - 8'	26/28	2*5,5	11	0,531*11	5,841
9 - 10 y 10' - 9'	33/35	2*5,5	11	0,855*11	9,405
<b>Volumen total</b>					<b>118,16</b>

Villamizar (2021)

A este volumen hay que añadirle el contenido en el primario del intercambiador de calor. Consultando con el fabricante, este indica en el catálogo que para su modelo M6-FG el volumen de líquido contenido en el primario del mismo es de 1,8 l. Por lo que:

$$118,16 + 1,8 = 119,96$$

Y el volumen de fluido caloportador contenido en los colectores, está reflejado en el catálogo del mismo y es de: 2,0 l. Y como el sistema está conformado por 64 colectores, entonces:

$$\text{Volumen total colectores VA} = 64 \text{ captadores} \times 2,0 \text{ litros/captador} = 128 \text{ l.}$$

Con estos datos, el volumen total de fluido caloportador en el primario de la instalación solar es:

$$V = 119,96 + 128 = 247,96 \text{ L.}$$

Seguidamente se calcula el coeficiente de presión del gas,  $C_p$ . Este coeficiente representa la relación entre el volumen total,  $V_t$ , y el volumen útil,  $V_u$ , del vaso de expansión.

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

Donde:

$C_p$ , coeficiente de presión del gas.

$P_M$ . Presión máxima en el vaso.

$P_m$ . Presión mínima en el vaso (presión inicial de nitrógeno del vaso de expansión)

La instrucción UNE 100-155-88 indica que la presión máxima de funcionamiento,  $P_M$ , será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad,  $P_{vs}$ , que, a su vez, será inferior a la menor entre las presiones máximas de trabajo, a la temperatura de funcionamiento, de los equipos y aparatos que forman parte del circuito. El fabricante de los colectores que se seleccionó para la instalación, Disol, indica que la presión de trabajo del primario debe ser de 6 bar, por lo que la presión de tarado de la válvula de seguridad colocada en la entrada de cada una de las baterías de colectores será de 6 bar. Por lo que:

$$P_{vs} = 6$$

Una vez conocida la presión de tarado de la válvula de seguridad, para el cálculo de la presión máxima en el vaso se elegirá el menor de los siguientes valores:

$$P_M = 0,9 \times P_{vs} + 1 = 0,9 \times 6 + 1 = 6,4 \text{ bar}$$

$$P_M = P_{vs} + 0,65 = 6 + 0,65 = 6,65 \text{ bar}$$

$$P_M = 6.65$$

En este caso la presión máxima en el vaso elegida será de 6,4 bar.

La presión mínima de funcionamiento en el vaso,  $P_m$ , se calculará mediante la expresión:

$$P_m = 1,5 \text{ bar} + 0,1 \cdot h$$

Donde  $h$  es la altura estática de la instalación en m.

En el caso de estudio, el vaso de expansión se estará situado en la sala de máquinas mientras que los colectores se encuentran situados en la cubierta plana de la azotea del edificio. La altura estática es de 12 m. Entonces la presión mínima de funcionamiento en el vaso es:

$$P_m = 1,5 + 0,1 \times 12 = 2,7 \text{ bar}$$

$$P_m = 2.7$$

Conocidas las presiones máximas y mínimas en el vaso, el coeficiente de presión resulta:

$$C_p = 6.4 / (6.4 - 2.7) = 1.73$$

El último paso del proceso de cálculo del vaso de expansión será calcular el coeficiente de expansión o dilatación,  $C_e$ , del fluido caloportador. Este coeficiente es siempre positivo y menor que la unidad y representa la relación entre el volumen útil del vaso de expansión,  $V_u$ , que debe ser igual al volumen de fluido expansionado, y el volumen de fluido contenido en la instalación.

El coeficiente de dilatación de la mezcla depende de su composición y del salto térmico, si se considera la dilatación desde 4°C hasta 100°C, el valor para agua sin aditivos, es igual a 0,043. En el caso de que se utilice agua con anticongelante y no se disponga de información concreta respecto a la dilatación de la mezcla, se puede tomar un valor igual a 0,08. En el caso del colector seleccionado el fabricante indica que el coeficiente de expansión,  $C_e$ , para su medio portador de calor, que circula por los colectores es:

$$C_e = 0,08$$

Y el volumen total del vaso de expansión es:

$$V_t = V \times C_e \times C_p = 247,96 \times 1,73 \times 0,08 = 34,31 \text{ l}$$

$$V_t = 34.31 \text{ L.}$$

Revisando catálogos de fabricantes, se seleccionó al fabricante Disol, se seleccionó el vaso de expansión de membrana recambiable y conexión de 1" de 35 l de capacidad. Dado a que este está especialmente diseñado para instalaciones solares de presión máxima 10 bar y temperatura máxima de servicio 130°C.

**Tabla 21.** Cálculos del diseño

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mes	Índice de % de ocupación	Consumo de agua mes m <sup>3</sup>	Temp. Promd Red °C	Salto Termico °C	Necesidad mes en termias	Necesidad mensula en MJ	Necesidad diaria en MJ	H en MJ/m <sup>2</sup>	H <sub>corregida</sub>	K
Enero	100	496	27,75	17,25	14331,3	34.241,86	1.104,58	21,6	20,52	1,07
Febrero	100	448	27,6	17,4	13056,96	30.928,13	1.104,58	22,5	21,375	1,04
Marzo	100	496	27,6	17,4	14455,92	33.204,22	1.071,10	22,14	21,033	1
Abril	100	480	28,1	16,9	13587,6	36.149,76	1.204,99	20,16	19,152	0,95
Mayo	100	496	28,75	16,25	13500,5	37.354,75	1.204,99	18,36	17,442	0,91
Junio	100	480	29,1	15,9	12783,6	36.149,76	1.204,99	18	17,1	0,9
Julio	100	496	29,3	15,7	13043,56	39.430,02	1.271,94	18,18	17,271	0,91
Agosto	100	496	29,45	15,55	12918,94	35.279,49	1.138,05	18,54	17,613	0,95
Septiembre	100	480	29,35	15,65	12582,6	34.141,44	1.138,05	18,54	17,613	1
Octubre	100	496	29,1	15,9	13209,72	35.279,49	1.138,05	17,64	16,758	1,05
Noviembre	100	480	28,85	16,15	12984,6	34.141,44	1.138,05	17,46	16,587	1,08
Diciembre	100	496	28,45	16,55	13749,74	35.279,49	1.138,05	19,44	18,468	1,08

Villamizar (2021)

Cont....

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mes	E MJ/m <sup>2</sup>	N <sup>a</sup> de horas útiles	I W/m <sup>2</sup>	t <sup>o</sup> <sub>a</sub> °C	(%)	E <sub>útil</sub> Aportación solar por m <sup>2</sup> MJ/m <sup>2</sup>	E <sub>neto</sub> disp. dia por m <sup>2</sup> MJ/m <sup>2</sup>	E <sub>neto</sub> disp. mes por m <sup>2</sup> MJ/m <sup>2</sup>	E solar total MJ	% de sustitución
Enero	20,64	8,75	655,21	28,5	66,33	13,69	10,95	339,52	52.584,80	65,12
Febrero	20,90	9,25	627,51	28,5	65,93	13,78	11,02	308,59	47.794,49	64,71
Marzo	19,77	9,5	578,10	29	65,44	12,94	10,35	320,85	49.693,25	66,82
Abril	17,10	9,25	513,60	29	64,17	10,98	8,78	263,41	40.796,53	88,61
Mayo	14,92	9,75	425,07	29	61,81	9,22	7,38	228,72	35.423,99	105,45
Junio	14,47	8,5	472,76	27	61,59	8,91	7,13	213,83	33.118,27	109,15
Julio	14,77	8,75	469,00	26	60,66	8,96	7,17	222,25	34.422,38	114,55
Agosto	15,73	9,25	472,32	26,5	61,17	9,62	7,70	238,60	36.954,99	95,47
Septiembre	16,56	9,5	484,10	26,5	61,52	10,19	8,15	244,45	37.859,66	90,18
Octubre	16,54	9,25	496,70	27,5	62,64	10,36	8,29	256,95	39.797,10	88,65
Noviembre	16,84	8,75	534,58	27,5	63,55	10,70	8,56	256,84	39.779,69	85,83
Diciembre	18,75	8,5	612,70	28,5	65,70	12,32	9,85	305,47	47.310,62	74,57

Villamizar (2021)

#### 4.4 Estudio de factibilidad económica, técnica, ambiental y social de las propuestas.

**4.4.1 Factibilidad económica.** Esta hace referencia a los recursos financieros y/o económicos necesarios para: la compra de los materiales, equipos, y todos los elementos del arreglo solar térmico, adicional a componentes; la instalación; la mano de obra; entre otros. En otras palabras la factibilidad económica es la factibilidad más importante, ya que con la consecución de esta, se solventarán las otras. Para lograr esta se requiere realizar actividades adicionales. Entre las actividades a tomar en cuenta para la elaboración de esta factibilidad están: Costo del tiempo del analista; Costo de estudio; Costo del tiempo del personal; Costo del desarrollo / adquisición e instalación.

La factibilidad económica viene dada en la relación beneficio costo. Para la realización de la misma se realizó un estudio de mercado de los precios de los diferentes equipos, y materiales necesarios para la propuesta.

**Tabla 22** Presupuesto

#### Arreglo Solar Térmico

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	P.Unitario \$	P. Total \$
1	Colector solar Mágnun 25 L	Und.	64	250,00	16.000,00
2	Intercambiador de placas	Und.	1	35.000,00	35.000,00
3	Bomba 6,3 m <sup>3</sup>	Und.	1	45.000,00	45.000,00
4	Tubería de cobre diferentes diámetros	Und.	1	3.000,00	3.000,00
5	Aislante Armaflex	Tira	1	1.000,00	1.000,00
6	Vaso Expansible	Und.	1	2.000,00	2.000,00
<b>Total \$</b>					102.000,00
<b>IVA %</b>					16.320,00
<b>Total General \$</b>					118.320,00

**Fuente.** Villamizar (2021)

El presupuesto del arreglos solar térmico es relativamente considerable. Por lo que debe ser estudiada analizada y en caso de ser aprobada la propuesta debe ir a licitación.

**4.4.2 Factibilidad técnica.** Esta tiene que ver con el y/o los recurso técnicos, es decir el personal capacitado para la instalación, los cuales deben tener: conocimientos, habilidades, experiencia, herramientas, entre otros, acerca de los arreglos solares térmicos. Definida la factibilidad técnica, se puede decir, que en el país hay talento humano capacitado para la realización de las actividades y en lo referente al material la mayoría se consigue localmente y otra puede ser importada.

**4.4.3 Factibilidad ambiental.** En todo proyecto desde su inicio se debe tomar en cuenta la factibilidad ambiental, que no es otra cosa que tener presente: las características naturales del lugar; las regulaciones y restricciones ambientales y de uso de suelo. Ya que todos estos factores influyen en una u otra forma en la selección del sitio y en las características del proyecto. Dado que la propuesta es de energías alternas, limpias o renovables, la factibilidad ambiental está inmersa en la propuesta, debido a que los sistemas solares ya sean fotovoltaicos, térmicos o mixtos, prestan beneficios ambientales y ecológicos, para el área o lugar donde este la instalación. Y entre estos beneficios se pueden mencionar:

La energía solar térmica se genera a partir de una fuente inagotable y gratis, el sol.

El uso de sistemas u arreglos solares, permiten a él o los usuarios la autonomía energética y/o contribuir con el ahorro energético.

Los sistemas u arreglos solares son un tipo de energía verde o limpia, ya que contrarrestaran el daño ambiental y son un tipo de energía sustentable y sostenible.

Los sistemas o arreglos de energía solar, reducen significativamente la emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases que producen el efecto invernadero. Es por ello que es importante el uso de estos en pro de la conservación del planeta.

El uso de sistemas o arreglos solares, contribuye a mejorar la eficiencia energética de los inmuebles y posibilita la obtención de certificados verdes.

El uso de sistemas o arreglos solares, provee a los usuarios de un aislante térmico, dado a que, gracias a sus paneles solares o captadores solares, genera sombra para otros usos

La tecnología solar es 100% segura, inocua y silenciosa en comparación con el gas, la nuclear, el petróleo o el carbón.

Y lo más importante es una fuente de energía alterna que permite la continuidad del suministro de energía eléctrica, agua caliente, u otros en caso de falla sistema eléctrico nacional.

**4.5.4 Factibilidad social.** Con la implementación de este sistema, el personal que labora en el hospital, así como los pacientes se verían altamente favorecidos, ya que contarán con un sistema de agua caliente que permitirá la desinfección de todos los materiales textiles, así como se disminuirá el riesgo laboral de la manipulación de la caldera. Adicional a que con el uso de los sistemas o arreglos solar permite el desarrollo sostenible y sustentable, los cuales benefician a la sociedad, ya que el uso del arreglo solar térmico los habitantes de la comunidad se verán beneficiados debido a que este tipo de energía es 100 % natural, se reduce la cantidad de dióxido de carbono emitido en la atmósfera, se reduce el consumo energético,

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Realizado el estudio de la propuesta de la aplicación de la energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente (ACS) del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas, se procedió a plasmar unas breves conclusiones.

En relación a la situación actual del sistema de agua caliente (ACS) del hospital Dr. Luis Razzetti, se puede decir, que en la actualidad el hospital no cuenta con este servicio debido a que el sistema de calderas esta inoperativo y no cuentan con un sistema calentadores de respaldo.

Para la selección del sistema de respaldo se procedió al levantamiento de consumo de ACS del hospital, apoyándose en manuales y normas de ocupación y uso. Los cuales permitieron obtener los requerimientos para el dimensionamiento y selección de los componentes del arreglo solar térmico.

Al iniciar cualquier proyecto de ingeniería que lleve implícito consumo de energía, se debe realizar el estudio de carga y así garantizar que el mismo cumpla las necesidades requeridas.

La propuesta permite que el hospital cuente con el requerimiento mínimo de ACS, que satisfaga la dotación de materiales textiles para las camas, camillas y personal médico, enfermeras, pacientes y otros que hacen vida en el hospital, con el suministro de aproximadamente 10.000 litros de ACS diaria.

Con el uso del arreglo solar térmico los habitantes de la comunidad se verán beneficiados dado a que este tipo de energía es 100 % natural, se reduce la emisión de dióxido de carbono a la atmosfera, por consiguiente no produce ningún daño ambiental,

Tomando en cuenta las variables geográficas y climatológicas del estado Barinas, se puede decir, que es viable la instalación del arreglo solar térmico propuesto, como medio de respaldo alterno para el suministro de ACS del hospital.

En pro de la conservación del medio ambiente, del ecosistema, del planeta, se debe dar cumplimiento a las leyes relacionadas, con el uso racional y eficiente de la energía eléctrica y del apoyo de las iniciativas de energías alternas como medios de autogeneración en todos los ámbitos: residencial, institucional, empresarial, entre otros que permitan tener sistemas de respaldo sostenibles y sustentables, para el medio ambiente y las generaciones futuras.

## **RECOMENDACIONES**

De llegar a ser aprobada la propuesta se recomienda que:

Se busquen empresas expertas en el ramo, para la adquisición de los componentes, así como para la instalación de los mismos.

Aún y cuando el grado de inclinación propuesto es auto limpiante, se debe realizar mantenimientos periódicos para eliminar el sucio acumulado

Realizar revisiones periódicas de las tuberías, e instalar un sistema de filtros en el sistema de agua.

Hoy en día todas las personas que quieran al planeta, deberían buscar la forma de migrar a la utilización de energías alternas, limpias, verdes o renovables, en todos aquellos artefactos, equipos, herramientas que dependen del uso de energías tradicionales (combustibles fósiles); no solo por lo que estas no son renovables, sino por el gran daño que hace al medio ambiente por la emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases causantes del efecto invernadero, los cuales son irreversibles en el medio ambiente y apagan u afectan la vida en el planeta.

Por lo que hay que garantizar la preservación del ecosistema y garantizar la subsistencia de las generaciones futuras, es decir, contribuir a mantener un ambiente limpio de contaminación y emisión de gases que provoque u acentúen el efecto invernadero con la utilización de energías alternas, limpias, verdes y/o renovables.

Promover el estudio, propuestas, uso y divulgación de las diferentes energías alternas, limpias, verdes y/o renovables de las regiones, es decir, informar a las personas la existencia de estas en cada región. Así como fomentar en las instituciones de educación superior a la implementación de estrategias que permitan a las empresas adecuar sus instalaciones eléctricas, y de agua caliente al uso de estos tipos de energía alternas, limpias, verdes y/o renovables.

## REFERENCIA BIBLIGRÁFICA

- Agurero I., Charris M., y Toyo J.(2015), **Modelo de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica para la industria cervecera del estado Zulia**, Universidad Rafael Bellosó Chacín Maracaibo, estado Zulia Venezuela.
- Arias, Fideas (2017). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica.** (7ma. ed.), Episteme.
- Bisquerra ( 2009), **Metodología de la Investigación Educativa**, 2<sup>da</sup> edición, editorial la Muralla,
- Balestrini A., M. (2006). **Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación.** (7a. e.) Caracas: Consultores Asociados.
- Calle J., (2018), **Integración de sistemas solares térmicos eficientes para obtener agua caliente sanitaria y disminuir la contaminación ambiental en el Cantón Cuenca**, Universidad Mayor de San Marcos en Lima Perú
- Canales Cerón M. (2006). **Metodologías de la investigación social.** Santiago: LOM Ediciones.
- Carrasco Díaz, Sergio (2008). **Metodología de la investigación científica.** Editorial San Marcos, Lima
- Código Eléctrico Nacional 200:1999**
- Código Eléctrico Nacional 200:1999**
- De la Cuesta, J.R. (2014), **Diseño de instalaciones solares térmicas para la producción de agua caliente sanitaria.** Universidad de Sevilla, España.
- Estrada, V. y R. Almanza. 2005. **Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal**, en la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Farias F, **Guía para la elaboración de proyectos de investigación**, 4ta edición, Caracas, Episteme 2004
- Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador La editorial pedagógica, Caracas, 2012, Venezuela

Gaceta Oficial No. 372.680, de fecha 3 de noviembre del 2.009, promulga el **Decreto 6.992**

Gaceta Oficial N° 39.823 se promulga la **Ley del Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica**, 19 de diciembre 2011

Jean Meeus (2005), Algorismos Astronomicos 2<sup>da</sup>edición.

Heinemann K. **Introducción a la metodología de la investigación empírica en las ciencias del deporte**. Barcelona: Paidotribo; 2003.

Hernández, Fernández y Batista, **Metodología de la Investigación**, 5ta edición, McGraw-Hill Interamericana, 2010

Hurtado de Barrera, J. (2007). **El proyecto de investigación**. (6a. e.) Caracas: Quirón.

Instrucción **UNE 100-155-88**

Kerlinger, F. (2002). **Investigación del Comportamiento. Técnicas y Metodología**, 4<sup>a</sup>. ed., Ed. Interamericana, México

Kouyomgia I, (2018), **Cálculo de instalaciones eléctricas utilizando energía solar**, Universidad Simón Bolívar (USB), Caracas Venezuela.

La Cruz, E.(2005). **Desarrollo en Venezuela de las Fuentes Alternas Renovables de Energía**. Primeras Jornadas sobre las FARE en Venezuela. Puerto Ordaz-Venezuela.

**Manual de Trabajo de Grado de la UPEL**, 5ta edición, 2016

M. C. Fernández, **Planta Solar Fotovoltaica de 500kw** Sobre Cubierta de una nave Industrial en la Ciudad de Sevilla, Sevilla, 2012.

Master D. Energía Solar y Eólica, Anexo B, 2020

MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA (2020), **Clima, nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar**.

Pajón, Javier y Dávila, Juan Antonio (2000). **Teoría Básica para el Diseño y Cálculo de Tuberías, Elementos de Máquinas y Recipientes a Presión. Lección y Apuntes de Teoría Básica para el Diseño y Cálculo de Tuberías, Elementos de Máquinas y Recipientes a Presión**

- Posso Fausto, González Julio, Guerra Francisco y Gómez Heriberto. **Estimación del potencial de energía solar en Venezuela utilizando sistemas de información geográfica**, Revista Geográfica Venezolana, Vol. 55(1)201 4, 27-43
- Santa Palella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana. **Libro “Metodología de la investigación cuantitativa”** 3ra Edición (2012) de Santa Palella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador La editorial pedagógica da Venezuela Caracas, 2012
- Sawin, J.L. and Research, S. (2015), **Tendencias de industria y mercado**, 21 “Renewables Global Status Report”.
- Tamayo y Tamayo M, (2000) **Metodología Formal de la Investigación Científica**, Editorial LIMUSA, 2009 reimprime 2011 Mexico DF.
- Uzcátegui E., (2015), **Estudio de la incorporación a la red de una planta solar fotovoltaica en el desarrollo agro turístico el Naranjal**, Universidad Central de Venezuela
- Vice Ministro MINEM. (2015). **Presentación de fotos procesos UNE** de Villa Clara.
- Vitriago A. (2017), **Propuesta de una vivienda unifamiliar, utilizando energía eólica y solar como suministro de energía alternativa los Taques estado Falcón**, Universidad de Nueva Esparta-Venezuela

#### **Consultas electrónicas**

- B. Rodríguez. (2009). **Sistemas Térmicos Solares**”. Comisión Nacional para el uso Eficiente de la energía, [documento en línea] disponible en: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_630\\_terminosolar?](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630_terminosolar?) [consulta: 2021 enero].
- C. Castillos. (2007), **Colector de placa plana, Tecnologías apropiadas: Energía solar**, [documento en línea] disponible en: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>, ?, [consulta: 2021 enero]
- COIT.ES. **Conversión de energía solar fotovoltaica**, [documento en línea] disponible en: <http://www.coit.es/descargar.php?idfichero=2705>, [consulta: 2021 enero]

**Colectores solares**, [documento en línea] disponible en: <https://modulosolar.com/>, [consulta: 2021 enero]

**Colectores solares**, [documento en línea] disponible en: <https://www.energiasolar.lat/>, [consulta: 2021 enero]

**Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria**, Sección HE 4, Documento Básico HE Ahorro de Energía, [documento en línea] disponible en: <https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>, [consulta: 2021 mayo]

**Componentes de un Colector Solar de tubos al vacío Tomada de “Colectores de tubos de vacío”**. Sitiosolar: energías renovables, [documento en línea] disponible en:

<http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>, [consulta: 2021 enero]

**Distribución de la longitud de onda para la radiación electromagnética**, [documento en línea] disponible en: <https://www.astroyciencia.com/>, [consulta: 2021 enero]

**Eficiencia de varios colectores solares**, [documento en línea] disponible en: [www.cecu.es](http://www.cecu.es), [consulta: 2021 enero]

**Guía de Energía solar. “Colectores Solares termicos”. Concurso Solar**. [documento en línea] disponible en: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarP arte3.pdf>, [consulta: 2021 mayo]

**IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales**, [documento en línea] disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>, [consulta: 2021 enero]

**La energía solar**, [documento en línea] disponible en: <http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/>, [consulta: 2021 enero]

**La energía solar**, [documento en línea] disponible en: <http://mateonavarra.es/>, [consulta: 2021 enero]

**La radiación solar**, [documento en línea] disponible en: <https://www.sfe-solar.com/>, [consulta: 2021 enero]

**Mapas de radiación solar:** NASA Surface meteorology and Solar Energy, [documento en línea] disponible en: <http://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/sse.cgi?susbuild@larc.nasa.gov>, [consulta: 2021 mayo]

**Productos Energía Solar Térmica,** [documento en línea] disponible en: [http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo\\_erbe\\_solar\\_es.pdf](http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf), [consulta: 2021 enero]

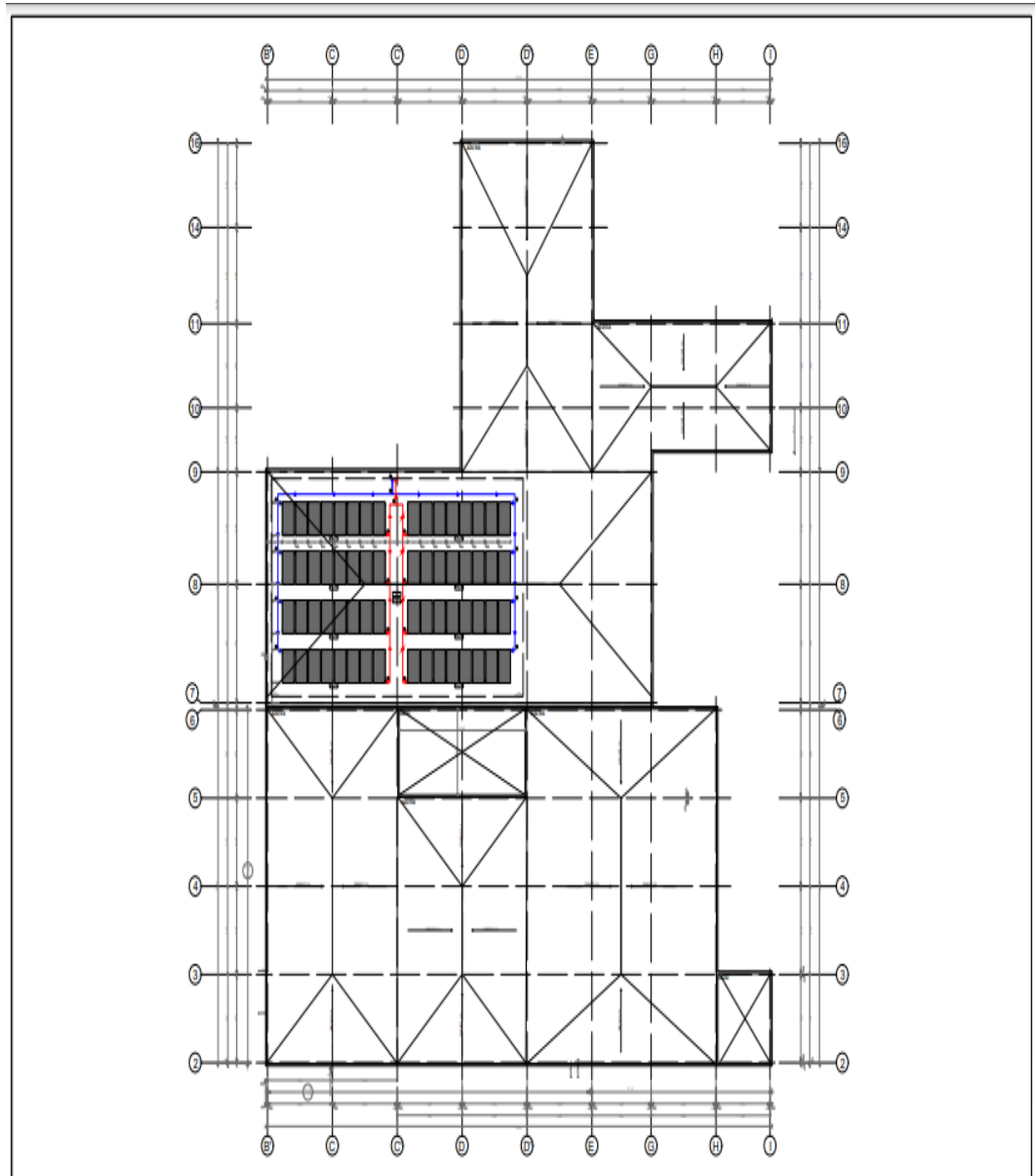
**Radiación mensual,** Nasa Surfay Meteorology, [documento en línea] disponible en: <http://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/sse.cg>, [consulta: 2021 mayo]

**Recursos energéticos del mundo,**[documento en línea] disponible en: <https://www.wbgu.de/&prev=search&pto=aue>, [consulta: 2021 enero]

SolarMax (2008). **“Colectores solares”.** Solarmax ingeniería térmica, [documento en línea] disponible en: <http://www.solarmax.cl/Colector.html>, [consulta: 2021 enero]

Siemens. **Ropa de algodón,** [documento en línea] |disponible en <https://www.siemens-home.bsh-group.com/es/inspiracion/blog/cuanto-pesa-la-ropa-mojada>, [consulta: 2021 mayo]

# ANEXO A



Plano del hospital junto al diseño propuesto.

Fuente: Villamizar (2021)

## ANEXO B



Figura 1. Estado actual de la lavandería

Fuente: Villamizar (2021)



Figura 2. Estado actual de la lavandería.

Fuente: Villamizar (2021)



Figura 3. Estado actual de la lavandería

Fuente: Villamizar (2021)



Figura 4. Estado actual de la lavandería

Fuente: Villamizar (2021)



# PROPUESTA

**Si usamos nuestra imaginación tecnológica, si podemos trabajar juntos para aprovechar la luz del Sol, el poder del viento y la fuerza de las corrientes que se precipitan, entonces tendremos éxito».**

**Jimmy Carter.**



La presente propuesta tiene como finalidad presentar una alternativa sustentable para el sistema de agua caliente (ACS) del área de lavandería del Hospital Dr. Luis Razzetti del municipio Barinas del estado Barinas, el cual garantizará el suministro de agua caliente y por ende la dotación de la lencería de las camas y camillas, de las batas, de las toallas y toda la indumentaria textiles del hospital, lo que asegura la desinfección y esterilización de los mismos. Así como disminuir el consumo eléctrico y/o gas combustible en los sistemas de calentamiento de agua, ya que se utilizará la energía solar.

Propuesta de la aplicación de la energía solar como medio alternativo para el sistema de agua caliente del área de lavandería del hospital Dr. Luis Razzetti, ubicado en el municipio Barinas del estado Barinas, que permitan la utilización de energías alternas, limpias o renovables. Con el fin de contar con un medio alternativo de energía que garantice el suministro de agua caliente sanitaria en el hospital, lo que verá reflejado en la entrega oportuna de la dotación de la indumentaria textil para las camas y personal del hospital.

Las bases legales de la República Bolivariana de Venezuela en materia de energía eléctrica, seguridad, higiene y ambiente laboral, entre otros, es decir:

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Gaceta Oficial N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1.999 en donde en el preámbulo establece:

.....en un Estado de justicia, federal y descentralizado, que consolide los valores de la libertad, la independencia, la paz, la solidaridad, el bien común, la integridad territorial, la convivencia y el imperio de la ley para esta y las futuras generaciones; asegure el derecho a la vida, al trabajo, a la cultura, a la educación, a la justicia social y a la igualdad sin discriminación ni subordinación alguna;.....el equilibrio ecológico y los bienes jurídicos ambientales como patrimonio común e irrenunciable de la humanidad

Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico (LOSSE), (Gaceta Oficial N° 39.573 del 14 de diciembre de 2010.

En donde en el artículo 5, establece:

Principios Rectores para la prestación del servicio eléctrico.

La prestación del Servicio Eléctrico se rige bajo los siguientes principios:

- 1.- Soberanía tecnológica.
- 2.- Sustentabilidad ambiental.
- 3.- Ordenación territorial.
- 4.- Integración geopolítica.
- 5.- Uso racional y eficiente de los recursos.
- 6.- Diversificación del uso de las fuentes de energía primarias.
- 7.- Utilización de fuentes alternativas de energía

Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía, Gaceta Oficial N° 39.823 del 19 de diciembre de 2011. En donde en el artículo 1, establece:

Objeto.

Esta Ley tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los procesos de producción, generación, transformación, transporte, distribución, comercialización, así como el uso final de la energía, a fin de preservar los recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y social, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética, la certificación de eficiencia energética y la promoción e incentivos para el uso racional y eficiente de la energía.

Artículo 8.

Promoción de nuevas tecnologías.

El Estado venezolano promoverá el establecimiento y desarrollo en el territorio nacional, de industrias, fábricas y unidades de producción que empleen nuevas tecnologías para el diseño y elaboración de bienes de consumo masivo, dando un tratamiento prioritario al aprovechamiento de energías renovables. Para el logro de estas acciones, se podrán ejecutar las cláusulas sobre transferencia tecnológica contenidas en los instrumentos internacionales vigentes.

Manuales de normas y reglamentos del Hospital.

Los pacientes, personal: médico, enfermera, obreros, entre otros, es decir, todos los que hacen uso de las camas, camillas y consultorios del hospital, ya que requieren del servicio de la lavandería.

La propuesta es factible, dado a que es una posible solución al problema del consumo y gasto de agua caliente del centro hospitalario con métodos tradicionales, los cuales actualmente han generado pérdidas e insatisfacción en la comunidad. Y dado a que el por iniciativa del gobierno nacional, hay que promover la utilización de medios alternos de energía, esta es una buena manera de fomentar el uso de las mismas. Definiciones

Es un aislamiento térmico flexible de célula cerrada, resistente a la difusión del vapor de agua y baja conductividad térmica. Está especialmente diseñado para el control de la condensación y la reducción de pérdidas térmicas en sistemas de aire acondicionado y ventilación

Es un conjunto de módulos integrados en forma mecánica o paneles con una estructura soporte y su fundación, seguidor de orientación, y otros componentes, según se requiera, para constituir una unidad de CC productora de energía.

Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos “volumétricas” y “turbo-bombas”

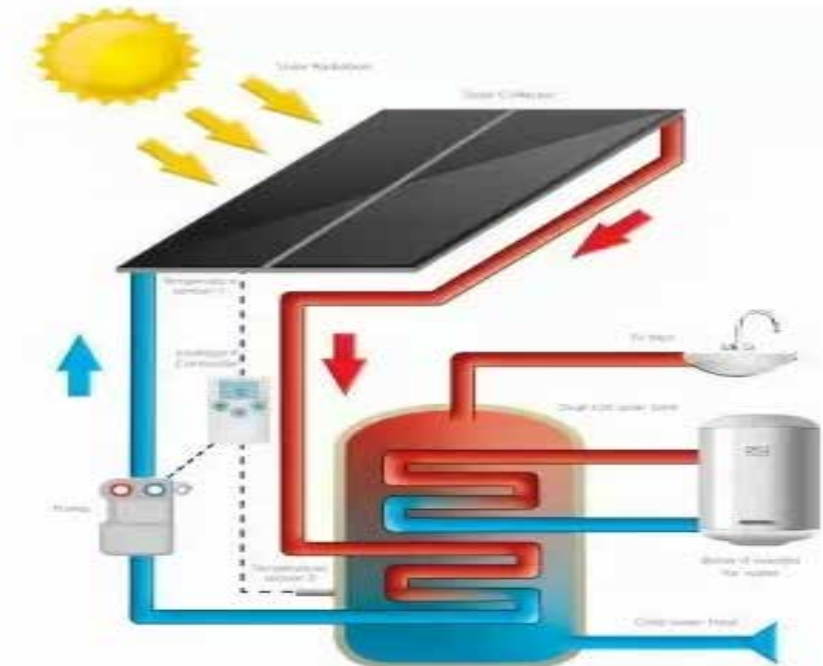
. Son dispositivos diseñados para recoger la energía solar y convertirla en energía térmica. Esta innovadora forma de aprovechar la energía solar es el mejor modo de rebajar el consumo eléctrico a la vez que se contribuye a la mejora del medioambiente.



# PROPUESTA

## APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR COMO MEDIO ALTERNO PARA EL SISTEMA DE AGUA CALIENTE DEL ÁREA DE (ACS) LAVANDERÍA DEL HOSPITAL DR. LUIS RAZZETTI, UBICADO EN EL MUNICIPIO BARINAS DEL ESTADO BARINAS

Para ello se diseñó un arreglo solar térmico, el cual está compuesto como se observa en la figura 1.



Arreglo solar térmico

Para ello se requiere:

Un arreglo solar térmico de  $8 * 8$ , es decir, 64 captadores solares

Un intercambiador

Una bomba de agua

Dos (02) tanques de almacenamiento

Un terreno de aproximadamente  $180 \text{ m}^2$  para la instalación del arreglo, el cual se sugiere que sea en la cubierta del área de la lavandería.

Tubería de cobre de diferentes diámetros

Material aislante (Armaflex)

Para la instalación del arreglo solar térmico se requiere un área de aproximadamente 200 M<sup>2</sup>, el cual puede ser la cubierta del área de la lavandería, lugar idóneo para su instalación dado a que se utilizaría menos material para la instalación. Como se puede apreciar en la figura 2.

Los materiales más relevantes son:

64 colectores solares



Figura 2. Colector solar Magnun 25 L.  
Fuente: Manual del fabricante (Termoinox)

Cuyas características son:

COMPONENTES	
Absorbedor	Lámina de cobre con recubrimiento selectivo de óxido de titanio y parrilla de 12 tubos de cobre de Ø 8 mm unida a 2 tubos colectores de cobre de Ø 22 mm
Cubierta transparente	Vidrio solar de seguridad y bajo contenido en hierro, templado, de espesor 4 mm.
Caja captador	Marco y fondo de perfil de aluminio anodizado.
Aislamiento térmico	Lana mineral de 50 mm de espesor.
Conexiones	4 uniones roscadas de 1", en un lado son uniones macho y en el otro hembra.
<b>Características constructivas y dimensionales</b>	
Dimensiones externas (mm)	2063 x 1224 x 100 (2,53 m <sup>2</sup> )
Dimensiones absorbedor (m <sup>2</sup> )	2,35
Dimensiones apertura (m <sup>2</sup> )	2,36
Peso en vacío (kg)	45
Capacidad de líquido (l)	1,7
<b>Características funcionales</b>	
Presión máxima de trabajo (bar)	10
Temperatura de estancamiento (°C)	210
Fluido de trabajo	Agua o agua + anticongelante
ABSORTIVIDAD Y EMISIVIDAD	95% - 5%
<b>CURVA DE RENDIMIENTO</b>	
$\eta = \eta_0 - a_1 (\Delta T/G) - a_2 \Delta T^2/G$	$\eta_0: 0,803$ Coeficiente de pérdidas $a_1: 2,956 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Coeficiente de pérdidas $a_2: 0,034 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$
Referente al área de apertura	Contraseña Certificación: NPS-11207

Que una vez configurados e instalados en la estructura tendrían una apariencia, similar a la de la figura 3



Figura 3. Arreglo solar térmico  
Fuente. <https://solar-energia.net/>

La función de una instalación de energía solar térmica es aprovechar la energía solar para generar calor. Los captadores solares de estos arreglos capturan el calor de la radiación solar que incide sobre ellos para calentar un fluido. Las distintas formas de aprovechar este fluido caliente permiten utilizar este tipo de energía renovable en múltiples aplicaciones.

#### **Intercambiador tipo placa**



Figura 4. Intercambiadorde calor de placas  
Fuente. Catálogo del fabricante

Modelo	Nº de placas	Paneles	1º Panel 55 °C		2º ACS 45 °C		Potencia
			l/h	MCA	l/h	MCA	kCal /h
M6 MFM	13	60	8475	2,51	8475	2,09	67800

El intercambiador está diseñado para transferir calor entre dos fluidos, o entre la superficie para un sólido y un fluido en movimiento. Los mismos son elementos fundamentales en los sistemas de calefacción, refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesos químicos

**Una bomba de agua 6.3 m<sup>2</sup>/h**



Figura 5. Bomba de agua  
Fuente: Catálogo de Alfa Occidente

El electrocirculador o bomba es el elemento de la instalación solar térmica encargado de mover el fluido del circuito primario, u otros circuitos cerrados de la instalación (circuito entre el acumulador y el intercambiador exterior, anillos de recirculación de agua caliente sanitaria, circuitos de calefacción, entre otros).

**Dos (02) tanques de almacenamiento 5.000 L..**



Figura 6 Tanques de almacenamiento de agua caliente  
Fuente. Catálogo del fabricante.

**Tubería de cobre de diferentes diámetros.**



Figura 7. Tubería para agua caliente  
Fuente. Catálogo del fabricante

Las cantidades de tubería (m) por diámetros son:

Tramo	Tubería	Cant. (m)
0 - 1 y 1' - 0'	40/42	24
1 - 2 y 2' - 1'	33/35	65
2 - 3 y 2' - 3'	26/28	11
3 - 4 y 4' - 3'	20/22	11
4 - 5 y 5' - 4'	16/18	11
6 - 7 y 7' - 6'	16/18	11
7 - 8 y 8' - 7'	20/22	11
8 - 9 y 9' - 8'	26/28	11
9 - 10 y 10' - 9'	33/35	11

#### Material aislante (Armaflex).

La cantidad del aislante es igual que los metros de tubería, con la salvedad que este viene en tramos de 1.80 m.



Figura 8. Material aislante Armaflex.  
Fuente. Catálogo del fabricante

Con esta propuesta garantiza el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) requerido en el área de lavandería del hospital, así como también:

Ahorro energético

La inversión se amortiza con el ahorro energético

La vida útil de los colectores es de aproximadamente 30 años

Los costos de operación y mantenimiento son bajos

Puede ser utilizado también para calefacción

Entre otros.