

NOMBRE DEL TRABAJO

**CORNEJO MEJIA RICARDO ANDRES 05-03-24.pdf**

AUTOR

**Ricardo Cornejo**

RECUENTO DE PALABRAS

**14201 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**76206 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**86 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 6, 2024 8:55 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 6, 2024 8:56 PM GMT-5****● 15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS

(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

### TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( X )

### DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	Cornejo Mejía, Ricardo Andres
D.N.I.:	75320537
Otro Documento:	
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	953016763
e-mail:	ricardocm7995@gmail.com

### DATOS ACADÉMICOS

#### Pregrado

Facultad:	Facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico:	Trabajo de Suficiencia Profesional
Título Profesional otorgado:	Ingeniero Mecánico Electricista

#### Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

### Datos de trabajo de investigación

Título:	"Diseño de Captadores Solares Térmicos para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón en Puno"
Fecha de Sustentación:	16 de Diciembre del 2023
Calificación:	Aprobado con Bueno
Año de Publicación:	2024



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	<input checked="" type="checkbox"/>

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	<input type="checkbox"/>
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	<input type="checkbox"/>
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	<input type="checkbox"/>

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

Cornejo Mejía, Ricardo Andres

APELLIDOS Y NOMBRES

75320537

DNI



Firma y huella:



Lima, 23 de Febrero del 2024



**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS PARA EL  
SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN  
PARA EL HOSPITAL REGIONAL MANUEL NÚÑEZ BUTRÓN EN PUNO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**CORNEJO MEJIA, RICARDO ANDRES**  
ORCID: 0009-0000-1299-7088

**ASESOR**

**FLORES VELASQUEZ, CARLOS HERNAN**  
ORCID: 0000-0002-0581-5001

**Villa El Salvador**

**2023**



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

En Villa El Salvador, siendo las 17:30 horas del día 16 Diciembre, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. ROBERTO PFUYO MUÑOZ	C.I.P. N° 46900
Secretario	:	MG. GUSTAVO NESTOR SALAZAR HUAMANI	C.I.P. N° 93143
Vocal	:	MG. RICHARD FLORES CACERES	C.I.P. N°185839

Designados con Resolución de Decanato N° 984-2023-UNTELS-R-D, de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: "**La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...**", en el cual;

El Bachiller: **RICARDO ANDRES CORNEJO MEJIA**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: "**DISEÑO DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN PARA EL HOSPITAL REGIONAL MANUEL NÚÑEZ BUTRÓN EN PUNO**"



Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición Aprobado por unanimidad Equivalencia Buena de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.


Siendo las 17:50 del día 16 de diciembre del 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

  
.....  
 **GUSTAVO SALAZAR HUAMANI**  
INGENIERO ELECTRICISTA  
CIP N° 93143  
SECRETARIO

**MG. GUSTAVO NESTOR SALAZAR HUAMANI**  
C.I.P. N° 93143

  
  
.....  
**Roberto Pfuyo Muñoz**  
INGENIERO ELECTRICISTA  
PRESIDENTE  
C.I.P. N° 46900  
**DR. ROBERTO PFUYO MUÑOZ**  
C.I.P. N° 46900

**MG. RICHARD FLORES CACERES**  
C.I.P. N°185839

  
.....  
**RICHARD FLORES CACERES**  
INGENIERO  
MECANICO ELECTRICISTA  
VOCAL Reg. CIP N° 185839

Nota: Art. 14º.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia; en especial, a queridos mis padres, por apoyarme, animarme y estar siempre conmigo, ellos no solo me brindaron enseñanzas valiosas, sino que también son los verdaderos artífices de este logro alcanzado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mis queridos padres, pues son ellos los que me impulsaron a estudiar una carrera universitaria.

De la misma manera, agradezco a mis colegas de trabajo, pues me ayudaron y brindaron de conocimientos sobre este tema de trabajo; además de mis profesores y de la universidad que me dieron los conocimientos necesarios para lograr ser un buen profesional.



# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
LISTADO DE FIGURAS.....	VII
LISTADO DE TABLAS.....	IX
LISTADO DE ANEXOS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES.....	1
<b>1.1 Contexto.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Delimitación temporal y espacial del trabajo.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.1 Delimitación temporal.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.2 Delimitación espacial.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>2</b>
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	3
<b>2.1 Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1 Antecedentes nacionales.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2 Antecedentes internacionales.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Bases teóricas:.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1 La energía solar como alternativa a los combustibles.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 Energía solar térmica de baja temperatura.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Radiación solar.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3.1 Radiación solar efectiva (Eu):.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3.2 Radiación solar media (H):.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3.3 Corrección de radiación solar media (H corregida):.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.4 Irradiación solar.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.4.1 Intensidad radiante:.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.5 Colector solar térmico.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.6 Elementos internos del colector.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.6.1 Cubierta.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.6.2 Placa absorbente.....</b>	<b>11</b>

2.2.6.3	Aislante .....	11
2.2.6.4	Carcasa .....	11
2.2.7	Rendimiento del captador solar: .....	12
2.2.8	Orientación e inclinación .....	13
2.2.9	Conexión de colectores solares.....	14
2.2.10	Soportes para colectores .....	14
2.2.11	Aporte de energía solar: .....	15
2.2.12	Superficie total de captación solar: .....	16
2.2.13	Agua caliente sanitaria (ACS) .....	16
2.2.13.1	Salto térmico ( $\Delta$ ):.....	16
2.2.13.2	Consumo de ACS: .....	17
2.2.13.3	Demanda energética para ACS: .....	17
2.2.14	Componentes de las instalaciones.....	18
2.2.15	Acumuladores e interacumuladores.....	19
2.2.16	Circuito hidráulico.....	21
2.2.17	Calefacción: .....	24
2.2.17.1	Masa de aire:.....	24
2.2.17.2	Demanda energética para calefacción: .....	25
2.2.18	Normas .....	25
2.3	Definición de términos básicos: .....	26
CAPITULO III DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....		27
3.1	Determinación y análisis del problema .....	27
3.2	Modelo de solución propuesto .....	29
3.2.1	Determinar la demanda energética total para agua caliente sanitaria y calefacción.....	29
3.2.1.1	Cálculo de la demanda energética para agua caliente sanitaria 29	
3.2.1.2	Cálculo de la demanda energética para calefacción .....	33
3.2.2	Determinar el rendimiento de los captadores solares térmicos. 38	
3.2.2.1	Cálculo de la radiación solar efectiva .....	38
3.2.2.2	Cálculo de la intensidad radiante .....	42
3.2.2.3	Cálculo del rendimiento de los captadores solares.....	43
3.2.3	Determinar la cantidad total de captadores solares térmicos ....	44
3.2.3.1	Cálculo del aporte de energía solar.....	44

3.2.3.2	Cálculo de la superficie total de captación solar .....	45
3.2.3.3	Cálculo de la cantidad total de captadores solares .....	45
3.2.4	Determinar la distancia entre los captadores solares térmicos .	45
3.2.5	Determinar los componentes del circuito hidráulico que tienen los captadores solares térmicos .....	48
3.2.5.1	Cálculo del volumen de los interacumuladores para ACS y calefacción .....	48
3.2.5.2	Cálculos de diámetros y pérdidas de carga en las tuberías	53
3.2.5.3	Cálculos del volumen del vaso de expansión cerrado .....	57
3.2.5.4	Cálculo del aislamiento térmico .....	58
3.2.5.5	Cálculo de la potencia de bomba de circulación .....	59
3.3	Resultados .....	62
3.3.1	Resultado 1: Demanda Energética Total .....	62
3.3.2	Resultado 2: Rendimiento de los Captadores Solares Térmicos	62
3.3.3	Resultado 3: Cantidad Total de Captadores Solares Térmicos..	62
3.3.4	Resultado 4: Distancia entre Captadores Solares Térmicos .....	63
3.3.5	Resultado 5: Componentes del Circuito Hidráulico .....	63
3.3.5.1	Volumen de los interacumuladores para ACS y calefacción	63
3.3.5.2	Diámetros y Pérdidas de Tuberías .....	63
3.3.5.3	Volumen del Vaso de Expansión .....	63
3.3.5.4	Aislamiento Térmico .....	64
3.3.5.5	Potencia de bomba de circulación .....	64
	CONCLUSIONES.....	65
	RECOMENDACIONES .....	66
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
	ANEXOS .....	69

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación de la empresa .....	2
<b>Figura 2</b>	Ejemplo de instalación solar de baja temperatura.....	6
<b>Figura 3</b>	Radiación .....	7
<b>Figura 4</b>	Energía solar incidente diaria en Puno.....	9
<b>Figura 5</b>	Partes de un colector solar térmico plano .....	612
<b>Figura 6</b>	Ángulos de inclinación de colectores solares térmicos.....	13
<b>Figura 7</b>	Conexión de paneles solares en serie – paralelo.....	14
<b>Figura 8</b>	Soportes comerciales para paneles .....	15
<b>Figura 9</b>	Instalación típica de un sistema solar de convección forzada para el sector comercial .....	19
<b>Figura 10</b>	Detalle del circuito hidráulico para ACS .....	23
<b>Figura 11</b>	Clasificación de hospitales por grado de complejidad, número de camas y geografía.....	27
<b>Figura 12</b>	Ubicación geográfica del Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, Puno.....	28
<b>Figura 13</b>	Dotación de agua diaria para locales de salud.....	29
<b>Figura 14</b>	Cálculo de dotación diaria de agua (RNE) .....	30
<b>Figura 15</b>	Tabla de datos obtenida por el área de arquitectura .....	34
<b>Figura 16</b>	Tabla de duración astronómica para latitud y mes .....	39
<b>Figura 17</b>	Factor de corrección K para superficies inclinadas .....	41
<b>Figura 18</b>	Captador solar de alto rendimiento WOLF – CFK – 1 .....	43
<b>Figura 19</b>	Distancia entre filas de captadores.....	46
<b>Figura 20</b>	Cálculos y características de los tanques de interacumulador para ACS.....	50
<b>Figura 21</b>	Cálculos y características de los tanques de interacumulador para calefacción .....	51
<b>Figura 22</b>	Dimensiones y características del interacumulador.....	52
<b>Figura 23</b>	Tramos con diferentes diámetros de tuberías en el circuito .....	54
<b>Figura 24</b>	Tabla de dimensiones y características en las tuberías rígidas de cobre .....	55
<b>Figura 25</b>	Cálculo de los diámetros de tuberías de cada tramo del circuito .....	56

<b>Figura 26</b>	Cálculo de las pérdidas de carga de cada tramo del circuito .....	57
<b>Figura 27</b>	Cuadro de selección de vaso de expansión según la cantidad de captadores solares .....	58
<b>Figura 28</b>	Cuadro de espesores mínimos de asilamientos (mm) en las tuberías y accesorios .....	59
<b>Figura 29</b>	Cálculo de la bomba de circulación .....	60
<b>Figura 30</b>	Selección del calentador de agua para ACS .....	61
<b>Figura 31</b>	Selección del calentador de agua para Calefacción.....	61



## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Salto térmico por mes (°C).....	31
<b>Tabla 2</b>	Consumo de ACS (l/d) .....	32
<b>Tabla 3</b>	Demanda energética para ACS (MJ/año) .....	33
<b>Tabla 4</b>	Masa de aire a calentar por día (kg/d) .....	35
<b>Tabla 5</b>	Masa de aire total a calentar por día (kg/d).....	36
<b>Tabla 6</b>	Demanda energética para calefacción (MJ/año).....	37
<b>Tabla 7</b>	Duración astronómica para latitud 15.82° .....	39
<b>Tabla 8</b>	Radiación solar efectiva (kJ/m <sup>2</sup> .d).....	42
<b>Tabla 9</b>	Demanda energética anual total (MJ/año) .....	62
<b>Tabla 10</b>	Cantidades de captadores solares para ACS y calefacción.....	62
<b>Tabla 11</b>	Volúmenes y cantidades de interacumuladores para ACS y calefacción .....	63

## LISTADO DE ANEXOS

<b>ANEXO N°1</b> MAPA DE ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA EN EL PERÚ..	69
<b>ANEXO N°2</b> ESQUEMA DE PRINCIPIO DE CAPTADOR SOLAR TÉRMICO PARA ACS Y CALEFACCIÓN .....	70
<b>ANEXO N°3</b> PLANO DE UBICACIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO CON SUS COMPONENTES .....	71
<b>ANEXO N°4</b> PLANO DE UBICACIÓN DE LOS CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS EN EL TECHO DEL HOSPITAL .....	72
<b>ANEXO N°5</b> PLANO DE DETALLES DE LOS CAPTADORES SOLARES, TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS DE SOPORTE .....	73

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo principal el diseño de captadores solares térmicos para abastecer la demanda energética del Hospital Regional Manuel Núñez Butrón ubicado en Puno para calentar agua a 60°C y; así, suministrar a los servicios sanitarios y calefacción.

El procedimiento realizado para este trabajo de suficiencia fueron los siguientes pasos: Primero, se identificó la demanda energética total que el hospital necesita anualmente para calentar agua; segundo, se determinó el rendimiento de los captadores solares térmicos y de qué tipo se van a utilizar; tercero, se logró determinar la cantidad de captadores solares térmicos necesarios para abastecer esa cuantiosa cantidad de demanda energética anual que necesita el hospital. Para el cuarto, se determinó la distancia que requieren entre captadores solares térmicos para evitar sombras y no bajar el rendimiento del sistema. Finalmente, se logró determinar, con cálculos y cantidades requeridas, el circuito hidráulico del sistema de captadores solares térmicos. Se realizó con los Softwares AutoCAD y Microsoft Excel; también, con catálogos y normas vigentes.

Concluido el diseño de los captadores solares térmicos, se determinó que será necesario la cantidad de 98 captadores para abastecer la demanda energética de 1,772,697.33 MJ/año; con un rendimiento del 76% por cada captador, a una distancia entre captadores de 2.67m. Además, se determinó la cantidad y volumen del interacumulador y los vasos de expansión; también las pérdidas y diámetros de las tuberías; el aislamiento térmico y la bomba de circulación; todo ello perteneciente al circuito hidráulico.

**Palabras clave:** Captadores Solares Térmicos, Radiación Solar, Agua Caliente Sanitaria, Calefacción

## ABSTRACT

The main objective of this professional sufficiency project is the design of thermal solar collectors to meet the energy demand of the Manuel Núñez Butrón Regional Hospital located in Puno, for heating water to 60°C and, thus, supplying sanitary services and heating.

The procedure for this sufficiency work involved the following steps: First, identifying the total energy demand annually for heating water in the hospital; second, determining the performance of the thermal solar collectors and the type to be used; third, calculating the quantity of thermal solar collectors needed to meet the substantial annual energy demand of the hospital. For the fourth step, determining the required distance between thermal solar collectors to avoid shadows and maintain system performance. Finally, calculating the hydraulic circuit of the thermal solar collector system with the help of AutoCAD and Microsoft Excel, along with catalogs and applicable standards.

Upon completing the design of the thermal solar collectors, it was determined that 98 collectors would be necessary to meet the energy demand of 1,772,697.33 MJ/year, with a 76% efficiency per collector and a distance of 2.67m between collectors. Additionally, the quantity and volume of the interaccumulator and expansion tanks were determined, along with pipe losses and diameters, thermal insulation, and circulation pump—all part of the hydraulic circuit.

**Key words:** Solar Thermal Collectors, Solar Radiation, Domestic Hot Water, Heating

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo titulado como “Diseño de captadores solares térmicos para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón en Puno”, cuyo problema es la de cómo abastecer la demanda energética que requiere el hospital para obtener agua caliente a 60°C y; así, suministrar a los servicios tanto sanitarios (ACS) como de calefacción. Además, de no depender tanto de la energía eléctrica como de los combustibles fósiles. Para (Olivera Rojas, 2021) en su trabajo de suficiencia profesional, indica que para calentar agua a un grado de temperatura acorde al servicio que requiera el hombre o algún sistema y, que sea a la vez, la reducción al consumo de combustibles fósiles, se puede lograr mediante un diseño de paneles solares térmicos.

En este trabajo se propone un sistema de captadores solares térmicos para dar abastecimiento a la demanda energética que requiere el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón para calentar agua; además de proponer el tipo de captador solar para obtener una mayor cantidad de radiación solar captada, con un buen rendimiento para todo el circuito hidráulico que contiene el sistema, ayudado con las catálogos y normas vigentes.

Este trabajo realizado, tiene como contenido 03 capítulos:

En el capítulo I, se describen todos los objetivos que fueron planteados para dicho trabajo y; para lo cual, se pretende llegar. En el capítulo II, pertenece al marco teórico; en la cual, se describen los antecedentes, las bases teóricas importantes y la definición de términos básicos para comprender bien los conceptos técnicos que se encuentran en el trabajo de suficiencia. Para el capítulo III, se desarrolla la solución del planteamiento del problema para que finalmente se redacte las conclusiones; además de las referencias bibliográficas y los anexos que te detallan en forma gráfica los detalles del diseño, etc.



# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Contexto**

La empresa “R&S INGENIEROS SAC” se dedica a la realización de servicios de proyectos electromecánicos en ingeniería y estructural para diversas empresas desde el 2005; tanto para proyectos pequeños (casas, edificios y edificaciones) como proyectos grandes (colegios, centros deportivos, hospitales, entre otros).

Es más reconocida la empresa por realizar proyectos de hospitales en la especialidad de ingeniería netamente mecánica.

#### **Misión:**

Empresa de servicios integrales de ingeniería, especializada en la elaboración de instalaciones eléctricas, mecánicas, sanitarias, comunicaciones y estructuras para empresas del sector público y privado.

#### **Visión:**

Ser la única empresa en el rubro de la ingeniería netamente mecánica en realizar proyectos hospitalarios.

### **1.2 Delimitación temporal y espacial del trabajo**

#### **1.2.1 Delimitación temporal**

El desarrollo del presente proyecto se realizó entre los meses de agosto a diciembre de 2023.

#### **1.2.2 Delimitación espacial**

El desarrollo del presente proyecto se realizó en la oficina de la empresa ubicado en la Av. Guardia Civil Sur 1041. Dpto. H – 401, Residencial Los Inkas, Santiago de Surco, Lima. Se puede apreciar mejor en la figura 1:

## Figura 1

### Ubicación de la empresa



Nota: a) A nivel del país, b) A nivel distrital, c) A nivel residencial

### 1.3 Objetivos

#### Objetivo 1

Determinar la demanda energética total para agua caliente sanitaria y calefacción para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón.

#### Objetivo 2

Determinar el rendimiento de los captadores solares térmicos para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón.

#### Objetivo 3

Determinar la cantidad total de captadores solares térmicos para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón.

#### Objetivo 4

Determinar la distancia entre los captadores solares térmicos para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón.

#### Objetivo 5

Determinar los componentes del circuito hidráulico que tienen los captadores solares térmicos para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

Gherzi Cordova y Marroquin Liu (2021), presentaron la Tesis de *“Dimensionamiento del Suministro de Agua Caliente Sanitaria a un Condominio Residencial, Utilizando Energía Solar”* para obtener el Título de Ingeniero Mecánico – Eléctrico en la Universidad de Piura (UDEP). El objetivo de la tesis es, dar una implementación a los sistemas de solares térmicos para un condominio, incitar con tecnologías de energía solar térmica para la masificación del uso de colectores solares térmicos y minimizar el uso del consumo eléctrico en el hogar e industrial. Este trabajo de tesis ayuda a proporcionar información complementaria para los cálculos y dimensiones de un sistema de captadore solares.

Olivera Rojas (2021), presentó el Trabajo de Suficiencia Profesional de *“Diseño de Paneles Solares Térmicos de Respaldo para Proveer Agua Caliente al Hospital María Reiche, Marcona – Ica”* para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS). Los objetivos de este proyecto son más enfocados al diseño de los paneles solares térmicos que cumplan con las normas RNE, NTS y RITE que necesitan los elementos e instrumentos para brindar agua caliente como respaldo para el Hospital María Reiche que se encuentra en Marcona – Ica. También la de aprovechar en grandes cantidades la energía proveniente del sol como un respaldo para calentar agua y así reducir los efectos del consumo de combustibles fósiles. Este proyecto se asemeja mucho a mi proyecto, ya que ambos se enfocan a suministrar agua caliente sanitaria para Hospitales; pero el mío lleva un valor agregado, que es para el suministro de agua caliente sanitaria y para el suministro de calefacción.

Choque Icarayme (2019), presentó el Trabajo de Suficiencia Profesional de *“Diseño de la Terma Solar para el Suministro de Agua Caliente para 80 Usuarios en el Colegio Javier Heraud Virundo Grau Apurímac 2019”* para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS). El principal objetivo de este trabajo es la de diseñar una terma solar que permita suministrar agua caliente al colegio Javier Heraud Virundo Grau ubicado en Apurímac; también, aprovechar la energía solar del Sol como energía renovable para evitar así el uso de quemar las derivaciones de los combustibles fósiles como el GLP y la leña en enormes cantidades que afecta, deteriora y contamina el medio ambiente de la zona de Apurímac. Este trabajo fue lo primero que encontré en el repositorio de la UNTELS y me informó a que se puede; aparte de diseñar, apoyar y ayudar a diferentes lugares y pueblos alejados que se encuentran a temperaturas bajo cero a obtener agua caliente para usos domésticos básicos como el del aseo personal tanto para niños, adultos y ancianos.

### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

Jiménez Carmona (2020), presentó el Trabajo Fin de Grado en Ingeniería de Tecnológicas Industriales de *“Diseño de una instalación de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en un hotel”* para obtener el Grado de Ingeniero de las Tecnologías Industriales en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. El principal objetivo de este trabajo es en el análisis exhaustivo de las necesidades de agua caliente en un hotel; para ello, se hace la selección de captadores solares térmicos adecuados, su orientación y la dimensión de un sistema de almacenamiento térmico. Además, de un sistema de respaldo con el fin de asegurar el abastecimiento de agua caliente en días nublados o de alta demanda. También, tiene el potencial de reducir significativamente los costos de energía del hotel a lo largo del tiempo y contribuye a la sostenibilidad ambiental reduciendo la necesidad que se tiene en los combustibles fósiles. Este trabajo ofrece mucha información sobre las necesidades que hay hoy en día para obtener agua caliente sanitaria en hoteles, hospedajes y/o negocios dando así la implementación del uso de la

energía solar, reducir el impacto ambiental y reducir costos sobre el aprovechamiento de otras energías.

Ledesma Montaña (2019), presentó el Proyecto Fin de Máster Ingeniería Industrial de *“Optimización de sistemas solares térmicos para producción de ACS en viviendas”* para obtener el Título de Máster en Ingeniería Industrial en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. El principal objetivo de esta tesis es la de mejorar y optimizar el diseño de captadores solares térmicos con el fin de maximizar el rendimiento en la producción de agua caliente sanitaria. Además, de que la investigación aborda aspectos clave en el diseño de captadores solares térmicos, la selección de materiales, la geometría del colector, la orientación y el sistema de almacenamiento térmico. Este trabajo de tesis ayuda a facilitar información valiosa a la toma de decisión en la selección y diseños de sistemas de captación solar en las aplicaciones de agua caliente sanitaria. Además de destacar la importancia que tiene en la sostenibilidad energética y reducción del carbono en el suministro de agua caliente en hogares y edificios.

Lombardía Castro (2018), presentó la Memoria de Trabajo Final de Grado de *“Diseño de la Instalación de Agua Caliente Sanitaria para un Edificio de Nueva Construcción con 42 viviendas en Ibiza”* para obtener el Grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la Universidad de las Islas Baleares (UIB). El objetivo principal de este trabajo es la de justificar toda la parte técnica que tiene el diseño y dimensionamiento de un sistema de instalación de energía solar térmica para que pueda suministrar agua caliente sanitaria para una cierta cantidad de viviendas divididas en bloques de tres. Para ello, se basa en los cálculos justificados necesarios y mínimos que se dan en las normas y reglamentos vigentes aprobadas. Este trabajo ayuda a brindar información sobre las normas y reglamentos que se usan para estos tipos de trabajo sobre captadores solares térmicos y energía solar para usos domésticos e industriales.



## 2.2 Bases teóricas:

### 2.2.1 La energía solar como alternativa a los combustibles

Según Perales (2009), “el incremento del consumo eléctrico en los hogares para mejorar nuestra calidad de vida y en el comercio con fines claramente incitadores a la compra es completamente opuesto a los planes de reducción de las emisiones contaminantes y nocivas para el ambiente.” (p.9).

También, “el Sol nos ofrece cada día una inmensa cantidad de energía que debemos recoger para reducir con ello la dependencia de los combustibles de origen fósil. El siguiente dato da una idea clara de lo que podemos conseguir: cada m<sup>2</sup> de placa captadora solar con fines energéticos evita la emisión anual a la atmósfera de 350 kg de CO<sub>2</sub>.” (Perales, 2009, p.9).

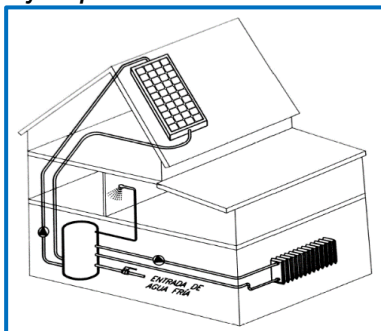
### 2.2.2 Energía solar térmica de baja temperatura

Según Perales (2009), “comprende esta versión a las instalaciones cuyo fluido no alcanza una temperatura superior a los 90°C. Se aplican estas instalaciones en los sectores residencial y hotelero, ambos para obtener agua caliente sanitaria y calefacción.” (p.14),

Como se muestra un ejemplo en la figura 2:

#### Figura 2

*Ejemplo de instalación solar de baja temperatura*



Nota: Perales (2009, “Instalación de Paneles Solares Térmicos”)

### 2.2.3 Radiación solar

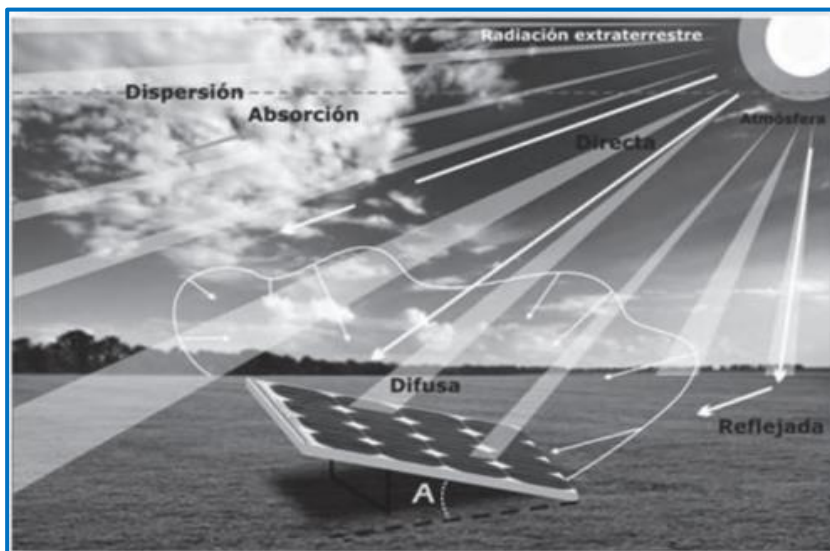
“La radiación solar emitida por el sol, llega a la atmósfera de la Tierra considerablemente debilitada (aproximadamente 1360 vatios por metro cuadrado- $W/m^2$ -), debido a la distancia entre el Sol y la Tierra”. Después dicha radiación sufre una atenuación debido a la capa atmosférica, por lo que la radiación en la superficie terrestre es de aproximadamente  $1000 W/m^2$ .” (Pareja, 2010, p.14).

Además, “el término radiación se aplica al cuerpo que radia, mientras que el término irradiación al objeto expuesto a la radiación. Estrictamente, la superficie terrestre es irradiada y los mapas y tablas son de irradiación solar; sin embargo, aún hoy en día suele usarse el término radiación para referirse a la irradiación.” (Trebejo et al., 2003, p.11).

En la figura 3, se muestra los tipos de radiación solar:

**Figura 3**

*Radiación*



Nota: Pareja (2010, “Radiación Solar y su Aprovechamiento Energético”)

### 2.2.3.1 Radiación solar efectiva (Eu):

“Es conocida como Energía útil, es la cantidad de energía verdadera que llega al captador y que dependerá de la orientación e inclinación de dichos captadores.” (Olivera, 2021, p.35).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Eu = 0.94 * K2 * H \text{ corregida} \dots (1)$$

Donde:

Eu: Radiación Solar Efectiva o Energía Útil (kJ/m<sup>2</sup>.d)

K2: Factor de corrección latitud e inclinación del mes (figura 17)

H corregida: Radiación Solar Media Corregida (kJ/m<sup>2</sup>)

### 2.2.3.2 Radiación solar media (H):

Para Olivera (2021), “se le considera a las Horas Pico del Sol y es la energía que suministra el Sol por unidad de superficie.” (p.33).

### 2.2.3.3 Corrección de radiación solar media (H corregida):

Para Olivera (2021), “está en función con la calidad del aire (polución). Para la calidad del aire, será multiplicado por un factor K1; en la cual, se encuentra en el rango entre 0.95 y 1.05.” (p.34).

$$0.95 < K1 < 1.05 \dots (2)$$

- “Si hay mucha polución en la ciudad, el factor de corrección es de 0.95.
- Si no hay polución; es decir, es limpio el aire de la ciudad, el factor de corrección es de 1.05.” (Olivera, 2021, 45).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$H \text{ corregida} = H * K1 \dots (3)$$

Donde:

H corregida: Radiación Solar Corregida ( $\text{kJ/m}^2$ )

H: Radiación Solar ( $\text{kWh/m}^2$ )

K1: Polución (adimensional)

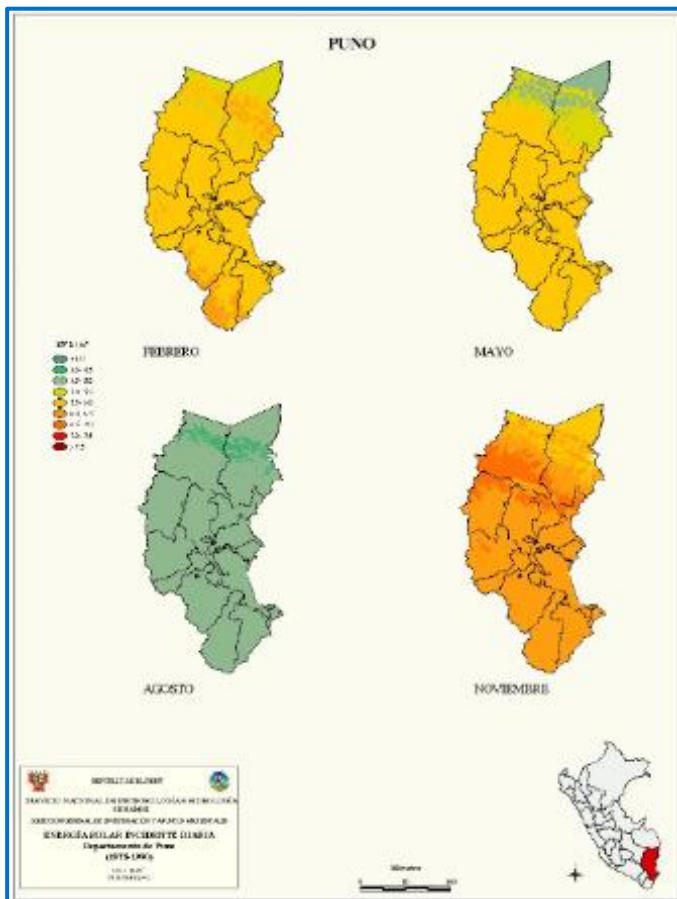
### 2.2.4 Irradiación solar

Según Trebejo et al. (2003), es la “energía solar incidente en una superficie por unidad de área. Es el resultado de integrar la irradiancia en un período de tiempo. Sus unidades son  $\text{J/m}^2$  o  $\text{kWh/m}^2$ .” (p.11).

En la figura 4, se muestra la energía solar incidente diaria en Puno.

**Figura 4**

*Energía solar incidente diaria en Puno*



Nota: Trebejo et al. (2003, “Atlas de Energía Solar del Perú”)

#### 2.2.4.1 Intensidad radiante:

“Es la cuantiosa cantidad de energía útil captada durante el día por unidad de superficie y horas del sol útiles.” (Olivera, 2021, p.36).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Eu}{t} \dots (4)$$

Donde:

I: Intensidad Radiante (W/m<sup>2</sup>)

Eu: Radiación Solar Efectiva (Wh/m<sup>2</sup>.d)

t: Tiempo de horas diarias del Sol (h/d) de la tabla 7

#### 2.2.5 Captador solar térmico

Perales (2009), nos indica que “el captador, colector o panel solar, que tales son sus definiciones, es el componente encargado de captar la energía solar para elevar con ello la temperatura del fluido en circulación por su interior, el cual da lugar, después de un proceso externo, a la obtención del ACS o servicios similares.” (p.20).

Se usó captadores solares de tipo plano para este trabajo; pues, para Perales (2009), “los de configuración plana están destinados a aplicaciones de bajas temperaturas, generalmente no superiores a los 90°C.” (p.21).

#### 2.2.6 Elementos internos del colector

De la figura 5, se observa que el colector solar cuenta con los siguientes elementos:

##### 2.2.6.1 Cubierta

Es la “superficie frontal o de incidencia de la luz solar del colector, cuya composición es vidrio templado o similar con las necesarias condiciones de transparencia óptica a la radiación

externa y de opacidad a las ondas largas que emite la placa absorbente interna.” (Perales, 2009, p.22).

#### **2.2.6.2 Placa absorbente**

Para Perales (2009), “la placa absorbente es el componente de captación o absorción de la energía solar incidente sobre su superficie para elevar la temperatura del fluido que circula por los conductos dispuestos en su cara interior. Esta placa puede estar formada por cobre, cobre – aluminio o acero.” (p.23).

#### **2.2.6.3 Aislante**

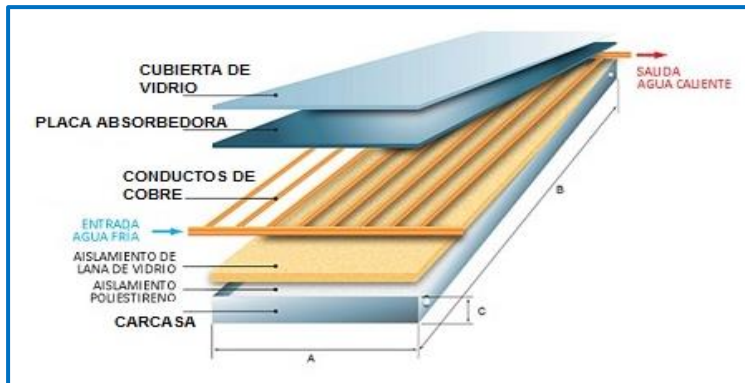
“La finalidad del aislante introducido en el colector solar es reducir las pérdidas de calor a través de los laterales y el fondo de su carcasa. Es, por tanto, un accesorio muy importante de estos accesorios. Para tal finalidad, se dispone una moldura de espuma de poliuretano, de resina de melamina o similar debajo y en los laterales de la placa absorbente, con un pequeño espacio de separación entre es placa y el aislante, para reducir las pérdidas térmicas.” (Perales, 2009, p.24).

#### **2.2.6.4 Carcasa**

“Es la estructura que soporta todos los componentes citados. La carcasa está moldeada en aluminio o material similar, con ranuras dispuestas para la fijación en cubiertas, suelo u otros emplazamientos. La carcasa está completamente sellada para asegurar la estanqueidad, lo que es una condición imprescindible en un componente que se sitúa siempre a la intemperie.” (Perales, 2009, p.24 y 25).

**Figura 5**

*Partes de un colector solar térmico plano*



Nota: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica/colectores-solares-generalidades-l36746>

Para la cantidad de captadores, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N_{total\ cap.} = \frac{S_{total\ cap.}}{S_{captador}} \dots (5)$$

Donde:

$N_{total\ cap.}$ : Cantidad de captadores

$S_{total\ cap.}$ : Superficie total de captación solar ( $m^2$ )

$S_{captador}$ : Superficie del captador ( $m^2$ ) por catálogo WOLF-CFK-1

### 2.2.7 Rendimiento del captador solar:

“Es la relación entre la energía útil aportada al fluido y la energía solar que incide en la cubierta del captador.” (Olivera, 2021, p.35).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\eta = K_0 - K_1 * \frac{(T_m - T_a)}{I} - K_2 * \frac{(T_m - T_2)^2}{I} \dots (6)$$

Donde:

$\eta$ : Rendimiento del captador

$K_0$ : Factor de conversión (%) por catálogo

$K_1$ : Coeficiente de pérdida ( $W/m^2 \cdot ^\circ K$ ) por catálogo

$K_2$ : Coeficiente de pérdida ( $W/m^2 \cdot ^\circ K$ ) por catálogo  
 $T_m$ : Temperatura media del fluido caloportador ( $^\circ C$ )  
 $T_a$ : Temperatura ambiente ( $^\circ C$ )  
 $I$ : Intensidad radiante ( $W/m^2$ )

### 2.2.8 Orientación e inclinación

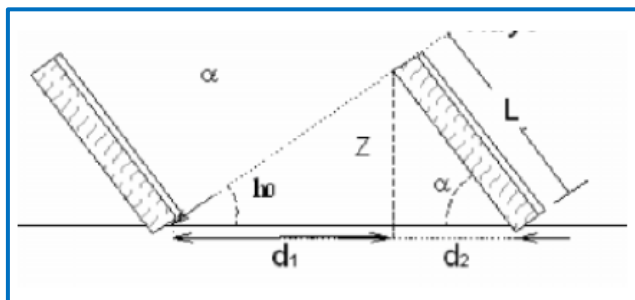
Según Perales (2009), “los colectores se orientarán en cuanto al azimut; al sur en el hemisferio Norte y al norte en el del Sur, teniendo en cuenta que no se proyecten sombras sobre ellos, lo que repercutiría en el rendimiento, y con una inclinación con tres condiciones:

1. El valor de la latitud geográfica del lugar para las instalaciones de utilización en todas las estaciones del año. (Por ejemplo, para una instalación en Madrid el valor será de  $40^\circ 26' 45''$ ).
2.  $+10^\circ$  respecto de lo anterior, si la utilización principal se produce sólo durante el invierno.
3.  $-10^\circ$  si la utilización principal es sólo durante el verano.” (p.54).

En la figura 6, se observa el ángulo de inclinación del captador; y esto, puede conllevar al cálculo de distancia entre captadores solares.

**Figura 6**

*Ángulos de inclinación de colectores solares térmicos*



Nota: Perales (2009, “Instalación de Paneles Solares Térmicos”)



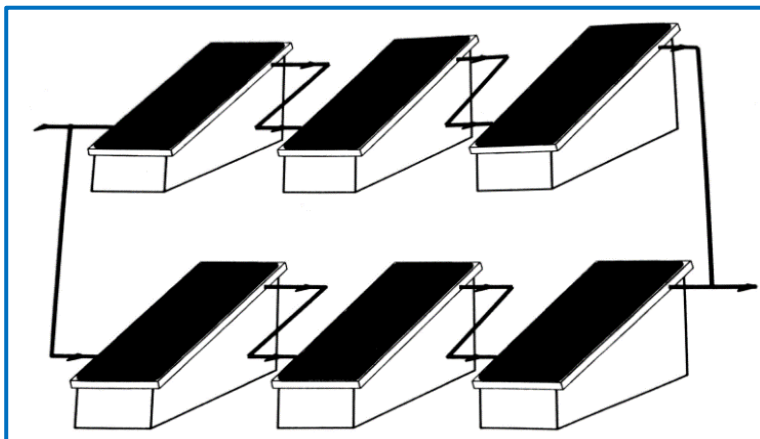
### 2.2.9 Conexión de colectores solares.

1. Conexión en paralelo: Para Perales (2009), la conexión en paralelo es para “la finalidad de aumentar el caudal.” (p.55).
2. Conexión en serie: Para Perales (2009), la conexión en serie es para “alcanzar temperaturas más altas, aunque se reduzca el rendimiento.” (p.55).
3. Conexión en serie – paralelo: Para Perales (2009), son “las características de los dos anteriores.” (p.56).

Para este TSP, se usará la conexión serie – paralelo, como se muestra en la figura 7.

**Figura 7**

Conexión de paneles solares en serie – paralelo



Nota: Perales (2009, “Instalación de Paneles Solares Térmicos”)

### 2.2.10 Soportes para colectores

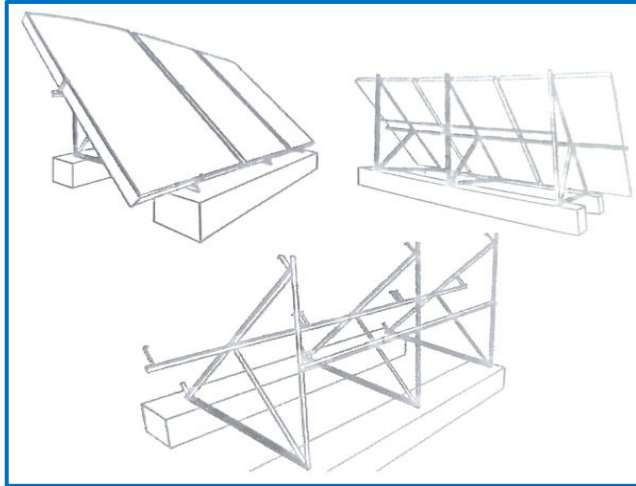
“Los colectores solares pueden integrarse arquitectónicamente en las cubiertas de los edificios, formando así parte de ellos, o bien montarse sobre estructuras metálicas para situarlos sobre las superficies de las terrazas o en el suelo. Naturalmente, los condicionantes en común son la inclinación, que depende de las coordenadas geográficas del

lugar de ubicación, y la ausencia de sombras durante la trayectoria diaria del Sol.” (Perales, 2009, p.30).

En la figura 8, se observa cómo son los soportes de los paneles:

**Figura 8**

*Soportes comerciales para paneles*



Nota: Perales (2009, “Instalación de Paneles Solares Térmicos”)

### **2.2.11 Aporte de energía solar:**

“Es la cantidad de energía aportada por cada m<sup>2</sup> de superficie colectora. Además, depende del rendimiento y las pérdidas generadas por los elementos que tiene la instalación.” (Olivera, 2021, p.38).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$E_p = \%IDAE * \eta * E_u \quad \dots (7)$$

Donde:

$E_p$ : Aporte de energía solar (MJ/m<sup>2</sup>.año)

$\%IDAE$ : Porcentaje de pérdida según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía - IDAE (entre 5% y 20%)

$\eta$ : Rendimiento del captador

$E_u$ : Radiación solar efectiva media (kJ/m<sup>2</sup>.d)

### 2.2.12 Superficie total de captación solar:

“Es la relación de la demanda energética total anual y el aporte de energía solar anual.” (Olivera, 2021, p.39).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$S_{total\ cap.} = \frac{E_{total}}{E_p} * Cobertura\ Deseada \dots (8)$$

Donde:

S total cap.: Superficie total de captación solar (m<sup>2</sup>)

E total: Demanda energética total anual (MJ/año)

E<sub>p</sub>: Aporte de energía solar (MJ/m<sup>2</sup>.año)

Cobertura Deseada (60%)

### 2.2.13 Agua caliente sanitaria (ACS)

Perales (2009) indica que “una de las primeras aplicaciones industriales encontrada a la energía solar térmica es el calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS) mediante el colector solar o placa solar, como se denomina comúnmente, la cual es almacenada en un depósito con propiedades de mantenimiento térmico, ya que el agua caliente no siempre se precisa en el momento de su obtención.” (p.11).

#### 2.2.13.1 Salto térmico ( $\Delta$ ):

Para Perales (2009), “para ingeniería térmica, es la diferencia de temperatura que experimenta un fluido térmico a medida que atraviesa un intercambiador de calor, y es un parámetro clave para evaluar el rendimiento de estos dispositivos en la transferencia de calor.” (p.84).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\Delta = T_u - T_{red} \dots (9)$$

Donde:

$\Delta$ : Salto térmico enero (°C)

Tu: Temperatura de uso (°C)

T. red: Temperatura de la red por mes (°C)

### 2.2.13.2 Consumo de ACS:

“El consumo de ACS no tiene por qué estar directamente relacionado con el caudal instantáneo, el cual se dará durante periodos muy cortos; para determinar los consumos se aplica el CTE (Código Técnico de la Edificación), en el que se dan los consumos diarios de ACS a 60°C.” (IDAE, 2010, p.46).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{D * (T_i - T.red)}{\Delta} \dots (10)$$

Donde:

C: Consumo de ACS (l/d)

D: Dotación diaria de agua (l/d)

Ti: Temperatura ideal del agua para el hombre (°C)

T. red: Temperatura de la red por cada mes (°C)

$\Delta$ : Salto térmico enero (°C)

### 2.2.13.3 Demanda energética para ACS:

Para Perales (2009), “satisfacer la demanda energética en forma de ACS, implica el dimensionado correcto de la superficie de captación solar y del volumen de agua a acumular.” (p.85).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$E1 = C * (Tu - T.red) * Ce * \delta \dots (11)$$

Donde:

E1: Demanda Energética para ACS (kcal/d) / (MJ/d) / (MJ/mes)

C: Caudal disponible para los equipos (l/d)

Tu: Temperatura de uso (°C)

T. red: Temperatura de la red enero (°C)

Ce: Calor específico del agua (1 kcal/kg-°C)

$\delta$ : Densidad del agua (1 kg/l)

#### **2.2.14 Componentes de las instalaciones**

Según Perales (2009), “Las instalaciones solares térmicas están configuradas en torno a cuatro grupos de componentes que son los siguientes:

1. Sistema de captación de la energía solar y transferencia a un fluido que circula por su interior.
2. Sistema de almacenamiento del ACS si la circulación es directa (el fluido que circula por el panel solar es el de utilización).
3. Sistema de transferencia térmica entre el fluido calentado (circuito primario) y el ACS de servicio (circuito secundario) si el procedimiento empleado en la instalación es el indirecto (los fluidos de los circuitos primario y secundario son diferentes).
4. Conjunto de accesorios empleados en el sistema de circulación del fluido para control de las temperaturas de entrada de agua fría y salida caliente, protección, sistema de apoyo, etc.” (p.19).

En la figura 9, se observa los componentes de la instalación de ACS:



envolvente metálico. Reciben estos acumuladores el fluido desde el colector solar si el sistema de la instalación es directo, o desde el intercambiador de calor externo si es del modo indirecto.” (Perales, 2009, p.36).

2. Interacumulador: “La unión en el mismo equipo físico de un intercambiador de calor y un acumulador básico da lugar al término interacumulador, equipo éste que es el comúnmente utilizado en las instalaciones de pequeña y mediana capacidad del tipo indirecto. Como el acumulador básico, el interacumulador puede incorporar un calefactor o un segundo intercambiador de calor como medio de apoyo.” (Perales, 2009, p.36).

El volumen del interacumulador y la cantidad de captadores solares que le pertenece al ACS, se obtienen con las siguientes fórmulas:

$$\% ACS = \frac{E1}{E1 + E2} \dots (12)$$

$$Au = A * N \text{ cap. de ACS} \dots (13)$$

$$V. ACS = 50 * Au \dots (14)$$

Donde:

% ACS: Porcentaje para ACS

E1: Demanda energética de ACS (MJ/año)

E2: Demanda energética de Calefacción (MJ/año)

Au: Superficie útil del captador (m<sup>2</sup>)

A: Área del captador (m<sup>2</sup>) por catálogo

N cap. de ACS: Cantidad de captadores para ACS

V. ACS: Volumen del interacumulador para ACS

### 2.2.16 Circuito hidráulico

Para Perales (2009), el circuito hidráulico “está compuesto por cuatro tipos de componentes, que son la bomba de circulación, las tuberías por las que transita el fluido entre los circuitos indicados, el vaso de expansión, y un conjunto de válvulas y accesorios similares para acciones de protección. El caudal en circulación, la longitud necesaria de las tuberías y los componentes intercalados para la seguridad personal y del sistema determinan las características básicas de este equipo.” (p.40).

1. Bomba Circulación: Para Perales (2009), esta es” una bomba de configuración electromecánica dispuesta en línea, del tipo rotor o de bancada, con la que se hace circular un determinado caudal de fluido a una cierta velocidad y altura de impulsión.” (p.41).

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{Q * HT}{75 * \eta} \dots (15)$$

HP: Potencia de la bomba (W)

Q: Caudal del fluido (L/s)

HT: Altura dinámica total (mca) = He + Hc + Hb + Hi + Ht

He: Altura estática del edificio (mca) por planos

Hc: Pérdida por carga del captador (mca) por catálogo

Hb: Pérdida por carga en las baterías (mca) por catálogo

Hi: Pérdida por carga de los interacumuladores (mca) por catálogo

Ht: Pérdida por carga en las tuberías (mca)

η: Rendimiento de la bomba (%)



2. Tuberías: Según Perales, estas “tuberías de las instalaciones térmicas deben ser elegidas teniendo en cuenta el cumplimiento con la normativa, los factores físicos, tales como el caudal y la presión máxima admisible, el aislamiento para obtener las mínimas pérdidas térmicas, protección ante los agentes contenidos en el agua en circulación.” (p.42).

Para obtener las pérdidas de carga en las tuberías, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Pdc_{unitario} = 378 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \dots (16)$$

Donde:

Pdc unitario: Pérdida de carga en las tuberías (mmCA/m)

Q: Caudal (L/h)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

3. Vaso de expansión: Indica Perales (2009), que “las variaciones de temperatura del fluido que circula por el circuito primario dan lugar al cambio de su volumen y, por tanto, al de la presión, lo que puede dificultar la circulación e introducir pérdidas. Para mantener constante la presión hidráulica se procede a instalar en el circuito primario el componente denominado vaso de expansión, cuya finalidad es absorber la indicada dilatación”. (p.43)

Se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$V_{total} = V_c + V_t + V_i \dots (17)$$

$$V_{ve} = V_{total} * (0.2 + (0.01 * h)) \dots (18)$$

Donde:

$V_{total}$ : Volumen total del circuito primario (L)

$V_c$ : Volumen de captadores (L)

$V_t$ : Volumen de las tuberías del circuito primario (L)

$V_i$ : Volumen del interacumulador (L) catálogo

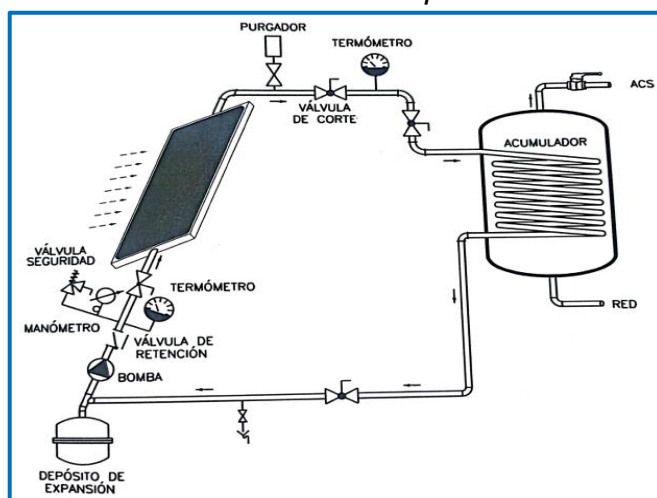
$V_{ve}$ : Volumen del vaso de expansión (L)

$h$ : Altura de la cota del vaso de expansión y el punto más alto del captador solar (m)

4. Válvulas: “El circuito hidráulico en toda su extensión, requiere un conjunto de válvulas de control para finalidades tan diversas como el purgado para eliminar el aire presionado, el llenado y vaciado del fluido, el antirretorno en el circuito primario, etc. Para su elección durante las tareas de proyección y dimensionado de las instalaciones, deben de tener en cuenta aspectos fundamentales como la adecuación al uso previsto, la presión del fluido en circulación y su gama de temperaturas.” (Perales, 2009, p.45 y 46).

**Figura 10**

*Detalle del circuito hidráulico para ACS*



Nota: Perales (2009, “Instalación de Paneles Solares Térmicos”)

En la figura 10, se observa los componentes que tiene el circuito hidráulico para ACS.

### 2.2.17 Calefacción:

Perales (2009), indica que “una de las primeras aplicaciones industriales encontrada a la energía solar térmica es el calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS) mediante el colector solar o placa solar, como se denomina comúnmente, la cual es almacenada en un depósito con propiedades de mantenimiento térmico, ya que el agua caliente no siempre se precisa en el momento de su obtención.” (p.11).

#### 2.2.17.1 Masa de aire:

La masa de aire a calentar se obtendrá con la fórmula de los gases ideales; pues, el aire se le considera como una mezcla de gases que contiene la atmósfera:

$$m = \frac{P * V * PM}{R * T} \quad \dots (19)$$

Donde:

m: Masa de aire a calentar por día (kg/d)

P: Presión Atmosférica de Puno (atm)

V: Volumen del aire a calentar (m<sup>3</sup>)

PM: Peso molecular del aire (28.96 kg/kmol)

R: Constante universal de los gases (0.0821 atm.m<sup>3</sup>/°K.kmol)

T: Temperatura del aire a calentar por cada mes (°K)

### 2.2.17.2 Demanda energética para calefacción:

Es la cantidad de energía necesaria para calentar agua y usarlo para los servicios de calefacción y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$E2 = Q = m \text{ total} * Ce * (T. \text{ confort} - T. \text{ red}) \dots (20)$$

Donde:

E2 = Q: Demanda energética para calefacción (kcal/d) / (MJ/d) / (MJ/mes)

m total: Masa de aire total a calentar por día (kg/d)

Ce: Calor específico del agua (0.24 kcal/kg.°K)

T. red: Temperatura de la red exterior mensual (°K)

T. confort: Temperatura de confort (°K)

### 2.2.18 Normas

Las normas que se usaran para el TSP son las siguientes:

- a. Normas del RNE.
- b. Normas del RITE.

### 2.3 Definición de términos básicos:

**ACS:** Siglas del denominado agua caliente sanitaria; y el profesional encargado es el ingeniero sanitario.

**Acumulador:** Dispositivo con aislante térmico para almacenar agua a alta temperatura durante un período largo de tiempo.

**AutoCAD:** Software de diseño para dibujo 2D y modelados 3D.

**Capacidad calorífica del agua:** Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua a un grado Celsius.

**Captador solar térmico:** Principal componente para captar la energía solar y transformarla en calor.

**Circuito primario:** Es el circuito entre los captadores solares térmicos y el intercambiador.

**Circuito secundario:** Es el circuito entre el acumulador o interacumulador y el consumo del hospital.

**Conexión en paralelo:** Es un circuito de conexión en la que los componentes son independientes.

**Conexión en serie:** Es un circuito de conexión en la que los terminales se conectan sucesivamente.

**Conexión en serie – paralelo:** Es un circuito de conexión en la que se usan tanto en serie como en paralelo.

**Estanqueidad:** Propiedad que se caracteriza por la capacidad de evitar que penetren elementos externos al interior de una pieza o circuito.

**Inclinación:** Es la acción de inclinar el captador solar térmico y la superficie horizontal formando un ángulo.

**Incrustaciones calcáreas:** Se forma por la presencia de agua dura, que contiene niveles altos de minerales como magnesio, calcio, entre otros.

**Interacumulador:** Es básicamente un acumulador, que en su interior se encuentra un intercambiador de calor.

**Microsoft Excel:** Hoja de cálculo para manipular datos numéricos y textos.

**Orientación:** Posición del captador respecto a los puntos cardiales.

**RNE:** Reglamento Nacional de Edificación, norma del Perú

**RITE:** Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, norma de España.

**Transferencia térmica:** Es el intercambio de energía en forma de calor entre distintos cuerpos.

## CAPITULO III

### DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

#### 3.1 Determinación y análisis del problema

El terreno del Hospital Regional Manuel Núñez Butrón de Puno, es de un área de 42,157 m<sup>2</sup> y la capacidad máxima que cuenta el hospital para pacientes hospitalizados es de 190 camas; por ello, se le considera como un proyecto de establecimiento de Salud de Referencia Regional de TERCER NIVEL y de CATEGORÍA II-2 (DS N°005–90–SA, 1990) por lo que prestará servicios de atención, servicios de hospitalización y servicios de emergencia.

#### Figura 11

*Clasificación de Hospitales por grado de complejidad, número de camas y geografía*

Tipo de Hospital	Descripción
Hospital Tipo I	Brinda atención general en las áreas de medicina, cirugía, pediatría, gineco-obstetricia y odontostomatología
Hospital Tipo II	Además de lo señalado para el Hospital Tipo I, presta atención básica en los servicios independientes de medicina, cirugía gineco-obstetricia y pediatría.
Hospital Tipo III	A lo ya considerado en las anteriores clasificaciones también da atención en determinadas sub-especialidades.
Hospital Tipo IV	Brinda atención de alta especialización a casos seleccionados.

Fuente: Ministerio de Salud. Reglamento General de Hospitales del Sector Salud .D.S. N° 005-90-SA.

a) Por el número de camas:

- Hospital pequeño: hasta 49 camas
- Hospital mediano: de 50 hasta 149 camas
- Hospital Grande: de 150 camas hasta 299 camas
- Hospital Extra-grande: mayor de 400 camas

Nota: DS N°005–90–SA (1990, “Reglamento General de Hospitales del Sector Salud”)

El proyecto del hospital, se encuentra ubicado en:

Dirección: Calle Guillermo Cruz con Av. Paucarcolla  
 Distrito: Cerro Poblado de Jayllihuaya  
 Provincia: Puno  
 Departamento: Puno  
 Latitud sur: 15°49’  
 Altitud: 3,812 msnm

## Figura 12

### Ubicación geográfica del Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, Puno



Nota: a) A nivel del país, b) A nivel distrital, c) A nivel de dirección

El problema que siempre tienen los de centros de salud para conseguir un buen confort tanto en los pacientes hospitalizados, personas visitantes como también del personal laboral, es la obtención de la demanda energética que necesita el hospital para el calentamiento del agua. Para ello, usan fuente de energía eléctrica brindada por el servicio eléctrico de la concesionaria correspondiente; pero, esto resulta insuficiente para cubrir las necesidades que tiene el hospital para el calentamiento del agua.

Entonces, el hospital deberá contar con cantidades suficientemente grandes de combustibles para cubrir la demanda energética que se requiere. Para esto, la empresa debe abastecer la demanda energética para cubrir todo el hospital y que; además, no dependa tanto de la energía eléctrica, ni de los combustibles fósiles. La solución es usar captadores solares térmicos.

Como en todo proyecto, siempre habrá cambios tanto por la entidad como por arquitectura que son netamente obligados. En el caso del proyecto desarrollado en el Hospital Manuel Núñez Butrón, ubicado en Puno, inicialmente la entidad solicitó agua caliente solo para fines sanitarios. Sin embargo, posteriormente se amplió el alcance para incluir el suministro de

agua caliente para calefacción. También se realizó cambios en el diseño arquitectónico, lo que implicó la reubicación de los captadores solares térmicos, las tuberías y demás componentes; todo ello sin afectar e interferir con las demás especialidades. Además de todos estos cambios, se realizó la revisión exhaustiva y cambios en los cálculos previstos para garantizar la eficiencia del proyecto en su conjunto.

Esta adaptación y evolución del proyecto demuestran la importancia de la flexibilidad y la capacidad de respuesta a las necesidades cambiantes que se debe tener en cualquier proyecto.

### 3.2 Modelo de solución propuesto

#### 3.2.1 Determinar la demanda energética total para agua caliente sanitaria y calefacción

Para obtener la demanda energética total del hospital, se determina primero la demanda energética para el ACS y luego la demanda energética para calefacción.

##### 3.2.1.1 Cálculo de la demanda energética para agua caliente sanitaria

###### A. Dotación diaria de agua fría:

Para obtener este cálculo, nos apoyaremos de la Norma IS.010 en la parte de Dotaciones de Agua de Instalaciones Sanitarias del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), según la figura 13:

**Figura 13**

*Dotación de agua diaria para locales de salud*

s) La dotación de agua para locales de salud como: hospitales, clínicas de hospitalización, clínicas dentales, consultorios médicos y similares, según la siguiente tabla.	
Local de Salud	Dotación
Hospitales y clínicas de hospitalización.	600 L/d por cama.
Consultorios médicos.	500 L/d por consultorio.
Clínicas dentales.	1000 L/d por unidad dental.

Nota: MVCS (2006, "Reglamento Nacional de Edificaciones")



A esta cantidad, multiplicamos por 0.6, que sería un factor de simultaneidad o grado de confort “K” obtenido por la “Guía del Instalador de Agua Caliente Sanitaria” (JUNKERS, 2006).

**Figura 14**

*Cálculo de dotación diaria de agua (RNE)*

DOTACIÓN DIARIA DE AGUA CALIENTE (RNE)				
TIPO DE SERVICIO	DOTACIÓN PARA AGUA		Nº DE SERVICIOS	CONSUMO DE AGUA (l/d)
Hospitales y Clínicas con hospitalización	250	l/d x cama	190	47,500
Consultorios médicos	130	l/d x consultorio	32	4,160
Clínicas dentales	100	l/d x unidad dental	0	0
CONSUMO DIARIO DE AGUA (l/d)				51,660
COEFICIENTE DE FACTOR DE SIMULTANEIDAD: K				0.60
CONSUMO DIARIO DE AGUA (l/d)				30,996

Nota: Elaborado por la empresa

Entonces, de la figura 14, la dotación diaria de agua es **30,996 l/d**.

### **B. Salto térmico ( $\Delta$ )**

En este caso, debemos obtener el salto térmico entre la temperatura del agua de la red externa y la temperatura de uso (60°C). En Puno la temperatura del agua de la red externa tiene un promedio de temperatura mensual diferente al año. Entonces, para cada mes tendremos diferentes resultados.

Se determinó con la fórmula 9:

$$\Delta = 47.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde:

$$T_u = 60^\circ\text{C}$$

$$T. \text{ red} = 12.5^\circ\text{C}$$

Para el mes de enero, será un salto térmico de **47.5°C**. Para los demás meses, se obtiene la tabla 1:

**Tabla 1***Salto térmico por mes (°C)*

Mes	Días	Temp. Red Ext. (°C)	Salto Térmico (°C)
Enero	31	12.5	47.5
Febrero	28	12.5	47.5
Marzo	31	12.5	47.5
Abril	30	12	48
Mayo	31	11.5	48.5
Junio	30	10.5	49.5
Julio	31	10.5	49.5
Agosto	31	11	49
Setiembre	30	11.5	48.5
Octubre	31	12.5	47.5
Noviembre	30	12.5	47.5
Diciembre	31	12.5	47.5

Nota: Elaboración propia

**C. Consumo de ACS:**

Es para los equipos que se usarán en el hospital en la parte sanitaria.

Se determinó con la fórmula 10:

$$C = 16,639.96 \text{ l/d}$$

Donde:

$$D = 30,996 \text{ l/d}$$

$$T_i = 38^\circ\text{C}, \text{ varía entre } 36^\circ\text{C y } 38^\circ\text{C}$$

$$T. \text{ red} = 12.5^\circ\text{C para mes de enero}$$

$$\Delta = 47.5^\circ\text{C}$$

Para el mes de enero, será un consumo de ACS disponible de **16,639.96 l/d**. Para los demás meses, se obtiene la tabla 2:

**Tabla 2***Consumo de ACS (l/d)*

Mes	Días	Temp. Red Ext. (°C)	Salto Térmico (°C)	Consumo de ACS (l/d)
Enero	31	12.5	47.5	16,639.96
Febrero	28	12.5	47.5	16,639.96
Marzo	31	12.5	47.5	16,639.96
Abril	30	12	48	16,789.50
Mayo	31	11.5	48.5	16,935.96
Junio	30	10.5	49.5	17,220.00
Julio	31	10.5	49.5	17,220.00
Agosto	31	11	49	17,079.43
Setiembre	30	11.5	48.5	16,935.96
Octubre	31	12.5	47.5	16,639.96
Noviembre	30	12.5	47.5	16,639.96
Diciembre	31	12.5	47.5	16,639.96

Nota: Elaboración propia

**D. Demanda energética para ACS**

Es la demanda energética necesaria para calentar agua.

El porcentaje de ocupación mensual para hospitales será siempre un 100% por el uso diario.

Se determinó con la fórmula 11:

$$E1 = 790,398.1 \text{ kcal/d}$$

$$E1 = 3,307.02 \text{ MJ/d}$$

$$E1 = 102,517.8 \text{ MJ/mes}$$

Donde:

$$C = 16,639.96 \text{ l/d}$$

$$T_u = 60^\circ\text{C}$$

$$T. \text{ red} = 12.5^\circ\text{C}$$

$$C_e = 1 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\delta = 1 \text{ kg/l}$$

Para el mes de enero, será una demanda energética para ACS de **102,517.8 MJ/mes.**

Entonces, la demanda energética anual será de **1,238,772.85 MJ/año.**

Se obtiene la tabla 3:

**Tabla 3**

*Demanda energética para ACS (MJ/año)*

Mes	Días	Caudal Disponible (l/d)	Demanda Energética (kcal/d)	Demanda Energética (MJ/mes)
Enero	31	16,639.96	790,398.10	102,517.80
Febrero	28	16,639.96	790,398.10	92,596.72
Marzo	31	16,639.96	790,380.10	102,517.80
Abril	30	16,789.50	805,896.00	101,156.07
Mayo	31	16,935.96	821,394.06	106,538.10
Junio	30	17,220.00	852,390.00	106,991.99
Julio	31	17,220.00	852,390.00	110,558.39
Agosto	31	17,079.43	836,892.07	108,548.25
Setiembre	30	16,935.96	821,394.06	103,101.38
Octubre	31	16,639.96	790,398.10	102,517.80
Noviembre	30	16,639.96	790,398.10	99,210.77
Diciembre	31	16,639.96	790,398.10	102,517.80
Demanda Energética Anual (ACS)				1,238,772.85

Nota: Elaboración propia

### 3.2.1.2 Cálculo de la demanda energética para calefacción

#### A. Masa de aire

Para calcular la masa de aire a calentar por día necesitamos tener el dato del volumen total del aire que fluirá en todos los pisos; en la cual, usarán los aparatos FANCOIL y UMAS; y estos serán brindados por parte de Arquitectura con la figura 15.

**Figura 15**

*Tabla de datos obtenida por el área de arquitectura*

APARATOS	PISOS	ÁREA	BTU/h	
FANCOIL	PISO 1	3,547	1,600,350	
	PISO 2	3,275	2,084,850	
	PISO 3	908	518,700	
	PISO 4	0	0	
	PISO 5	116	91,950	
	PISO 6	324	130,200	
UMA	PISO 1	197.6	4,101	
		874	10,317	
		882	8,626	
		160	3,926	
		128	2,883	
		217.62	4,903	
		457.2	5,383	
		138	2,703	
		477.4	4,830	
	PISO 2	3,600	14,435	
		10,647	84,951	
		7,227	55,329	
	PISO 3	35.2	797	
		109.5	1,115	
		228.8	1,813	
		264	2,045	
		171.5	2,350	
	PISO 5	608	4,248	
		467.2	4,000	
		451	4,033	
		451	4,033	
		464	3,917	
		608	4,282	
		403.48	3,162	
		462	3,540	
	PISO 6	540	4,434	
		420	3,361	
		90	1,439	
		<b>TOTAL</b>	<b>38,950</b>	<b>4,677,006</b>

Nota: Elaboración propia

Se determinó con la fórmula 19:

$$m = 91,708.19 \text{ kg/d}$$

Donde:

$$P = 0.63 \text{ kg/cm}^2 \text{ } \langle \rangle \text{ } 0.63 \text{ atm}$$

$$V = 116,850 \text{ m}^3$$

$$PM = 28.96 \text{ kg/kmol}$$

$$R = 0.0821 \text{ atm.m}^3/\text{°K.kmol}$$

$$T = 10\text{°C} \leftrightarrow 283.15\text{°K} \text{ para el mes de enero}$$

- Presión Atmosférica de Puno: Como el hospital se encuentra ubicado en Puno, tiene una altitud de **3,812 msnm**; en la cual, es equivalente a **0.63 kg/cm<sup>2</sup>**  $\leftrightarrow$  **0.63 atm**.

- Volumen del aire a calentar: Como tenemos los datos brindados por Arquitectura en la figura 15, el área total es **38,950 m<sup>2</sup>** y la altura es **3 m**; por ende, el volumen total es **116,850 m<sup>3</sup>**.

Para el mes de enero, será una masa de aire a calentar por día de **91,708.19 kg/d**.

Se obtiene la tabla 4:

**Tabla 4**

*Masa de aire a calentar por día (kg/d)*

Mes	Presión (atm)	Volumen del aire (m <sup>3</sup> )	Peso Molecular (kg/kmol)	Cosntante Universal de los Gases (atm.m <sup>3</sup> /°K.kmol)	Temperatura (°K)	Masa de Aire (kg/d)
Enero	0.63	116,850	28.96	0.0821	283.15	91,708.19
Febrero	0.63	116,850	28.96	0.0821	283.15	91,708.19
Marzo	0.63	116,850	28.96	0.0821	283.15	91,708.19
Abril	0.63	116,850	28.96	0.0821	282.15	92,033.22
Mayo	0.63	116,850	28.96	0.0821	281.15	92,360.56
Junio	0.63	116,850	28.96	0.0821	279.15	93,022.29
Julio	0.63	116,850	28.96	0.0821	279.15	93,022.29
Agosto	0.63	116,850	28.96	0.0821	280.15	92,690.25
Setiembre	0.63	116,850	28.96	0.0821	281.15	92,360.56
Octubre	0.63	116,850	28.96	0.0821	283.15	91,708.19
Noviembre	0.63	116,850	28.96	0.0821	283.15	91,708.19
Diciembre	0.63	116,850	28.96	0.0821	283.15	91,708.19

Nota: Elaboración propia

A esta masa de aire a calentar por día, se le debe agregar un porcentaje en la renovación de aire por infiltraciones y/o ventilaciones que hay por cada día.

Para ello, se consideró un porcentaje adicional del 20% de la masa de aire a calentar por día.

Para el mes de enero, será una masa de aire total a calentar por día de **110,049.83 kg/d**.

Se obtiene la tabla 5:

**Tabla 5**

*Masa de aire total a calentar por día (kg/d)*

Mes	Masa de Aire (kg/d)	Renovación de Aire por Infiltración o Ventilación por día (%)	Masa de Aire Total (kg/d)
Enero	91,708.19	20%	110,049.83
Febrero	91,708.19	20%	110,049.83
Marzo	91,708.19	20%	110,049.83
Abril	92,033.22	20%	110,439.86
Mayo	92,360.56	20%	110,832.67
Junio	93,022.29	20%	111,626.75
Julio	93,022.29	20%	111,626.75
Agosto	92,690.25	20%	111,228.30
Setiembre	92,360.56	20%	110,832.67
Octubre	91,708.19	20%	110,049.83
Noviembre	91,708.19	20%	110,049.83
Diciembre	91,708.19	20%	110,049.83

Nota: Elaboración propia

### **B. Demanda energética para calefacción**

Es la demanda energética requerida para el uso de los servicios de calefacción.

Se determinó con la fórmula 20:

$$E2 = 330,149.49 \text{ kcal/d}$$

$$E2 = 42,821.71 \text{ MJ/mes}$$

Donde:

m total = 110,049.83 kg/d mes de enero

Ce = 0.24 kcal/kg.°K

T. red = 12.5°C <> 285.65°K mes de enero

T. confort = 25°C (ASHRAE, 2008) <> 298.15°K

Para el mes de enero, será una demanda energética para calefacción de **42,821.71 MJ/mes**. Entonces la demanda energética anual será de **533,924.48 MJ/año**.

Se obtiene la tabla 6:

**Tabla 6**

*Demanda energética para calefacción (MJ/año)*

Mes	Días	Masa de Aire Total (kg/d)	Temp. Confort (°K)	Calor Específico del Agua (kcal/kg.°K)	Temp. red (°K)	Cantidad de Calor (kcal/d)	Demanda Energética (MJ/mes)
Enero	31	110,049.83	298.15	0.24	285.65	330,149.49	42,821.71
Febrero	28	110,049.83	298.15	0.24	285.65	330,149.49	38,677.67
Marzo	31	110,049.83	298.15	0.24	285.65	330,149.49	42,821.71
Abril	30	110,439.86	298.15	0.24	285.15	344,572.36	43,250.72
Mayo	31	110,832.67	298.15	0.24	284.65	359,097.85	46,576.43
Junio	30	111,626.75	298.15	0.24	283.65	388,461.09	48,759.64
Julio	31	111,626.75	298.15	0.24	283.65	388,461.09	50,384.96
Agosto	31	111,228.30	298.15	0.24	284.15	373,727.09	48,473.90
Setiembre	30	110,832.67	298.15	0.24	284.65	359,097.85	45,073.96
Octubre	31	110,049.83	298.15	0.24	285.65	330,149.49	42,821.71
Noviembre	30	110,049.83	298.15	0.24	285.65	330,149.49	41,440.36
Diciembre	31	110,049.83	298.15	0.24	285.65	330,149.49	42,821.71
Demanda Energética Anual (Calefacción)							533,924.48

Nota: Elaboración propia

### C. Cálculo de la demanda energética total

Para la demanda energética anual total será la suma de ambas demandas energéticas calculadas (E1 + E2):



$$E_{total} = 1,772,697.33 \text{ MJ/año}$$

Entonces, será una demanda energética anual total de **1,772,697.33 MJ/año**.

### **3.2.2 Determinar el rendimiento de los captadores solares térmicos**

Para obtener el rendimiento de los captadores solares térmicos para el hospital, se determina primero el cálculo de la radiación solar efectiva, luego el cálculo de la intensidad radiante y después obtenemos el cálculo del rendimiento.

#### **3.2.2.1 Cálculo de la radiación solar efectiva**

Es la energía útil ( $E_u$ ) y para determinar esta energía útil, se debe obtener los siguientes cálculos:

##### **A. Radiación solar media (H)**

Son las “Horas Pico del Sol” y existe 02 maneras en que se puede calcular este valor mediante su latitud:

- Si la latitud es exacta con relación a la figura 16, se calcula con la diferencia entre “HS” y “HP”; en donde:  
HS: Hora de Salida del Sol.  
HP: Hora Puesta del Sol.
- Si la latitud no es exacta con relación a la figura 16, se tendrá que interpolar usando “N” entre los valores que se encuentra en dicha latitud; en donde:  
N: Duración Astronómica del Día.

**Figura 16**

*Tabla de duración astronómica para latitud y mes*

Lat (S)	10°			12°			14°			16°			18°		
	HS	HP	N	HS	HP	N	HS	HP	N	HS	HP	N	HS	HP	N
Ene	05:50	18:29	12.7	05:47	18:32	12.8	05:44	18:35	12.9	05:40	18:39	13.0	05:37	18:42	13.1
Feb	06:02	18:27	12.4	06:00	18:28	12.5	05:58	18:30	12.5	05:56	18:32	12.6	05:54	18:34	12.7
Mar	06:04	18:14	12.2	06:04	18:14	12.2	06:03	18:14	12.2	06:03	18:14	12.2	06:03	18:15	12.2
Abr	06:04	17:56	11.9	06:05	17:55	11.8	06:06	17:53	11.8	06:08	17:52	11.7	06:09	17:50	11.7
May	06:07	17:46	11.7	06:09	17:43	11.6	06:12	17:40	11.5	06:15	17:37	11.4	06:18	17:34	11.3
Jun	06:14	17:47	11.6	06:18	17:43	11.4	06:21	17:40	11.3	06:25	17:36	11.2	06:29	17:32	11.1
Jul	06:18	17:54	11.6	06:21	17:51	11.5	06:25	17:47	11.4	06:28	17:44	11.3	06:32	17:40	11.1
Ago	06:11	17:58	11.8	06:13	17:56	11.7	06:15	17:54	11.7	06:17	17:52	11.6	06:20	17:50	11.5
Set	05:54	17:57	12.1	05:54	17:56	12.0	05:55	17:56	12.0	05:55	17:55	12.0	05:56	17:55	12.0
Oct	05:36	17:55	12.3	05:35	17:57	12.4	05:34	17:58	12.4	05:32	17:59	12.5	05:31	18:01	12.5
Nov	05:27	18:02	12.6	05:25	18:05	12.7	05:22	18:08	12.8	05:19	18:10	12.9	05:16	18:14	13.0
Dic	05:34	18:16	12.7	05:30	18:20	12.8	05:27	18:24	13.0	05:23	18:28	13.1	05:19	18:31	13.2

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (2002)

Nota: Trebejo et al. (2003, “Atlas de Energía Solar del Perú”)

En este proyecto, la latitud en que se encuentra el Hospital es de **15°49'** o **15.82°**. Se observa que no hay valor exacto con relación a la tabla, entonces se tiene que interpolar la “N” entre **14°** y **16°** para todos los meses.

Se obtiene la tabla 7:

**Tabla 7**

*Duración astronómica para latitud 15.82°*

Mes	Duración Astronómica del Día (N)
Enero	12.99
Febrero	12.59
Marzo	12.20
Abril	11.71
Mayo	11.41
Junio	11.21
Julio	11.31
Agosto	11.61
Setiembre	12.00
Octubre	12.49
Noviembre	12.89
Diciembre	13.09
Promedio	12.125

Nota: Elaboración propia

### **B. Corrección de radiación solar media (H corregida)**

La radiación solar en Puno diaria es de **5.19 kWh/m<sup>2</sup>**.

Se determinó la calidad del aire (polución) con la fórmula 3:

$$**H corregida = 17,749.8 kJ/m<sup>2</sup>**$$

Donde:

$$H = 5.19 \text{ kWh/m}^2 \text{ <> } 18.684 \text{ MJ/m}^2 \text{ <> } 18,684 \text{ kJ/m}^2$$

$$K1 (\text{Polución}) = 0.95$$

Entonces, será una radiación solar corregida de **17,749.8 kJ/m<sup>2</sup>**.

### **C. Radiación solar efectiva (Eu)**

La radiación solar efectiva es la energía útil verdadera que llega a los captadores solares térmicos; pero, siempre dependerá de la orientación e inclinación de dichos captadores.

Para la latitud del hospital en Puno es de **15.82°**, la cual usaremos **16°** para hallar la corrección de esta latitud.

Para el ángulo de inclinación, usaremos en tiempos de invierno (latitud + 10°) ya que en esos tiempos son bajas las temperaturas y la radiación solar.

$$\alpha = 26^\circ$$

Donde:

$\alpha$ : Ángulo de inclinación

Se asumió un ángulo de inclinación de **30°** para su corrección.

**Figura 17**

*Factor de corrección K para superficies inclinadas*

Latitud = 16°												
Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.04	1.03	1.01	1	.99	.98	.99	1	1.02	1.03	1.04	1.04
10	1.07	1.05	1.02	.99	.97	.96	.97	.99	1.03	1.06	1.08	1.08
15	1.09	1.06	1.02	.98	.94	.93	.94	.98	1.03	1.08	1.11	1.11
20	1.11	1.07	1.02	.96	.91	.89	.91	.96	1.02	1.09	1.13	1.14
25	1.12	1.07	1.01	.93	.88	.85	.87	.93	1.01	1.1	1.15	1.15
30	1.13	1.07	.99	.9	.83	.8	.83	.9	.99	1.09	1.16	1.16
35	1.12	1.06	.96	.86	.78	.75	.78	.86	.97	1.08	1.16	1.17
40	1.11	1.04	.93	.82	.73	.69	.72	.81	.94	1.07	1.15	1.16
45	1.1	1.01	.89	.77	.67	.63	.66	.76	.9	1.04	1.14	1.15
50	1.07	.98	.85	.71	.6	.56	.6	.7	.85	1.01	1.11	1.13
55	1.04	.94	.8	.65	.54	.49	.53	.64	.8	.97	1.08	1.1
60	1.01	.9	.75	.59	.46	.41	.46	.58	.75	.93	1.05	1.07
65	.96	.85	.69	.52	.39	.34	.38	.51	.69	.87	1.01	1.03
70	.92	.79	.63	.45	.31	.26	.3	.44	.62	.82	.96	.98
75	.86	.74	.56	.38	.24	.18	.22	.36	.55	.76	.9	.93
80	.8	.67	.49	.3	.16	.1	.14	.28	.48	.69	.84	.87
85	.74	.61	.42	.23	.1	.09	.09	.2	.41	.62	.77	.81
90	.67	.54	.35	.15	.09	.08	.08	.12	.33	.54	.7	.74

Nota: Trebejo et al. (2003, “Atlas de Energía Solar del Perú”)

Con la tabla de la figura 17, de factor de corrección para superficies planas podemos obtener la corrección para la latitud y ángulo de inclinación interpolando la latitud (**16°**) con el ángulo de inclinación (**30°**) para cada mes del año

Para las pérdidas estimaremos un **6%** debido a que a las primeras horas en la mañana y las últimas horas en la tarde la intensidad de la radiación disminuye en comparación con la del mediodía.

La radiación solar efectiva se calculó con la fórmula 1:

$$Eu = 18,853.84 \text{ kJ/m}^2 \cdot d$$

Donde:

K2 = 1.13 mes de enero

H corregida = 17,749.8 kJ/m<sup>2</sup>.

Se obtiene la tabla 8:

**Tabla 8***Radiación solar efectiva (kJ/m<sup>2</sup>.d)*

Mes	Pérdidas por Radiación	K2	Radiación Solar Corregida (kJ/m <sup>2</sup> )	Radiación Solar Efectiva (kJ/m <sup>2</sup> d)
Enero	0.94	1.13	18,684	18,853.84
Febrero	0.94	1.07	18,684	17,852.75
Marzo	0.94	0.99	18,684	16,517.96
Abril	0.94	0.90	18,684	15,016.33
Mayo	0.94	0.83	18,684	13,848.39
Junio	0.94	0.80	18,684	13,347.85
Julio	0.94	0.83	18,684	13,848.39
Agosto	0.94	0.90	18,684	15,016.33
Setiembre	0.94	0.99	18,684	16,517.96
Octubre	0.94	1.09	18,684	18,186.45
Noviembre	0.94	1.16	18,684	19,354.38
Diciembre	0.94	1.16	18,684	19,354.38
Radiación Solar Efectiva Media				16,476.25

Nota: Elaboración propia

Entonces, será una radiación solar efectiva media de **16,476.25 kJ/m<sup>2</sup> d.**

### 3.2.2.2 Cálculo de la intensidad radiante

La intensidad radiante es la cuantiosa cantidad de energía útil captada durante el día por unidad de superficie y horas del sol que son útiles.

Se determinó con la fórmula 4:

$$I = 503.83 \text{ W/m}^2$$

Donde:

$$E_u = 16,476.25 \text{ kJ/m}^2.\text{d} \leftrightarrow 6,046 \text{ Wh/m}^2.\text{d}$$

t = 12 h/d de la tabla 7

Entonces, será una intensidad radiante de **503.83 W/m<sup>2</sup>.**

### 3.2.2.3 Cálculo del rendimiento de los captadores solares

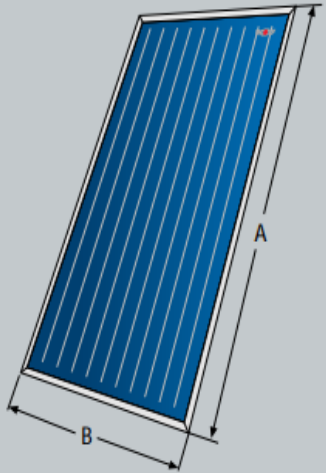
El rendimiento del captador es la relación entre la energía útil aportada al fluido y la energía solar que incide en la cubierta del captador.

El catálogo usado para el captador solar es WOLF – CFK – 1 de la figura 18 con sus propios parámetros que el fabricante mismo construyó.

**Figura 18**

*Captador solar de alto rendimiento TopSon – CFK – 1*

Datos Técnicos*		CFK-1
Captador solar TopSon		CFK-1
Largo x Ancho x Profundo [A x B x C]	mm	2099 x 1099 x 110
Distancia entre conexiones	D mm	1900
Conexiones (en la pieza de conexión)	G	3/4"
Ángulo de inclinación		15° - 90°
Absorción de energía**	%	76,7
Coefficiente de transmisión de calor k1 **	W/(m² K²)	3,669
Coefficiente de transmisión de calor k2 **	W/(m² K²)	0,018
Temperatura de parada máx. (en seco)	°C	196
Eficacia visual (factor de conversión) K50* **	%	95,2
Capacidad térmica efectiva C **	kJ/(m² K)	4,723
Presión de régimen admisible	bar	10
Superficie del captador / Superficie apertura	m²	2,3 / 2,12
Capacidad	Ltr.	1,1
Peso (vacío)	kg	36
Caudal admisible	Ltr./h	90
Fluido calorportante		ANRO
Certificado Solar-Keymark		011-7S591F
Certificado homologación		NPS-31812



\*\* Valores según EN 12975. \* Reservado el derecho de modificaciones técnicas

Nota: WOLF (2015, “Captador Solar de Alto Rendimiento WOLF – CFK – 1”)

Se determinó con la fórmula 6:

$$\eta = K_0 - K_1 * \frac{(T_m - T_a)}{I} - K_2 * \frac{(T_m - T_2)^2}{I}$$

$$\eta = 0.76$$

Donde:

$$K_0 = 95.2\% \Leftrightarrow 0.952$$

$$K_1 = 3.669 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

$K_2 = 0.018 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$  (por ser muy pequeño, será un valor despreciable)

$T_m = 38^\circ\text{C}$

$T_a = 12^\circ\text{C}$

$I = 503.83 \text{ W/m}^2$

Entonces, será un rendimiento del **76%**.

### 3.2.3 Determinar la cantidad total de captadores solares térmicos

Para obtener el rendimiento de los captadores solares térmicos para el hospital, debemos de obtener primero el cálculo de la radiación solar efectiva, luego el cálculo de la intensidad radiante y después obtenemos el cálculo del rendimiento.

#### 3.2.3.1 Cálculo del aporte de energía solar

Para este cálculo, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) recomienda aplicar una pérdida del 5% al 20% que son generadas por el sistema. Se asumió una estimación del 10% de pérdidas producido por el circuito.

$$E_p = 14,876 \text{ kJ/m}^2 \cdot d$$

$$E_p = 5,429,740 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{año}$$

$$E_p = 5,430 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{año}$$

Donde:

%IDAE: 10%

$\eta = 0.76$

$E_u = 16,476.25 \text{ kJ/m}^2 \cdot d$

Entonces, será un aporte de energía solar por cada  $\text{m}^2$  de superficie colectora de **5,430 MJ/m<sup>2</sup>.año**

### 3.2.3.2 Cálculo de la superficie total de captación solar

Se determinó con la fórmula 8:

$$S_{total\ cap.} = 196\ m^2$$

Donde:

$$E_{total} = 1,772,697.33\ MJ/año$$

$$E_p = 5,430\ MJ/m^2.año$$

$$\text{Cobertura Deseada} = 60\%$$

Entonces, será una superficie total de captación solar de **196 m<sup>2</sup>**.

### 3.2.3.3 Cálculo de la cantidad total de captadores solares

La cantidad total de captadores solares se obtiene dividiendo la superficie total de captación solar y la superficie del captador.

Se determinó con la fórmula 5:

$$N_{captadores} = 98$$

Donde:

$$S_{total\ cap.} = 196\ m^2$$

$$S_{captador} = 2\ m^2, \text{ catálogo (figura 18)}$$

Entonces, la cantidad total de captadores solares es de **98**.

### 3.2.4 Determinar la distancia entre los captadores solares térmicos

Las mínimas distancias que debe de existir entre las filas de los captadores lo rigen la norma RITE (Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios). Es para evitar que no exista sombras entre captadores durante la proyección de energía solar.

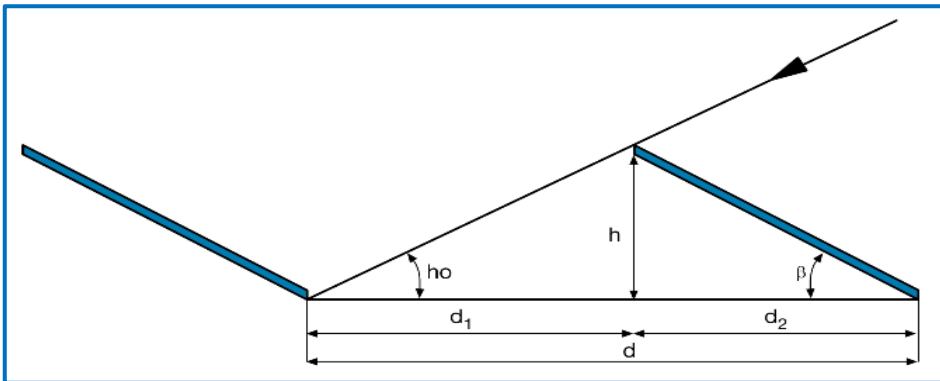
Además, la orientación de los captadores solares térmicos será al azimut Norte; pues, el hospital se encuentra ubicado en el hemisferio Sur.

Para calcular la distancia, se usará la figura 19:



**Figura 19**

*Distancia entre filas de captadores*



Nota: <https://certificacionenergetica.info/distancia-minima-entre-filas-de-captadores/>

Primero, viendo la imagen, podemos obtener la altura del captador con la siguiente fórmula:

$$h_{\text{captador}} = L * \text{sen}\beta \quad \dots (21)$$

$$h_{\text{captador}} = 1.05 \text{ m}$$

Donde:

h: captador: Altura del captador (m)

L: Largo del captador (m) figura 18 = 2.10 m

$\beta$ : Ángulo de inclinación = 30°

Entonces, la altura del captador es de **1.05 m**.

Segundo, podemos obtener la mínima altura solar con la siguiente fórmula:

$$H_{\text{min}} = (90^\circ - \text{Latitud del lugar}) - 23.27^\circ \quad \dots (22)$$

$$H_{\text{min}} = 50.91^\circ$$

Donde:

H min: Altura solar mínima en grados

Latitud del lugar: 15.82°

Entonces, la altura solar mínima es de **50.91°**.

Tercero, viendo la imagen, podemos obtener la distancia 2 ( $d_2$ ) con la siguiente fórmula:

$$d_2 = L * \cos\beta \quad \dots (23)$$
$$d_2 = 1.82 \text{ m}$$

Donde:

$d_2$ : Distancia 2 (m)

L: Largo del captador (m) figura 19 = 2.10 m

$\beta$ : Ángulo de inclinación = 30°

Entonces, la distancia 2 es de **1.82 m**.

Cuarto, viendo la imagen, podemos obtener la distancia 1 ( $d_1$ ) con la siguiente fórmula:

$$d_1 = \frac{h \text{ captador}}{\text{tg}(H \text{ min})} \quad \dots (24)$$
$$d_1 = 0.85 \text{ m}$$

Donde:

$d_1$ : Distancia 1 (m)

h captador: Altura del captador (m) = 1.05 m

H min: Altura solar mínima en grados = 50.91°

Entonces, la distancia 1 es de **0.85 m**.

Quinto, como ya tenemos los datos de la distancia 1 ( $d_1$ ) y distancia 2 ( $d_2$ ), podemos obtener la distancia entre captadores con la siguiente fórmula:

$$d = d_1 + d_2 \quad \dots (25)$$

$$d = 2.67 \text{ m}$$

Donde:

d: Distancia entre captadores (m)

d<sub>1</sub>: Distancia 1 (m) = 0.85 m

d<sub>2</sub>: Distancia 2 (m) = 1.82 m

Entonces, la distancia entre captadores solares es de **2.67 m**.

### **3.2.5 Determinar los componentes del circuito hidráulico que tienen los captadores solares térmicos**

Para obtener los componentes del circuito hidráulico de los captadores solares térmicos para el hospital, debemos de obtener los volúmenes de los interacumuladores para ACS y calefacción, el diámetro y las pérdidas de carga en las tuberías, el volumen del vaso de expansión cerrado, el aislamiento térmico y la bomba de circulación.

#### **3.2.5.1 Cálculo del volumen de los interacumuladores para ACS y calefacción**

##### **A. Cálculo del volumen de los interacumuladores para ACS**

Primero, debemos de saber la cantidad de captadores solares que le corresponde al ACS; para ello, se determinó con la fórmula 12:

$$\% \text{ ACS} = 0.70$$

Donde:

$$E1 = 1,238,772.85 \text{ MJ/año}$$

$$E2 = 533,924.48 \text{ MJ/año}$$

A este porcentaje para ACS, que es del **70%**, lo multiplicamos con la cantidad de captadores totales y; así, obtenemos la cantidad exacta de captadores solares que le corresponde al ACS.

Se determinó con la siguiente fórmula:

$$N \text{ cap. de ACS} = \% \text{ ACS} * N \text{ captadores} \dots (26)$$

$$N \text{ cap. de ACS} = 69$$

Donde:

N cap. de ACS: Cantidad de captadores solares que le corresponden al ACS

% ACS: Porcentaje para ACS = 70%

N captadores: Cantidad total de captadores solares

Entonces, la cantidad de captadores solares térmicos que le corresponde al ACS es de **69**.

Segundo, para calcular la cantidad del volumen nos apoyaremos de los catálogos, del cual, los fabricantes estiman una cantidad de **50 L por cada m<sup>2</sup> útil del captador**.

Se determinó con las fórmulas 13 y 14:

$$Au = 138 \text{ m}^2$$

Donde:

A = 2 m<sup>2</sup> por catálogo

N cap. de ACS = 69

$$V. \text{ ACS} = 6,900 \text{ L}$$

Entonces, el volumen del interacumulador que le corresponde al ACS es de **6,900 L** y, por catálogo de la figura 23, optaremos de **2 tanques de interacumuladores para ACS** con capacidad de **3,500 L** de volumen.

Se obtiene la figura 20:

**Figura 20**

*Cálculos y características de los tanques de interacumulador para ACS*

CÁLCULO DEL NÚMERO DE TANQUES DE INTERACUMULACIÓN PARA ACS		
VOLUMEN DEL INTERACUMULADOR PARA ACS	6,900	litros
CAPACIDAD DEL TANQUE INTERACUMULADOR: FABRICANTE	3,500	litros
N° DE TANQUE DE INTERACUMULACIÓN	1.97	
N° de tanques asumidos	2.00	TANQUES
TIPO DE CONEXIÓN:	SERIE	
Dimensiones aproximadas: Ref. FABRICANTE		
Altura con aislamiento térmico: B	2,580	mm
Diámetro con aislamiento térmico: A	1,660	mm
Superficie calefactora intercambiador: SSB	8.4	m <sup>2</sup>
Capacidad del intercambiador o serpentín	48	litros
Presión máximo del circuito de calentamiento	25	bar
Presión máximo del depósito de ACS	8	bar
N° de serpentines	5	
Temp. máxima del circuito de calentamiento	120	°C
Temp. máxima del depósito de ACS	90	°C
Peso en vacío aproximado	825	kg

Nota: Elaborado por la empresa

### **B. Cálculo del volumen de los interacumuladores para calefacción**

Primero, como ya sabemos la cantidad de captadores solares que le corresponden al ACS, podemos obtener la cantidad de captadores solares que le corresponden a la de calefacción con solo hace una resta:

$$N \text{ cap. de calefacción} = 29$$

Entonces, la cantidad de captadores solares térmicos que le corresponde a la de calefacción es de **29**.

Segundo, de la misma manera que la de ACS, usaremos las mismas fórmulas (13 y 14) para obtener el volumen del interacumulador que le corresponde a la de calefacción:

$$Au = 58 \text{ m}^2$$

$$V. \text{ Calefacción} = 2,900 \text{ L}$$

El volumen del interacumulador que le corresponde a la de calefacción es de **2,900 L** y, por catálogo de la figura 23, optaremos de **1 tanque de interacumulador para calefacción** con capacidad de **3,000 L** de volumen.

Se obtiene la figura 21:

**Figura 21**

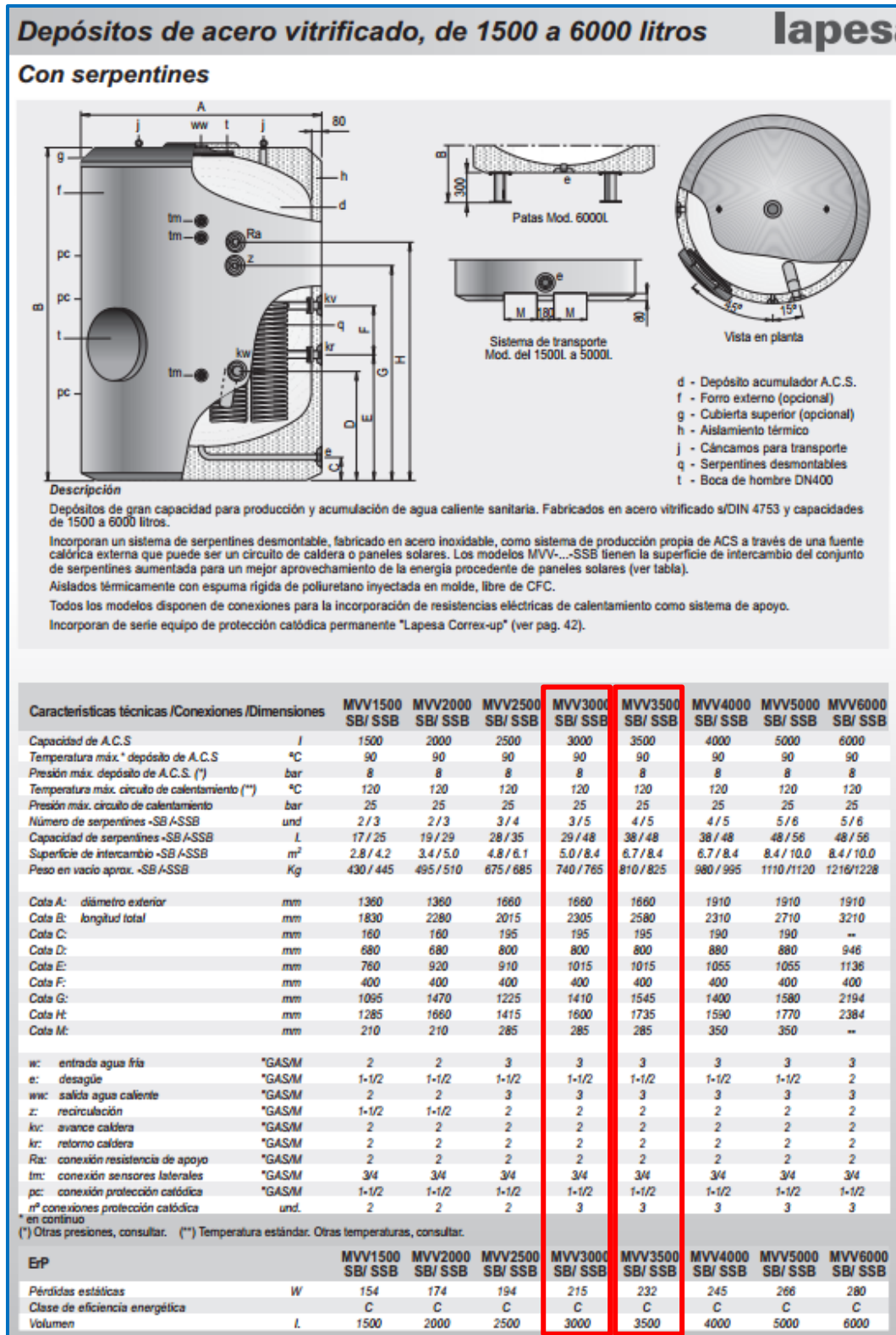
*Cálculos y características de los tanques de interacumulador para calefacción*

CÁLCULO DEL NÚMERO DE TANQUES DE INTERACUMULACIÓN PARA CALEFACCIÓN		
VOLUMEN DEL INTERACUMULADOR PARA CALEFACCIÓN	2,900	litros/min
CAPACIDAD DEL TANQUE INTERACUMULADOR: FABRICANTE	3,000	litros
N° DE TANQUE DE INTERACUMULACIÓN	0.97	
N° de tanques asumidos	1.00	TANQUES
TIPO DE CONEXIÓN:	SERIE	
Dimensiones aproximadas: Ref. FABRICANTE		
Altura con aislamiento térmico: B	2,305	mm
Diámetro con aislamiento térmico: A	1,660	mm
Superficie calefactora intercambiador: SSB	8.4	m <sup>2</sup>
Capacidad del intercambiador o serpentín	48	litros
Presión máximo del circuito de calentamiento	25	bar
Presión máximo del depósito de CALEFACCIÓN	8	bar
N° de serpentines	5	
Temp. máxima del circuito de calentamiento	120	°C
Temp. máxima del depósito de CALEFACCIÓN	90	°C
Peso en vacío aproximado	765	kg

Nota: Elaborado por la empresa

Figura 22

Dimensiones y características del interacumulador



Nota: WOLF (2008), "Sistema de Energía Solar WOLF"

### **3.2.5.2 Cálculos de diámetros y pérdidas de carga en las tuberías**

En este sistema de alimentación de captadores solares para ACS y calefacción, hay 2 circuitos principales: Circuito primario y circuito secundario. De estos circuitos, hay variación de diámetros en las tuberías; de las cuales, tenemos que calcular qué diámetros le corresponden a cada tramo del circuito y el tipo de tuberías que se tiene que usar.

#### **A. Cálculo del diámetro de las tuberías en el circuito primario**

El circuito primario o también conocido como circuito principal es el que alimenta desde los captadores solares hasta los interacumuladores.

Para escoger el tipo de la tubería necesaria, con bajo precio e ideal para el sistema de alimentación para ACS y de Calefacción; debemos de tener en cuenta lo siguiente:

- A veces, el fluido caliente llega alcanzar temperaturas de hasta 130°C.
- Debe de soportar la tubería esfuerzos como la presión ejercida dentro de la tubería, las curvas y derivaciones que existen en el circuito, las velocidades que debe circular el fluido en el circuito, fricciones, etc.
- También debe de soportar la corrosión que existe en las tuberías.

Para ello, se usará tuberías de material de cobre de tipo L por sus grandes beneficios como:

- Son tuberías Ideales para agua potable fría o caliente, gas licuado de petróleo, gas natural y gases medicinales.
- Son tuberías ideales para las altas presiones como en las casas, edificios habitacionales, comercios, etc.
- Son tuberías que tienen paredes lisas, ya que pueden reducir pérdidas de presión por fricción.
- Son tuberías que poseen una larga vida útil en las instalaciones.

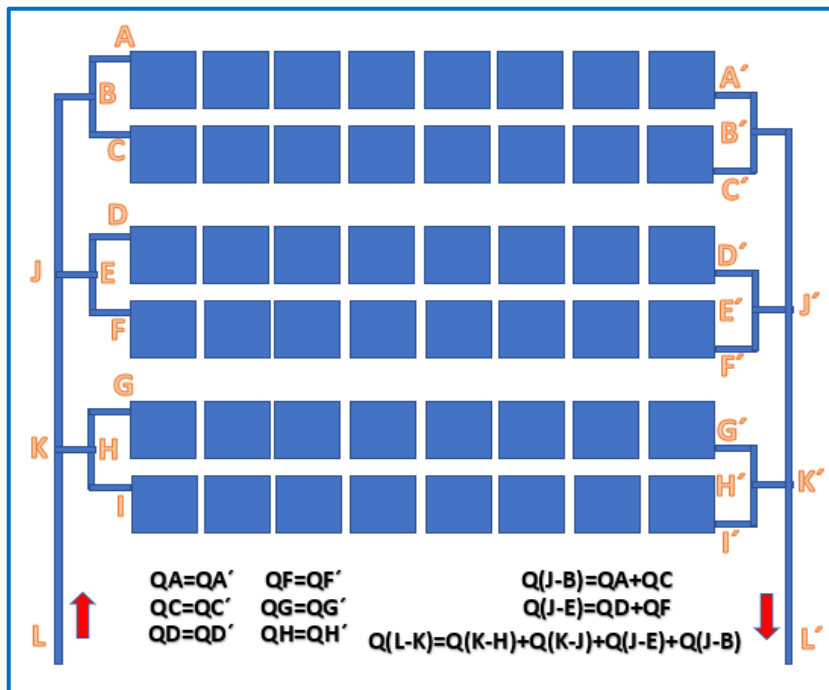


- Son tuberías que poseen una alta resistencia a la corrosión.

En el circuito primario, no hay un solo tramo con un solo diámetro de tubería. En la figura 23, vemos que hay diferentes tramos con diferentes diámetros de tuberías; de las cuales, debemos de obtener para cada tramo sus diámetros, las velocidades que deben de circular el fluido caloportador y las pérdidas por fricción, curvas, derivaciones, etc.

**Figura 23**

*Tramos con diferentes diámetros de tuberías en el circuito*



Nota: Elaboración propia

La fórmula del diámetro interior es la siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \dots (27)$$

$$D = 0.06449 \text{ m}$$

$$D = 64.49 \text{ mm}$$

Donde:

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

Q: Caudal del captador por fabricante (m<sup>3</sup>/s) = 90 L/h.m<sup>2</sup>

“Como el captador tiene un área de 2 m<sup>2</sup>, lo cambiamos a L/h, obtenemos 180 L/h.captador; y como hay un total de 98 captadores solares, tenemos un total de 17,640 L/h, pasándolo a m<sup>3</sup>/s tenemos 0.0049 m<sup>3</sup>/s.”

V: Velocidad del fluido caloportador (m/s) = 1.5 m/s

El diámetro calculado nos da **64.49 mm**; pero, con la figura 24 el verdadero diámetro interno sería de **74.803 mm** o de **3 pulgadas**.

**Figura 24**

*Tabla de dimensiones y características en las tuberías rígidas de cobre*

**TABLA 2. Dimensiones y características de tubería rígida de cobre**

Medida nominal	Diámetro exterior	Diámetro interno			Espesor de pared			Peso por tramo de 6.10 mts			Presión máxima		
		M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4"	0.375"	0.324"	0.314"	0.276"	0.025"	0.030"	0.049"	2.132 lb	2.524 lb	5.385 lb	6,133 lb/pulg <sup>2</sup>	7,200 lb/pulg <sup>2</sup>	8,820 lb/pulg <sup>2</sup>
6.35 mm	9.525 mm	8.255 mm	8.001 mm	7.035 mm	0.635 mm	0.762 mm	1.245 mm	0.968 kg	1.146 kg	2.445 kg	431.15 kg/cm <sup>2</sup>	506.16 kg/cm <sup>2</sup>	620.04 kg/cm <sup>2</sup>
3/8"	0.500"	0.449"	0.429"	0.401"	0.025"	0.035"	0.049"	2.903 lb	3.965 lb	6.890 lb	4,500 lb/pulg <sup>2</sup>	6,300 lb/pulg <sup>2</sup>	7,056 lb/pulg <sup>2</sup>
9.50 mm	12.700 mm	11.43 mm	10.922 mm	10.21 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm	1.318 kg	1.800 kg	3.128 kg	316.35 kg/cm <sup>2</sup>	442.89 kg/cm <sup>2</sup>	496.03 kg/cm <sup>2</sup>
1/2"	0.625"	0.572"	0.544"	0.494"	0.028"	0.040"	0.065"	4.083 lb	5.705 lb	12.813 lb	4,032 lb/pulg <sup>2</sup>	5,760 lb/pulg <sup>2</sup>	6,685 lb/pulg <sup>2</sup>
12.7 mm	15.875 mm	14.453 mm	13.843 mm	12.573 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.651 mm	1.854 kg	2.590 kg	5.817 kg	283.45 kg/cm <sup>2</sup>	404.92 kg/cm <sup>2</sup>	469.95 kg/cm <sup>2</sup>
3/4"	0.875"	0.811"	0.784"	0.744"	0.032"	0.045"	0.065"	6.566 lb	9.110 lb	16.799 lb	3,291 lb/pulg <sup>2</sup>	4,632 lb/pulg <sup>2</sup>	5,200 lb/pulg <sup>2</sup>
19 mm	22.225 mm	20.601 mm	19.939 mm	18.923 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm	2.981 kg	4.136 kg	7.627 kg	231.35 kg/cm <sup>2</sup>	325.62 kg/cm <sup>2</sup>	209.00 kg/cm <sup>2</sup>
1"	1.125"	1.054"	1.024"	0.994"	0.035"	0.050"	0.065"	9.310 lb	13.114 lb	20.824 lb	2,800 lb/pulg <sup>2</sup>	4,000 lb/pulg <sup>2</sup>	4,260 lb/pulg <sup>2</sup>
25 mm	28.575 mm	26.797 mm	26.035 mm	25.273 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm	4.227 kg	5.954 kg	9.454 kg	196.84 kg/cm <sup>2</sup>	281.20 kg/cm <sup>2</sup>	299.47 kg/cm <sup>2</sup>
1 1/4"	1.375"	1.290"	1.264"	1.230"	0.042"	0.055"	0.072"	13.656 lb	17.700 lb	27.231 lb	2,749 lb/pulg <sup>2</sup>	3,600 lb/pulg <sup>2</sup>	3,988 lb/pulg <sup>2</sup>
32 mm	34.925 mm	32.791 mm	32.131 mm	31.267 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.829 mm	6.200 kg	8.036 kg	12.363 kg	193.25 kg/cm <sup>2</sup>	253.08 kg/cm <sup>2</sup>	280.35 kg/cm <sup>2</sup>
1 1/2"	1.625"	1.526"	1.504"	1.459"	0.049"	0.060"	0.083"	18.821 lb	22.826 lb	41.249 lb	2,713 lb/pulg <sup>2</sup>	3,323 lb/pulg <sup>2</sup>	3,515 lb/pulg <sup>2</sup>
38 mm	41.275 mm	38.785 mm	38.227 mm	37.059 mm	1.245 mm	1.524 mm	2.108 mm	8.545 kg	10.363 kg	18.727 kg	190.72 kg/cm <sup>2</sup>	233.60 kg/cm <sup>2</sup>	247.10 kg/cm <sup>2</sup>
2"	2.125"	2.016"	1.984"		0.058"	0.070"		29.233 lb	35.042 lb		2,470 lb/pulg <sup>2</sup>	2,965 lb/pulg <sup>2</sup>	
51 mm	53.975 mm	51.029 mm	50.419 mm		1.473 mm	1.778 mm		13.272 kg	15.909 kg		173.65 kg/cm <sup>2</sup>	208.43 kg/cm <sup>2</sup>	
2 1/2"	2.625"	2.494"	2.464"		0.065"	0.080"		40.647 lb	49.658 lb		2,228 lb/pulg <sup>2</sup>	2,742 lb/pulg <sup>2</sup>	
64 mm	66.675 mm	63.373 mm	62.611 mm		1.651 mm	2.032 mm		18.454 kg	22.545 kg		156.62 kg/cm <sup>2</sup>	192.76 kg/cm <sup>2</sup>	
3"	3.125"	2.976"	2.944"		0.072"	0.090"		53.663 lb	66.645 lb		2,073 lb/pulg <sup>2</sup>	2,592 lb/pulg <sup>2</sup>	
76 mm	79.375 mm	75.597 mm	74.803 mm		1.889 mm	2.286 mm		24.363 kg	30.257 kg		145.73 kg/cm <sup>2</sup>	182.21 kg/cm <sup>2</sup>	
4"	4.125"	3.934"	3.904"		0.095"	0.110"		93.310 lb	107.729 lb		2,072 lb/pulg <sup>2</sup>	2,400 lb/pulg <sup>2</sup>	
102 mm	104.775 mm	99.949 mm	99.187 mm		2.413 mm	2.794 mm		42.363 kg	48.909 kg		145.65 kg/cm <sup>2</sup>	168.72 kg/cm <sup>2</sup>	

Nota: Elaboración propia

A continuación, en la figura 25, vemos los diámetros internos de cada tramo con sus respectivas velocidades.

**Figura 25**

*Cálculo de los diámetros de tuberías de cada tramo del circuito*

CÁLCULO DEL DIÁMETRO INTERIOR PARA TUBERÍA DE COBRE TIPO L												
TRAMO	N° CAPTADORES	LONGITUD	LONGITUD EQUIV. (10%)	LONGITUD TOTAL	Caudal		Diám. Interior	Diám. Interior Real	Diám. Nominal	Sección de la Tubería	Velocidad	
		m	m	m	l/hora	m <sup>3</sup> /s	mm	mm	pulgada	m <sup>2</sup>	m/s	
M-L	98	17	2.55	19.55	17,640	0.0049	64.49	74.800	3	0.00439	1.12	
L-K	48	15	2.25	17.25	8,640	0.0024	45.14	50.419	2	0.00200	1.20	
K-J	32	8	1.20	9.2	5,760	0.0016	36.85	38.227	1 1/2	0.00115	1.39	
J-B	16	8	1.20	9.20	2,880	0.0008	26.06	32.131	1 1/4	0.00081	0.99	
B-A	8	2	0.30	2.3	1,440	0.0004	18.43	19.939	3/4	0.00031	1.28	
$Q = v * S$							$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$		CONDICIÓN A CUMPLIR:		< 1.5 m/s	OK

Nota: Elaborado por la empresa

### B. Cálculo del diámetro de las tuberías en el circuito secundario

El circuito secundario es el que alimenta desde los interacumuladores hasta los consumos de servicios que tiene el Hospital. En esta parte del circuito, el encargado de escoger los tipos de materiales, tipos de tuberías, tipos de bombas de agua y hacer los cálculos correspondientes es el ingeniero sanitario.

### C. Cálculo de pérdidas de carga en las tuberías

Para las pérdidas de carga en las tuberías, dependen de la velocidad y caudal que tiene cada tramo del circuito primario.

Para ello, se determinó con la fórmula 16:

$$Pdc_{unitario} = 13 \text{ mmCA/m}$$

Donde:

$$Q = 17,640 \text{ L/h}$$

$$D = 74.803 \text{ mm}$$

Ahora, con ese dato, lo multiplicamos con el dato de la longitud equivalente del tramo y obtenemos:

$$Pdc_{unitario} = 250.6 \text{ mmCA}$$

A continuación, en la figura 26, vemos las pérdidas de carga generada por cada tramo del circuito primario.

**Figura 26**

*Cálculo de las pérdidas de carga de cada tramo del circuito*

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CARGA PARA TUBERÍA DE COBRE TIPO L												
TRAMO	N° CAPTADORES	LONGITUD	LONGITUD EQUIV. (10%)	LONGITUD TOTAL	Caudal		Diám. Interior	Diám. Interior Real	Pérdida de carga en tuberías (Ht)			
		m	m	m	l/hora	m <sup>3</sup> /s	mm	mm	mm CA/m	mm CA	m CA	
M-L	98	17	2.55	19.55	17,640	0.0049	64.49	74.800	13	250.6	0.55	
L-K	48	15	2.25	17.25	8,640	0.0024	45.14	50.419	24	412.9	0.91	
K-J	32	8	1.20	9.2	5,760	0.0016	36.85	38.227	44	403.4	0.89	
J-B	16	8	1.20	9.20	2,880	0.0008	26.06	32.131	30	273.7	0.60	
B-A	8	2	0.30	2.3	1,440	0.0004	18.43	19.939	85	196.2	0.43	
					$Q = v * S$		$d = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$		$Pdc_{unitaria} = 378 * \frac{Q^{1.75}}{d^{4.75}}$		1537	3.38

Nota: Elaborado por la empresa

### 3.2.5.3 Cálculos del volumen del vaso de expansión cerrado

El vaso de expansión es un tipo de tanque que es el que está encargado de mantener las variaciones de volumen y de presión del fluido del circuito primario.

Primero, se calcula el volumen total del circuito primario; para ello, se determinó con la fórmula 17:

$$V_{total} = 283.77 L$$

Donde:

$$V_c = (1.10 L/captador) * (98 captadores) = 107.80 L$$

$$V_t = (29.15 m) * (0.00439 m^2) = 0.1279685 m^3 \Leftrightarrow 127.97 L$$

$$V_i = 48 L \text{ (catálogo)}$$

Segundo, se calcula el volumen del vaso de expansión; para ello, se determinó con la fórmula 18:

$$V_{ve} = 85.131 L$$

Donde:


$$V_{\text{total}} = 283.77 \text{ L}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

Entonces, el volumen del vaso de expansión es de **85.131 L** y, por catálogo de la figura 27, optaremos por **3 vasos de expansión** con capacidades de **105 L**.

### Figura 27

*Cuadro de selección de vaso de expansión según la cantidad de captadores solares*



Vaso de expansión solar  
Con material de montaje, 2,5 bar, 90 °C de temperatura de impulsión:

Modelo	F3-1	F3-Q	CFK-1	Cap.
Nº de colectores	2	2	3	12 litros
Nº de colectores	4	3	5	18 litros
Nº de colectores	5	5	8	25 litros
Nº de colectores	7	6	10	35 litros
Nº de colectores	12	10	17	50 litros
Nº de colectores	24	20	34	105 litros
Nº de colectores				200 litros

Nota: Elaborado por la empresa

#### 3.2.5.4 Cálculo del aislamiento térmico

Los aislamientos térmicos son aquellos que impiden las pérdidas térmicas tanto en las tuberías y equipos como también en los accesorios del circuito.

Para poder poner un buen aislante térmico, debemos basarnos en la Norma RITE; en la cual, hay tablas para fluidos calientes y fríos tanto dentro y fuera de las edificaciones.

Tomaremos la tabla de fluidos calientes que fluyen dentro de la edificación con la siguiente tabla:

**Figura 28**

Cuadro de espesores mínimos de aislamientos (mm) en las tuberías y accesorios

Espesores mínimos de aislamientos (mm) en tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	>100...180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 ≤ D	35	40	50

Nota: Salvador (2010 “Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios”)

Como el diámetro exterior es de **74.80 mm** a una temperatura de **60°C**, nos da como resultado, de la figura 28, que el aislamiento térmico será de **30 mm**.

### 3.2.5.5 Cálculo de la potencia de bomba de circulación

Para la bomba de circulación, se pondrá la cantidad de 2 bombas por razones de que, si uno está apagado, o si está malogrado, o si está en proceso de mantenimiento, el otro entra como reserva para la circulación del fluido.

Se determinó con la fórmula 15:

$$HP = 1.82 HP$$

$$HP = 1,357 W$$

Donde:

$$Q = 17,640 \text{ (L/h)} \leftrightarrow 4.9 \text{ L/s}$$

HT = 16.72 mca  
 He = 10 mca (planos)  
 Hc = 1.785 mca (catálogo)  
 Hb = 0.5355 mca (catálogo)  
 Hi = 1.02 mca (catálogo)  
 Ht = 3.38 mca (calculado)  
 $\eta = 60\%$  (varía entre 60% y 70%)

Entonces, las potencias que tendrán las bombas de circulación son de **1,357 W** o de **1.82 HP**.

**Figura 29**

*Cálculo de la bomba de circulación*

CÁLCULO DE LA BOMBA SOLAR DE CIRCULACIÓN		
Caudal caloportador	17,640	l/h
	17.6	m <sup>3</sup> /h
Altura estática a superar	10	m.c.a
Viscosidad cinemática Agua/Glycol a 40°C	2.2	cSt
Viscosidad cinemática Agua/Glycol a 60°C	1.3	cSt
Condición: la viscosidad cinemática del del agua y el anticongelante (GLYCOL) no debe superar 4.3 CENTISTOKES, por lo tanto, no requiere corrección		
Pérdida de carga por tubería y accesorios	3.38	m.c.a
Nº de captadores por batería	98.00	captadores
Caudal del captador dato proporcionado por fabricante	90	l/h.m <sup>2</sup>
Pérdida de carga por batería de captadores: FABRICANTE	1.785	m.c.a.
Pérdidas de cargas locales en batería de captadores (30%)	0.5355	m.c.a.
Pérdida de carga en el interacumulador: Ref. FABRICANTE	1.02	m.c.a.
ALTURA DINÁMICA TOTAL: H	16.72	m.c.a
POTENCIA APROXIMADA DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN:	1.82	HP
POTENCIA APROXIMADA DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN: REF. FABRICANTE	1357	W
$HP = \frac{Q \left(\frac{l}{s}\right) \cdot H(m)}{75 \cdot \eta(\%)}$	1500	W

Nota: Elaborado por la empresa

Después de obtener todos los cálculos respectivos, se podrá obtener el cálculo del calentador que se usará para ACS y Calefacción. No se diseñará este equipo para este proyecto; pero, se le colocará

como una ayuda a los cálculos que el mismo ingeniero sanitario deberá corroborar en su diseño de calentador para el sistema. Para ello, se pondrá 02 calentadores: 01 para ACS y 01 para Calefacción.

**Figura 30**

*Selección del calentador de agua para ACS*

<b>SELECCIÓN DEL CALENTADOR DE AGUA PARA ACS</b>		
CARGA TÉRMICA PARA ACS	1,567,101	BTU/h
CAPACIDAD DE LA CALDERA SELECCIONADA: FABRICANTE	2,000,000	BTU/h
DIMENSIONES APROXIMADAS DE LA CALDERA: FABRICANTE		
ALTURA: A	2,540	mm
ALTURA: B	1,930	mm
ALTURA: C	1,118	mm
DIÁMETRO: D	762	mm
CONEXIÓN DE AGUA DE DISTRIBUCIÓN: 1	1 1/2	pulg
CONEXIÓN DE AGUA DE ENTRADA: 2	1 1/2	pulg
PESO: P	680	kg

Nota: Elaborado por la empresa

**Figura 31**

*Selección del calentador de agua para Calefacción*

<b>SELECCIÓN DEL CALENTADOR DE AGUA PARA CALEFACCIÓN</b>		
CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN	572,573	BTU/h
CAPACIDAD DE LA CALDERA SELECCIONADA: FABRICANTE	1,000,000	BTU/h
DIMENSIONES APROXIMADAS DE LA CALDERA: FABRICANTE		
ALTURA: A	2,413	mm
ALTURA: B	1,803	mm
ALTURA: C	991	mm
DIÁMETRO: D	610	mm
CONEXIÓN DE AGUA DE DISTRIBUCIÓN: 1	1	pulg
CONEXIÓN DE AGUA DE ENTRADA: 2	1	pulg
PESO: P	375	kg

Nota: Elaborado por la empresa



### 3.3 Resultados

#### 3.3.1 Resultado 1: Demanda Energética Total

Se logró obtener la demanda energética total que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón con la tabla 9:

**Tabla 9**

*Demanda energética anual total (MJ/año)*

Servicios	Demanda Energética Anual (MJ/año)
ACS	1,238,772.85
Calefacción	533,924.48
TOTAL	1,772,697.33

Nota: Elaboración propia

#### 3.3.2 Resultado 2: Rendimiento de los Captadores Solares Térmicos

Se logró obtener el rendimiento de los captadores solares térmicos que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; el cual, es **76%**.

#### 3.3.3 Resultado 3: Cantidad Total de Captadores Solares Térmicos

Se logró obtener la cantidad total de captadores solares térmicos que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; el cual, se logró un total de **98** captadores solares térmicos.

De la tabla 10, se observa que **69** captadores solares térmicos le corresponden al ACS y **29** captadores solares térmicos le corresponden a Calefacción.

**Tabla 10**

*Cantidades de captadores solares para ACS y calefacción*

Servicios	Cantidad de Captadores Solares Térmicos
ACS	69
Calefacción	29
Total	98

Nota: Elaboración propia

### 3.3.4 Resultado 4: Distancia entre Captadores Solares Térmicos

Se logró obtener la distancia entre los captadores solares térmicos que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; el cual, es **2.67 m**.

### 3.3.5 Resultado 5: Componentes del Circuito Hidráulico

#### 3.3.5.1 Volumen de los interacumuladores para ACS y calefacción

Se logró obtener el volumen de los interacumuladores para ACS y Calefacción que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; de los cuales, es de **6,900 L** (02 tanques de 3,500 L) y **2,900 L** (01 tanque de 3,000 L) correspondientemente.

Se obtiene la tabla 11:

**Tabla 11**

*Volúmenes y cantidades de interacumuladores para ACS y calefacción*

Servicios	Volumen (L)	Cantidad de Interacumulador	Volumen según catálogo (L)
ACS	6,900	2	3,500
Calefacción	2,900	1	3,000

Nota: Elaboración propia

#### 3.3.5.2 Diámetros y Pérdidas de Tuberías

Se logró obtener los diámetros para cada tramo de las tuberías y las pérdidas de carga correspondientes que tienen las tuberías con las figuras 25 y 26.

#### 3.3.5.3 Volumen del Vaso de Expansión

Se logró la cantidad total del volumen del vaso de expansión que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; el cual, es de **85.131 L**; lo cual, se colocó **03** vasos de expansión de **105 L** para los 98 captadores solares térmicos.

#### **3.3.5.4 Aislamiento Térmico**

Se logró obtener el aislamiento térmico para las tuberías y accesorios que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; el cual, es **30 mm**.

#### **3.3.5.5 Potencia de bomba de circulación**

Se logró obtener la potencia de la bomba de circulación que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón; el cual, es **1.82 HP** o es **1,357 W**. Se colocó 02 bombas para el circuito.

## CONCLUSIONES

- Se determinó la demanda energética total que necesita el ACS y Calefacción para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, dando un total anual de **1,772,697.33 MJ/año**.
- Se determinó el rendimiento que tiene los captadores solares térmicos para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, dando un **76%** de eficiencia para cada colector solar térmico.
- Se determinó la cantidad total de captadores solares térmicos que necesita el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, dando un total de **98** captadores solares térmicos.
- Se determinó la distancia que debe tener los captadores solares térmicos para el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, dando una distancia de **2.67 m**.
- Se determinó todos los componentes que necesita el circuito hidráulico correspondientemente para el hospital Regional Manuel Núñez Butrón como: Para los interacumuladores, **02** le corresponden al ACS de **3500 L** y **01** para calefacción de **3000 L**; para los diámetros y pérdidas de carga en las tuberías, se obtuvo las figuras 25 y 26; para el vaso de expansión, se colocó **03** vasos de **105 L**; para el aislamiento térmico, se colocó de **30 mm** y para la bomba de circulación, **02** bombas de **1.82 HP**.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar también el software de la NASA para tener datos más precisos sobre la radiación solar y así determinar la demanda energética que necesita el sistema.
- Se recomienda dar mantenimiento a los colectores solares térmicos contra polvos y contra lluvias por cada 6 meses para que no disminuya ni afecte el rendimiento calculado.
- Si se desea aumentar otro servicio como la del calentamiento de piscinas, se recomienda ampliar el lugar y aumentar la cantidad de captadores solares térmicos con nuevos cálculos.
- Se recomienda tener la medición de latitud exacta del lugar para obtener una buena distancia y orientación de captadores.
- Se recomienda dar mantenimiento por cada 6 meses a todos los componentes que contiene el circuito hidráulico.
- Se recomienda estar en contacto con otras especialidades que tiene el proyecto en común para no tener conflictos e irrumpir y cruzarse con los otros diseños de dichas especialidades; más aún en la parte de arquitectura, y actualizar siempre los planos.
- Se recomienda estar pendiente de los cálculos con la ayuda del Excel o actualizarse con usos de softwares; para así, cuando se encuentren modificaciones por parte de los supervisores, por parte del ingeniero encargado o por parte del cliente, se puedan modificar con más facilidad.
- Se recomienda estar siempre actualizado con las normativas vigentes y tener varios catálogos que cumplan con dichas normas que se requieren para el buen desempeño del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE (2008). *“Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado”*. EE.UU.

Choque Icarayme, E. (2019). *“Diseño de la Terma Solar para el Suministro de Agua Caliente para 80 Usuarios en el Colegio Javier Heraud Virundo Grau Apurímac 2019”*. Lima – Perú.

DS N°005–90–SA (1990). Reglamento General de Hospitales del Sector Salud. Lima – Perú.

García Valladares, O. y Pilatowsky Figueroa, I. (2017). *Aplicaciones Térmicas de la Energía Solar en los Sectores Residenciales, Servicios e Industriales*. México.

Gherzi Cordova, E. y Marroquin Liu, D. M. (2021). *“Dimensionamiento del Suministro de Agua Caliente Sanitaria a un Condominio Residencial, Utilizando Energía Solar”*. Piura – Perú.

<https://certificacionenergetica.info/distancia-minima-entre-filas-de-captadores/>

<https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica/colectores-solares-generalidades-l36746>

IDAE (2010). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía*. España.

Jiménez Carmona, M. (2020). *“Diseño de una instalación de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en un hotel”*. Sevilla – España.

JUNKERS (2006). *Guía del Instalador de Agua Caliente Sanitaria*. España.

Ledesma Montaña, I. (2019). “*Optimización de sistemas solares térmicos para producción de ACS en viviendas*”. Sevilla – España.

Lombardía Castro, J. (2018). “*Diseño de la Instalación de Agua Caliente Sanitaria para un Edificio de Nueva Construcción con 42 viviendas en Ibiza*”. Palma – España.

MVCS (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima – Perú.

Olivera Rojas, G. F. (2021). “*Diseño de Paneles Solares Térmicos de Respaldo para Proveer Agua Caliente al Hospital María Reiche, Marcona – Ica*”. Lima – Perú.

Perales Benito, T. (2009). *Instalación de Paneles Solares Térmicos*. España.

Pareja Aparicio, M. (2010). *Radiación Solar y su Aprovechamiento Energético*. España.

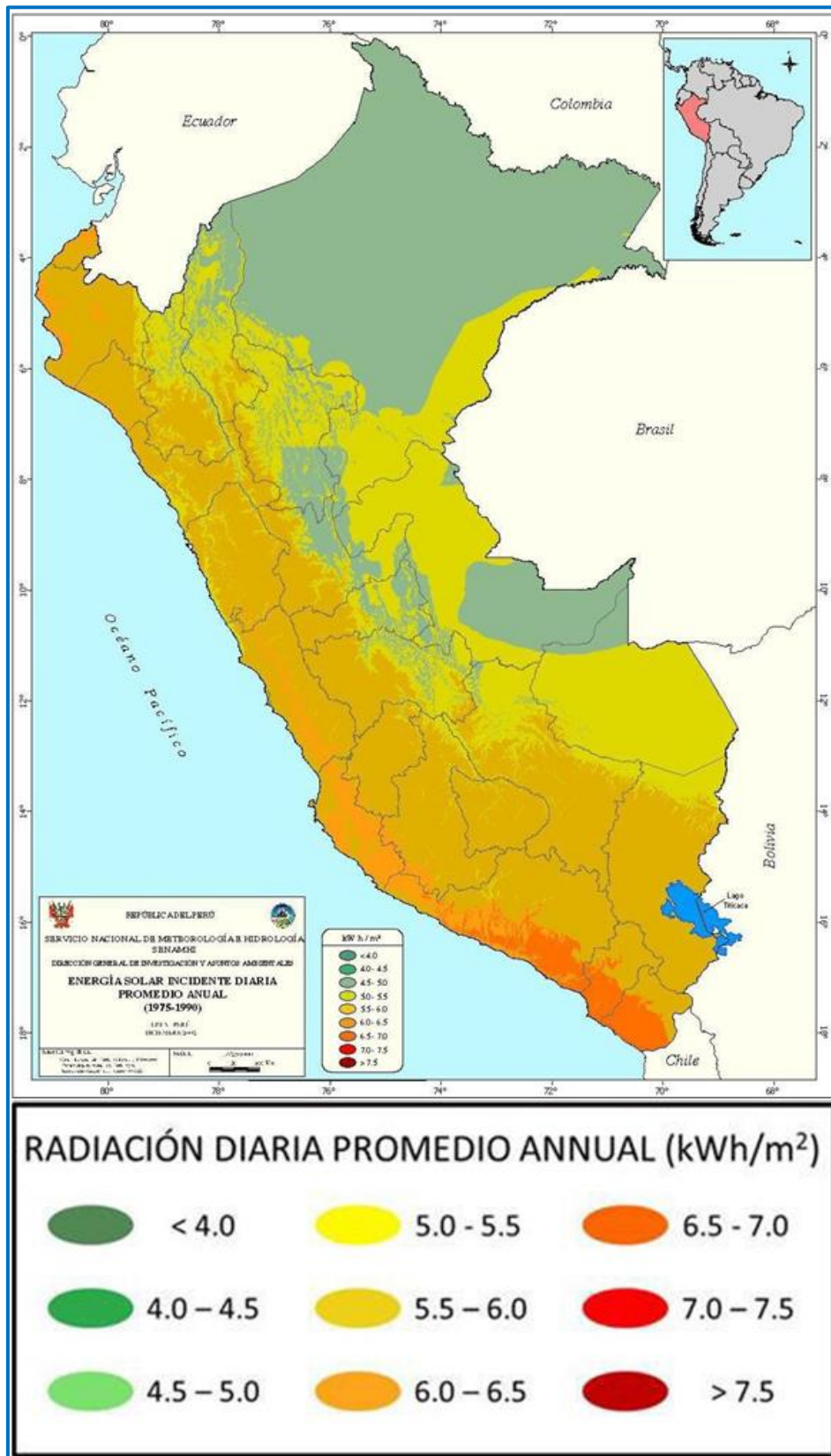
Salvador Guerrero, E. (2010). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios*. España.

Trebejo et al., (2003). *Atlas de Energía Solar del Perú*. Lima – Perú.

WOLF. (2015). *Captador Solar de Alto Rendimiento WOLF – CFK – 1*. Madrid – España.

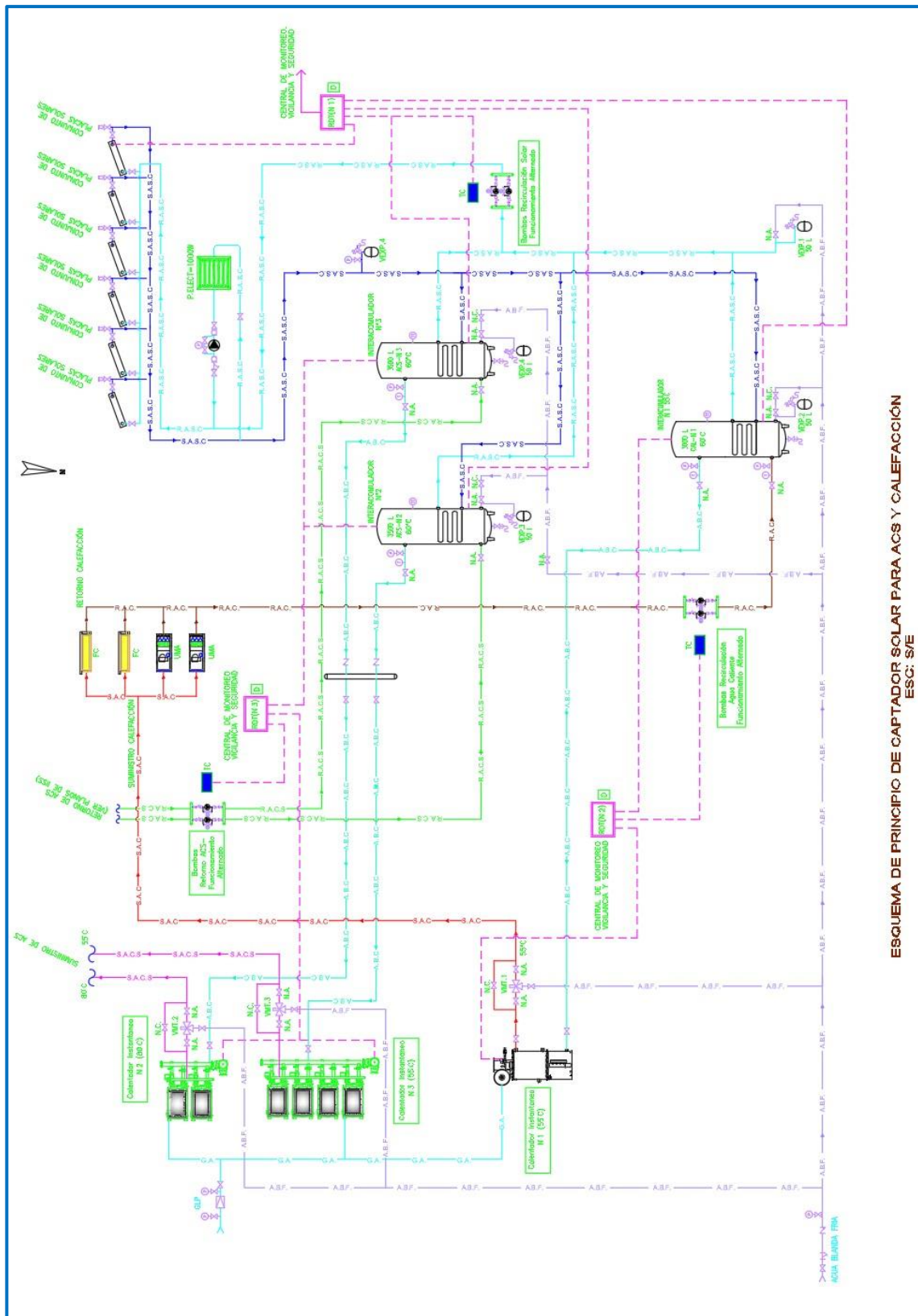
# ANEXOS

## ANEXO N°1: MAPA DE ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA EN EL PERÚ





## ANEXO N°2: ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL CAPTADOR SOLAR TÉRMICO PARA ACS Y CALEFACCIÓN







# ANEXO N°4: PLANO DE UBICACIÓN DE LOS CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS EN EL TECHO DEL HOSPITAL

