

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A
SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA
EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28
USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO
CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

JORDY ANTHONY POCLIN HEREDIA
WILDER FERNANDO VILCA ORE

ASESOR:

VICTOR HUGO ORTIZ MOSCOSO













LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TERMOFLUIDOS




Callao, 2023
PERÚ

Document Information

Analyzed document	Informe Final de Tesis - POCLIN HEREDIA y VILCA ORE.docx (D176700355)
Submitted	2023-10-23 22:47:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	8%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/diferencias-entre-energia-solar-pa... Fetched: 2023-10-23 22:48:00		1
SA	PROYECTO DE INVESTIGACION ACOSTA, FIGUEROA, MORALES.docx Document PROYECTO DE INVESTIGACION ACOSTA, FIGUEROA, MORALES.docx (D11361576)		8
SA	Tesis Jaime final.docx Document Tesis Jaime final.docx (D13975790)		1
SA	Dimensonamiento Fototérmico.pdf Document Dimensonamiento Fototérmico.pdf (D142403901)		2
W	URL: https://economipedia.com/definiciones/calculo.html Fetched: 2023-10-23 22:48:00		1
W	URL: https://carreraingenieriaindustrial.cl/el-calculo-en-la-ingenieria-de-que-se-trata/#:~:text=de... Fetched: 2023-10-23 22:48:00		1
W	URL: https://conceptodefinicion.de/disenio/ Fetched: 2023-10-23 22:48:00		1
W	URL: https://cryospain.com/es/dinamica-fluidos-computacional-esta-revolucionando-proyectos-ingenieria Fetched: 2023-10-23 22:47:00		1
W	URL: https://www.integral.com.co/dinamica-de-fluidos-computacional/ Fetched: 2023-10-23 22:47:00		1
SA	2172-11820-1-RV_RECIBIDO.docx Document 2172-11820-1-RV_RECIBIDO.docx (D34151940)		1
SA	TESIS F07-03.docx Document TESIS F07-03.docx (D29594973)		1
SA	TESIS 28_03.docx Document TESIS 28_03.docx (D26833491)		3

SA	1441009001_Proyecto de Grad.docx Document 1441009001_Proyecto de Grad.docx (D15120943)		1
SA	Tesis de Marcela Lizet Quirola Rivadeneyra.docx Document Tesis de Marcela Lizet Quirola Rivadeneyra.docx (D27516112)		4
W	URL: http://domosolar.com/D/post/nuevo-video-sobre-instalaciones-fotovoltaicas-aisladas-y-autoconsumo/ Fetched: 2023-10-23 22:48:00		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
 "DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28 USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO"
 TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
 AUTORES:
 JORDY ANTHONY POCLIN HEREDIA
 WILDER FERNANDO VILCA ORE ASESOR: VICTOR HUGO ORTIZ MOSCOSO
 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TERMOFLUIDOS
 Callao, 2023 PERÚ
 INFORMACIÓN BÁSICA FACULTAD: Ingeniería Mecánica y de Energía UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: FIME – UNAC TÍTULO: Diseño de un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, provincia de Pasco. AUTOR (es) / CÓDIGO ORCID / DNI: Jordy Anthony Poclín Heredia / ORCID: 0009-0008-3742-6319 / DNI: 72913078 Wilder Fernando Vilca Ore / ORCID: 0009-0008-6245-3220 / DNI: 75344156 ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI: Víctor Hugo Ortiz Moscoso / ORCID: 0009-0001-0779-673X / DNI: 09075928 LUGAR DE EJECUCIÓN: Colegio Andrés Avelino Cáceres, provincia de Pasco. UNIDAD DE ANÁLISIS: Equipos térmicos de baja temperatura. TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Tecnológico – Aplicado / Cuantitativo / No experimental - Descriptivo TEMA OCDE: Ingeniería, Tecnología – Ingeniería Mecánica DEDICATORIA
 A todas las personas que siempre nos dieron el aliento y quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo de elaboración de la tesis.
 AGRADECIMIENTO
 A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional para poder cumplir todos nuestros objetivos, también a nuestro asesor por habernos guiado en esta investigación en base a su experiencia y sabiduría.
 ÍNDICE
 ÍNDICE 1 ÍNDICE DE TABLAS 4 ÍNDICE DE FIGURAS 6 ÍNDICE DE GRÁFICOS 8 RESUMEN 10 ABSTRACT 12 INTRODUCCIÓN 14 I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16 1.1 Descripción de la realidad problemática 16 1.2 Formulación del problema 18 1.2.1 Problema general 18 1.2.2 Problemas específicos 18 1.3 Objetivos 19 1.3.1 Objetivo general 19 1.3.2 Objetivos específicos 19 1.4 Justificación 19 1.4.1 Justificación tecnológica 19 1.4.2 Justificación social 19 1.4.3 Justificación teórica 20 1.5 Delimitantes de la investigación 20 1.5.1 Delimitante teórica 20 1.5.2 Delimitante temporal 20 1.5.3 Delimitación espacial 20 II. MARCO TEÓRICO 21 2.1 Antecedentes 21 2.1.1 Antecedentes Internacionales 21 2.1.2 Antecedentes nacionales 22 2.2 Bases teóricas 24 2.2.1 La energía solar 24 2.2.2 La radiación solar 26 2.2.3 Aplicaciones de la energía solar térmica 27 2.2.4 Funcionamiento de la energía solar térmica 28 2.2.5 Funcionamiento de una instalación solar térmica 28 2.2.6 Elementos principales de una instalación solar térmica 29 2.2.7 Tipos de colectores solares de baja temperatura 30 2.2.9 Inclinación y orientación del colector solar 32 2.2.10 Transferencia de calor 32 2.2.11 Parámetros genéricos para el dimensionamiento de un calentador solar 35 2.3 Marco conceptual 48 2.4 Definición de términos básicos 50 III. VARIABLES E HIPÓTESIS 51 3.1 Hipótesis 51 3.1.1 Hipótesis General 51 3.1.2 Hipótesis Específicas 51 3.2 Definición conceptual de variables 51 3.2.1 Operacionalización de variables 51 IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO 53 4.1 Diseño de la investigación 53 4.1.1 Enfoque de investigación 53 4.1.2 Tipo de investigación 53 4.1.3 Nivel de investigación 53 4.1.4 Diseño de investigación 54 4.2 Método de investigación 54 4.3 Población y muestra 55 4.4 Lugar de estudio 55 4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de información 55 4.5.1 Técnicas para la recolección de información 55 4.5.2 Instrumentos para la recolección de información 56 4.6 Análisis y procesamiento de datos 56 4.6.1 Desarrollo de trabajo de investigación 57 4.7 Aspectos éticos en investigación 97 V. RESULTADOS 97 5.1 Resultado descriptivo de hipótesis específica 1 97 5.2 Resultado descriptivo de hipótesis específica 2 97 5.3 Resultado descriptivo de hipótesis específica 3 98 VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 102 6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados 102 6.1.1 Contrastación de la hipótesis general 102 6.1.2 Contrastación de las hipótesis específicas 105 6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares 108 VII. CONCLUSIONES 109 VIII. RECOMENDACIONES 110 IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112 X. ANEXOS 117



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

N° 017-2024-UI-FIME

CONSTANCIA DE AUTENTICIDAD

LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quien suscribe;

HACE CONSTAR:

El(la) Señor(ita): **POCLIN HEREDIA JORDY ANTHONY**, identificado(a) con DNI N° **72913078** y código de matrícula N° **1517120195**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, ha concluido su **TESIS**, titulada: “**DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28 USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO**”, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico, cuyo reporte del sistema URKUND es 8% de similitud; por lo que en calidad de Director de la Unidad de Investigación y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos (aprobado con Resolución N° 150-2023-CU del 15.06.23), se da constancia de la AUTENTICIDAD DE LA TESIS.

Se expide la presente, a solicitud del interesado(a) para los fines que estime pertinentes.

Bellavista, 04 de abril del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía
Unidad de Investigación

Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Director

N° Operación: 784.465.561.2543 SCOTIABANK S/ 8.00 21/03/2024 06:59 p.m.
/Carmen.
c.c.: Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

N° 018-2024-UI-FIME

CONSTANCIA DE AUTENTICIDAD

LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quien suscribe;

HACE CONSTAR:

El(la) Señor(ita): **VILCA ORE WILDER FERNANDO**, identificado(a) con DNI N° **75344156** y código de matrícula N° **1517120123**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, ha concluido su **TESIS**, titulada: “**DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28 USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO**”, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico, cuyo reporte del sistema URKUND es 8% de similitud; por lo que en calidad de Director de la Unidad de Investigación y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos (aprobado con Resolución N° 150-2023-CU del 15.06.23), se da constancia de la AUTENTICIDAD DE LA TESIS.

Se expide la presente, a solicitud del interesado(a) para los fines que estime pertinentes.

Bellavista, 04 de abril del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía
Unidad de Investigación

Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Director

N°. Operación: 784.465.557.8034 SCOTIABANK S/ 8.00 16/10/2024 12:41 p.m.
/Carmen.
c.c.: Archivo

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

FIME - UNAC

TÍTULO

“DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28 USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO”

AUTORES

JORDY ANTHONY POCLIN HEREDIA / DNI 72913078

WILDER FERNANDO VILCA ORE / DNI 75344156

ASESOR

MG. VICTOR HUGO ORTÍZ MOSCOSO / ORCID: 0009-0001-0779-673X / DNI: 09075928

LUGAR DE EJECUCIÓN

COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO

UNIDADES DE ANÁLISIS

EQUIPOS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA

TIPO DE INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICO – APLICADO / CUANTITATIVO / NO EXPERIMENTAL - DESCRIPTIVO

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICO – APLICADO / CUANTITATIVO - DISEÑO NO EXPERIMENTAL – ALCANCE DESCRIPTIVO

TEMA OCDE:

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA – INGENIERÍA MECÁNICA

JURADO Y APROBRACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN

- | | |
|-----------------------------------|------------|
| • DR. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA | PRESIDENTE |
| • Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO | SECRETARIO |
| • Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO | VOCAL |

ASESOR: Mg. VICTOR HUGO ORTÍZ MOSCOSO

N° de Libro: 001

N° de Folio: 172 / 173

N° de Acta: 146 / 147

Fecha de Aprobación de la tesis:

28 de Octubre 2023

Resolución de sustentación:

N° 163-2023-CF-FIME

**ACTA N° 147 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001 FOLIO N° 173 ACTA N° 147 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO
TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO.**

A los 28 días del mes de octubre, del año 2023, siendo las 11:00 horas, se reunieron, en el auditorio "Ausberto Rojas Saldaña", el **JURADO EVALUADOR del I CICLO TALLER DE TESIS 2023** designado con RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N° 163-2023-CF-FIME.- CALLAO, 14 DE AGOSTO DE 2023, para la obtención del **TÍTULO** profesional de **INGENIERO MECÁNICO** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- | | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA | : | Presidente |
| ▪ Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO | : | Secretario |
| ▪ Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO | : | Vocal |
| ▪ Mg. VICTOR HUGO ORTÍZ MOSCOSO | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **POCLIN HEREDIA JORDY ANTHONY**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28 USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO"**, cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al Artículo 56° de la RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **MUY BUENO** en la escala de calificación cualitativa y con calificación cuantitativa de **16 (DIECISEIS)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE

Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO
SECRETARIO

Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO
VOCAL

Mg. VICTOR HUGO ORTÍZ MOSCOSO
ASESOR

**ACTA N° 146 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001 FOLIO N° 172 ACTA N° 146 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO
TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO.**

A los 28 días del mes de octubre, del año 2023, siendo las 11:00 horas, se reunieron, en el auditorio "Ausberto Rojas Saldaña", el **JURADO EVALUADOR del I CICLO TALLER DE TESIS 2023** designado con RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N° 163-2023-CF-FIME.-CALLAO, 14 DE AGOSTO DE 2023, para la obtención del **TÍTULO** profesional de **INGENIERO MECÁNICO** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA : Presidente
- Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO : Secretario
- Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO : Vocal
- Mg. VICTOR HUGO ORTÍZ MOSCOSO : Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **VILCA ORE WILDER FERNANDO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis titulada "**DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR EN BASE A SISTEMAS TÉRMICOS DE BAJA TEMPERATURA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA A 28 USUARIOS DEL COLEGIO ANDRÉS AVELINO CÁCERES, PROVINCIA DE PASCO**", cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al Artículo 56° de la RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **MUY BUENO** en la escala de calificación cualitativa y con calificación cuantitativa de **16 (DIECISEIS)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE

Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO
VOCAL

Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO
SECRETARIO

Mg. VICTOR HUGO ORTÍZ MOSCOSO
ASESOR

DEDICATORIA

A todas las personas que siempre nos dieron el aliento y quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo de elaboración de la tesis.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional para poder cumplir todos nuestros objetivos, también a nuestro asesor por habernos guiado en esta investigación en base a su experiencia y sabiduría.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	8
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2 Formulación del problema.....	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Justificación.....	19
1.4.1 Justificación tecnológica	19
1.4.2 Justificación social.....	19
1.4.3 Justificación teórica	20
1.5 Delimitantes de la investigación	20
1.5.1 Delimitante teórica.....	20
1.5.2 Delimitante temporal.....	20
1.5.3 Delimitación espacial.....	20
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Antecedentes	21

2.1.1	Antecedentes Internacionales	21
2.1.2	Antecedentes nacionales	22
2.2	Bases teóricas	24
2.2.1	La energía solar.....	24
2.2.2	La radiación solar	26
2.2.3	Aplicaciones de la energía solar térmica	27
2.2.4	Funcionamiento de la energía solar térmica.....	28
2.2.5	Funcionamiento de una instalación solar térmica.....	28
2.2.6	Elementos principales de una instalación solar térmica	29
2.2.7	Tipos de colectores solares de baja temperatura	30
2.2.9	Inclinación y orientación del colector solar	32
2.2.10	Transferencia de calor	32
2.2.11	Parámetros genéricos para el dimensionamiento de un calentador solar.....	35
2.3	Marco conceptual.....	48
2.4	Definición de términos básicos	50
III.	VARIABLES E HIPÓTESIS	51
3.1	Hipótesis.....	51
3.1.1	Hipótesis General	51
3.1.2	Hipótesis Específicas	51
3.2	Definición conceptual de variables.....	51
3.2.1	Operacionalización de variables.....	51
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	53
4.1	Diseño de la investigación	53
4.1.1	Enfoque de investigación	53
4.1.2	Tipo de investigación.....	53
4.1.3	Nivel de investigación.....	53
4.1.4	Diseño de investigación.....	54

4.2	Método de investigación.....	54
4.3	Población y muestra	54
4.4	Lugar de estudio	55
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de información.....	55
4.5.1	Técnicas para la recolección de información.....	55
4.5.2	Instrumentos para la recolección de información	55
4.6	Análisis y procesamiento de datos	56
4.6.1	Desarrollo de trabajo de investigación.....	56
4.7	Aspectos éticos en investigación	97
V.	RESULTADOS	100
5.1	Resultado descriptivo de hipótesis específica 1	100
5.2	Resultado descriptivo de hipótesis específica 2	100
5.3	Resultado descriptivo de hipótesis específica 3	101
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	104
6.1.1	Contrastación de la hipótesis general.....	104
6.1.2	Contrastación de las hipótesis específicas	107
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	110
VII.	CONCLUSIONES.....	114
VIII.	RECOMENDACIONES	116
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	118
X.	ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios.....	39
Tabla 3.1 Operacionalización de variables	52
Tabla 4.1 Técnicas e instrumentos para la recolección de información.....	56
Tabla 4.2 Latitud y Longitud del colegio Andrés Avelino Cáceres	57
Tabla 4.3 Temperaturas máximas y mínimas promedio obtenida de la estación meteorológica en Cerro de Pasco	59
Tabla 4.4 Irradiación promedio diario del mes orientada al ecuador según las coordenadas (latitud: -10.778589 y longitud: -76.378363).....	60
Tabla 4.5 Velocidad media mensual del viento (m/s) en San Pedro de Raco.....	61
Tabla 4.6 Lista de exigencias	62
Tabla 4.7 Matriz morfológica del calentador solar	63
Tabla 4.8 Comparación entre los diferentes tipos de captador solar	66
Tabla 4.9 Evaluación técnica	67
Tabla 4.10 Evaluación Económica.....	67
Tabla 4.11 Demanda de agua caliente diario por usuario	69
Tabla 4.12 Características de los tubos al vacío	75
Tabla 4.13 Irradiación solar promedio diario por mes para el primer y segundo escenario	76
Tabla 4.14 Irradiación solar promedio diario por mes para el tercer escenario.....	76
Tabla 4.15 Irradiación solar mensual (kWh/m ²) a diferentes ángulos de inclinación de enero a mayo	82
Tabla 4.16 Irradiación solar mensual (kWh/m ²) a diferentes ángulos de inclinación de junio a septiembre.....	82
Tabla 4.17 Irradiación solar mensual (kWh/m ²) a diferentes ángulos de inclinación de octubre a diciembre.....	83

Tabla 4.18 Costo de materiales y fabricación del calentador solar.....	90
Tabla 4.19 Comparativo entre el calentador solar propuesto y calentador solares comerciales	91
Tabla 4.20 Ahorro al instalar el calentador solar.....	92
Tabla 4.21 Gastos producidos si se instalará una terma eléctrica.....	94
Tabla 4.22 Flujo de la inversión	96
Tabla 4.23 VAN y TIR de la inversión	96
Tabla 5.1 Parámetros calculados para el dimensionamiento.....	100
Tabla 5.2 Resultados del análisis de esfuerzos en el software Autodesk Inventor.....	102
Tabla 5.3 Elementos del soporte	102
Tabla 6.1 Parámetros generales para el dimensionamiento del calentador solar.....	105
Tabla 6.2 Condiciones del agua sanitaria antes de ingresar valores a la simulación del calentador solar en software ANSYS	106
Tabla 6.3 Condiciones del agua al salir de la simulación con parámetros de diseño del calentador solar propuesto	106
Tabla 6.4 Irradiación solar con un ángulo de inclinación de 15°	109
Tabla 6.5 Irradiación solar con un ángulo de inclinación de 5° y 30°	110
Tabla 6.6 Resumen de la irradiación solar a 15° y a 5° y 30°	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Paneles fotovoltaicos.....	25
Figura 2.2 Calentador solar de tubos al vacío	25
Figura 2.3 Propagación de la energía solar.....	26
Figura 2.4 Tipos de incidencia de rayos solares.....	27
Figura 2.5 Funcionamiento de la energía solar térmica.....	28
Figura 2.6 Funcionamiento de una instalación solar térmica.....	29
Figura 2.7 Colector solar de polipropileno	30
Figura 2.8 Colector solar de placa plana	31
Figura 2.9 Colector solar de tubos al vacío.....	31
Figura 2.10 Transferencia de energía por Conducción.....	33
Figura 2.11 Transferencia de calor por convección	33
Figura 2.12 Transferencia de calor por radiación	34
Figura 2.13 Diagrama del balance de energía en el calentador solar.....	36
Figura 2.14 Conducción de calor en una superficie plana.....	41
Figura 2.15 Transferencia de calor en una superficie plana sujeta a convección en ambos lados.....	42
Figura 2.16 Transferencia de calor en un casco cilíndrico sujeta a convección en ambos lados	43
Figura 2.17 Red de resistencias térmicas de un casco cilíndrico compuesto.....	44
Figura 2.18 Ángulo de inclinación y ángulo de azimut.....	45
Figura 4.1 Instalaciones del colegio Andrés Avelino Cáceres	57
Figura 4.2 Ubicación del colegio Andrés Avelino Cáceres	58
Figura 4.3 Ubicación de la estación meteorológica en Cerro de Pasco.....	58
Figura 4.4 Concepto de solución S1	64
Figura 4.5 Concepto de solución S2.....	65
Figura 4.6 Concepto de solución S3.....	65

Figura 4.7 Posición del tanque elevado y calentador solar.....	71
Figura 4.8 Sección transversal del termotanque.....	71
Figura 4.9 Redes de resistencias térmicas en las tapas laterales	73
Figura 4.10 Redes de resistencias térmicas en la superficie cilíndrica	74
Figura 4.11 Calentador solar con soporte de inclinación variable.....	84
Figura 4.12 Sección transversal del termotanque con ángulo	86
Figura 4.13 Sección transversal de un tubo al vacío	87
Figura 4.14 Corte de sección del accionamiento de pernos	87
Figura 4.15 Cargas actuantes sobre el soporte	89
Figura 4.16 Análisis de esfuerzo de Von Mises	89
Figura 4.17 Análisis de factor de seguridad.....	90
Figura 5.1 Análisis de esfuerzos para un ángulo de inclinación de 30°	101
Figura 5.2 Análisis de esfuerzos para un ángulo de inclinación de 15°	102
Figura 5.3 Análisis de esfuerzos para un ángulo de inclinación de 5°	102
Figura 5.4 Planos de detalle e instalación del calentador solar	103
Figura 5.5 Partes del calentador solar propuesto	103
Figura 5.6 Análisis CFD del calentador solar de tubos al vacío (Temperatura de agua en la salida)	104
Figura 6.1 Enmallado del termotanque y tubos al vacío	105
Figura 6.2 Análisis CFD del calentador solar de tubos al vacío.....	106
Figura 6.3 Dimensionamiento del termotanque del calentador solar	107
Figura 6.4 Dimensionamiento del colector solar	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 Uso de equipos térmicos en el mundo	16
Gráfico 1.2 Tasa de enfermedades en Pasco.....	18
Gráfico 4.1 Temperatura en Cerro de Pasco	59
Gráfico 4.2 Irradiación solar en el colegio Andrés Avelino Cáceres	60
Gráfico 4.3 Velocidad del viento por mes en San Pedro de Raco (m/s)	61
Gráfico 4.4 Diagrama de evaluación.....	68

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	123
Anexo 2 Instrumento validado por juicio de expertos.....	124
Anexo 3 Consentimiento informado para realización de investigación	129
Anexo 4 Temperaturas máximas y mínimas registradas diariamente durante el año 2022 en la estación meteorológica Cerro de Paso - SENAMHI	130
Anexo 5 Página web de la Comisión Europea	142
Anexo 6 Página web de Global Wind Atlas	143
Anexo 7 Cotizaciones de calentadores solares de tubos al vacío.....	144
Anexo 8 Cotizaciones de los componentes del calentador solar de tubos al vacío	146
Anexo 9 Fichas técnicas de los componentes del calentador solar de tubos al vacío	151
Anexo 10 Plano general del calentador solar.....	155
Anexo 11 Plano explosionado del calentador solar.....	156
Anexo 12 Plano de detalle del calentador solar	157
Anexo 13 Plano de fabricación de termotanque.....	158
Anexo 14 Plano de fabricación del soporte	159
Anexo 15 Plano general de instalación del calentador solar	160
Anexo 16 Cronograma de ejecución	161
Anexo 17 Registro fotográfico	162

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló el diseño de un calentador solar aprovechando la energía solar del lugar a través de equipos térmicos de baja temperatura como el colector solar con el fin de que los usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres tengan acceso a agua caliente sanitaria en el momento de realizar su aseo personal ante un clima adverso como son las heladas.

Así mismo, esta investigación propuso una solución para el calentamiento de agua sanitaria en una zona que no cuenta con un beneficio térmico debido a los climas adversos que cuentan esos lugares. Además, se dio a conocer las ventajas que cuentan los calentadores solares de tubos al vacío respecto a otros tipos de calentadores solares.

Por otro lado, la metodología de la investigación fue de tipo tecnológico, de nivel aplicada, con enfoque cuantitativo y de diseño no experimental. Así mismo la muestra estuvo conformada por el calentador solar de tubos al vacío. La técnica utilizada para la recolección de datos fue documental, como instrumentos se utilizaron las páginas web de la Comisión Europea y SENAMHI, normas peruanas como RNE y NTP, normas españolas como RITE y CTE, libros y manuales sobre Energía Solar Térmica; además, se utilizó la técnica empírica y como instrumento se tuvo a la ficha de registro de datos de campo.

Se cumplió con el objetivo de diseñar un calentador solar, validado por el software Autodesk Inventor con un análisis de esfuerzo y factor de seguridad respecto a la estructura del soporte del calentador solar y el software Ansys Fluent Meshing con un análisis computacional respecto a los cálculos térmicos realizados en la presente investigación.

Como resultados finales se tuvieron factores de seguridad de 1.53, 1.85 y 1.64 para 5°, 15° y 30° respectivamente en el soporte estructural del calentador solar con un dimensionamiento del termotanque de diámetro interno de 470 mm, una longitud interna de 1160 mm cuyo material fue acero inoxidable con un espesor

de 0.4 mm y material aislante de espuma de poliuretano con un espesor de 1½", una cantidad 11 tubos al vacío termo sifónicos de 58 mm de diámetro externo y una longitud de 1800 mm para el colector solar; además, la orientación del calentador solar fue de 20° NE y los ángulos de inclinación a variar es de 5°, 15° y 30°. Por otro lado, la simulación en el software Ansys Fluent Meshing mostró que la temperatura de agua en la salida del termotanque fue de 40.02 °C.

Palabras clave: Calentador solar, colector solar, heladas, tubos al vacío, espuma de poliuretano.

ABSTRACT

In this research, the design of a solar heater was developed taking advantage of the solar energy of the place through low temperature thermal equipment such as the solar collector so that the users of the Andrés Avelino Cáceres school have access to hot water at the time of personal hygiene in an adverse climate such as frost.

Likewise, this research proposed a solution for the heating of sanitary water in an area that does not have a thermal benefit due to adverse climates that have these places. In addition, the advantages of the evacuated tube solar heaters with respect to other types of solar heaters were made known.

On the other hand, the research methodology was technological, applied level, with a quantitative approach and non-experimental design. Likewise, the sample consisted of the vacuum tube solar heater. The technique used for data collection was documentary; the instruments used were the websites of the European Commission and SENAMHI, Peruvian standards such as RNE and NTP, Spanish standards such as RITE and CTE, books and manuals on Solar Thermal Energy; in addition, the empirical technique was used and the field data recording form was used as an instrument.

The objective of designing a solar heater was met, validated by the Autodesk Inventor software with a stress and safety factor analysis regarding the solar heater support structure and the Ansys Fluent Meshing software with a computational analysis regarding the thermal calculations performed in this research.

As final results we had safety factors of 1.53, 1.85 and 1.64 for 5°, 15° and 30° respectively in the structural support of the solar heater with a dimensioning of the thermo tank with an internal diameter of 470 mm, an internal length of 1160 mm whose material was stainless steel with a thickness of 0.4 mm and insulating material of polyurethane foam with a thickness of 1½", a quantity of 11 thermo-

siphonic vacuum tubes of 58 mm external diameter and a length of 1800 mm for the solar collector; in addition, the orientation of the solar heater was 20° NE and the inclination angles to be varied are 5°, 15° and 30°. On the other hand, the simulation in Ansys Fluent Meshing software showed that the water temperature at the outlet of the water heater was 40.02 °C.

Keywords: Solar heater, solar collector, frost, vacuum tubes, polyurethane foam.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento identificó en que no existían lineamientos técnicos de diseño y construcción para las edificaciones en el territorio peruano, y que quieran lograr el confort ambiental y disminuir el consumo de energía. En torno a ese alineamiento el órgano regulador, propuso elaborar normas de construcción de edificaciones bioclimáticas y con eficiencia energética. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

En los últimos años se han venido construyendo colegios de alto rendimiento (COAR) que están diseñados con normas que brindan un confort ambiental de acuerdo con los establecido por las normas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Sin embargo, toda construcción de colegios antes de ello no contempla estos alcances de construcciones bioclimáticas. (Ministerio de Educación, 2015)

En las zonas altoandinas en el Perú se caracterizan por tener agua a bajas temperaturas debido al clima, estas poblaciones adolecen de sistemas térmicos que permitan tener agua caliente por carencia de servicios básicos como agua y electricidad o gas. Todo ello repercute en el aseo de manos que se vuelve ineficiente por falta de agua caliente, generando infecciones estomacales, infecciones respiratorias y otras enfermedades asociadas con la piel.

El objetivo de la presente investigación es diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para calentar agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres de la comunidad campesina San Pedro de Raco, ubicada en el distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco, el cual es un lugar donde los jóvenes estudiantes pasan la mayoría de tiempo y donde realizan actividades estudiantiles. Los padres de familia de esta comunidad a través de una reunión indicaron los problemas que los aquejan y que se mencionan líneas arriba, esto fue el impulso de la presente investigación.

Por otro lado, la metodología de la investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo con un enfoque cuantitativo y de diseño no experimental transeccional y el método utilizado fue el analítico-sintético. Así mismo la población y la muestra está conformada por el calentador solar de tubos al vacío. La técnica utilizada para la recolección de datos es documental y como instrumentos se utilizaron las páginas web de SENAMHI y de la Comisión Europea, normas peruanas (RNE y NTP), normas españolas como RITE y CTE, libros y manuales sobre energía solar térmica; además, se utilizó la técnica empírica y como instrumentos se tuvo a la ficha de registro de datos de campo.

La presente investigación se divide en 10 partes:

En la sección I, se propone el planteamiento de problema, donde se da mención los problemas que genera la falta de aseo; y la necesidad de tener agua caliente sanitaria. Consecutivamente, en la sección II, se presenta un marco teórico el cual se encuentran los antecedentes de la investigación, después, las bases teóricas el será el cimiento de esta investigación, marco teórico y definición de términos básicos. Se continua con la sección III donde se definen las variables independiente y dependiente, mencionando la hipótesis general y específicas. Se presenta una matriz de operacionalización de variables en el cual se aprecian las variables y dimensiones, cada uno con sus indicadores. En la sección IV, se hace referencia al diseño metodológico el cual menciona el diseño y método de investigación, además de definir la población, muestra y lugar de estudio. También que técnicas e instrumentos se tomaron en cuenta para la recolección de datos, se muestra el análisis y procesamiento de datos.

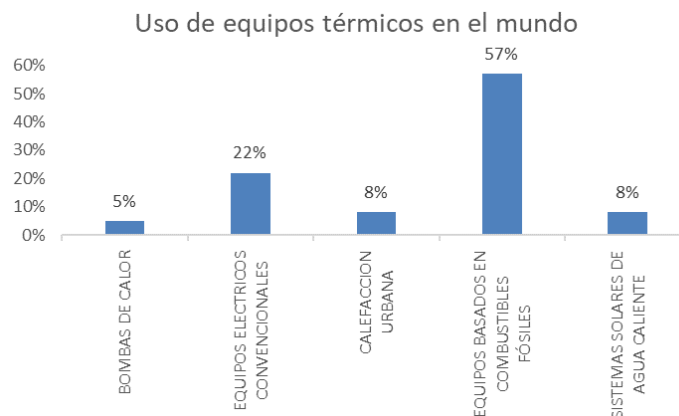
En la sección V se presenta los resultados obtenidos de la investigación conforme a los cálculos hechos en el capítulo anterior. En la sección VI se discuten los resultados y se realiza la contrastación de las hipótesis inicialmente planteadas con los trabajos anteriormente realizados. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos utilizados para el desarrollo de la presente investigación.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En muchas partes del mundo la falta de acceso a sistemas térmicos es algo que adolecen las personas, las cuales se ven afectadas directamente cuando viven en climas de bajas temperaturas. En los últimos años la falta de políticas para poder incentivar la adopción de energía renovable con la finalidad de generar calor en edificaciones se ve reflejado en normas que no son tan rígidas, y que indiquen un mayor uso de equipos que generen el calentamiento de agua y entornos. En consecuencia, estos equipos pasan desapercibidos ante el combustible fósil. En el gráfico 1.1 se puede observar que todavía no se está recurriendo a sistemas solares térmicos para menguar problemas de friaje (Agencia Internacional de Energías Renovables, 2021).

Gráfico 1.1 Uso de equipos térmicos en el mundo



Fuente: (Agencia Internacional de Energías Renovables 2021)

El Perú no es muy ajeno a ello, según (Harman, 2010), menciona que, más de 6 millones de peruanos están sometidos a climas extremadamente fríos en las zonas del centro, sur y nororiente del país, donde la población se encuentra desprovisto de sistemas solares térmicos que puedan aminorar los problemas de friaje y generar un mayor confort térmico.

Según (SENAMHI, 2023), entre los meses abril y septiembre, en la región Sierra del Perú, es afectada por las heladas meteorológicas, épocas donde

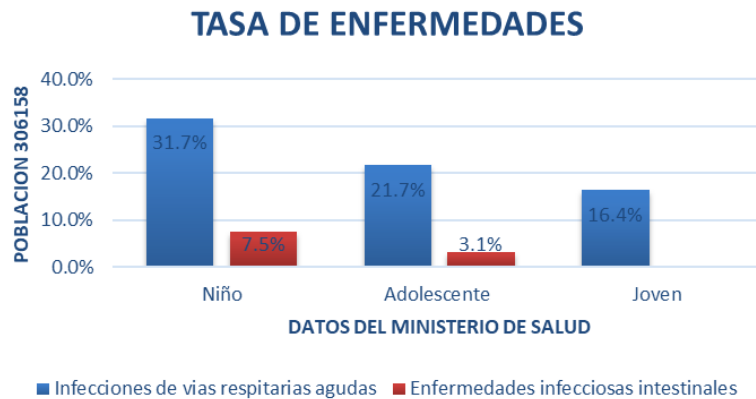
las temperaturas descienden por debajo de los 0 ° C impactando negativamente en las comunidades, las cuales se manifiestan dando aumento de enfermedades respiratorias y otras afecciones.

En la provincia de Pasco se encuentra el distrito de Simón Bolívar donde hay una comunidad campesina de nombre San Pedro de Raco que alberga al colegio Andrés Avelino Cáceres el cual imparte educación de nivel secundaria. En la visita de campo se identificó que este centro poblado solo cuenta con un único servicio público, este servicio es eléctrico el cual es intermitente durante el día lo que limita conectar equipos eléctricos que requieren de una fuente de energía eléctrica continua, además este centro poblado es bajo recursos económicos. Se tuvo una reunión con alumnos, profesores y padres de familia el cual dieron su punto de vista, donde todos resaltaron la necesidad de tener agua caliente en las instalaciones del colegio debido a las bajas temperatura y que sería de gran beneficio que los escolares realicen su aseo, antes y después de los recreos, al salir de los servicios higiénicos y cuando practican deporte (anexo 14).

Las bajas temperaturas ambientales y épocas de heladas hacen que esta práctica (lavado de manos) sea mínima o no cumpla con el tiempo mínimo establecido por el Ministerio de Salud, teniendo en cuenta que el confort térmico interviene en un papel importante, puesto que hace que esta práctica sea más recurrente y no un impedimento considerando que la salida del agua en el grifo o caño se encuentra por debajo de los 10°C.

En el año 2015, el Ministerio de Salud hizo un análisis de situación de salud en Pasco el cual arrojó como resultado de enfermedades que se asocian directamente con la falta de lavado de mano y la importancia de ello.

Gráfico 1.2 Tasa de enfermedades en Pasco.



Fuente: (Ministerio de Salud, 2015)

Por lo tanto, debido a las condiciones propias del lugar, el aprovechamiento de la energía solar sería la mejor opción ante otras soluciones que generan un impacto ambiental y económico. En conclusión, en el colegio Andrés Avelino Cáceres ubicado en el distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco, carece de un sistema de calentamiento de agua sanitaria, por lo cual el objetivo general de este proyecto es diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria para los 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo obtener información de las condiciones de lugar para la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua?
- ¿Cómo elaborar los cálculos térmicos para el dimensionamiento del calentador solar?

- ¿Cómo elaborar el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar para el aprovechamiento máximo de la irradiación solar?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener información de las condiciones de lugar para la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua
- Elaborar los cálculos térmicos para el dimensionamiento del calentador solar.
- Elaborar el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar para el aprovechamiento máximo de la irradiación solar.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación tecnológica

Según (Espinoza, 2010) refiere que una investigación se justifica tecnológicamente cuando se satisface las necesidades sociales.

Esta investigación plantea una solución para permitir mejorar el nivel de vida a los usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres en la provincia de Pasco.

1.4.2 Justificación social

Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) refiere que una investigación se justifica socialmente cuando se responden las siguientes preguntas: ¿Cuál es su trascendencia para la sociedad?,

¿quiénes se beneficiarán con los resultados de la investigación?, ¿de qué modo?.

Esta investigación resulta en beneficio de los 28 usuarios que se encuentran en el colegio Andrés Avelino Cáceres, en la provincia de Pasco con la finalidad de tener agua caliente para una mayor higiene ante un clima adverso como las heladas.

1.4.3 Justificación teórica

Según (Espinoza, 2010) refiere que una investigación se justifica teóricamente cuando se pretende contribuir al conocimiento de un área de estudio. La originalidad y novedad son patrimonios propios del aporte teórico de la investigación.

Esta investigación contribuyó al conocimiento respecto a la inclinación variable del soporte del calentador solar de tubos al vacío.

1.5 Delimitantes de la investigación

1.5.1 Delimitante teórica

Para el diseño de este sistema, se utiliza información relacionada a criterios de diseño de calentador solar, cálculos térmicos, uso del software Autodesk Inventor para el cálculo estructural del soporte y del software Ansys Fluent Meshing para los cálculos térmicos.

1.5.2 Delimitante temporal

La presente tesis se desarrolló en el período de mayo del 2023 a setiembre del 2023.

1.5.3 Delimitación espacial

El diseño fue elaborado como propuesta para implementar a futuro en el colegio Andrés Avelino Cáceres, ubicado en la provincia de Pasco.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Como primer antecedente citamos a “Simulación del efecto termosifón de un dispositivo termosolar para latitud 0 (Herrera, 2022). El objetivo principal de esta investigación fue la simulación del efecto termosifón de un dispositivo termosolar para latitud 0. La investigación realizada fue de diseño experimental, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo con un método analítico-sintético. La población y la muestra estuvo constituida por los termosolares. La técnica para la recolección de información fue documental, dado los datos lo saca de fichas y tablas, mas no realiza un trabajo de campo o levantamiento de información de campo.

En esta investigación se le da la relevancia a la inclinación del tubo al vacío porque para una inclinación de 60° es de 506 w/m^2 como un valor máximo y como mínimo un valor de 293 W / m^2 , para 30° fue de 508 w/m^2 como un valor máximo y como un valor mínimo de 373 W / m^2 , para 20° de 726 w/m^2 como un valor máximo y como un valor mínimo de 532 W / m^2 , por último, con el ángulo de 10° el valor de la irradiancia fue 848 w/m^2 como un valor máximo y como mínimo un valor de 617 W / m^2 , dejando la importancia de una buena orientación.

Como segundo antecedente citamos a “Diseño y análisis de implementación de un sistema de calentamiento de agua por tubos de vacío con energía solar térmica para la piscina de 360 m^3 del club Castillo de Amaguaña” (Carvajal y Mejía, 2021). El objetivo principal de esta investigación fue diseñar y analizar la implementación de un sistema de climatización de agua por tubos de vacío con energía solar térmica para la piscina de 360 m^3 del club Castillo de Amaguaña. La investigación realizada fue de diseño pre-experimental, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo con un método analítico-sintético. La población y la muestra estuvo constituida por el calentador solar de tubos de vacío. La técnica para

la recolección de información fue documental y empírica donde los instrumentos fueron datos meteorológicos entregados por el software RETScreen y la observación.

Finalmente se concluye que, mediante el análisis económico se determinó que el proyecto es viable a pesar de que la inversión inicial es alta, al cuarto año se muestra un VAN positivo y la recuperación de la inversión es en 4.6 años según el payback.

Como tercer antecedente citamos a “Diseño, construcción y validación de un sistema solar térmico para producción de agua caliente sanitaria en una clínica de fisioterapia” (Campos, Gómez y Wipfli, 2018). El objetivo principal de esta investigación fue instalar un sistema de captación de energía solar mediante colector plano para la producción de agua caliente sanitaria para ser utilizada en el área de hidroterapia ubicada en la unidad de fisioterapia de la clínica de Bienestar Universitario. La investigación realizada fue de diseño pre-experimental, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo con un método analítico-sintético. La población y la muestra estuvo constituida por la terma solar de placa plana. La técnica para la recolección de información fue documental y los instrumentos fueron registros brindados por la clínica de Bienestar Universitario y datos de temperatura del aire e irradiancia solar brindado por la estación meteorológica de la Universidad de El Salvador. Finalmente se concluye que, se superó la temperatura máxima calculada de manera teórica con relación a la temperatura de salida del agua llegando a los 96 °C en un día soleado.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Como cuarto antecedente citamos a “Evaluación de la eficiencia de una terma solar con tubos de vacío bajo condiciones climáticas del centro poblado Maure-Kallapuma (4260 msnm), Tarata, Tacna” (Chuquimia, 2021). El objetivo principal de esta investigación fue el comportamiento térmico de tubos al vacío bajo las condiciones climáticas de la zona. La investigación realizada fue de diseño experimental, enfoque cuantitativo,

nivel descriptivo con un método analítico-sintético. La población y la muestra estuvo constituida por la terma solar de tubos al vacío. La técnica para la recolección de información fue documental y los instrumentos usados fueron datos de página web de SENAMHI y fichas técnicas.

Como resultado se alcanzó una temperatura final de 60°C de salida del termotanque, con una variación de temperatura de 50°C con una energía incidente de 6.04 KWh/m², es se pudo obtener por la instalación del calentador solar con una inclinación 24°, así como la importancia de evaluar las pérdidas del sistema para tener una energía útil correcta.

Como quinto antecedente citamos a “Propuesta de colector solar térmico para la producción de agua caliente en la piscina de la UNCP” (Boza, 2019). El objetivo principal de esta investigación Proponer un colector solar térmico para temperar el agua de la piscina de la UNCP. La investigación realizada fue de diseño no experimental, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo con un método analítico-sintético. La población y la muestra estuvo constituida por un colector solar de polipropileno. La técnica para la recolección de información fue documental y empírica los instrumentos que se usaron fueron el software RETScreen expert para las condiciones como ubicación, temperatura, etc.

Finalmente se concluye que, los resultados que para un aprovechamiento en la energía solar es indispensable conocer la ubicación como longitud y latitud geográfico donde se obtuvo la irradiación de 6.13 kWh/m²xdía proporcionado por la estación meteorológica del Valle del Mantaro, así como la temperatura del ambiente promedio de 11.75 °C y la velocidad del viento de 3.01 m/s.

Como sexto antecedente citamos a “Diseño de una terma solar de tubos al vacío para las condiciones ambientales de Puno” (Flores, 2018). El objetivo principal de esta investigación fue diseñar una terma solar de tubos termosifónicos al vacío para las condiciones ambientales de Puno. La investigación realizada fue de diseño no experimental, enfoque cuantitativo,

nivel descriptivo con un método analítico-sintético. La población y la muestra estuvo constituida por la terma solar de tubos termosifónicos al vacío. La técnica para la recolección de información fue documental y los instrumentos usados fueron la página web de SENAMHI y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los edificios (RITE).

Finalmente se concluye que, el colector solar diseñado fue más económico debido a que los calentadores solares que se venden están sobredimensionados; esto fue reflejado a la disminución de los números de tubos al vacío de 15 a 8 según los cálculos de diseño y, además, el ángulo óptimo para las condiciones ambientales de puno es de 16° generando así una mayor eficiencia del calentador.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La energía solar

La energía solar es un tipo de energía considerada como renovable, que aprovecha la radiación electromagnética del Sol. A este tipo de energía le llamamos renovable porque constituyen una fuente de abastecimiento natural e inagotable ya sea de forma directa o indirecta, como por ejemplo es el Sol (AEA, 2013).

Tipos de energía solar:

a) Energía solar fotovoltaica

Es una fuente de energía renovable que se obtiene aprovechando la radiación solar y la transforma a electricidad mediante el uso de paneles fotovoltaicos. Es decir, la radiación solar incide directamente sobre el panel y genera energía eléctrica. Los paneles fotovoltaicos contienen células fotovoltaicas que cuando se exponen a la luz solar directamente, se ionizan y liberan electrones que al interactuar entre sí generan corriente eléctrica (Factorenergia, 2023b).

Figura 2.1 Paneles fotovoltaicos



Fuente: (DOMOSOLAR 2019)

b) Energía solar térmica

Es una energía renovable que aprovecha la radiación solar y se transforma en calor mediante el uso de colectores o captadores solares. Estos colectores solares recogen y almacenan la radiación solar para calentar el agua posteriormente. Además, estos sistemas solares térmicos se pueden utilizar como apoyo a los sistemas de calefacción o agua caliente para uso higiénico, residencial o industrial (Factorenergia, 2023b).

Figura 2.2 Calentador solar de tubos al vacío



Fuente: Tomado de “Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca” (Calle, Fajardo y Sánchez 2010)

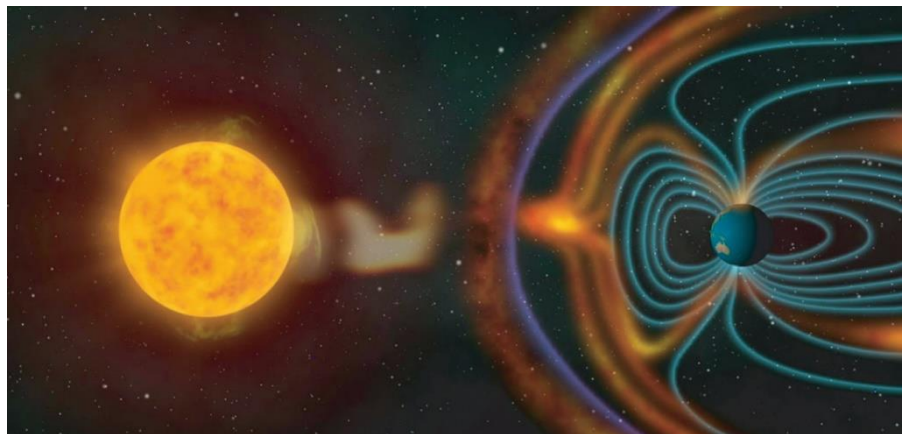
c) Energía solar pasiva

La energía solar pasiva se refiere a la energía solar que se aprovecha sin la necesidad de tecnologías adicionales o convertirla en otra fuente de energía. Esto se puede aprovechar mediante la orientación de los edificios, selección de los materiales de construcción adecuados, el diseño de los interiores y la colocación de ventanas para aprovechar los rayos solares (Factorenergía, 2023a).

2.2.2 La radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol a través de ondas electromagnéticas que viaja en todas las direcciones en el espacio. Esta radiación viaja del sol a la tierra, donde hace posible la vida en ésta última (Leal y Leal, 2015).

Figura 2.3 Propagación de la energía solar



Fuente: Tomado de "Radiación solar en proyectos urbanos" (Leal y Leal, 2015)

La onda que llega a la tierra llega con diferentes longitudes que se encuentra en el rango de nm, la región visible se encuentra entre 400 nm a 700 nm aproximadamente, representando un casi 50% de la radiación (Leal y Leal, 2015), cabe recalcar que todas las ondas del espectro electromagnético transportan energía y dependerá de la longitud de la onda siendo los rayos UV las que ingresan a la tierra y transportan mayor energía.

Tipos de radiación solar:

La radiación solar llega a la superficie terrestre en tres componentes:

- Radiación solar directa: Procedente en línea recta desde el sol no sufre dispersión alguna en su trayectoria.
- Radiación solar difusa: Procedente de todas las direcciones salvo del sol.
- Radiación solar reflejada: Procedente del reflejo de la superficie terrestre, en un fenómeno conocido como efecto albedo (Martínez, 2016).

Figura 2.4 Tipos de incidencia de rayos solares



Fuente: Tomado de “Energías renovables y eficiencia energética” (Schallenberg et al., 2008)

2.2.3 Aplicaciones de la energía solar térmica

La energía solar térmica generalmente se utiliza para calentar fluidos, como el agua. Sin embargo, esto dependerá mucho de la temperatura final de salida, de la que se deriva la siguiente clasificación:

a) Baja temperatura

Se destinan a aquellas aplicaciones que no requieren temperaturas del agua superiores a los 90 °C, como por ejemplo, la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para viviendas y polideportivos, apoyo a la

calefacción de viviendas, calentamiento de agua para piscinas, etc (Schallenberg et al., 2008).

b) Media temperatura

Se destinan a aquellas aplicaciones que requieren temperaturas del agua comprendidas entre 80 °C y 250 °C, como, por ejemplo, el calentamiento de fluidos para procesos industriales y la desalinización de agua de mar (Schallenberg et al., 2008).

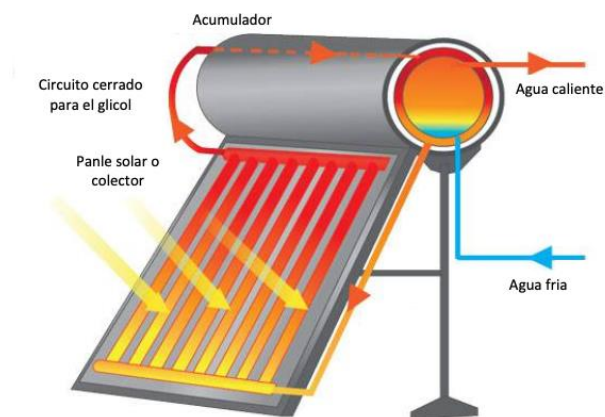
c) Alta temperatura

Se destinan a aquellas aplicaciones que requieren temperaturas del agua superiores a los 250 °C, como es el caso de la generación de vapor para la producción de electricidad (Schallenberg et al., 2008).

2.2.4 Funcionamiento de la energía solar térmica

El principio básico de funcionamiento de estos sistemas solares térmicos es la captación de la radiación solar y el calor captado se transfiere a un fluido como el aire o el agua. Se utiliza el captador solar, también denominado colector para el aprovechamiento de la energía solar térmica. El fluido calentado se puede utilizar directamente para calentar agua en piscinas o indirectamente mediante el uso de un intercambiador de calor para la calefacción de una habitación (Schallenberg et al., 2008).

Figura 2.5 Funcionamiento de la energía solar térmica



Fuente: Hogarsense

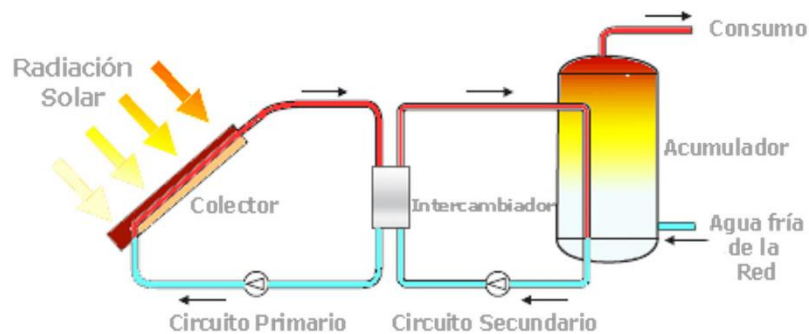
2.2.5 Funcionamiento de una instalación solar térmica

El funcionamiento de una instalación solar térmica es sencillo. El principio básico de cualquier instalación solar térmica es aprovechar la energía del

Sol mediante el uso de colectores o captadores solares y transferirla a un sistema de almacenamiento (tanque con aislamiento) para su posterior uso cuando sea necesario (López, 2006).

El procedimiento que se lleva a cabo en una instalación solar térmica comienza con la absorción de la energía proveniente de los rayos solares u ondas electromagnéticas y recibirlas a través de sus colectores o captadores solares. Posteriormente, el agua que se encuentra en su interior comienza a elevar su temperatura y a medida que disminuye su densidad tiende a subir dentro del termotanque el cual es un recipiente cilíndrico que tiene como recubrimiento intermedio un aislamiento que generalmente es poliuretano.

Figura 2.6 Funcionamiento de una instalación solar térmica



Fuente: Ener city

2.2.6 Elementos principales de una instalación solar térmica

a) Colectores solares

El colector solar térmico es el dispositivo que aprovecha la energía solar para transformar la radiación solar en energía térmica y transferirla a un fluido caloportador para aumentar su temperatura. Es el principal elemento del sistema de captación de una instalación solar térmica. Este dispositivo debe estar diseñado para resistir la continua exposición a condiciones exteriores como granizo, polvo, lluvia, nieve, etc. y para soportar las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, a las que puede estar sometido (Guía IDAE 022, 2020).

b) Sistema de almacenamiento

No cabe duda de que la energía recibida por parte del Sol no necesariamente concuerda con las épocas donde se registra un

consumo elevado. Por tal razón, si se desea aprovechar la energía solar al máximo, tiene sentido almacenar la energía captada en un termotanque para los momentos del día donde la radiación es mayor, para posteriormente usarla cuando sea necesario (López, 2006).

c) Sistema de distribución

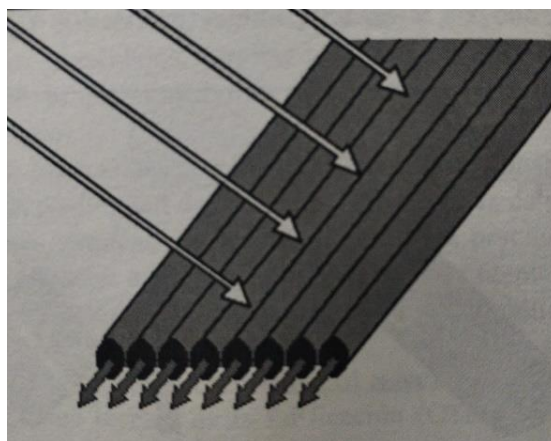
Este sistema es el encargado de trasladar el fluido caliente almacenado en los colectores solares hasta donde se encuentra el punto de consumo. Existen diversos circuitos de distribución dependiendo de las necesidades que se desea satisfacer o las condiciones climáticas del lugar (López, 2006).

2.2.7 Tipos de colectores solares de baja temperatura

a) Colectores de polipropileno

Los colectores de polipropileno están formados por un gran número de pequeños tubos hechos con este material por los que circula el agua que se calentará. Se recomiendan principalmente para el calentamiento de piscinas exteriores en la estación de verano, ya que su temperatura de trabajo es del orden de 25-35 °C. Al tener carcasa, aislante ni caja, las pérdidas de calor al exterior son grandes, limitando su uso en otro tipo de instalaciones (Zabalza y Aranda, 2009).

Figura 2.7 Colector solar de polipropileno



Fuente: Tomado de "Energía solar térmica" (Zabalza y Aranda, 2009)

b) Colectores de placa plana

Los colectores de placa plana son los más comerciales en la actualidad. La temperatura de trabajo se sitúa entre 50 °C y 70 °C por lo que son

adecuados para producir agua caliente para diversos usos como: ACS, calefacción por fan-coil o suelo radiante, precalentamiento del fluido de entrada para diversas aplicaciones industriales (Zabalza y Aranda 2009).

Figura 2.8 Colector solar de placa plana

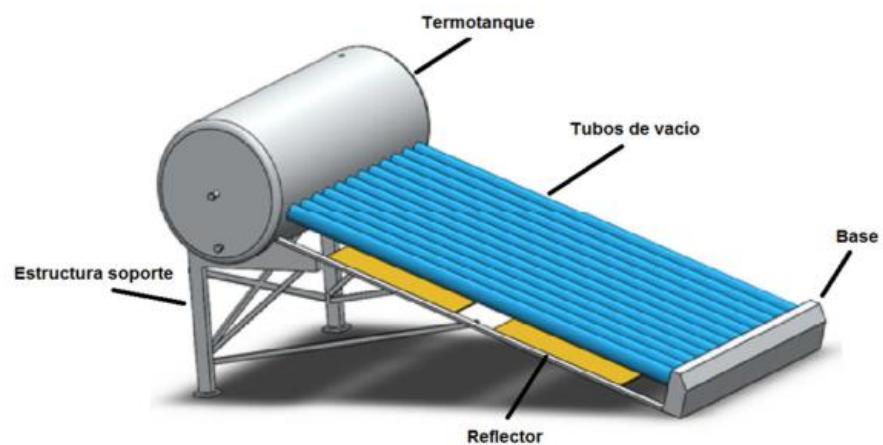


Fuente: ONOSI SOLAR

c) Colectores de tubos de vacío

Los colectores de tubos de vacío poseen un mejor rendimiento y proporcionan mayores temperaturas en comparación a los colectores de placa plana, logrando llegar a temperaturas de trabajo por encima de 70 °C. Los inconvenientes que presentan estos colectores frente a los de placa plana son su alto precio, la mayor laboriosidad y cuidado que requiere su montaje y su menor robustez (Zabalza y Aranda 2009).

Figura 2.9 Colector solar de tubos al vacío



Fuente: Tomado de "Medición y análisis térmico de un calentador solar de agua" (Gaona, López y Olgún, 2020)

2.2.9 Inclinación y orientación del colector solar

Para un mejor funcionamiento del calentador, y pueda alcanzar su máxima capacidad de captación de energía solar, es una condición que el área incidente se encuentre perpendicular a los rayos del sol. Sin embargo, esta condición ortogonal es complicado durante los diferentes tiempos atmosféricos que presente un lugar. Entonces para maximizar la eficiencia en algunos es importante conocer la geometría del movimiento solar y estimar un tiempo promedio de posición solar anualmente (Calle, Fajardo y Sánchez 2010).

Los colectores solares deben estar ubicados según la latitud en donde se quiera posicionar el sistema, si este se encuentra en el norte, entonces debe estar orientado hacia el sur y viceversa (Calle, Fajardo y Sánchez, 2010).

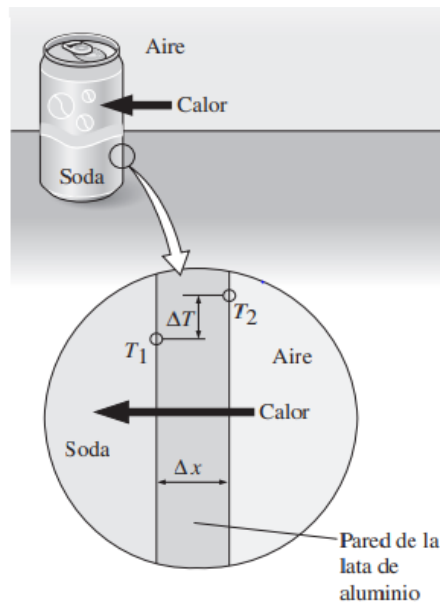
2.2.10 Transferencia de calor

La transferencia de calor es energía en movimiento que va siempre en la dirección de mayor a menor temperatura. Es decir, energía que se transfiere entre dos sistemas debido a la diferencia de temperatura. A este fenómeno físico se le llama calor. Esto se manifiesta mediante tres mecanismos el cual es la conducción, la convección y radiación (Cengel y Boles, 2014).

a) Transferencia de calor por conducción

La conducción puede ocurrir en diferentes estados de la materia como sólidos, líquidos y gases; en los dos últimos mencionados se debe las colisiones de las moléculas en un movimiento aleatorio como resultado de las interacciones, en cambio en los sólidos se debe a la vibración de las moléculas en una red y el transporte de la energía mediante electrones libres. En la figura 6 se puede observar este fenómeno además de visualizar que existe dos sistemas uno con T_2 (aire caliente) y donde el calor tiene que pasar por un medio (espesor de la lata) para llegar al interior (bebida gasificada de T_1) (Cengel y Boles 2014).

Figura 2.10 Transferencia de energía por Conducción

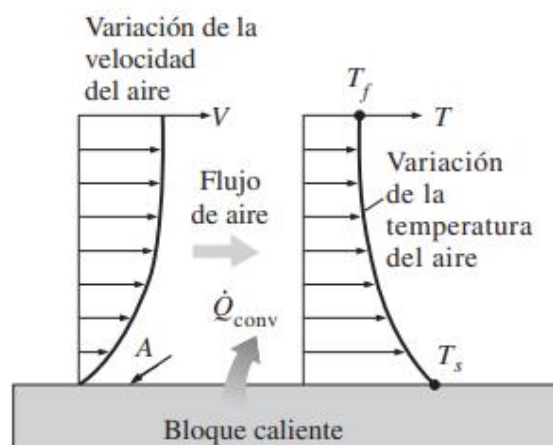


Fuente: Tomado de "Termodinámica" (Cengel y Boles, 2014)

b) Transferencia de calor por convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y entre un fluido (líquido o gas adyacente) que está en movimiento, y que tiene que ver con los efectos combinados de la conducción y movimiento del fluido, dado que mientras más rápido sea el fluido, mayor será la transferencia de calor por convección. El otro caso sería que no exista movimiento del fluido, en ese sentido la transferencia de calor sería por conducción pura (Cengel y Boles, 2014).

Figura 2.11 Transferencia de calor por convección



Fuente: Tomado de "Termodinámica" (Cengel y Boles, 2014)

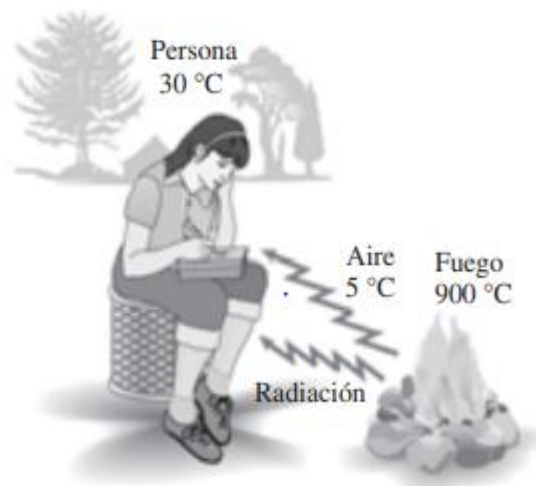
c) Transferencia de calor por radiación

La radiación es la energía que emite la materia en forma de ondas electromagnéticas. Sin embargo, a diferencia de la conducción y convección, la transferencia de energía por radiación no requiere de un medio y es la más rápida y no experimenta ninguna disminución en el vacío. Este es exactamente el modo como la energía del sol llega a la tierra (Cengel y Ghajar, 2011).

En los estudios el interés siempre se ha enfocado en la radiación térmica, que se denomina a la radiación emitida por los cuerpos a consecuencia de su temperatura. Todos los cuerpos a una temperatura por encima del cero absoluto emiten radiación electromagnética (Cengel y Ghajar, 2011).

Es muy importante introducir dos parámetros que es la emisividad (e) y la absorbancia (α) donde ambos valores numéricos oscilan entre 0 y 1, se diferencian dado que mientras el primero describe que tanto se acerca una superficie a un cuerpo negro, la otra es la fracción de energía de radiación incidente sobre una superficie absorbida por esta. Por lo tanto, un absorbedor perfecto será $\alpha = 1$ (Cengel y Boles, 2014).

Figura 2.12 Transferencia de calor por radiación



Fuente: Tomado de "Termodinámica" (Cengel y Boles, 2014)

2.2.11 Parámetros genéricos para el dimensionamiento de un calentador solar

Un factor fundamental para considerar al diseñar calentadores solares es el régimen de consumo del agua caliente, ya que puede ser variable. En el diseño de sistemas de calentamiento es necesario disponer de datos que definen el sistema los cuales están representados por (Guevara 2003a):

- Radiación solar.
- Demanda energética.
- Número de tubos al vacío.
- Volumen y aislamiento del termotanque.

a) Irradiación solar

En el diseño del sistema de calentamiento es necesario conocer los datos de la irradiación solar diaria.

b) Balance de energía en el calentador solar

En el apartado IT 1.2.4.6.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), menciona que, en la selección y diseño de la solución se tendrán en consideración los criterios de balance de energía (2007).

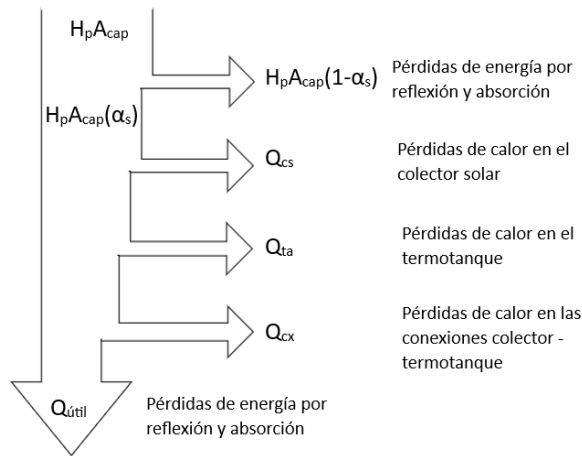
Según (Cengel y Ghajar, 2011), un gran número de aparatos de ingeniería, como los calentadores de agua y los radiadores de los automóviles, implica flujo de masa, hacia adentro y hacia afuera de un sistema, y se consideran como volúmenes de control. La mayor parte de los volúmenes de control se analizan en condiciones estacionarias de operación.

Según (Guevara, 2003b), el balance de energía tiene como objetivo determinar el calor útil ($Q_{\text{útil}}$) transmitido al agua, dicho calor, empleado para calentar el agua en el termotanque, es una parte de la radiación global incidente sobre el colector solar ($H_p A_{\text{cap}}$); la otra parte es calor disipado al ambiente por: i) el colector solar (Q_{cs}), ii) el termotanque (Q_{ta}), iii) por las conexiones (Q_{cx}).

También según (IDAE, 2011) se considera las pérdidas por inclinación y orientación del colector solar (Q_{io}).

En la figura 2.13 se muestra el diagrama del balance de energía para el calentador solar.

Figura 2.13 Diagrama del balance de energía en el calentador solar



Fuente: Tomado de "Teoría para el diseño de calentadores solares de agua"
(Guevara, 2003b)

Para (Guevara, 2003b), la radiación global que incide sobre el colector solar ($H_p A_{cap}$), disminuye su valor como resultado de las características propias de reflexión y absorción de la cubierta del colector; este valor, es corregido por un factor (α_s). Parte de esta radiación corregida ($H_p A_{cap} \alpha_s$) es empleada como calor para calentar el agua, la parte restante constituye el almacenamiento de energía en el colector mismo que usualmente es despreciable, de la misma manera, las pérdidas de calor hacia el ambiente por conducción, convección y radiación (Q_{cs}).

Este balance de energía se expresa analíticamente como:

$$H_p A_{cap}(\alpha_s) = Q_{útil} + Q_{cs} + Q_{ta} + Q_{cx} + Q_{io} \quad (1)$$

Cabe mencionar que el Q_{cs} es despreciable y el Q_{cx} no aplica por que el colector solar está directamente conectado al termotanque y no involucra algún tipo de tuberías para la conexión entre el colector solar y termotanque. Por lo que el balance de energía se expresa de la siguiente manera:

$$H_p A_{cap}(\alpha_s) = Q_{útil} + Q_{ta} + Q_{io} \quad (2)$$

c) Demanda energética

Es la energía necesaria que aumenta la temperatura de un volumen de agua desde la temperatura inicial (T_i) hasta la temperatura de consumo (T_f) (Guevara, 2003a).

$$Q_{\text{útil}} = MC_p(T_f - T_i) \quad (3)$$

Donde:

$Q_{\text{útil}}$: Demanda Energética (kJ/día)

M: Masa de agua a calentar en un día (kg/día)

C_p : Capacidad calorífica del agua (4.18 kJ/kg °C)

T_i : Temperatura del agua que ingresa al termotanque (°C)

T_f : Temperatura del agua que sale del termotanque (°C)

d) Factor de corrección del tubo al vacío (α_s)

El factor de corrección evalúa qué parte de la radiación solar incidente es captada realmente por el tubo de vacío. Es determinada en transferencia de calor en función a las propiedades ópticas del material del tubo de vacío.(Flores, 2018)

Se determinará mediante la ecuación:

$$\alpha_s = \frac{\tau\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_d} \quad (4)$$

Donde:

τ : Transmisividad de los tubos de vidrio de boro silicato con emisividad de $\varepsilon = 0,88$.

α : Absortividad de los tubos recubiertos de nitrato de aluminio y su emisividad de $\varepsilon = 0,1$.

ρ_d : Reflectancia difusa de los tubos de vacío.

e) Número de tubos al vacío

Es la cantidad de tubos al vacío necesario para satisfacer la demanda energética (Flores, 2018).

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_t = \frac{A_{cap} F_s}{A_t} \quad (5)$$

Donde:

N_t : Número de tubos al vacío

A_{cap} : Área de captación (m^2)

F_s : Factor de seguridad

A_t : Área por tubo al vacío (m^2)

Para el cálculo del área de incidencia de cada tubo al vacío, se consideró con un margen de seguridad de diseño, que la radiación solar solo incide sobre la mitad de la superficie cilíndrica exterior de los tubos de vacío; para un tubo de vacío, el área cilíndrica exterior (A_t) se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{d_e \times \pi \times L}{2} \quad (6)$$

Donde:

d_e : Diámetro exterior del tubo al vacío (m)

L: Longitud del tubo al vacío (m)

f) Volumen del termotanque

Se asigna una temperatura equivalente (T_{eq}) que es la temperatura a la que almacena el agua y que varía en función de la temperatura del agua fría. En consecuencia, para un sistema puntual la elevación de la temperatura es un valor constante aproximado de 30°C y para un sistema continuo es de 20°C (Guevara, 2003a).

Con el valor de la temperatura equivalente se recalcula la demanda energética, y se obtiene otro valor de la masa de agua, que se denomina masa de agua a almacenar. El volumen del termotanque está determinado por la masa de agua a almacenar (Guevara, 2003a).

En un sistema puntual, el volumen del termotanque se calcula 15% adicional de la masa de agua a almacenar en un día (Guevara, 2003a).

$$V_{dep} = 1.15M \quad (7)$$

Donde:

V_{dep} : Volumen del termotanque (m^3)

M: Masa de agua a almacenar (kg)

Para determinar la longitud del termotanque; considerando un diámetro del cilindro (D), tendremos que el volumen del cilindro está determinado por la ecuación (8) la cual es igual al volumen V_{dep} :

$$V_{dep} = \frac{\pi \times D^2 \times L}{4} \quad (8)$$

En la sección HE4 del documento Básico HE de Ahorro de Energía del CTE, detalla que, el volumen del termotanque se relaciona directamente con el área de captación solar de modo que cumpla lo siguiente:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (9)$$

Donde:

A: Suma de áreas de los captadores (m^2)

V: Volumen del termotanque (L)

g) Aislamiento del termotanque

Para el cálculo del aislamiento del termotanque, en el IT 1.2.4.2.1.2 de la norma RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificaciones), se detalla lo siguiente.

Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que lo indicado en la tabla 2.1 para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0.040 W/(m*K).

Tabla 2.1 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Fuente: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $\lambda_{\text{ref}} = 0.04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ a $10 \text{ }^\circ\text{C}$, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la ecuación (10) para superficies de sección circular.

$$d = \frac{D}{2} \left[e^{\left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}} \times \ln \frac{D+2 \cdot d_{\text{ref}}}{D} \right)} - 1 \right] \quad (10)$$

Donde:

λ_{ref} : Conductividad térmica de referencia, igual a $0.04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ a $10 \text{ }^\circ\text{C}$

λ : Conductividad térmica del material empleado en $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$

d_{ref} : Espesor mínimo de referencia (mm)

d : Espesor mínimo del material empleado (mm)

D : Diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería (mm)

h) Pérdidas de calor en el termotanque

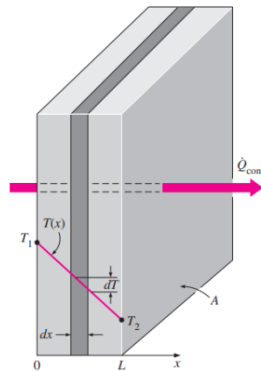
Para determinar el calor que se disipa hacia el ambiente en el termotanque, se hace uso de la teoría de conducción de calor en estado estacionario evaluando las pérdidas por la superficie cilíndrica (cuerpo) y laterales (tapas) del depósito de almacenamiento.

- Transferencia de calor en superficie plana en estado estable

En una superficie plana, si no se varía significativamente las temperaturas en su interior y exterior, se produce una transferencia de calor que se puede considerar estacionaria y unidimensional, tal como muestra la Figura 2.14. La razón de conducción térmica a través de una pared plana depende en proporción directa de su conductividad térmica (k), al área de la superficie (A) y a la gradiente de temperatura ($T_1 - T_2$); sin embargo, es inversamente proporcional a su espesor (Cengel y Ghajar, 2011).

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = KA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (11)$$

Figura 2.14 Conducción de calor en una superficie plana



Fuente: Tomado de “Transferencia de calor y masa” (Cengel y Ghajar, 2011)

La ecuación (11) se puede reacomodar para tener lo siguiente:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = KA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (12)$$

Donde:

$$R_{\text{cond}} = \frac{L}{KA} \quad (13)$$

es la resistencia a la conducción de la superficie plana.

Considere la transferencia de calor por convección de una superficie sólida de área (A_s) y temperatura (T_s) hacia un fluido cuya temperatura en un punto suficiente lejos (T_α) con un coeficiente de transferencia de calor por convección (h). La ley de Newton del enfriamiento para la razón de transferencia de calor por convección se puede reacomodar de la siguiente manera (Cengel y Ghajar, 2011):

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = \frac{T_s - T_\alpha}{R_{\text{conv}}} \quad (14)$$

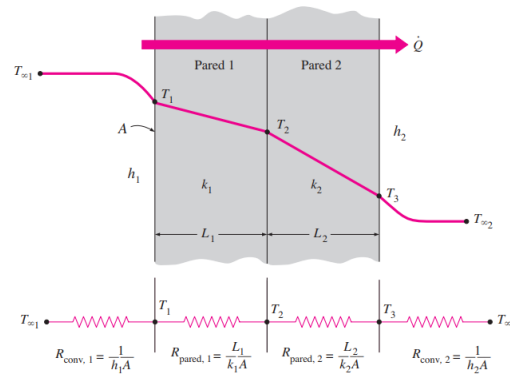
Donde:

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{hA_s} \quad (15)$$

es la resistencia a la convección de la superficie.

En el caso de una superficie plana de varias capas como la de la figura 2.15 de materiales y espesores diferentes, el análisis se puede realizar de manera similar empleando el concepto de resistencia térmica equivalente.

Figura 2.15 Transferencia de calor en una superficie plana sujeta a convección en ambos lados



Fuente: Tomado de “Transferencia de calor y masa” (Cengel y Ghajar, 2011)

En la figura 2.15, la superficie compuesta se encuentra sujeta únicamente a convección en ambos extremos, por lo tanto, el flujo térmico a través de esta se expresa en la ecuación (16):

$$\dot{Q} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{conv,1} + R_1 + R_2 + R_{conv,2}} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{eq}} \quad (16)$$

- Transferencia de calor en superficie cilíndrica en estado estable
Si se considera un capa cilíndrica con conductividad térmica constante (k), radio interior y exterior (\$r_1\$ y \$r_2\$ respectivamente) y longitud (L), que alberga un fluido en su interior y está en contacto con otro fluido en su capa exterior, en ese sentido, si las temperaturas de los fluidos al interior y exterior (\$T_1\$ y \$T_2\$) del tubo no varían significativamente, y la transferencia de calor a través de la pared del tubo es siempre en la dirección normal a su superficie, entonces el calor atraviesa dicho tubo de forma estacionaria y unidimensional. Por lo que la transferencia de calor se puede recomodar de la siguiente manera (Cengel y Ghajar, 2011):

$$\dot{Q}_{cond,cil} = \frac{T_s - T_{\alpha}}{R_{cil}} \quad (17)$$

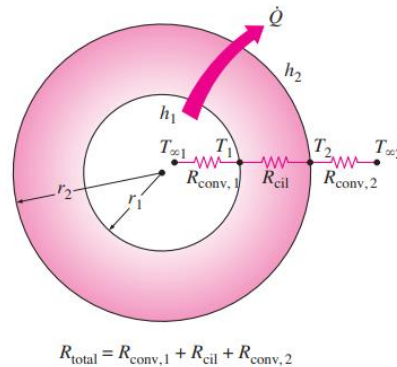
Donde:

$$R_{cil} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k} \quad (18)$$

es la resistencia a la conducción de la capa cilíndrica.

Considerando un flujo térmico unidimensional de calor en estado estacionario que atraviesa una superficie cilíndrica como el de la Figura 2.16 (tipo tubular hueco) de coeficiente de transferencia conductivo promedio k , sometida a convección en ambos lados a temperaturas ($T_{\alpha 1}$ y $T_{\alpha 2}$) con coeficientes convectivos (h_1 y h_2) respectivamente (Cengel y Ghajar, 2011):

Figura 2.16 Transferencia de calor en un casco cilíndrico sujeto a convección en ambos lados



Fuente: Tomado de “Transferencia de calor y masa” (Cengel y Ghajar, 2011)

Por lo tanto, el flujo térmico a través de esta se expresa en la ecuación (19):

$$\dot{Q} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{\text{conv},1} + R_{\text{cil}} + R_{\text{conv},2}} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{\text{eq}}} \quad (19)$$

Donde:

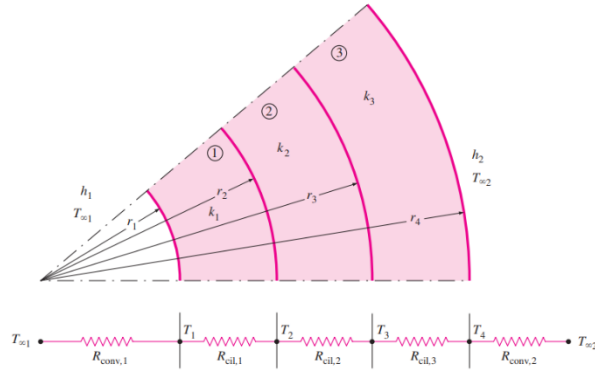
$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{(2\pi r_1 L)h_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk} + \frac{1}{(2\pi r_2 L)h_2} \quad (20)$$

Se debe tener en cuenta que, para flujo laminar, el calor se transfiere únicamente por conducción molecular por lo que $R_{\text{conv},1}$ se puede despreciar (Espinoza, 2022).

Para el análisis de una superficie cilíndrica compuesta por varias capas de diferentes materiales y espesores, se emplea el concepto de resistencia equivalente, similar al caso de una superficie plana de varias capas. Si las capas son concéntricas y dispuestas una a continuación de la otra, se tendrá una disposición en serie de las resistencias térmicas,

tal como se muestra en la figura 2.17 para una superficie cilíndrica de tres capas (Cengel y Ghajar, 2011).

Figura 2.17 Red de resistencias térmicas de un casco cilíndrico compuesto



Fuente: Tomado de “Transferencia de calor y masa” (Cengel y Ghajar, 2011)

Por lo tanto, el flujo térmico a través de esta se expresa en la ecuación (21):

$$\dot{Q} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{\text{conv},1} + R_{\text{cil},1} + R_{\text{cil},2} + R_{\text{cil},3} + R_{\text{conv},2}} = \frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{R_{\text{eq}}} \quad (21)$$

Donde:

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{(2\pi r_1 L) h_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi L k} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi L k} + \frac{1}{(2\pi r_4 L) h_2} \quad (22)$$

Según (Espinoza, 2022), para evaluar el coeficiente de transferencia de calor (h_v) en la parte externa del calentador solar, se puede emplearse la siguiente fórmula:

$$h_v = 5.7 + 3.8v_v \quad (23)$$

Donde:

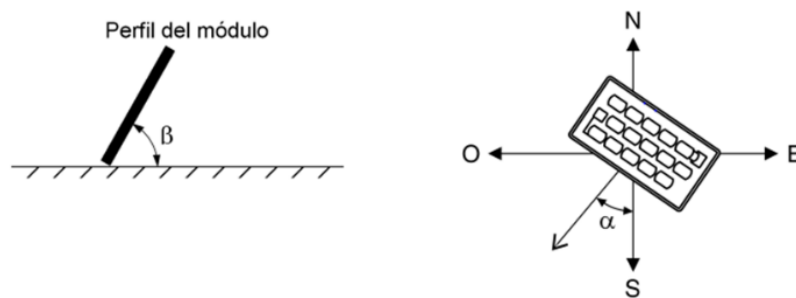
v_v = velocidad del viento (m/s)

h_v = coeficiente convectivo (W/m²K)

i) Pérdida de calor por inclinación y orientación del colector solar

El ángulo de inclinación está formado por la superficie del módulo de captación y el plano horizontal y está determinado por el ángulo β , el cual toma valor de 0° para módulos horizontales y para módulos verticales toma el valor de 90° . Por otro lado el ángulo azimut α es el ángulo que se forma por la proyección del plano de la normal en la superficie del módulo de captación y el meridiano del lugar, el cual toma valor de $+90^\circ$ para oeste y para el este -90° (Madrid, 2009).

Figura 2.18 Ángulo de inclinación y ángulo de azimut



Fuente: Tomado de "Energía solar térmica y de concentración: Manual práctico de diseño, instalación y mantenimiento" (Madrid, 2009)

Para el cálculo de pérdida, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2 + 3.5 \times 10^{-5} \alpha^2] \quad (24)$$

Para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2] \quad (25)$$

Para $\beta \leq 15^\circ$

Donde:

α , β , Φ se expresan en grados, siendo Φ la latitud del lugar.

j) Recipientes a presión de pared delgada

Según (Hibbeler, 2011), los tanques o calderas al momento de trabajar se encuentran bajo presión en todas las direcciones. Sin embargo, puede analizarse de una manera más sencilla, si y solo si, se tenga una pared delgada. En general debe cumplirse que el radio del recipiente entre el espesor sea mayor igual a 10.

$$\frac{r}{t} \geq 10 \quad (26)$$

Los esfuerzos transversales y longitudinales son:

$$\sigma_{\text{circunferencial o transversal}} = \frac{p \times r}{t} \text{ N/m}^2 \quad (27)$$

$$\sigma_{\text{Longitudinal}} = \frac{p \times r}{2 * t} \text{ N/m}^2 \quad (28)$$

Donde:

p = Presión manométrica interna generada por el fluido contenido.

r = Radio interior del cilindro.

t = Grosor de la pared ($r/t \geq 10$).

k) Teoría de Von Mises o teoría de la energía de distorsión máxima

Según esta teoría, el fallo ocurre cuando la energía de distorsión total en un volumen unitario es mayor que el valor de energía de distorsión correspondiente a la resistencia a fluencia en ese mismo volumen. Una tensión uniaxial equivalente σ_{eq} que, al tratarse de un material dúctil, debe ser menor que σ_y para que no se produzca el fallo.

$$\sigma_{\text{eq}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} < \sigma_y \quad (29)$$

Donde:

σ_y = Esfuerzo de fluencia del material (N/m^2)

σ_1 = Esfuerzo en el eje x (N/m^2)

σ_2 = Esfuerzo en el eje y (N/m^2)

σ_3 = Esfuerzo en el eje z (N/m^2)

l) Carga del viento y de la nieve

Según la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones se debe considerar la carga de la nieve para techos, teniendo en cuenta ello se tomó como techo la superficie superior del termotanque como mayor área donde se podría asentar la nieve. Por lo tanto, la carga debe ser el 80% del valor de carga de nieve que indica la norma que es de 40 kg/m^2 , el cual daría como resultado para considerar una carga de 32 kg/m^2 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020).

La carga de viento se calcula de la siguiente forma:

$$P_h = 0.005 * C * (V_h)^2 \quad (30)$$

Donde:

P_h = Presión que ejerce viento a una altura h en kg/m^2

C = valor numérico de forma

V_h = Es la velocidad de diseño

Por otro lado, la velocidad de diseño del viento según la norma E.020 del RNE, se calcula de la siguiente forma:

$$V_h = V \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22} \quad (31)$$

Donde:

V_h = Es la velocidad de diseño en la altura h en km/h

V : Es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h .

h : Es la altura sobre el terreno en metros.

m) Diseño de elementos estructurales metálicos

El AISC (Instituto americano de construcción del acero) menciona dos métodos con la finalidad de diseñar estructuras y conexiones. Estos métodos pueden ser por LRFD o ASD. El primero se basa en diseño con factores de carga y resistencia, donde se forman grupo de carga de servicio generalmente mayores que uno. Este último el criterio se basa diseño por esfuerzos permisibles donde los esfuerzos que sufre el miembro o estructura no deben ser mayor que los esfuerzos nominales de mismo, donde la razón, el cual esta parametrizado por su factor de seguridad (McCormac y Csernak ,2012).

Según (McCormac y Csernak, 2012) si se hacen los diseños con ambos métodos LRFD Y ASD, los resultados serán bastantes parecidos entre sí. Sin embargo, los métodos LRFD son más económicos debido a sus factores de carga son mayores para las cargas vivas y menores para las cargas muertas. Además, se debe tener presente que este método trabaja en la zona plástica, a diferencia del ASD que trabaja en la zona elástica, el factor de seguridad es constante para las cargas muertas y vivas.

2.3 Marco conceptual

a) Calentador solar:

- El calentador solar es el elemento encargado de recibir la radiación y transformarla en energía térmica, para después enviarla a un dispositivo acumulador o consumo directo (Bérriz y Álvarez, 2008).
- El calentador solar es el elemento encargado de captar la energía solar, convertirla en energía térmica y cederla al fluido caloportador (Rufes, 2010).
- El calentador es un equipo en donde circula un fluido caloportador para elevar la temperatura del agua (Madrid, 2009).

Reflexión: El calentador solar es un equipo que tiene como finalidad la captación solar para convertirlo en energía térmica el cual tiene la relevancia en zonas de baja temperatura o lugares que deseen gozar de agua caliente de manera sustentable.

b) Calentamiento de agua sanitaria:

- Según (Guía IDAE 022, 2020) es el agua fría que ha sido sometida a un proceso térmico y que se destina a usos sanitarios.
- Es el agua destinada al consumo con la que calentamos en la vivienda con fines sanitarios (higiene personal como el baño o la ducha) y para otros usos (EUROINNOVA, 2023).
- Es el agua caliente destinada al consumo humano. Tiene dos usos: por un lado, el uso sanitario o destinado a la higiene personal (baños, duchas, etc.) y, por otro lado, el uso enfocado a la limpieza, para fregar los platos, el suelo, etc (Hydronik, 2022).

Reflexión: Es el agua destinada al consumo humano previamente calentada que se destina para ducharse, higiene personal, fregaderos, lavavajillas, etc.

c) Condiciones del lugar:

- Es un espacio que se encuentra en una determinada superficie, el cual puede ser un pueblo, aldea, entre otros, y puede estar determinado por otros parámetros propios del lugar (Pérez, 2022).
- Estado, situación especial en que se encuentra algo (Real Academia Española, 2022a).

- Condición de propiedad o de naturaleza del entorno (Real Academia Española, 2022b).

Reflexión: Conjunto de factores propios del entorno.

Cálculos térmicos:

- El cálculo, hace referencia al procedimiento, con pasos establecidos, mediante el cual, se puede llegar al resultado de una operación. Esto, a partir de determinados datos de los cuales puede, o no, conocerse su valor numérico (Westreicher, 2021).

- Cómputo que se hace de algo por medio de operaciones matemáticas (Real Academia Española, 2022c).

- Representa toda una serie de operaciones matemáticas con un carácter fundamental (Ingeniería Industrial, 2023).

Reflexión: Procedimiento térmico que se realiza de manera ordenada y se lleva a cabo para la obtención de resultados.

e) Diseño de soporte con inclinación variable:

- Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctica vez estético en lo que se hace (Yirda, 2023).

- El ángulo de inclinación del colector es el ángulo formado entre el plano de abertura y el plano horizontal (NTP 399.405, 2007).

- En una inclinación variable, se aplica un ángulo de desmoldeo variable en distintos puntos de control a lo largo de la superficie inclinada (PTC, 2023).

Reflexión: Diseño de un soporte donde se aplica un ángulo variable respecto a la línea de referencia horizontal.

f) Análisis computacional CFD

- La Dinámica de Fluidos Computacional o CFD implica el uso de simulaciones numéricas y algorítmicas para analizar fenómenos relacionados con el comportamiento de los fluidos en diversas situaciones, como lo son: transferencias de calor, reacciones químicas, turbulencia, aeroacústica y combustiones, entre otros (CRYOSPAIN, 2022).

- La Dinámica de Fluidos Computacional o CFD es una rama de la dinámica de fluidos. Es un campo del conocimiento dedicado a la obtención de

soluciones aproximadas de las ecuaciones de flujo de fluidos mediante la utilización de computadores y algoritmos numéricos (Calderón, 2021).

- La Dinámica de Fluidos Computacional o CFD es una técnica de simulación que se aplica en el análisis de fenómenos térmicos y de fluidos complejos (HEXAGON, 2023).

Reflexión: El análisis computacional CFD es una rama de la mecánica de fluidos que usa métodos numéricos y algoritmos para el análisis de flujo de fluidos en diversas circunstancias.

2.4 Definición de términos básicos

Absorbedor: Es la parte de un colector que recibe energía radiante y la transforma en energía térmica.

ACS: Agua caliente sanitaria.

Ángulo de incidencia: Es el ángulo entre la radiación solar directa y la normal al plano de abertura.

Colector solar: Es un dispositivo diseñado para absorber la radiación solar incidente y transferir energía a un fluido que pasa a través de él.

CTE: Código Técnico de la Edificación.

CFD: Computational Fluid Dynamics (Dinámica de Fluidos Computacional)

Dispositivo de almacenamiento: Recipiente usado para almacenar energía térmica.

NTP: Norma Técnica Peruana.

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Radiación: Transferencia de energía radiante.

Temperatura de descarga: Temperatura del agua caliente extraída del sistema.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

- Si se diseña un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura, entonces permite el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- Si se obtiene información de las condiciones de lugar, entonces permite la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua.
- Si se elaboran los cálculos térmicos, entonces permite el dimensionamiento del calentador solar.
- Si se elabora el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar, entonces permite el aprovechamiento máximo de la irradiación solar.

3.2 Definición conceptual de variables

Variable X: Calentador solar.

El calentador solar es el elemento encargado de recibir la radiación y transformarla en energía térmica, para después enviarla a un dispositivo acumulador o consumo directo (Bérriz y Álvarez, 2008).

Variable Y: Calentamiento de agua sanitaria.

Agua fría que ha sido sometida a un proceso de calentamiento y que se destina a usos sanitarios (Guía IDAE 022, 2020).

3.2.1 Operacionalización de variables

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices / Ítems	Método y Técnica
Variable X: Calentador solar	El calentador solar es el elemento encargado de recibir la radiación y transformarla en energía térmica, para después enviarla a un dispositivo acumulador o consumo directo (Bérriz y Álvarez 2008).	El diseño de un calentador solar para lograr el calentamiento de agua, se necesita conocer las condiciones del lugar para realizar los cálculos térmicos correctos, sumado a esto, el diseño de soporte con inclinación variable permite que el colector solar pueda aprovechar al máximo la irradiación solar.	Condiciones del lugar	Ubicación geográfica	Coordenadas geográficas	Método: Analítico-sintético Técnica: Documental y empírica
				Temperatura del ambiente	°C	
				Irradiación solar	kWh/m ²	
			Cálculos térmicos	Demanda energética	kJ	
				Número de tubos al vacío	Cantidad	
Variable Y: Calentamiento de agua sanitaria	Agua fría que ha sido sometida a un proceso de calentamiento y que se destina a usos sanitarios (Guía IDAE 022 2020).	El calentamiento de agua sanitaria se valida haciendo uso del análisis computacional CFD.	Diseño de soporte con inclinación variable	Dimensiones del termotanque	m	
				Ángulo de inclinación	Grados (°)	
				Dimensionamiento	mm	
				Análisis de esfuerzos	N/m ²	
			Análisis computacional CFD	Temperatura	°C	

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño de la investigación

Esta investigación contó con el diseño metodológico especificado en las siguientes líneas:

4.1.1 Enfoque de investigación

Cuantitativo: La presente tesis se basó en un tipo de investigación de enfoque cuantitativo, Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) mencionan que una investigación de enfoque cuantitativo sigue un flujo y es probatorio donde cada etapa precede a la siguiente y no podemos saltar u omitir pasos. El orden es riguroso; sin embargo, podemos redefinir alguna etapa.

Bajo la premisa anteriormente mencionada, podemos afirmar que este trabajo de investigación presentó un enfoque cuantitativo, debido a que se siguen etapas para realizar el diseño de un calentador solar.

4.1.2 Tipo de investigación

Aplicada: La presente tesis se basó en un tipo de investigación aplicada, según (Valderrama, 2013) menciona que, en la investigación aplicada se busca primero conocer para que se pueda hacer, actuar, construir y modificar una realidad concreta, donde se plantea soluciones concretas, reales, factibles y necesarias a los problemas identificados.

Bajo la premisa anteriormente mencionada, la presente tesis se basó en diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, provincia de Pasco.

4.1.3 Nivel de investigación

Descriptivo: La presente tesis se basó en un nivel de investigación descriptivo, según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) mencionan que:

“Únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”. (2014, p. 92)

Bajo la premisa anteriormente mencionada, la presente tesis alcanzó un nivel descriptivo, ya que no se relacionó variables y propuso un diseño de un calentador solar para el calentamiento de agua sanitaria.

4.1.4 Diseño de investigación

No experimental: La presente tesis se basó en un diseño no experimental, según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), mencionan que, en una investigación no experimental no se hace variar en forma deliberada la(s) variable(s) independiente(s) para ver su efecto sobre otras variables.

Transeccional: Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) mencionan que, una investigación transeccional o transversal recopilan datos en un momento único.

Bajo las premisas anteriormente mencionadas, la presente tesis fue de diseño no experimental transeccional ya que no se manipularon las variables y la recopilación de datos fue en un tiempo único.

4.2 Método de investigación

Se aplicó el método analítico-sintético; puesto que el análisis parte de la descomposición del objeto de estudio en sus partes para estudiarlas manera individual, y la síntesis, se encarga de integrar todas las partes de manera integral para estudiarlas. (Bernal, 2010)

4.3 Población y muestra

Como menciona (Hurtado, 2010) no se necesita muestrear cuando la población es conocida y se puede identificar cada uno de sus integrantes y como la población al ser conocida es posible ubicar y tener acceso a todos los integrantes.

Entonces para la presente tesis, se tuvo como población y muestra al calentador solar de tubos al vacío.

4.4 Lugar de estudio

El colegio Andrés Avelino Cáceres que imparte educación de nivel secundaria se ubica en la comunidad San Pedro de Raco, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco a una altitud de 4,300 msnm.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

4.5.1 Técnicas para la recolección de información

- Técnica documental

Según Espinoza, menciona que:

“La técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación. Está formada por documentos de diferente tipo: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de su funcionamiento”. (2010, p. 110)

- Técnica empírica

Según Espinoza, menciona que:

“La técnica empírica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad”. (2010, p. 110)

4.5.2 Instrumentos para la recolección de información

Se resumen los instrumentos en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

Técnica	Instrumentos
Técnica documental	<ul style="list-style-type: none"> • Normas peruanas (RNE y NTP) • Normas españolas (RITE y CTE) • Páginas web para obtener irradiación solar y temperatura ambiental del lugar. • Libros y manuales sobre Energía Solar Térmica
Técnica empírica	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de registro de datos de campo

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se han utilizado tablas de doble entrada, gráficos de barras e histogramas, además se usaron medidas estadísticas como las medidas de tendencia central dentro de la cual se tuvo a la media. Para el análisis de datos se utilizaron normativas españolas (RITE y CTE), normas peruanas (RNE y NTP), el documento técnico del autor Sixto Guevara Vásquez, memoria de cálculo en el programa Microsoft Excel y los softwares Autodesk Inventor y Ansys Fluent Meshing. Finalmente, se propuso el diseño final del sistema donde se procedió a generar los planos y la realización del presupuesto.

4.6.1 Desarrollo de trabajo de investigación

A) Levantamiento de información en el área de estudio

Se realizó la visita al área de estudio para el levantamiento de información que comprende la cantidad de usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, condiciones y cantidad de toma de puntos de agua, dimensiones del lugar y todo dato relevante preliminar para el estudio.

Figura 4.1 Instalaciones del colegio Andrés Avelino Cáceres



B) Obtención de información de las condiciones del lugar

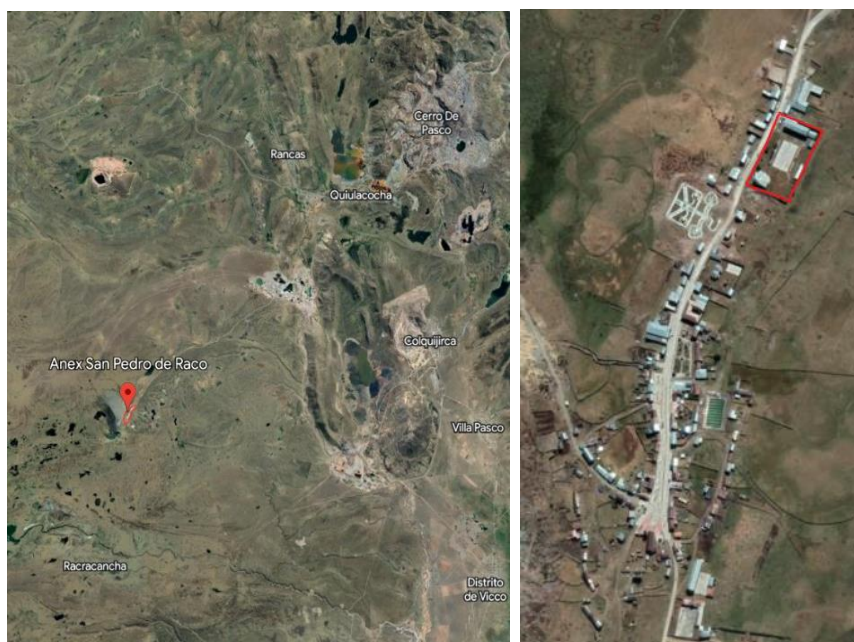
- Ubicación geográfica de la comunidad campesina San Pedro de Raco, provincia de Pasco

La provincia de Pasco es una de las tres que conforman el departamento homónimo en la sierra central del Perú. Limita por el norte con la provincia de Ambo (Huánuco); por el este con la provincia de Oxapampa; por el sur con las provincias de Junín y Yauli (Junín); por el oeste con las provincias de Oyón, Huaura y Huaral (Lima), y por el noroeste con la provincia de Daniel Alcides Carrión.

Tabla 4.2 Latitud y Longitud del colegio Andrés Avelino Cáceres

Ámbito de estudio	Colegio Andrés Avelino Cáceres	
Ubicación	Latitud	-10.778589°
	Longitud	-76.378363
	Altitud	4,326 m

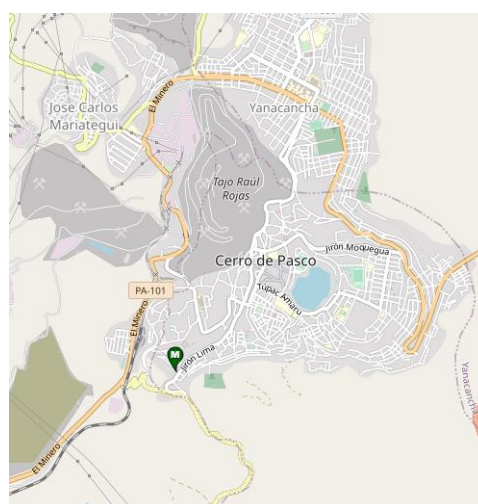
Figura 4.2 Ubicación del colegio Andrés Avelino Cáceres



Fuente: Google Earth

- Temperatura ambiente en la comunidad campesina San Pedro de Raco
Las temperaturas máximas y mínimas promedio por mes, se obtuvo promediando los datos diarios de cada mes del año 2022 registrados por SENAMHI. Esta estación meteorológica se encuentra ubicado en Cerro de Pasco.

Figura 4.3 Ubicación de la estación meteorológica en Cerro de Pasco



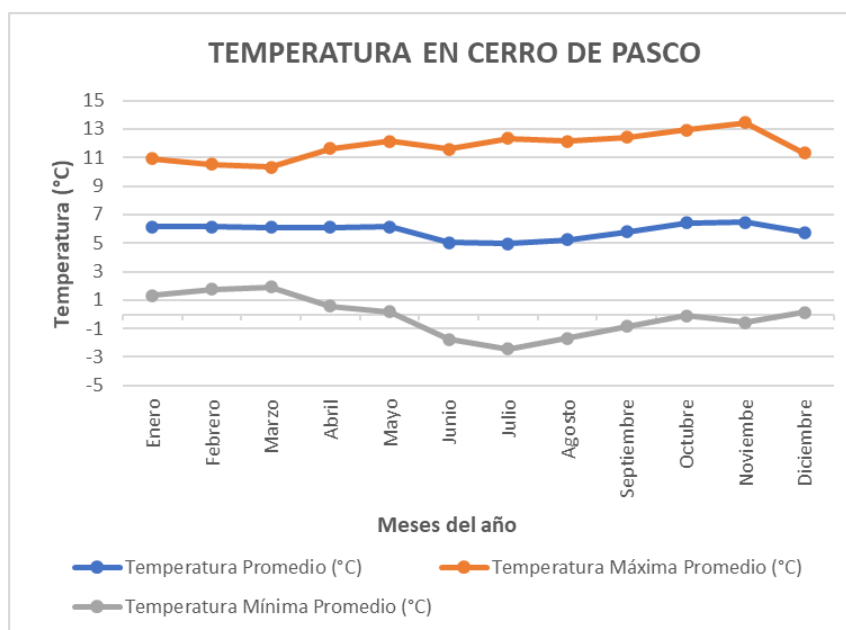
Fuente: SENAMHI

Tabla 4.3 Temperaturas máximas y mínimas promedio obtenida de la estación meteorológica en Cerro de Pasco

Mes	Temperatura Promedio (°C)	Temperatura Máxima Promedio (°C)	Temperatura Mínima Promedio (°C)	Estación
Enero	6.14	10.93	1.34	Invierno
Febrero	6.14	10.51	1.76	
Marzo	6.12	10.34	1.91	
Abril	6.11	11.64	0.58	Verano
Mayo	6.16	12.13	0.19	
Junio	5.02	11.59	-1.77	
Julio	4.97	12.36	-2.42	
Agosto	5.25	12.16	-1.66	
Septiembre	5.78	12.42	-0.86	Invierno
Octubre	6.41	12.94	-0.11	
Noviembre	6.44	13.45	-0.57	
Diciembre	5.73	11.32	0.15	

Fuente: Estación Meteorológica de Cerro de Pasco – SENAMHI

Gráfico 4.1 Temperatura en Cerro de Pasco



- Irradiación solar en la comunidad campesina San Pedro de Raco

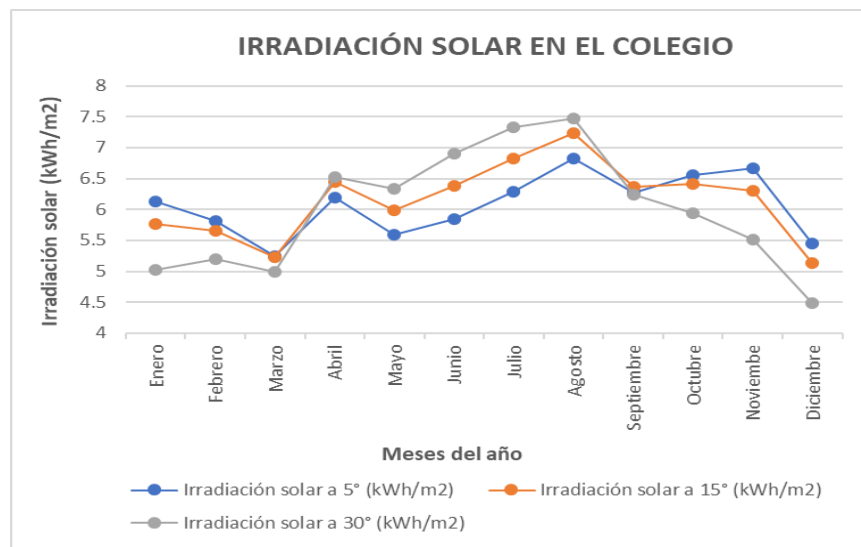
En la tabla 4.4 se muestra la irradiación solar diario promedio, se obtuvo dividiendo la irradiación mensual obtenido de la página web de la Comisión Europea entre el número de días del mes.

Tabla 4.4 Irradiación promedio diario del mes orientada al ecuador según las coordenadas (latitud: -10.778589 y longitud: -76.378363)

Mes	Irradiación a 5° (kWh/m2)	Irradiación a 15° (kWh/m2)	Irradiación a 30° (kWh/m2)
Enero	6.13	5.77	5.02
Febrero	5.82	5.65	5.20
Marzo	5.25	5.23	5.00
Abril	6.19	6.44	6.52
Mayo	5.59	5.99	6.33
Junio	5.84	6.39	6.91
Julio	6.28	6.83	7.33
Agosto	6.83	7.23	7.48
Septiembre	6.27	6.36	6.24
Octubre	6.56	6.42	5.94
Noviembre	6.67	6.31	5.51
Diciembre	5.45	5.13	4.48

Fuente: Adaptado de la página web de la Comisión Europea

Gráfico 4.2 Irradiación solar en el colegio Andrés Avelino Cáceres



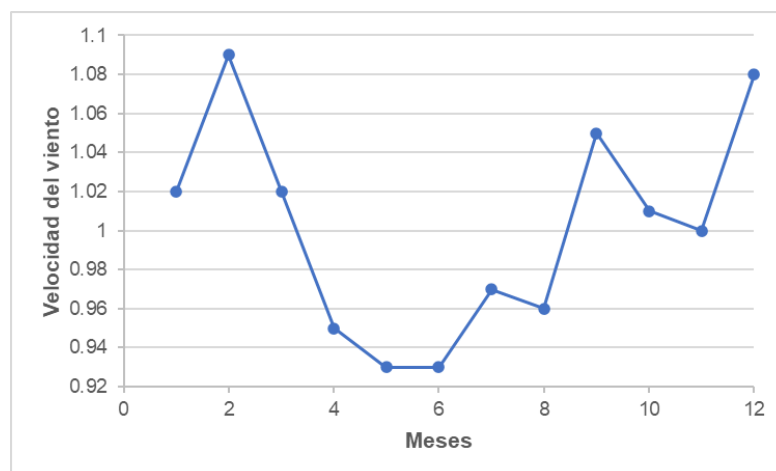
- Velocidad de viento en la comunidad campesina San Pedro de Raco
 El “Global Wind Atlas” presenta en la tabla 4.5 la velocidad promedio del viento v_v en la comunidad campesina San Pedro de Raco para las coordenadas de la ubicación del colegio Andrés Avelino Cáceres. (latitud: -10.778589° y longitud: -76.378363°)

Tabla 4.5 Velocidad media mensual del viento (m/s) en San Pedro de Raco

Mes	N° Días	v_v (m/s)
Enero	31	1.02
Febrero	28	1.09
Marzo	31	1.02
Abril	30	0.95
Mayo	31	0.93
Junio	30	0.93
Julio	31	0.97
Agosto	31	0.96
Setiembre	30	1.05
Octubre	31	1.01
Noviembre	30	1.00
Diciembre	31	1.08
Promedio		1.00

Fuente: Global Wind Atlas

Gráfico 4.3 Velocidad del viento por mes en San Pedro de Raco (m/s)



C) Elección del tipo de sistema de calentamiento de agua

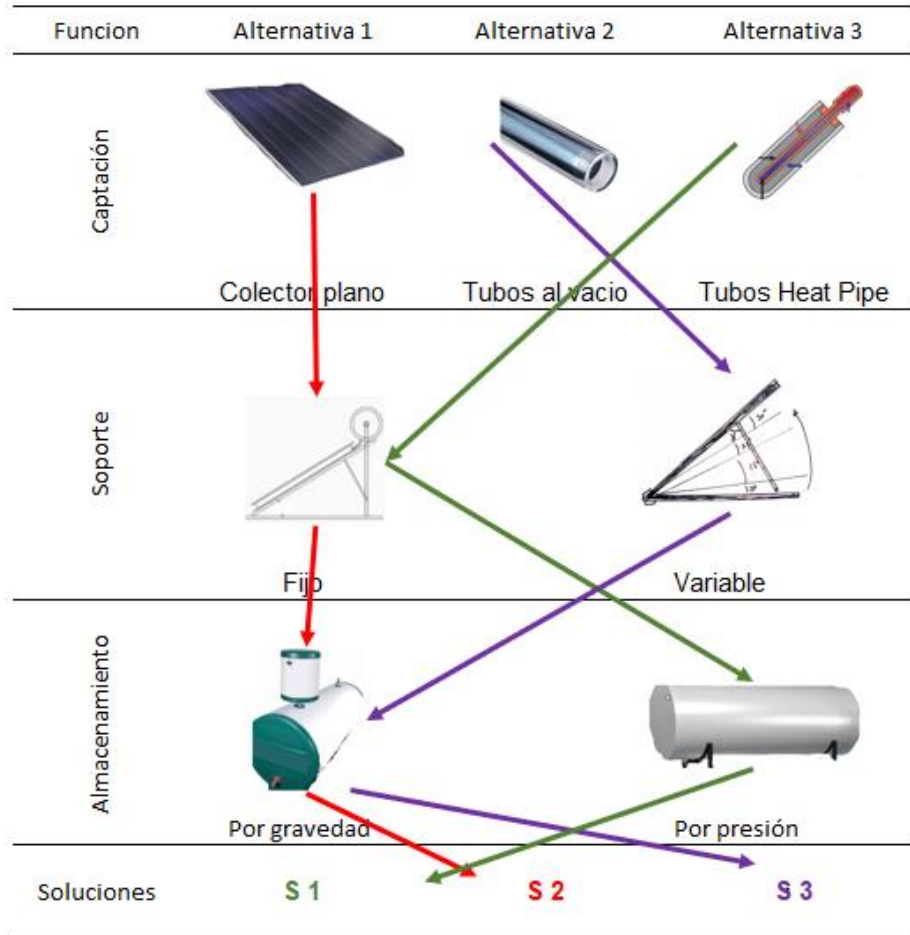
➤ Obtención de la lista de exigencias

Tabla 4.6 Lista de exigencias

Proyecto		Diseño de un calentador solar para el calentamiento de agua sanitaria para 28 usuarios		Elaborado por
Cliente		Colegio Andrés Avelino Cáceres		W.V.O y J.P.H
Característica	Deseo o exigencia	Descripción		Responsable
Función principal	E	Calentamiento de agua de agua sanitaria para el lavado de manos		W.V.O y J.P.H
Energía	E	Aprovechar la energía solar, dado que no se cuenta con una red eléctrica estable		W.V.O y J.P.H
Mantenimiento	E	Componentes que sean fáciles de cambiar, realizando un mantenimiento sencillo		W.V.O y J.P.H
Material	D	Que tenga buen tiempo de duración y que se adecue a las condiciones climáticas del lugar		W.V.O y J.P.H
Uso	E	De fácil manipulación al momento de accionarlo, dado que lo usaran los alumnos del nivel secundaria		W.V.O y J.P.H
Seguridad	E	Que sea diseñado bajo normas para la garantía del equipo		W.V.O y J.P.H
Costo	D	Que los componentes del sistema no sean muy costosos a la hora del mantenimiento		W.V.O y J.P.H

➤ Selección de alternativa de diseño
Obtención de matriz morfológica

Tabla 4.7 Matriz morfológica del calentador solar

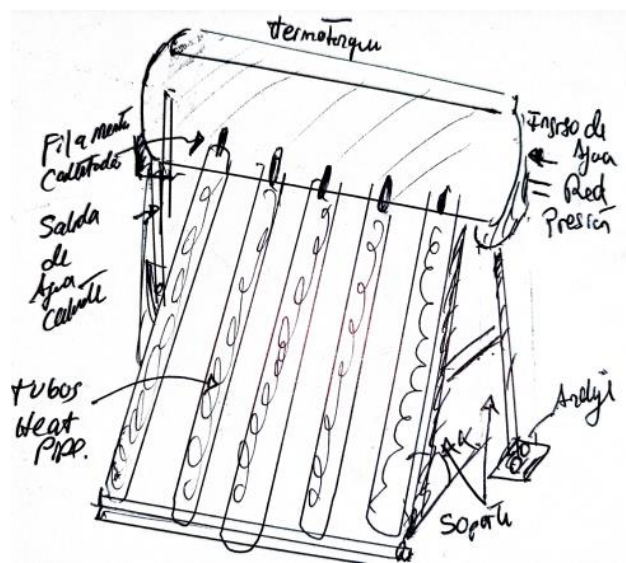


En la tabla 4.7, se puede visualizar las tres alternativas de diseño planteadas, el cual muestra diversas opciones de selección de acuerdo con la función particular de cada elemento. Para la S1, en un calentador de tubos heat pipe con soporte fijo que trabaja directamente con el ingreso de agua a presión de la red. El S2 es un calentador plano de soporte fijo que se alimenta por gravedad. Por último, para la S3 es un calentador solar de tubos al vacío de soporte variable adaptándose para las diferentes estaciones como verano e invierno.

a) Concepto de soporte del calentador S1

Este primer concepto de solución contempla un soporte fijo el cual tiene una captación de acuerdo con un ángulo de diseño que permita una mayor captación, el cual trabaja con ingreso de agua directo de la red, sistema a presión están sujetos por platinas que estarán soldados a la estructura, contando además con puntos de anclaje que generen estabilidad del sistema.

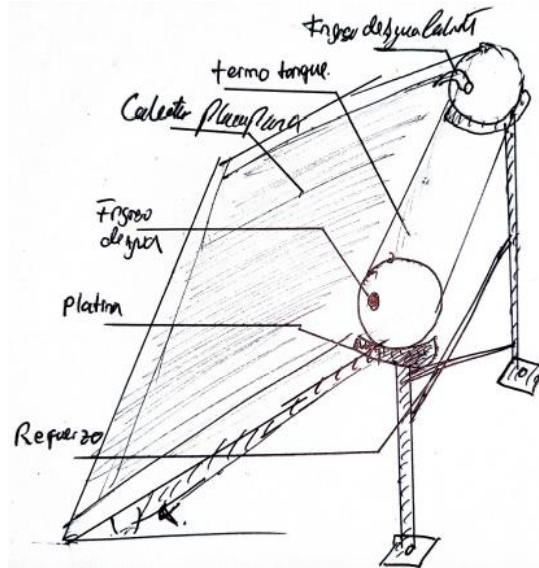
Figura 4.4 Concepto de solución S1



b) Concepto de soporte del calentador S2

Este segundo concepto de solución contempla un soporte rígido que no varía angularmente, el cual tiene una captación de acuerdo con un ángulo fijo. El área de captación es plana protegido por un vidrio que cubre los tubos interiores. Además de presentar unos refuerzos en la base termotanque y platinas roladas el cual descansan en los extremos.

Figura 4.5 Concepto de solución S2



c) Concepto de soporte del calentador S3

Este tercer concepto de solución contempla un soporte variable angularmente, el cual tiene variación para los ángulos de 5° , 15° y 30° donde el termotanque se encuentra entre el soporte y sostenido por abrazaderas en pernadas a la estructura dando una mayor seguridad y los tubos al vacío sobre el soporte, además se tiene puntos de anclaje que generen estabilidad del sistema y un fácil mantenimiento.

Figura 4.6 Concepto de solución S3

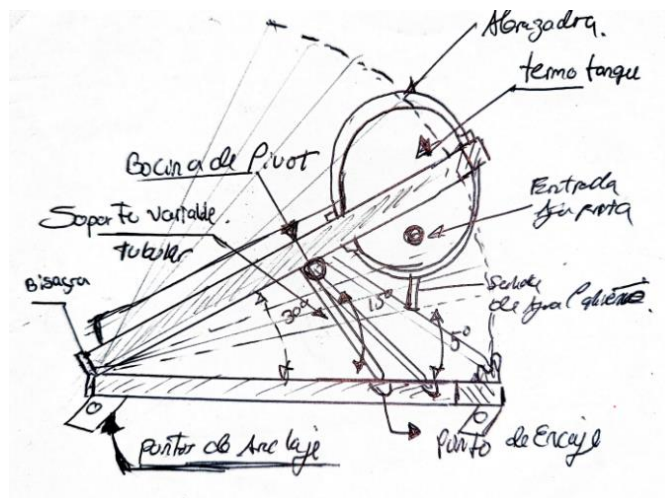


Tabla 4.8 Comparación entre los diferentes tipos de captador solar

Condiciones ambientales del lugar	Captador solar plano protegido	Tubos al vacío de flujo directo	Tubos al vacío de flujo indirecto
Granizo	Cuentan con un vidrio templado, y que lo hace resistente a impactos	En general resisten granizo de hasta 25 mm de diámetro aproximadamente.	En general resisten granizo de hasta 25 mm de diámetro aproximadamente
Bajas temperaturas	Tienen problema con bajas temperaturas. El agua tiende a congelarse a menos que se utilice un dispositivo de protección anti-congelamiento.	No tienen problemas de congelamiento a menos que los tubos pierdan la propiedad de vacío.	No tienen problemas de congelamiento a menos que los tubos pierdan la propiedad de vacío.
Cielo Nublado	Requieren de una incidencia directa, requiere un cielo despejado.	Trabajan muy bien en cielos nublados debido que captan la incidencia difusa y reflejada.	Trabajan muy bien en cielos nublados debido que captan la incidencia difusa y reflejada.
Vientos durante el día	Sus colectores cuentan con un sistema de aislamiento, exterior parcialmente (parte lateral e inferior), y el termotanque cuenta con un sistema de aislamiento, generalmente poliuretano.	Sus colectores cuentan con un sistema de aislamiento en vacío, y el termotanque cuenta con un sistema de aislamiento, generalmente poliuretano.	Sus colectores cuentan con un sistema de aislamiento en vacío, y el termotanque cuenta con un sistema de aislamiento, generalmente poliuretano.
Otros			
Mantenimiento de equipo	Sistema de mantenimiento complicado por ser un sistema de plano protegido.	Mantenimiento más rápido y simple debido que cada colector se puede retirar de modo directo.	Mantenimiento más rápido y simple debido que cada colector se puede retirar de modo directo.
Ingreso de agua al sistema térmico	Trabaja con un sistema de tanque elevado que alimenta al calentador solar.	Trabaja con un sistema de tanque elevado que alimenta al calentador solar.	Trabaja directo desde la red de agua – o con un tanque elevado.
Costo de mantenimiento del sistema de captación	Costo elevado debido que debe cambiar todo el sistema de colectores -panel.	Costo bajo dado que solo se cambian por unidad cada colector.	Cada colector heat pipe tiene un costo más elevado debido al filamento que contiene.

Para la valoración económica y técnica se tomó en consideración la tabla 4.8 el cual brinda una mayor precisión para adjudicar un puntaje.

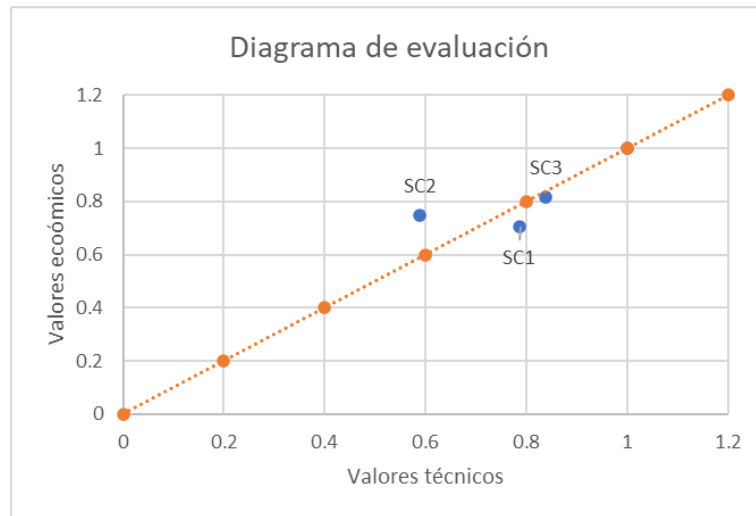
Tabla 4.9 Evaluación técnica

Proyecto: Diseño de un calentador solar para el calentamiento de agua sanitaria en el colegio Andrés Avelino Cáceres										
p= Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)										
g = Es el peso de ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación										
Criterios de evaluación para el diseño en fase de concepto o proyectos										
Variantes de concepto / Proyectos		Solución 1 SC 1			Solución 2 SC 2		Solución 3 SC 3		Solución ideal	
Nº		g	p	p*g	p	p*g	p	p*g	p	p*g
1	Captación	3	3	9	3	9	4	12	4	12
2	Instalación	2	3	6	2	4	3	6	4	8
3	Seguridad	3	3	9	3	9	3	9	4	12
5	Estabilidad	2	3	6	3	6	3	6	4	8
6	Tamaño	1	2	2	2	2	2	2	4	4
7	Factores climatológicos	3	4	12	1	3	4	12	4	12
Puntaje máximo			18	44	14	33	19	47	20	56
Valor técnico			0.786		0.589		0.839		1	

Tabla 4.10 Evaluación Económica

Proyecto: Diseño de un calentador solar para el calentamiento de agua sanitaria en el colegio Andrés Avelino Cáceres										
p= Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)										
g = Es el peso de ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación										
Criterios de evaluación para el diseño en fase de concepto o proyectos										
Variantes de concepto / Proyectos		Solución 1 SC 1			Solución 2 SC 2		Solución 3 SC 3		Solución ideal	
Nr		g	p	p*g	p	p*g	p	p*g	p	p*g
1	Materiales	3	2	6	3	9	4	12	4	12
2	Repuestos	2	2	4	3	6	3	6	4	8
3	Fabricación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
4	Mantenimiento	3	4	12	3	9	3	9	4	12
Puntaje máximo			11	31	12	33	13	36	16	44
Valores económicos			0.705		0.75		0.818		1	

Gráfico 4.4 Diagrama de evaluación



De acuerdo con el diagrama de evaluación técnica – económica, la solución más óptima es la solución S3. Por lo tanto, se realizó el diseño con esta alternativa.

D) Cálculos térmicos para el diseño del calentador solar

➤ Demanda de agua caliente sanitaria (ACS)

La demanda de agua caliente es importante para el dimensionamiento de una instalación solar de agua caliente sanitaria; sin embargo, esto depende de los hábitos de los usuarios.

Para este caso se diseñó un sistema puntual debido a que el uso del agua caliente se realiza solo durante el horario académico de 7:40 am a 1:40 pm. La demanda diaria de agua caliente se estimó como se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Demanda de agua caliente diario por usuario

Tipo	Usuario	Requerimiento por vez (L)	Veces al día	Total (L)
Alumno	1	1.12	5	5.6
Alumno	2	1.02	5	5.1
Alumno	3	0.92	5	4.6
Alumno	4	1.02	5	5.1
Alumno	5	0.81	5	4.05
Alumno	6	1.02	5	5.1
Alumno	7	0.84	5	4.2
Alumno	8	0.96	5	4.8
Alumno	9	1.06	5	5.3
Alumno	10	1.10	5	5.5
Alumno	11	1.09	5	5.45
Alumno	12	1.11	5	5.55
Alumno	13	0.92	5	4.6
Alumno	14	0.86	5	4.3
Alumno	15	0.98	5	4.9
Alumno	16	1.05	5	5.25
Alumno	17	0.96	5	4.8
Alumno	18	0.86	5	4.3
Alumno	19	1.20	5	6
Docente	20	1.22	5	6.1
Docente	21	0.92	5	4.6
Docente	22	0.98	5	4.9
Docente	23	1.12	5	5.6
Docente	24	0.90	5	4.5
Docente	25	1.05	5	5.25
Docente	26	1.12	5	5.6
Administrativo	27	0.88	5	4.4
Administrativo	28	0.96	5	4.8
Total				140.25

Según la tabla 4.11, la institución educativa requiere de 140.25 litros diarios para cubrir un lavatorio, que será utilizado en horas de recreo y en cualquier necesidad de lavado de cada usuario durante el horario académico de la institución educativa.

➤ Demanda energética

Se tuvo en cuenta la demanda de agua caliente, y condiciones ambientales de la locación seleccionada para el diseño se tiene:

$$M = 140.25 \text{ kg/día}$$

$$C_p = 4.18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Reemplazamos los datos en la ecuación (3):

$$Q_{\text{útil}} = MC_p(T_f - T_i)$$
$$Q_{\text{útil}} = 140.25 \text{ kg} \times 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} (40 \text{ } ^\circ\text{C} - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$$
$$Q_{\text{útil}} = 21,104.82 \text{ KJ}$$

➤ Aislamiento del termotanque

Para el espesor del aislamiento del termotanque, se seleccionó como material aislante a la espuma de poliuretano que posee una conductividad térmica (λ) baja de $0.026 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Se consideró un diámetro interno del termotanque de 470 mm , entonces de la tabla (1), para un $D > 140 \text{ mm}$ se obtiene un espesor de referencia (d_{ref}) de 45 mm y reemplazando los siguientes datos en la ecuación (10):

$$\lambda_{\text{ref}}: 0.04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda: 0.026 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$d_{\text{ref}}: 45 \text{ mm}$$

$$D: 470.8 \text{ mm}$$

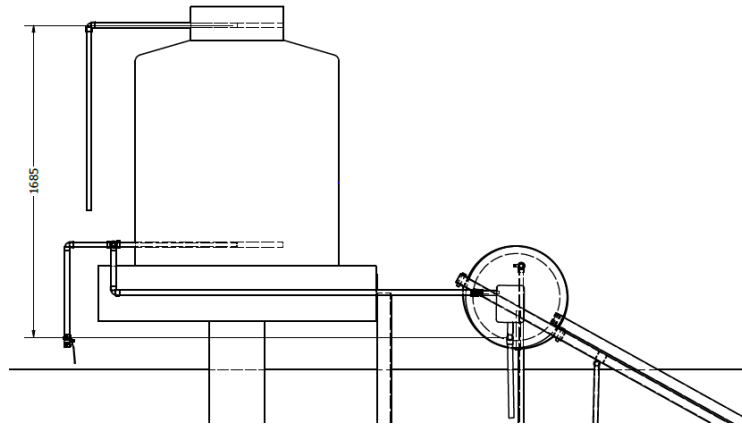
$$d = \frac{470.8}{2} \left[e^{\left(\frac{0.026}{0.04} \times \ln \frac{470.8 + 2 \times 45}{470.8} \right)} - 1 \right]$$
$$d = 28.35 \text{ mm}$$

De acuerdo con el cálculo, el espesor mínimo de aislamiento fue de 28.35 mm por lo que se seleccionó un espesor comercial dentro del mercado de $1 \frac{1}{2}''$ (38.1 mm).

➤ Cálculo de espesor de plancha del termotanque

Considerando la posición de 30° se tomó como primer punto, la posición inferior del tanque y como segundo punto la altura de la columna de agua que existe del tanque elevado, en la figura 4.7 se muestra la altura que existe entre dos puntos.

Figura 4.7 Posición del tanque elevado y calentador solar



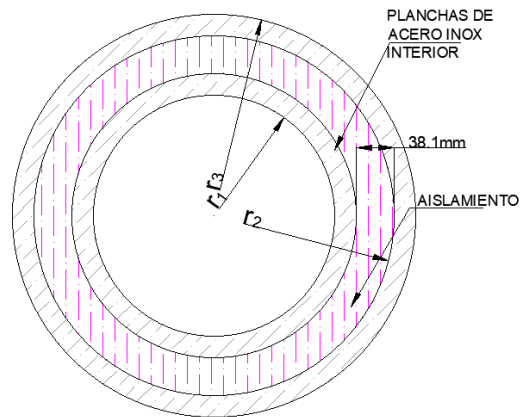
La presión por columna de agua es

$$P_h = \rho * h * g$$

$$P_h = 1000\text{kg/m}^3 * 1.685 * 9.81\text{m/s}^2 \rightarrow P_h 16.5\text{kpa}$$

Para el cálculo de espesor de la plancha de acero inoxidable se usó las fórmulas de recipientes de pared delgada. Como dato se tomó el esfuerzo de fluencia del acero inoxidable 304 el cual es 240 Mpa, en la figura 4.8 se muestra la sección de corte del termotanque.

Figura 4.8 Sección transversal del termotanque



En cuanto a las superficies interior y exterior, se propuso utilizar acero inoxidable de 0.4 mm de espesor por ser la presentación más económica en el mercado y la más utilizada por los fabricantes de calentadores solares de tubos al vacío, por lo que se analizó con dicho espesor.

Se aplicó la ecuación (26):

$$\frac{r}{t} = \frac{235\text{mm}}{0.4\text{mm}} = 587.5$$

Como resultado fue un valor mayor a 10, entonces se tomó al termotanque como un recipiente de pared delgada.

Para determinar los esfuerzos transversal y longitudinal, se aplicaron las ecuaciones (27) y (28):

Donde:

$$P_h = 16.5 \text{ KPa}$$

$$r = 235 \text{ mm}$$

$$t = 0.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{circunferencial o transversal}} = \frac{16.5 \text{ kpa} \times 235\text{mm}}{0.4 \text{ mm}} = 4.85 \text{ M N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Longitudinal}} = \frac{16.5 \text{ kpa} \times 235\text{mm}}{2 * 0.4 \text{ mm}} = 2.43 \text{ M N/m}^2$$

Luego se aplicó la teoría de Von Mises haciendo uso de la ecuación (29), se tiene:

$$\sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} < \sigma_y$$

Reemplazando valores:

$$\sqrt{\frac{(4.85 - 2.43)^2 + (2.43 - 0)^2 + (4.85 - 0)^2}{2}} < \sigma_y$$

$$4.2 \times 10^6 \text{ N/m}^2 < 240 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Por lo tanto se demostró que por el criterio de falla, el material y el espesor propuesto resiste la presión del agua.

➤ Pérdidas de calor en el termotanque

Para facilitar el cálculo, se realizó lo siguiente: $Q_{ta} = Q_1 + Q_2$, donde la suma de Q_1 y Q_2 representan la suma del calor que se pierde por la superficie cilíndrica (Q_1) y por las tapas de los extremos (Q_2) del termotanque de almacenamiento (Q_{ta}).

Para ello, se hizo uso de la ecuación 16 (pérdida de calor por las tapas laterales) y de acuerdo con la Figura 27, se tuvo lo siguiente:

$$Q_1 = \left(\frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{\frac{e_1}{k_1 A} + \frac{e_2}{k_2 A} + \frac{e_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_v A}} \right) \times 2$$

Donde:

$$T_{\alpha 1} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\alpha 2} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e_1 = 0.4 \text{ mm} = 0.0004 \text{ m}$$

$$e_2 = 38.1 \text{ mm} = 0.0381 \text{ m}$$

$$e_3 = 0.4 \text{ mm} = 0.0004 \text{ m}$$

$$A = \pi(0.235)^2 = 0.1735 \text{ m}^2$$

De la tabla A-5 y A-6 (Cengel y Ghajar, 2011), se obtienen la conductividad térmica del acero inoxidable y del material aislante espuma de poliuretano.

$$k_1 = 15.6 \text{ W/mK (acero inoxidable)}$$

$$k_2 = 0.026 \text{ W/mK (espuma de poliuretano)}$$

$$k_3 = 15.6 \text{ W/mK (acero inoxidable)}$$

Reemplazando, se tuvo:

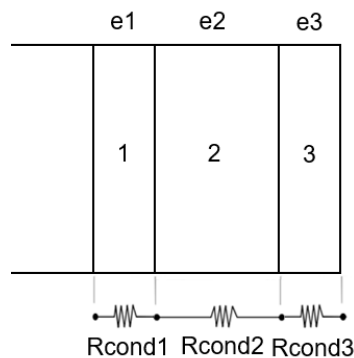
$$Q_1 = \left(\frac{40 - 6}{\frac{0.0004}{15.6 * 0.1735} + \frac{0.0381}{0.026 * 0.1735} + \frac{0.0004}{15.6 * 0.1735} + \frac{1}{9.5 * 0.1735}} \right) \times 2$$

$$Q_1 = 7.511 \text{ W}$$

Para un tiempo de 12 horas, entonces:

$$Q_1 = 324.475 \text{ kJ}$$

Figura 4.9 Redes de resistencias térmicas en las tapas laterales



Para ello, se hizo uso de la ecuación 21 (pérdida de calor por la superficie cilíndrica) y de acuerdo con la figura 4.9, se tuvo lo siguiente:

$$Q_2 = \left(\frac{T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi L k_2} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2\pi L k_3} + \frac{1}{(2\pi r_4 L) h_v}} \right)$$

Donde:

$$T_{\alpha 1} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\alpha 2} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L = 1.16 \text{ m (valor asumido)}$$

$$r_1 = 0.235 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.2354 \text{ m}$$

$$r_3 = 0.2735 \text{ m}$$

$$r_4 = 0.2739 \text{ m}$$

Para el cálculo del h_v , se hizo uso de la ecuación (23) y de la tabla (7) donde la velocidad media del viento (v_v) es de 1 m/s, reemplazando se tuvo:

$$h_v = 5.7 + 3.8 \times (1) = 9.5 \text{ m/s}$$

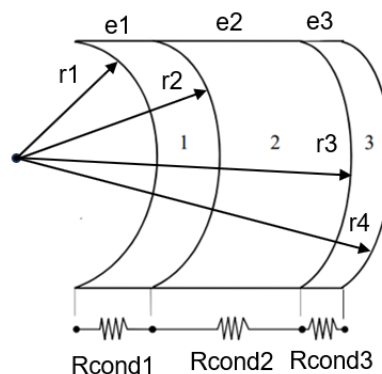
Reemplazando, se tuvo:

$$Q_2 = 40.268 \text{ W}$$

Para un tiempo de 12 horas, entonces:

$$Q_2 = 1,739.578 \text{ kJ}$$

Figura 4.10 Redes de resistencias térmicas en la superficie cilíndrica



Por lo tanto:

$$Q_{ta} = Q_1 + Q_2 = 324.475 \text{ kJ} + 1,739.578 \text{ kJ}$$

$$Q_{ta} = 2,064.053 \text{ kJ}$$

➤ Factor de corrección de tubos al vacío

Para determinar el factor (α_s), se tienen los siguientes datos:

τ : 0.74 Transmisividad de los tubos de vidrio de borosilicato.

α : 0.99 Absortividad de los tubos recubiertos de nitrato de aluminio.

ρ_d : 0.16 Reflectancia difusa de los tubos al vacío.

Reemplazando en la ecuación (4):

$$\alpha_s = \frac{0.74 \times 0.99}{1 - (1 - 0.99) \times 0.16}$$
$$\alpha_s = 0.734$$

Así mismo, las características técnicas de los tubos al vacío termo sifónicos son estándares y se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4.12 Características de los tubos al vacío

Características	Medida
Diámetro exterior (de)	58 mm
Diámetro interior (di)	47 mm
Espesor (e)	1.6 mm
Longitud total (Lt)	1.8 m
Longitud útil (Lu)	1.75 m (0.05 m se insertan en el termotanque)

Para el cálculo del área de incidencia de cada tubo al vacío, se reemplazó en la ecuación (6):

$$A_t = \frac{0.058 \times \pi \times 1.75 \text{ m}}{2}$$
$$A_t = 0.16 \text{ m}^2$$

➤ Balance de energía en el calentador solar

A continuación, realizaremos el balance de energía en tres escenarios como se muestra en las tablas 4.13 y 4.14 para la determinación de la cantidad de tubos al vacío.

Tabla 4.13 Irradiación solar promedio diario por mes para el primer y segundo escenario

Mes	Estación	Primer escenario		Segundo escenario	
		Ángulo (°)	Irradiación solar (kWh/m ²)	Ángulo (°)	Irradiación solar (kWh/m ²)
Enero	Invierno	5	6.13	15	5.77
Febrero	Invierno	5	5.82	15	5.65
Marzo	Invierno	5	5.25	15	5.23
Abril	Verano	5	6.19	15	6.44
Mayo	Verano	5	5.59	15	5.99
Junio	Verano	5	5.84	15	6.39
Julio	Verano	5	6.28	15	6.83
Agosto	Verano	5	6.83	15	7.23
Septiembre	Verano	5	6.27	15	6.36
Octubre	Invierno	5	6.56	15	6.42
Noviembre	Invierno	5	6.67	15	6.31
Diciembre	Invierno	5	5.45	15	5.13
Promedio			6.07		6.15

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

Tabla 4.14 Irradiación solar promedio diario por mes para el tercer escenario

Mes	Estación	Tercer escenario	
		Ángulo (°)	Irradiación solar (kWh/m ²)
Enero	Invierno	30	5.02
Febrero	Invierno	30	5.20
Marzo	Invierno	30	5.00
Abril	Verano	30	6.52
Mayo	Verano	30	6.33
Junio	Verano	30	6.91
Julio	Verano	30	7.33
Agosto	Verano	30	7.48
Septiembre	Verano	30	6.24
Octubre	Invierno	30	5.94
Noviembre	Invierno	30	5.51
Diciembre	Invierno	30	4.48
Promedio			6.00

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

- Para el valor de irradiación solar promedio del primer escenario:

Para determinar la pérdida por inclinación y orientación, se tuvo lo siguiente:

$$\beta = 5^\circ$$

$$\varnothing = 10.78^\circ$$

Reemplazando los datos en la ecuación (25), se tuvo:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (\beta - \varnothing + 10)^2]$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (5 - 10.78 + 10)^2]$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 0.214$$

Una vez calculado las pérdidas en el termotanque y por inclinación y orientación, el factor de corrección de tubos al vacío y el área aprovechable por cada tubo, se calcula el área de captación de la irradiación solar la cual está dada por la ecuación (2):

$$Q_{\text{útil}}: 21,104.82 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{ta}}: 2,064.053 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{io}}: 0.214\% \times (H_p A_{\text{cap}})$$

$$H_p: 6.07 \text{ kWh/m}^2$$

$$\alpha_s: 0.734$$

Reemplazando, se tuvo:

$$H_p A_{\text{cap}} (\alpha_s) = Q_{\text{útil}} + Q_{\text{ta}} + Q_{\text{io}}$$

$$6.07 \times A_{\text{cap}} (0.734) = 21,104.82 + 2,064.053 + 0.00214 \times 6.07 \times A_{\text{cap}}$$

Considerar: 1kWh = 3,600 kJ

$$A_{\text{cap}} = 1.45 \text{ m}^2$$

Para determinar el número de tubos al vacío, empleamos la ecuación (5) y reemplazando los datos, se tuvo:

$$N_t = \frac{1.45 \text{ m}^2 \times 1.00}{0.16 \text{ m}^2}$$

$$N_t = 9.06 \text{ tubos} \cong 9 \text{ tubos}$$

- Para el valor de irradiación solar promedio del segundo escenario:

Para determinar la pérdida por inclinación y orientación, se tuvo lo siguiente:

$$\beta = 15^\circ$$

$$\varnothing = 10.78^\circ$$

Reemplazando los datos en la ecuación (25), se tuvo:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas (\%)} &= 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (\beta - \varnothing + 10)^2] \\ \text{Pérdidas (\%)} &= 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (15 - 10.78 + 10)^2] \\ \text{Pérdidas (\%)} &= 2.427 \end{aligned}$$

Una vez calculado las pérdidas en el termotanque y por inclinación y orientación, el factor de corrección de tubos al vacío y el área aprovechable por cada tubo, se calcula el área de captación de la irradiación solar la cual está dada por la ecuación (2):

$$Q_{\text{útil}}: 21,104.82 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{ta}}: 2,064.053 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{io}}: 2.427\% \cdot (H_p A_{\text{cap}})$$

$$H_p: 6.15 \text{ kWh/m}^2$$

$$\alpha_s: 0.734$$

Reemplazando, se tuvo:

$$\begin{aligned} H_p A_{\text{cap}} (\alpha_s) &= Q_{\text{útil}} + Q_{\text{ta}} + Q_{\text{io}} \\ 6.15 \times A_{\text{cap}} (0.734) &= 21,104.82 + 2,064.053 + 0.02427 \times 6.15 \times A_{\text{cap}} \end{aligned}$$

Considerar: 1kWh = 3,600 kJ

$$A_{\text{cap}} = 1.47 \text{ m}^2$$

Para determinar el número de tubos al vacío, empleamos la ecuación (5) y reemplazando los datos, se tuvo:

$$N_t = \frac{1.47 \text{ m}^2 \times 1.00}{0.16 \text{ m}^2}$$

$$N_t = 9.19 \text{ tubos} \cong 10 \text{ tubos}$$

- Para el valor de irradiación solar promedio del tercer escenario:

Para determinar la pérdida por inclinación y orientación, se tuvo lo siguiente:

$$\beta = 30^\circ$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\varnothing = 10.78^\circ$$

Reemplazando los datos en la ecuación (24), se tiene:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (\beta - \varnothing + 10)^2 + 3.5 \times 10^{-5} \alpha^2]$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1.2 \times 10^{-4} (30 - 10.78 + 10)^2 + 3.5 \times 10^{-5} (20)^2]$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 11.646$$

Una vez calculado las pérdidas en el termotanque y por inclinación y orientación, el factor de corrección de tubos al vacío y el área aprovechable por cada tubo, se calcula el área de captación de la irradiación solar la cual está dada por la ecuación (2):

$$Q_{\text{útil}}: 21,104.82 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{ta}}: 2,064.053 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{io}}: 11.646\% \cdot (H_p A_{\text{cap}})$$

$$H_p: 6.00 \text{ kWh/m}^2$$

$$\alpha_s: 0.734$$

Reemplazando, se tuvo:

$$H_p A_{\text{cap}} (\alpha_s) = Q_{\text{útil}} + Q_{\text{ta}} + Q_{\text{io}}$$

$$6.00 \times A_{\text{cap}} (0.734) = 21,104.82 + 2,064.053 + 0.11646 \times 6.00 \times A_{\text{cap}}$$

Considerar: 1kWh = 3,600 kJ

$$A_{\text{cap}} = 1.74 \text{ m}^2$$

Para determinar el número de tubos al vacío, empleamos la ecuación (5) y reemplazando los datos, se tuvo:

$$N_t = \frac{1.74 \text{ m}^2 \times 1.00}{0.16 \text{ m}^2}$$

$$N_t = 10.875 \text{ tubos} \cong 11 \text{ tubos}$$

Comparando los tres diseños, se tuvo en cuenta para el diseño la condición de utilizar la irradiación solar menor de los tres escenarios (H_p : 6.00 kWh/m²), por lo cual se utilizó en el diseño 11 tubos al vacío.

➤ Dimensionamiento del termotanque

Se diseñó considerando el sistema puntual de calentamiento de agua, el incremento de temperatura es de 30°C por ser considerarse sistema puntual.

Entonces la temperatura equivalente a la que se almacenará el agua es:

$$T_{\text{eq}} = T_i + 30 \text{ °C} = 4 \text{ °C} + 30 \text{ °C}$$

$$T_{\text{eq}} = 34 \text{ °C}$$

Recalculando la demanda energética que podrá cubrir el calentador solar diseñada con 11 tubos; primero se empleó la ecuación (5) y luego la ecuación (2).

Donde:

$$N_t: 11$$

$$A_t: 0.16 \text{ m}^2$$

$$H_p: 6.00 \text{ kWh/m}^2$$

$$\alpha_s: 0.734$$

Reemplazando los datos en la ecuación (5), se tuvo:

$$A_{cap} = \frac{N_t \times A_t}{F_s}$$

$$A_{cap} = \frac{11 \times 0.16}{1.00}$$

$$A_{cap} = 1.76 \text{ m}^2$$

Reemplazando en la ecuación (2), se tuvo:

$$Q_{\text{útil}} = H_p A_{cap} (\alpha_s) - Q_{ta} - Q_{io}$$

$$Q_{\text{útil}} = 6.00 \times 1.76 \times (0.734) - 2,064.053 - 0.11646 \times 6.00 \times 1.76$$

Considerar: 1kWh = 3,600 kJ

$$Q_{\text{útil}} = 21,412.348 \text{ kJ}$$

Despejando la masa en la ecuación (1) y reemplazando los datos, se tuvo:

$$M = \frac{Q_{\text{útil}}}{C_p (T_{eq} - T_i)}$$

$$M = \frac{21,412.348 \text{ kJ}}{4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} (34 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C})}$$

$$M = 170.75 \text{ kg}$$

Por lo que el volumen del depósito de almacenamiento, por consideraciones de diseño, el factor de seguridad es de 15% más, en la ecuación (7) reemplazando la masa que se halló anteriormente, se tiene:

$$V_{dep} = 1.15M$$

$$V_{dep} = 1.15 \times 170.75 \text{ kg}$$

$$V_{\text{dep}} = 196.36 \text{ kg}$$

Entonces:

$$V_{\text{dep}} = 196.36 \text{ L} \cong 0.200 \text{ m}^3$$

Considerando el diámetro del tanque cilíndrico de 0.47 m, despejando "L" y reemplazando los datos en la ecuación (8), se tiene:

$$0.2 \text{ m}^3 = \frac{\pi \times (0.47 \text{ m})^2}{4} \times L$$

$$L = 1.16 \text{ m}$$

La longitud del termotanque hallado con el volumen coincide con la longitud asumida para el cálculo de pérdidas por la superficie cilíndrica, por lo que ya no fue necesario realizar iteraciones.

Por lo tanto, las dimensiones interiores del termotanque serán:

$$D = 0.47 \text{ m} = 470 \text{ mm}$$

$$L = 1.16 \text{ m} = 1,160 \text{ mm}$$

Además, se tiene que el valor de A es igual a 1.76 m² y el valor de V es igual a 200 L, reemplazando en la ecuación (9):

$$\frac{V}{A} = \frac{200}{1.76} = 113.64$$

Por lo que se cumple con la relación de la ecuación (9).

E) Diseño del soporte del calentador solar con inclinación variable

Para el diseño del soporte del calentador solar se tendrá en cuenta a los ángulos que maximicen la irradiación seleccionados de las tablas 4.15, 4.16 y 4.17.

Tabla 4.15 Irradiación solar mensual (kWh/m²) a diferentes ángulos de inclinación de enero a mayo

Ángulo (°)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
5	190.09	163.01	162.64	185.75	173.19
10	184.92	161.01	162.72	189.96	179.97
15	178.79	158.23	162.00	193.08	185.71
20	171.76	154.7	160.48	195.06	190.36
25	164.1	150.46	158.16	195.88	193.88
30	155.53	145.49	155.04	195.53	196.22
35	146.17	139.79	151.15	193.98	197.35
40	136.11	133.38	146.48	191.24	197.25
45	125.4	126.31	141.08	187.33	195.92
50	114.15	118.64	134.96	182.26	193.35
55	102.67	110.41	128.16	176.06	189.55
60	90.72	101.64	120.74	168.77	184.55
65	78.5	92.47	112.74	160.44	178.38
70	66.34	82.84	104.21	151.12	171.07
75	54.16	72.74	95.21	140.89	162.68
80	41.24	62.16	85.76	129.82	153.27
85	35.41	49.54	75.96	117.98	142.9
Promedio	119.77	118.99	132.79	173.83	181.51

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

Tabla 4.16 Irradiación solar mensual (kWh/m²) a diferentes ángulos de inclinación de junio a septiembre

Ángulo (°)	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
5	175.1	194.64	211.7	188.12
10	183.88	203.84	218.54	190.06
15	191.55	211.77	224.04	190.94
20	198.03	218.36	228.14	190.74
25	203.26	223.56	230.8	189.44
30	207.2	227.31	231.99	187.05
35	209.81	229.58	231.68	183.57
40	211.05	230.33	229.87	179.01
45	210.91	229.56	226.57	173.39
50	209.37	227.27	221.79	166.74
55	206.45	223.46	215.55	159.11
60	202.16	218.15	207.9	150.53
65	196.53	211.38	198.88	141.08
70	189.58	203.20	188.57	130.81
75	181.38	193.66	177.03	119.80
80	171.98	182.84	164.35	108.12
85	161.44	170.81	150.63	95.85
Promedio	194.69	211.75	209.30	161.43

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

Tabla 4.17 Irradiación solar mensual (kWh/m²) a diferentes ángulos de inclinación de octubre a diciembre

Ángulo (°)	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
5	203.37	199.98	168.91	184.71
10	201.73	195.11	164.4	186.35
15	198.97	189.17	159.09	186.95
20	195.1	182.19	153.01	186.49
25	190.15	174.22	146.21	185.01
30	184.12	165.3	138.89	182.47
35	177.06	155.57	130.94	178.89
40	168.99	145.09	122.37	174.26
45	159.98	133.95	113.24	168.64
50	150.08	122.14	103.62	162.03
55	139.38	109.7	93.62	154.51
60	127.93	96.85	83.75	146.14
65	115.81	83.9	73.43	136.96
70	103.07	70.58	63.01	127.03
75	89.74	57.42	52.35	116.42
80	75.97	43.26	41.48	105.02
85	61.46	32.49	38.54	94.42
Promedio	149.58	126.88	108.64	157.43

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

De acuerdo con las tablas 4.15, 4.16 y 4.17, se observó que el ángulo óptimo es de 15° porque la irradiación solar promedio anual es mayor.

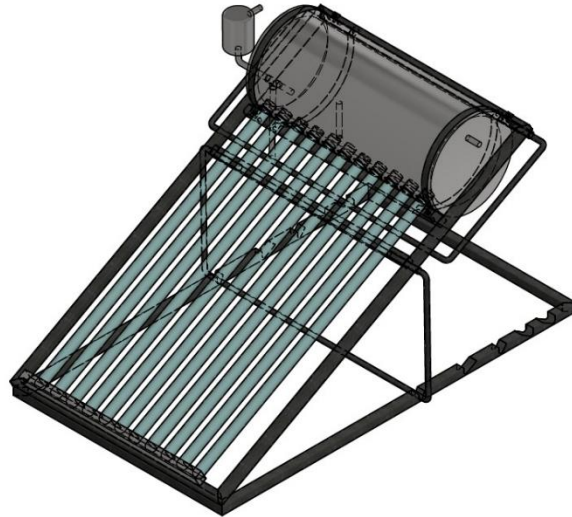
Para el diseño del soporte se utilizó el método ASD, cual se trabaja para los elementos en la zona elástica y le daremos relevancia al factor de seguridad. Para análisis de carga del soporte se tuvo en consideración la norma E.020 del RNE donde menciona que la carga de nieve o viento (cargas vivas) que debe considerarse para el diseño. También que no es necesario en que el efecto de las cargas mencionadas sea analizado de forma simultaneo (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020).

Por otro lado se trabajó con norma peruana la (NTP 399.482, 2017) que indica recomendaciones de instalación para sistema de calentamiento de agua con energía solar como tener la posición de instalación identificando los obstáculos del lugar, para que no se genere sombras o interfiera con el desempeño, ventanas u otros componentes. El colector puede mantener una orientación fija como puede ser variable para cada estación y las bases del calentador deben fijarse a elementos estructurales. Además, que las

estructuras deben elegirse correctamente con la finalidad de que soporte las cargas actuantes.

En la figura 4.11, se visualiza el modelo que se propuso y el cual tuvo una mayor relevancia al realizar una evaluación técnica y económica.

Figura 4.11 Calentador solar con soporte de inclinación variable



Una vez se identificó la configuración de la posición del termotanque y tubos, se procedió a identificar todas las cargas intervinientes, tanto carga viva como muerta que sirvió para ingresar al programa inventor para el análisis computacional.

- Cálculo del peso de volumen de agua W_1

Como volumen del tanque de agua dentro del termotanque es de 200 litros.

$$W_1 = \rho * v * g \rightarrow W_h = 1000 \text{ kg / m}^3 * 0.2 \text{ m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_1 = 1962\text{N}$$

- Peso por aislamiento W_2

Material = Espuma de poliuretano con un espesor de 38.1 mm con una densidad de 11 kg / m³.

$$V_{\text{aislamiento}} = \pi r_{273.5\text{mm}}^2 * L_{1198.5\text{mm}} - \pi r_{235\text{mm}}^2 * L_{1160.4\text{mm}}$$

$$V_{\text{aislamiento}} = \pi * (0.2735)^2 * 1.199 - \pi * (0.235)^2 * 1.160$$

$$V_{\text{aislamiento}} = 0.0617 \text{ m}^3$$

$$W_2 = \rho * v * g \rightarrow W_2 = 11\text{kg/m}^3 * 0.0617 \text{ m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_2 = 6.66 \text{ N}$$

- Peso por planchas de acero inoxidable W_3

Dimensión de plancha interior = 1160 mm x 1477 mm

Dimensión de plancha exterior = 1238mm x 1722 mm

Peso por plancha de 1200mm x 2400mm x 0.4mm = 9.53 kg

$$W_3 = m * g$$

$$W_3 = 125 \text{ N}$$

- Peso del termotanque

Considerando el peso de las planchas y el fluido se tuvo lo siguiente

$$W_{\text{termotanque}} = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_{\text{termotanque}} = 2094 \text{ N}$$

Por otro lado, para determinar la carga del viento, primero se calculó la velocidad de diseño, reemplazando valores y tomando la tabla para el cálculo de la velocidad de acuerdo con el mapa en la tabla de velocidad según zona (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020) y la altura se encuentra a 3.3 m, reemplazando valores en la ecuación (31):

$$V_h = 55 \left(\frac{3.3}{10} \right)^{0.22} = 43 \text{ km/h}$$

Calculando la carga por el viento haciendo uso de la ecuación (30)

$$P_h = 0.005 * C * (V_h)^2$$

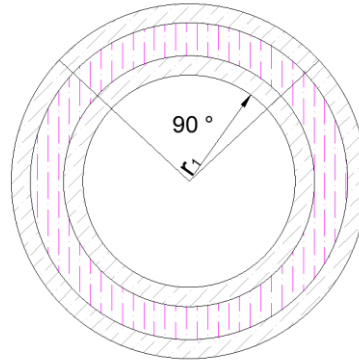
El valor de C se seleccionó de la norma E.020 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020) el cual se tomó el mayor valor en base al diseño y se reemplazó.

$$P_h = 0.005 * 0.7 * (43)^2 = 6.47 \text{ kg/m}^2$$

Se puede notar que la carga por factor viento es mucho menos de la carga de nieve, se tomó la mayor carga (32 kg/m²). Se procedió con hallar el área superficial superior del termotanque.

Como el radio externo es $r = 273.7 \text{ mm}$, entonces la longitud de arco considerando para una un ángulo de 90° donde se podría asentar la nieve, fue:

Figura 4.12 Sección transversal del termotanque con ángulo



$$L_{\text{arco } 90^\circ} = \theta * r = \frac{\pi}{2} * 0.2737\text{m} \rightarrow L_{\text{arco } 90^\circ} = 0.43\text{m}$$

$$A_{\text{de contacto con la nieve}} = 0.532\text{m}^2$$

$$W_{\text{nieve}} = 0.532\text{m}^2 * 32\text{kg/m}^2 * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{nieve}} = 167 \text{ N}$$

• Peso de tubos al vacío con agua

En base a los cálculos térmicos, arrojó una cantidad de 11 tubos al vacío, los cuales tienen características físicas como la densidad del vidrio de borosilicato de un diámetro externo de 58 mm, un espesor de 1.6 mm y una densidad de 2230 kg/m³.

$$V_{\text{de vidrio externo}} = \pi * \left(\frac{58^2\text{mm} - 54.8^2\text{mm}}{4} \right) * 1.8\text{m} = 5.1 * 10^{-4}\text{m}^3$$

$$V_{\text{de vidrio interno}} = \pi * \left(\frac{50.2^2\text{mm} - 47^2\text{mm}}{4} \right) * 1.8\text{m} = 4.4 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aislamiento total}} = 9.5\text{m}^3 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{\text{tubos}} = \rho * v * g * 11$$

$$W_{\text{tubos}} = 2230 \text{ kg/m}^3 * 9.5\text{m}^3 * 10^{-4} \text{ m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 11$$

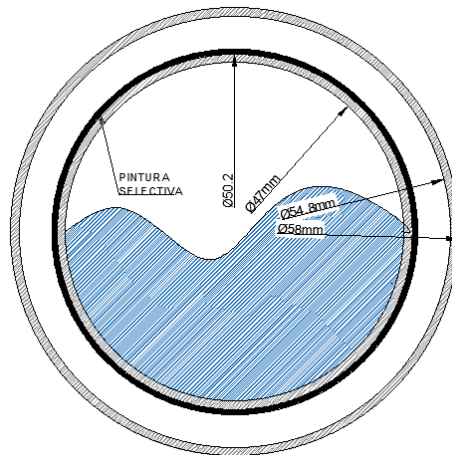
$$W_{\text{tubos}} = 228.6 \text{ N}$$

$$W_{\text{agua en tubos}} = \rho * v * g$$

$$W_{\text{h}} = 1000 \text{ kg / m}^3 * 3.12 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 11$$

$$W_{\text{agua en tubos}} = 336.7 \text{ N}$$

Figura 4.13 Sección transversal de un tubo al vacío



Haciendo suma de todas las cargas intervinientes por los tubos al vacío con agua y el termotanque con agua se tuvo:

$$W_{\text{termotanque lleno}} + W_{\text{tubos con agua}} = 2094 \text{ N} + 283 \text{ N}$$

$$W_{\text{termotanque lleno}} + W_{\text{tubos con agua}} = 2377 \text{ N}$$

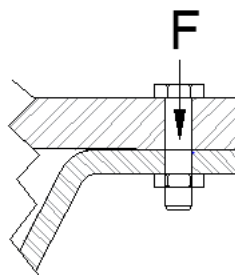
Considerando que el peso del tubo se distribuye también en su apoyo solo se consideró la mitad de carga de este.

Con la carga encontrada, se trabajó en el análisis computacional para el soporte y para la selección de pernos.

- Análisis de perno

Se analizó el perno de 3" x 3/8" grado 2, tomando el esfuerzo de acuerdo con el grado de la tabla del libro "Diseño de elementos de máquinas I" (Alva 2008), el esfuerzo de fluencia de 240 Mpa, perno SAE de grado 2, la fuerza que se ejerce para cada punto en las dos abrazaderas se analiza como en la figura 4.14.

Figura 4.14 Corte de sección del accionamiento de pernos



$$\sigma = \frac{F}{A} \rightarrow \sigma = \frac{F}{r^2 * \pi} = \frac{594.3 N}{(0.0045m)^2 * \pi} = 9.34 MPa$$

$$\sigma_{admisible} \ll 240 MPa$$

- Análisis computacional del soporte

Se realizó el análisis del soporte en conjunto y ver su comportamiento de acuerdo con las cargas que intervienen en el sistema como la carga muerta y la carga viva, para ello se determinaron las cargas intervinientes en el sistema y la cual se ingresaron al software inventor para realizar el análisis de cargas (Figura 4.15).

Cálculo de elementos finitos del soporte del calentador solar:

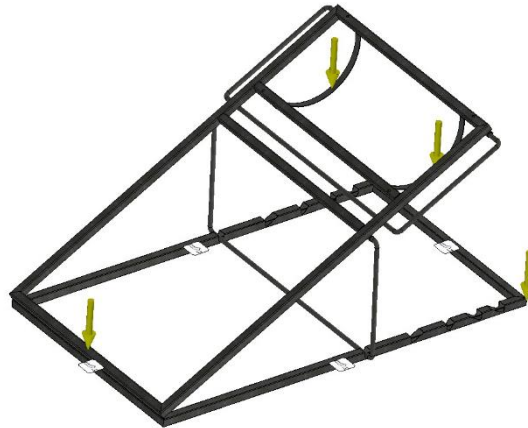
Se realizó el cálculo de esfuerzo de la estructura, primero se definieron las condiciones de modelamiento para poder simularlo.

Datos considerados para el análisis y diseño con los siguientes materiales:

- Acero ASTM A 500, esfuerzo de fluencia de 269 Mpa
- Medidas del tubo cuadrado electrosoldado de 2" x 2" x 3 mm para el marco superior.
- Medidas del tubo cuadrado electrosoldado de 2" x 2" x 2 mm para el marco inferior.
- Platina de 1 ½" x 1 ½" x 1/8".
- Tubo de acero SCH 40 de ¾" para el soporte pendular.
- Niple de acero de cedula 40 de 1" x 20 cm, para ambos extremos
- Bisagras soldables de 3/8"x4" de acero

Para el análisis del soporte del calentador solar, se usó el software Autodesk Inventor. Se le asignaron propiedades del acero, como se tiene la medida de los tubos al vacío y las dimensiones del termotanque, se propuso un modelamiento que fue sometido a un análisis de esfuerzo.

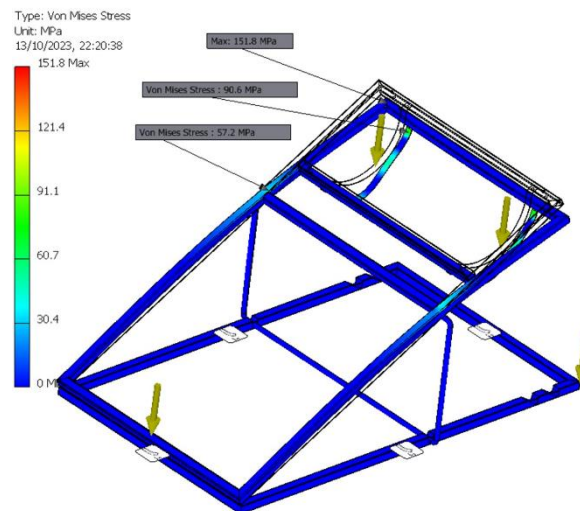
Figura 4.15 Cargas actuantes sobre el soporte



Análisis de esfuerzo de Von Mises:

Los resultados por el software inventor indican un estrés de esfuerzo notable en el perfil número 2 en la parte de apoyo y un esfuerzo notable en la unión entre el perfil 1 y 2 los cuales son 57.2 Mpa y 151.8 Mpa respectivamente (Figura 4.16).

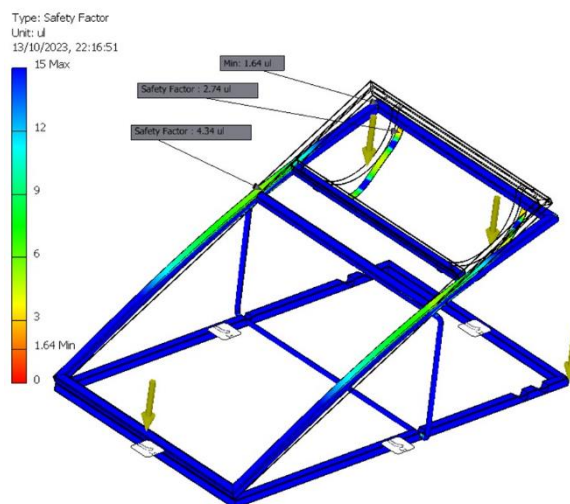
Figura 4.16 Análisis de esfuerzo de Von Mises



Factor de seguridad:

Realizando el análisis el factor de seguridad es de 1.64 indicando que el soporte tiene un rango del 64% de la carga a la que está sometida, y de esta forma asegurando su estabilidad y seguridad de los perfiles estructurales cumpliendo con la normativa NTP 399.482 y RNE Norma E.020.

Figura 4.17 Análisis de factor de seguridad



F) Presupuesto del calentador solar

En la tabla 4.18 se muestra el costo de materiales y fabricación del calentador solar y en la tabla 4.19 se muestra la comparación de costos entre el diseño propuesto y los calentadores solares que se venden en el mercado.

Tabla 4.18 Costo de materiales y fabricación del calentador solar

CALENTADOR SOLAR 200 LITROS							
CLIENTE:		N° PPTO:		Fecha de Elab: 25/08/2023			
UBICACIÓN: CERRO DE PASCO							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P. U. (S/.)	PARCIA L (S/.)	SUBTOTAL (S/.)	INCIDENCIA COSTO DIRECTO (S/.)
							2,170.20
TERMOTANQUE							376.32
2.01	Plancha inox 304-2 B de 0.4 mm 1200x2400	und	1.00	126.00	126.00		
2.02	Plancha inox 304-2 B de 0.4 mm 1500x3000	und	1.00	166.00	166.00		
2.03	Aislante de poliuretano 2mx1mx38.1mm	und	2.00	42.16	84.32		
2.04	SOPORTE					372.50	
2.05	Tubo cuadrado de 2"x2" de 2 mm -LAC	und	1.00	72.30	72.30		
2.06	Tubo cuadrado de 2"x2" de 3 mm -LAC	und	2.00	107.50	215.00		
2.07	tubo de 3/4" cedula 40 acero negro -A53	und	1.00	61.20	61.20		
2.08	Codos de 90° soldable de 3/4	und	4.00	1.00	4.00		
2.10	Niple de 20 cm de 1" acero negro	und	4.00	7.00	28.00		
2.11	Niple de 10 cm de 3/4" acero negro	und	2.00	3.50	7.00		
2.12	Union galvanizada de 3/4	und	1.00	4.50	4.50		
2.13	Platina de 1/8 " x1 1/2' x6 metros	und	1.00	27.60	27.60		
2.14	Pernos de 3/8 " x 3" con tuerca y arandela de grado 2	und	8.00	0.98	7.84		
COLECTOR							1,047.20
2.15	tubos al vacio de 58 mm x 1800 mm	und	11.00	94.40	1,038.40		
2.16	Empaques	und	11.00	0.80	8.80		
OTROS							374.18
2.17	Tanque Asistente de 5 litros	und	1.00	118.00	118.00		
2.18	Barra de magnesio	und	1.00	59.00	59.00		
2.19	Fabricacion de soporte	kg	72.50	1.13	81.68		
2.20	Fabricacion de termotanque	gib.	1.00	115.50	115.50		
COSTO TOTAL							2,170.20

De acuerdo con la tabla 4.18, se tuvo que el costo de calentador solar fue de S/. 2,170.20 incluido IGV.

Realizando un comparativo entre el diseño del calentador solar propuesto y calentadores solares comerciales, se tuvo la siguiente tabla:

Tabla 4.19 Comparativo entre el calentador solar propuesto y calentador solares comerciales

Característica	Calentador solar		
	Propuesto	J&S YUMONST S.A.C.	AQUATERMICA
Capacidad requerida	200 L	200 L	200 L
Capacidad	200 L	200 L	200 L
Número de tubos	11	20	20
Costo (S/.)	2,170.20	2,900.00	2,484.87

De la tabla 4.19, se pudo observar que el precio del calentador solar propuesto es menor en comparación con otros calentadores solares comerciales.

G) Análisis económico

Un factor importante para considerar en el trabajo de investigación fue el aspecto económico, es por ello por lo que se realizaron los cálculos para determinar el ahorro económico que implicaría usar un calentador solar y evitar usar otros equipos eléctricos para el calentamiento de agua.

Costos de un calentador solar

Vdep = 200 litros de capacidad del termotanque

E = 21,412.348 KJ

Pasando de KJ a kWh:

$$E = 21,412.348 \text{ kJ} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 5.95 \text{ kWh}$$

$$E = 5.95 \text{ kWh} * 20 \text{ días} = 119 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Ahora calculamos el costo por mes usando la ecuación (32):

$$\text{Costo (S/.)} = E * 0.8929 \frac{\text{S/}}{\text{kWh}} \quad (32)$$

$$\text{Costo (S/.)} = 119 \text{ kWh} * 0.8929 \frac{\text{S/}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo (S/.)} = 106.26 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

Tener instalado un calentador solar trae ahorros de S/. 106.26 al mes; ahorro significativo por solo usarla cinco horas al día; a continuación, se mostró el ahorro que significaría instalar un colector solar en la institución educativa.

Tabla 4.20 Ahorro al instalar el calentador solar

Año	Ahorro mensual	Tiempo (mes)	Ahorro anual
2024	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2025	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2026	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2027	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2028	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2029	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2030	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2031	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2032	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2033	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2034	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2035	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2036	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2037	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2038	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2039	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2040	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2041	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2042	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
2043	S/. 106.26	10	S/. 1 062.60
Ahorro total			S/. 21 252.00

Costos de una terma eléctrica

Especificaciones técnicas

Marca: AQUATHEM

Tipo: Termas

Capacidad: 200 litros

Alto: 1.70 m

Diámetro: 0.74 m

Potencia: 10 500 W

Precio: 980 dólares

Se realizó esta comparación, para determinar cuál sería la mejor opción y ver cuál de los dispositivos significan un ahorro considerable y sea más factible de instalar.

Tabla 4.21 Gastos producidos si se instalará una terma eléctrica

Año	Potencia (kW)	Tiempo (h/año)	Costo (S./ kWh)	Gasto anual
2024	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2025	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2026	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2027	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2028	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2029	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2030	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2031	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2032	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2033	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2034	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2035	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2036	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2037	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2038	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2039	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2040	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2041	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2042	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
2043	10.5	1200	0.8929	S/. 11250.54
Gasto total				S/. 225 010.80

Por lo tanto, el calentador solar propuesto para una capacidad similar a la terma eléctrica resulto ser más factible debido al ahorro significativo que presentó esta en caso se instale.

H) Evaluación económica

➤ Valor Actual Neto (VAN)

Es una medida de los excedentes o pérdidas en los flujos de efectivo, todo llevado al valor real ya que el dinero no tiene el mismo valor con el paso del tiempo. Básicamente se descuenta al momento actual todos los flujos de

efectivos futuros del proyecto y se le resta la inversión inicial; este procedimiento se describe en la ecuación (33).

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (33)$$

Donde:

VAN = Valor Actual Neto (S/.)

I = Inversión total del proyecto (S/.)

Q_n = Flujo neto en cada periodo (S/.)

r = Tipo de interés de la inversión.

n = Periodo de tiempo (años)

➤ Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de descuento que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero. El criterio del TIR evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en la moneda actual; este procedimiento se describe en la ecuación (34).

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (34)$$

➤ Cálculo del VAN y TIR

En la tabla 4.22 se observa el flujo de ingresos y egresos de la inversión para el proyecto con un horizonte de 20 años porque la Procuraduría Federal del Consumidor de México menciona que, según la INECC, los calentadores solares cuentan con una vida útil de 20 años. Con esta información se puede calcular el VAN y el TIR utilizando las ecuaciones (33) y (34) con un interés del 10%.

Tabla 4.22 Flujo de la inversión

Año	Inversión	Flujo de ingresos
0	S/. 2 170.20	
1		S/. 1 062.60
2		S/. 1 062.60
3		S/. 1 062.60
4		S/. 1 062.60
5		S/. 1 062.60
6		S/. 1 062.60
7		S/. 1 062.60
8		S/. 1 062.60
9		S/. 1 062.60
10		S/. 1 062.60
11		S/. 1 062.60
12		S/. 1 062.60
13		S/. 1 062.60
14		S/. 1 062.60
15		S/. 1 062.60
16		S/. 1 062.60
17		S/. 1 062.60
18		S/. 1 062.60
19		S/. 1 062.60
20		S/. 1 062.60

Tras realizar el cálculo, el resultado obtenido es de un VAN positivo y un TIR de 53.12 % como se observa en la tabla 4.23; esto significa que el proyecto es viable ya que el actual de los flujos es mayor que el desembolso inicial.

Tabla 4.23 VAN y TIR de la inversión

VAN	TIR
S/. 7 046.52	53.12 %

I) Plan de mantenimiento

Según la sección HE 4 del (Documento Básico HE Ahorro de Energía, 2022), menciona que, para garantizar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y alargar la duración de los calentadores solares, se tienen dos planes: plan de vigilancia y plan de mantenimiento preventivo.

a) Plan de vigilancia

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales para asegurar el correcto funcionamiento del calentador solar. Tendrá el alcance descrito en la siguiente tabla:

Tabla Plan de vigilancia

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia	Descripción
Captador	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3 meses	Inspección Visual (IV) Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3 meses	Inspección Visual (IV) Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3 meses	Inspección Visual (IV) Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3 meses	Inspección Visual (IV) Fugas.
	Estructura	3 meses	Inspección Visual (IV) Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	Inspección Visual (IV) Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín

Fuente: Documento Básico DB de Ahorro de Energía

b) Plan de mantenimiento preventivo

1. Se trata de actividades de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener las condiciones de funcionamiento, rendimiento, protección y durabilidad de la instalación dentro de límites aceptables.
2. El mantenimiento incluirá por lo menos una revisión anual para instalaciones con área de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con área de captación superior a 20 m².
3. El plan de mantenimiento debe ser realizados por técnicos calificados que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación contará con un manual de mantenimiento en el que se reflejen todas las actividades realizadas, así como el mantenimiento correctivo.
4. El mantenimiento incluye todas las actividades de mantenimiento y sustitución de consumibles o elementos desgastados por el uso, necesarios para garantizar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.
5. A continuación se describen las actividades de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones relacionadas con las medidas preventivas a seguir.

Tabla Plan de mantenimiento preventivo

Sistema	Equipo	Frecuencia	Descripción
Captación	Captadores	6 meses	Inspección Visual (IV) Diferencias sobre el original.
	Cristales	6 meses	Inspección Visual (IV) Condensaciones y suciedad.
	Juntas	6 meses	Inspección Visual (IV) Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	6 meses	Inspección Visual (IV) Corrosión y deformaciones.
	Carcasa	6 meses	Inspección Visual (IV) Deformación, oscilaciones.
	Conexiones	6 meses	Inspección Visual (IV) Aparición de fugas.
	Estructura	6 meses	Inspección Visual (IV) Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Acumulación	Depósito	12 meses	Presencia de lodos en el fondo
	Ánodos de sacrificio	12 meses	Comprobación del desgaste
	Aislamiento	12 meses	Comprobar que no hay humedad

Fuente: Documento Básico DB de Ahorro de Energía

4.7 Aspectos éticos en investigación

Los datos del contenido de la investigación no serán adulterados o manipulados, con el fin que contribuya como fuente de apoyo para futuras investigaciones Además sirva como material de apoyo en el diseño de equipos de calentadores solares que se enfrenten a climas similares o iguales al de Cerro de Pasco, en ese sentido, la presente investigación se encuentra planteada mediante conocimientos matemáticos y físicos,

respaldada por autores, con el objeto de simplificar el análisis. Por último, se cuenta con la autorización del colegio Andrés Avelino Cáceres para el levantamiento de información y exposición de éstas.

V. RESULTADOS

5.1 Resultado descriptivo de hipótesis específica 1

Esta hipótesis se refirió a la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua por lo que en base a la lista de exigencias de la tabla 8 se generó una matriz morfológica del calentador dando opción a tres alternativas con tres soluciones (tabla 4.7) mediante el diseño de ingeniería mecánica VDI 2225, donde se seleccionó un calentador solar de tubos al vacío con un soporte de inclinación variable.

Gracias a esta metodología de diseño y a la ponderación de pesos para las evaluaciones técnicas y económicas, se selecciona el sistema más ajustado y favorable a nuestras condiciones.

5.2 Resultado descriptivo de hipótesis específica 2

Estos resultados refieren al dimensionamiento del calentador solar de tubos al vacío, donde gracias al documento técnico “Diseño del sistema de calentamiento solar de agua” (Guevara, 2003) y a la tesis “Propuesta de diseño de un sistema termosolar para obtención de agua caliente en zona rural de Cajamarca” (Espinoza, 2022), se logró determinar los diferentes parámetros necesarios para modelar el calentador solar, esto incluye el termotanque y los tubos al vacío, los cuales fueron los siguientes:

Tabla 5.1 Parámetros calculados para el dimensionamiento

Parámetro	Valor	Unidad
Demanda energética	21,412.348	KJ
Volumen del termotanque	200	L
Diámetro interior del termotanque	470	mm
Longitud interior del termotanque	1,160	mm
Espesor de plancha (acero inoxidable 304)	0.4	mm
Espesor de aislamiento (espuma de poliuretano)	1 ½	pulg.

Número de tubos al vacío	11	tubos
Diámetro exterior de tubos al vacío	58	mm
Longitud exterior de tubos al vacío	1,800	mm
Área de captación	1.76	m ²

5.3 Resultado descriptivo de hipótesis específica 3

Esta hipótesis se refiere al diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar donde se realizó el modelamiento y análisis de esfuerzos con el software Autodesk Inventor los cuales arrojaron valores como, esfuerzos máximos y factor de seguridad como se aprecian en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, para cada ángulo de inclinación, además de determinar componentes del soporte.

Figura 5.1 Análisis de esfuerzos para un ángulo de inclinación de 30°

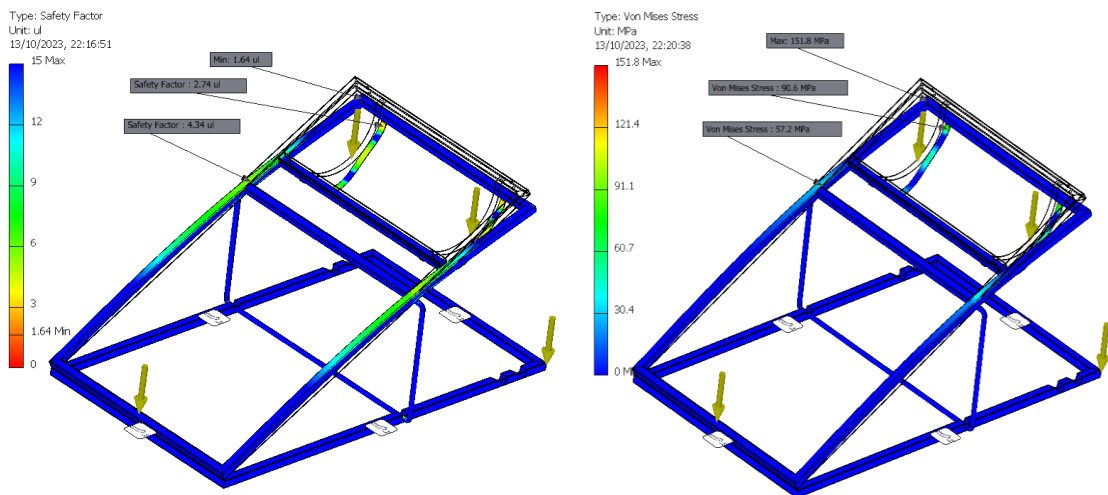


Figura 5.2 Análisis de esfuerzos para un ángulo de inclinación de 15°

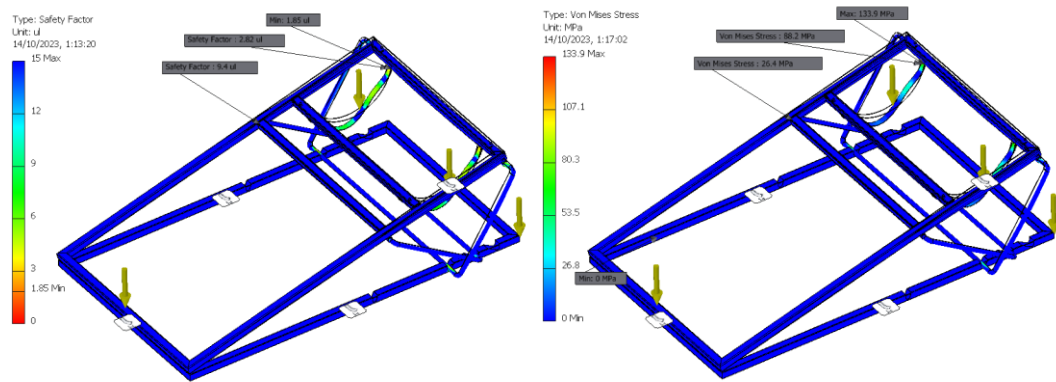


Figura 5.3 Análisis de esfuerzos para un ángulo de inclinación de 5°

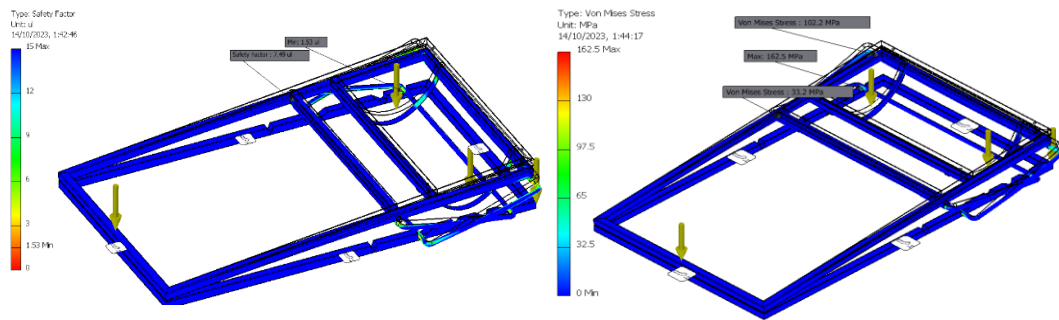


Tabla 5.2 Resultados del análisis de esfuerzos en el software Autodesk Inventor

Soporte con inclinación variable			
Ángulo	Factor de Seguridad	Esfuerzo de Von Mises (M N/m ²)	Irradiación solar (kWh/m ²)
5°	1.53	162.5	6.07
15°	1.85	133.9	6.15
30°	1.64	151.8	6.00

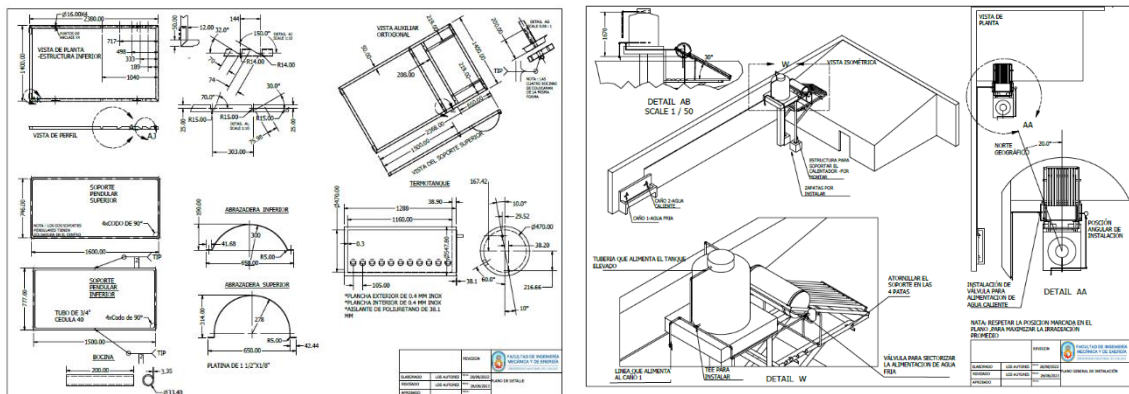
Tabla 5.3 Elementos del soporte

Item	Descripción
1	Tubo cuadrado ASTM A 500 de 2" x 2' 'x 3 mm
2	Tubo cuadrado ASTM A 500 de 2" x 2" x 2 mm
3	Niple de acero 1"x20 cm SCH 40
4	Tubo de acero de 3/4"
5	codos soldables de 90°
6	Platina de 1 ½" x 1 ½"
7	Bisagras soldables de 3/8" x 4"

Resultado General

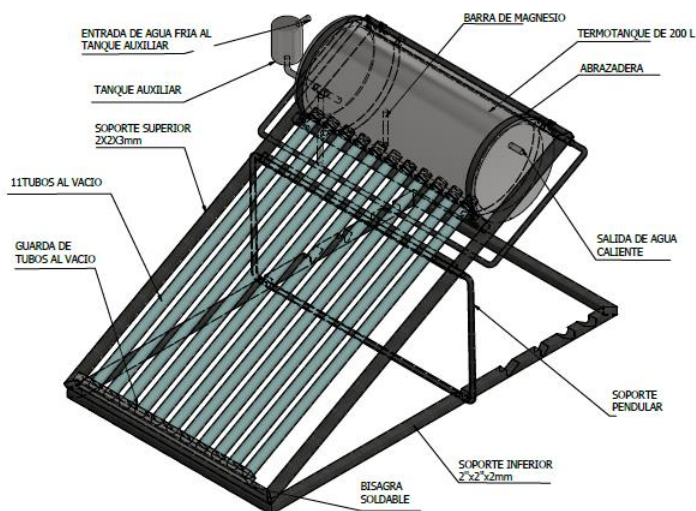
El resultado del diseño de un calentador solar de tubos al vacío se representó en la obtención de los resultados descriptivos de las hipótesis específicas, donde se logró calcular todos los parámetros de dimensionamiento del calentador solar y del soporte, ello se visualiza en los planos de detalle e instalación.

Figura 5.4 Planos de detalle e instalación del calentador solar



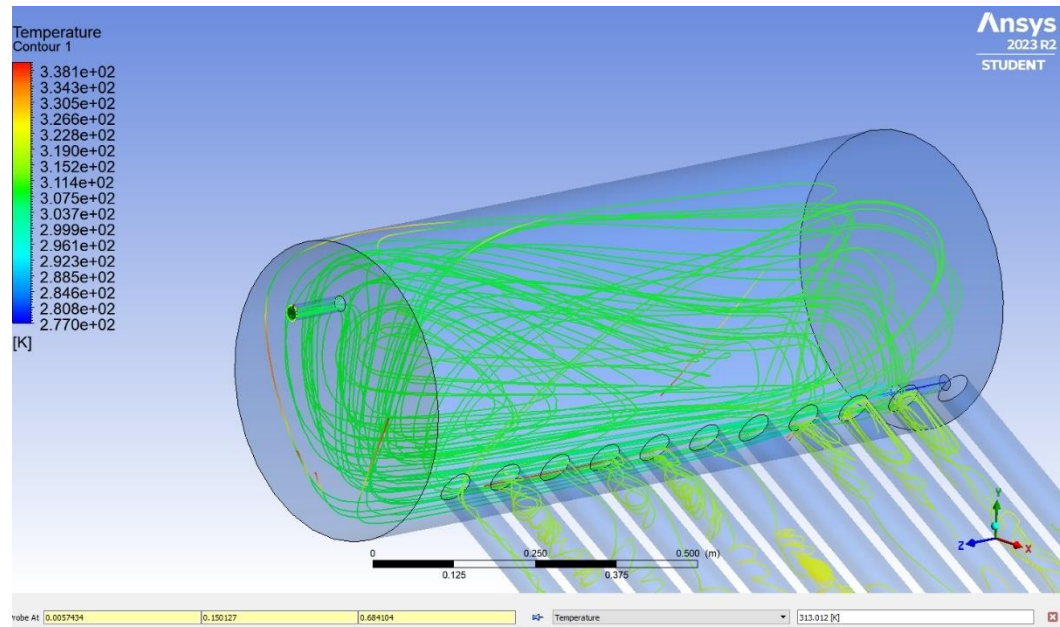
Con una energía incidente de 6.00 kWh/m² sobre la captación de 11 tubos de vacío, con un termotanque de capacidad de 200 litros, además de una inclinación de 30° y una orientación de 20°NE, y mediante los cálculos térmicos se determinó que se puede calentar agua desde 4 °C hasta los 40 °C.

Figura 5.5 Partes del calentador solar propuesto



Se realizó la simulación y se puso a prueba en el software ANSYS el diseño propuesto. Los resultados del CFD mostraron que la temperatura de salida de agua caliente fue de 40.02 °C.

Figura 5.6 Análisis CFD del calentador solar de tubos al vacío (Temperatura de agua en la salida)



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1 Contratación de la hipótesis general

Debido que la hipótesis general se plantea que, si se diseña un calentador solar, éste permitirá el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, provincia de Pasco.

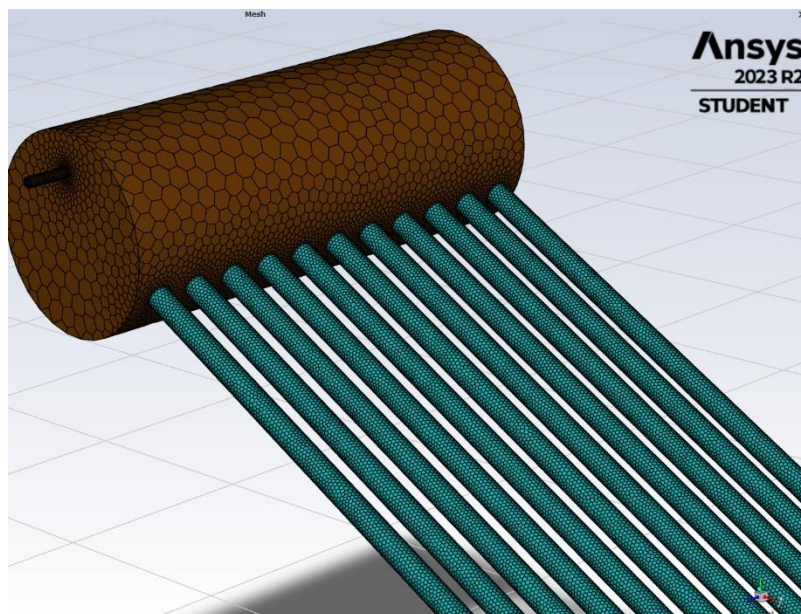
En la tabla 30 se muestra los resultados del dimensionamiento del termotanque el cual se desprende de los cálculos térmicos y de las condiciones del lugar, inclinación de 30° y una orientación de 20°NE lo que permite una incidencia de 6 kWh/m² sobre el área de captación.

Tabla 6.1 Parámetros generales para el dimensionamiento del calentador solar

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen del termotanque	200	L
Diámetro interior termotanque	470	mm
Longitud interior termotanque	1160	mm
Número de tubos al vacío	11	tubos
Diámetro exterior de tubos al vacío	58	mm
Longitud exterior de tubos al vacío	1800	mm
Área de captación	1.76	m ²
Espesor del aislamiento	38.1	mm
Soporte con inclinación	30	Grados

Teniendo los parámetros para el calentamiento de agua sanitaria se generó la geometría interna en el software Ansys con las dimensiones internas del termotanque y los tubos al vacío

Figura 6.1 Enmallado del termotanque y tubos al vacío



Los datos de ingreso del agua a condiciones ambientales se colocan en la tabla 6.2 y la energía que ingresa al sistema para calentar el agua.

Tabla 6.2 Condiciones del agua sanitaria antes de ingresar valores a la simulación del calentador solar en software ANSYS

Datos de ingreso del agua sanitaria		
Temperatura de ingreso	4	°C
Presión de ingreso	16500	Pa
Energía útil para calentar el agua	21 412.348	kJ

Figura 6.2 Análisis CFD del calentador solar de tubos al vacío

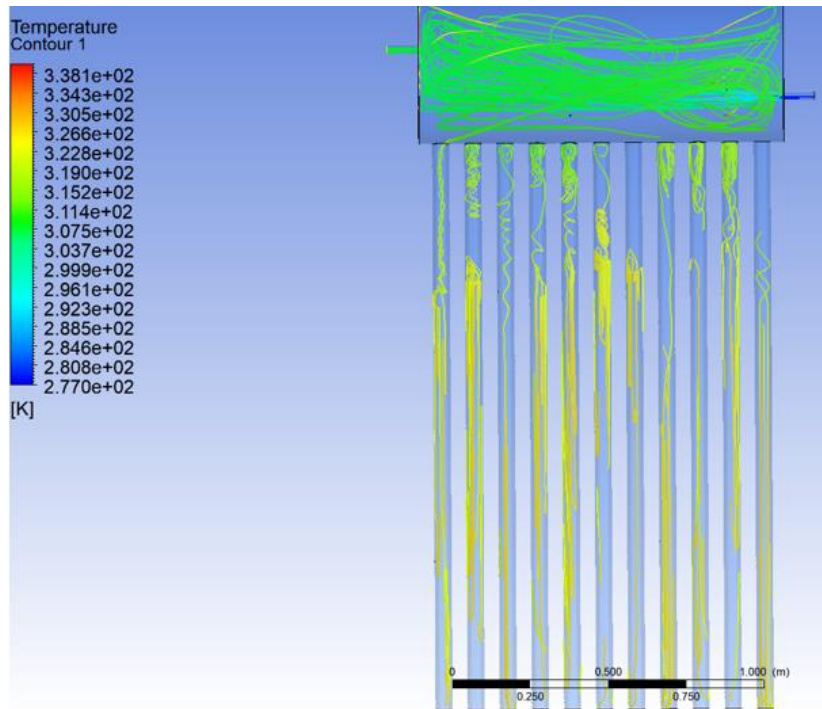


Tabla 6.3 Condiciones del agua al salir de la simulación con parámetros de diseño del calentador solar propuesto

Datos de salida		
Parámetro	valor	unidades
Incremento de temperatura	37.02	C°
Temperatura de salida del agua	40.02	C°

Con los resultados obtenidos, se concluye finalmente que el diseño del calentador solar propuesto cuando se logre implementar permitirá el calentamiento de agua sanitaria a 40.02 °C.

6.1.2 Contrastación de las hipótesis específicas

- Si se obtiene información de las condiciones de lugar, entonces permite la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua.

Este análisis se pudo lograr identificando las condiciones del lugar como condiciones climáticas y condiciones de instalación, mediante la lista de exigencias, todo ello se canaliza en una lista de exigencia en la tabla 8 Luego pasando por una matriz morfológica que se ve reflejado en La tabla 9 donde se elige entre 3 alternativas de solución. Se realiza el diseño conceptual de la propuesta más tentativa y finalmente mediante el método VDI 2225 se selecciona el más adecuado económica y técnicamente, esta valorización se refuerza con la tabla 10. Finalmente, este proceso permite proponer el calentador solar de tubos al vacío.

- Si se elaboran los cálculos térmicos, entonces permite el dimensionamiento del calentador solar.

El dimensionamiento del calentador solar se obtiene de los parámetros calculados de la tabla 26. Los parámetros calculados se pueden apreciar en la figura 6.3 y 6.4.

Figura 6.3 Dimensionamiento del termotanque del calentador solar

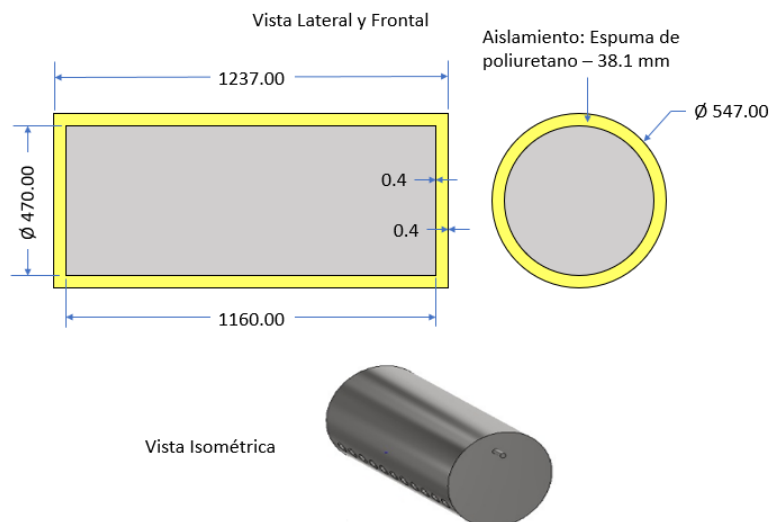
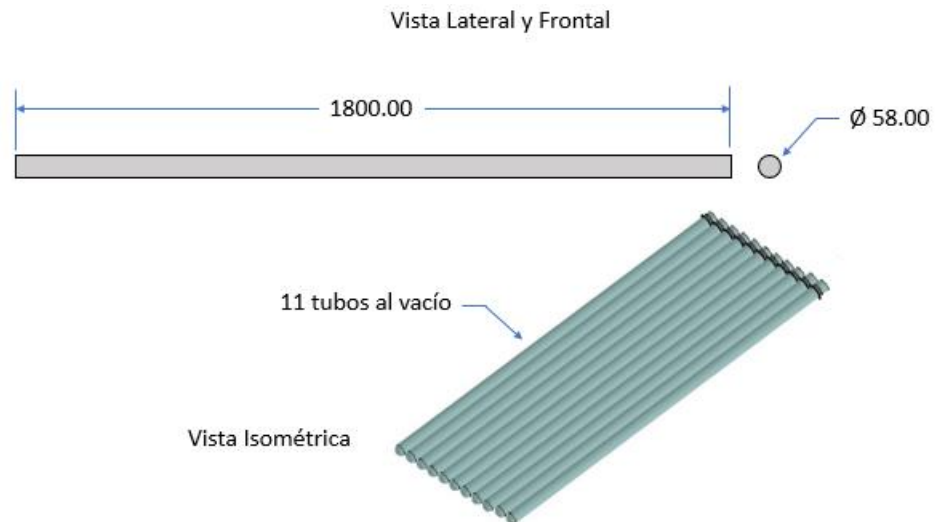


Figura 6.4 Dimensionamiento del colector solar



- Si se elabora el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar, entonces permite el aprovechamiento máximo de la irradiación solar.

De las tablas 4.15, 4.16 y 4.17 se pudo observar durante los meses de enero a diciembre, la máxima irradiación promedio anual se obtiene con un ángulo de 15° .

Los ángulos el cual se puede regular la inclinación del soporte son 5° y 30° , esto debido que son ángulos que tienen un promedio de irradiación que se maximizan en estaciones del año, los cuales son los meses de verano e invierno. Por lo que se realizó la comparación entre el ángulo fijo de 15° y los ángulos 5° y 30° .

Tabla 6.4 Irradiación solar con un ángulo de inclinación de 15°

Meses	Ángulo (°)	Irradiación solar (kWh/m2)
Enero	15	5.77
Febrero	15	5.65
Marzo	15	5.23
Abril	15	6.44
Mayo	15	5.99
Junio	15	6.39
Julio	15	6.83
Agosto	15	7.23
Setiembre	15	6.36
Octubre	15	6.42
Noviembre	15	6.31
Diciembre	15	5.13
Promedio		6.15

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

Tabla 6.5 Irradiación solar con un ángulo de inclinación de 5° y 30°

Meses	Ángulo (°)	Irradiación solar (kWh/m2)
Enero	5	6.13
Febrero	5	5.82
Marzo	5	5.25
Abril	30	6.52
Mayo	30	6.33
Junio	30	6.91
Julio	30	7.33
Agosto	30	7.48
Setiembre	30	6.62
Octubre	5	6.24
Noviembre	5	6.67
Diciembre	5	5.45
Promedio		6.40

Fuente: Adaptado de la Comisión Europea

Tabla 6.6 Resumen de la irradiación solar a 15° y a 5° y 30°

Ángulo (°)	Irradiación solar (kWh/m2)
15	6.15
5 / 30	6.40

Por lo tanto, de la tabla 6.6 se demuestra que, al tener inclinación variable, se logra un mejor aprovechamiento de la irradiación solar.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Según la tesis perteneciente a (Herrera, 2022) con el título “Simulación del efecto termosifón de un dispositivo termosolar para latitud 0”. Esta investigación se apoyó en el software ANSYS Fluent para poder recrear

los diferentes resultados que se puede obtener variando el ángulo de incidencia para una ubicación cerca de la línea ecuatorial (Tabla 4-4) para lo cual se tomó para diferentes tiempos. Dentro de las simulaciones realizadas la más relevante fueron las simulaciones que se hicieron con un rango angular entre 30° y 10° , teniendo este último un valor de 97°C como temperatura final con una incidencia de radiación global de 1003 W/m^2 , realizando todas sus simulaciones para un único tubo en vacío. Comparando nuestra investigación y la de Herrera, valores como la radiación global de $6\text{ kWh/m}^2\cdot\text{dia}$ y una inclinación de 30° son diferentes, debido a la ubicación geográfica teniendo una latitud de 10.778589° . Otra diferencia son la cantidad de tubos al vacío que ingresan a la simulación como geometría interna, realizando las simulaciones con 11 tubos al vacío. Teniendo condiciones diferentes, la investigación de Herrera fue relevante por el procedimiento de simulación dentro del Software ANSYS. En esta presente investigación la simulación nos dio como valor una temperatura de salida de 40.02°C .

Según la tesis perteneciente a (Carvajal y Mejía, 2021) con el título “Diseño y análisis de implementación de un sistema de calentamiento de agua por tubos de vacío con energía solar térmica para la piscina de 360 m^3 del club Castillo de Amaguaña”. Nos permite reforzar el estudio realizado en el diseño de un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria donde Carvajal y Mejía realizó un análisis económico de la implementación del calentador solar y concluyó que el proyecto es viable con un VAN positivo de $2,874.43\text{ USD}$ y el TIR de 12% . En nuestra investigación, se obtuvo el VAN positivo de $\text{S}/.7,046.52$ y el TIR de 53.12% .

Según la tesis perteneciente a (Campos, Gómez y Wipfli, 2018) con el título “Diseño, construcción y validación de un sistema solar térmico

para producción de agua caliente sanitaria en una clínica de fisioterapia”. Donde se realizó el diseño y la construcción de un colector plano con una temperatura de diseño de salida de 55°C con una inclinación de colectores a 15° y una radiación promedio de $5.98\text{Kwh/m}^2\text{xdía}$. Por otro lado, al realizar la comparativa respecto al tipo de colector, esta investigación trabaja con colectores de tubos la vacío debido a la temperatura ambiente con un promedio de 6°C a diferencia de la temperatura ambiente de la tesis realiza en el Salvador con una temperatura ambiente de 28°C . Otra comparativa viene hacer en la radiación promedio, teniendo para Cerro de Pasco según la ubicación geográfica un valor $6\text{ kW/m}^2\text{xdía}$.

Según la tesis perteneciente a (Chuquimia, 2021) con el título “Evaluación de la eficiencia de una terma solar con tubos de vacío bajo condiciones climáticas del centro poblado Maure-Kallapuma (4260 msnm), Tarata, Tacna”. Donde el autor realiza cambios como de orientación y de inclinación aumentando así la captación y por ende el rendimiento demostrando en tal sentido que se puede mejorar la captación y el funcionamiento del equipo termo-solar. Si se compara con esta investigación, él logra con una inclinación angular de captación de 24° y azimut de 0° hacia el norte una captación de 6.04 Kwh/m^2 . Haciendo un contraste, está presente investigación también logra una mayor captación variando los ángulos de inclinación donde se maximiza la captación de irradiación teniendo para 5° , 15° , 30° una captación de 6.07 , 6.15 y $6.00\text{ Kwh/m}^2\text{xdía}$ respectivamente.

Según la tesis perteneciente a (Boza, 2019) con el título “Propuesta de colector solar térmico para la producción de agua caliente en la piscina de la UNCP”. Nos permite reforzar el estudio realizado en el diseño de un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria donde Boza inicia con la determinación de las características geográficas y condiciones

ambientales (sub capítulo 4.1) obteniendo altitud, latitud y longitud de la ubicación, así como también la temperatura promedio del ambiente y la irradiación solar que fue proporcionada por una estación meteorológica cercana al lugar de estudio. Esto nos permitió establecer la primera actividad la de determinar las condiciones geográficas y ambientales del lugar de estudio para la elección del tipo de calentador de agua.

Según la tesis perteneciente a (Flores, 2018) con el título “Diseño de una terma solar de tubos al vacío para las condiciones ambientales de Puno”. Fue importante en la investigación para realizar los cálculos que nos permitió poder dimensionar el calentador solar donde en la investigación de (Flores, 2018) para una capacidad volumétrica del termotanque de 153 litros con una longitud interior de 1.1 m y diámetro interior de 0.42 m, el colector solar constó de 8 tubos al vacío del tipo termosifónicos de diámetro exterior de 58 mm y longitud de 1.8 m. Sin embargo, en nuestra investigación con los cálculos realizado para una capacidad volumétrica del termotanque de 200 litros con una longitud interior de 1.16 m y diámetro interior de 0.47 m, el colector solar constó de 11 tubos al vacío del tipo termosifónicos de diámetro exterior de 58 mm y longitud de 1.8 m.

VII. CONCLUSIONES

- Se consigue evaluar y elegir el tipo de sistema de calentamiento de agua teniendo las condiciones de lugar y plasmando en una lista de exigencias, definiendo de manera económica y técnica con el método VDI 2225, Esta evaluación es netamente cualitativa, tomando en cuenta los factores involucrados en el aspecto técnico como el tipo de captación, la instalación, factores climatológicos, etc. y en los aspectos económicos como los costos de materiales, repuestos, facilidades de fabricación y mantenimiento. Se escoge a la solución S3 que es un calentador solar de tubos al vacío con inclinación variable, el cual, en base a las condiciones del lugar como la temperatura del ambiente, el clima adverso y el aprovechamiento de la irradiación solar es el más adecuado para el lugar de estudio.
- Se consigue dimensionar el calentador solar teniendo como guía al documento técnico “Diseño del sistema de calentamiento solar de agua” (Guevara, 2003) y a la tesis “Propuesta de diseño de un sistema termosolar para obtención de agua caliente en zona rural de Cajamarca” (Espinoza, 2022) para determinar los parámetros como la demanda energética de 21,412.478 KJ, área de captación de 1.76 m², número de tubos al vacío de 11 tubos, volumen de 200 L del termotanque y diámetro interno y longitud interna del termotanque de 470 mm y 1160 mm respectivamente. Con ello, se puede proponer el diseño del calentador solar y también gracias al tipo de sistema de calentamiento de agua elegida en el apartado anterior.
- Se concluye que la variación angular del soporte maximiza la irradiación con un valor promedio diario durante todo el año de 6.04 kWh/m². día para 15° y un valor de 6.40 kWh/m² variando entre 5 y 30° grados para las estaciones de invierno y verano respectivamente. El valor no difiere en gran magnitud. Sin embargo, ello se debe a la ubicación geográfica, en puntos más alejados de la línea ecuatorial, variando los ángulos, la maximización de irradiación solar se hace más notable. Cabe recalcar que la pérdida por orientación e inclinación impactan significativamente

a la hora de realizar la instalación, dando como pérdida por inclinación y orientación para un ángulo de 30°, 15° y 5° de 11.6%, 2.42% y 0.21% respecto a la irradiación solar promedio diario y un azimut fijo de 20° para estos valores.

- Se concluye que en base los resultados de los cálculos térmicos del calentador solar de manera computacional y teórica permiten que el diseño propuesto al ser construido e instalarse caliente el agua, teniendo una temperatura de salida de 40°C del equipo aproximadamente para el lavado de manos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que si se desea obtener mayor temperatura de salida el cual va a interactuar con otro fluido de menor temperatura se tome en consideración aumentar la capacidad colectora dado que con los 9 tubos al vacío, el diseño al realizar los cálculos teóricos y simulaciones genera una temperatura de 40 °C de salida del equipo. También si se quisiera ver un análisis más profundo sobre parámetros de temperatura y velocidad del fluido en la simulación de Ansys, se realiza aumentando las celdas del enmallado en la geometría interna donde interactúa el fluido, cabe recalcar que esta última operación requiere tener una gran capacidad computacional.
- Se recomienda la toma de datos de la irradiación solar propio del lugar con el uso de un piranómetro si en caso no hubiese una estación meteorológica cercana al lugar de estudio, dado que los valores que se tomaron para esta investigación son valores promedio, obtenidos de Comisión Europea. De esta manera poder saber con mayor certeza la energía incidente por metro cuadrado.
- Se recomienda realizar un sobredimensionamiento en el termotanque, con la finalidad de tener una reserva de agua caliente permitiendo el calentamiento al día siguiente, en esta investigación se tomó como factor el 15% adicional del volumen requerido de acuerdo al documento técnico “Diseño del sistema de calentamiento solar de agua ” (Guevara, 2003), pero este valor puede reconsiderarse para una mayor certeza de salida de agua caliente. Además, es importante tener claro la cantidad de personas que usarán el agua caliente debido a que se podría dimensionar el calentador solar de manera errónea y no poder cubrir con la demanda requerida. Por otro lado, se recomienda un análisis por transferencia de calor en los tubos al vacío para determinar con mayor precisión las pérdidas que pudiera tener.
- Se recomienda probar diferentes materiales para el soporte del calentador y comprobar su resistencia dando la seguridad de su instalación, con la finalidad de poder economizar su fabricación y

suministro de materiales. Se podría probar con materiales más livianos, por ende, haciendo más fácil su instalación. Además, que para el distrito de simón bolívar es más conveniente que se coloquen los calentadores solares a un ángulo de inclinación de 15° , dado que la irradiación solar para una variación angular de 5° y 30° para estas condiciones y ubicación, no difieren mucho. Sin embargo, se recomienda que, para otras condiciones, pueblos, ciudades, etc., este valor pueda ser un valor relevante.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AEA, 2013. *Manual del usuario: Operación y mantenimiento de acueductos y sistemas solares (fotovoltaicos)*. S.l.: s.n.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES, 2021. *Integración de renovables de baja temperatura en redes de energía urbana* [en línea]. 2021. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/Mar/IRENA_District_Energy_Systems_2021_Summary_ES.pdf?la=en&hash=3F0845EB13BF3E1EB4E6FA0EFAB93937B05FBB8B.
- ALVA, F., 2008. *Diseño de elementos de máquinas I*. S.l.: s.n.
- BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación*. Tercera edición. S.l.: s.n.
- BÉRRIZ, L. y ÁLVAREZ, M., 2008. *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares*. S.l.: CUBASOLAR.
- BOZA, P., 2019. *Propuesta de colector solar térmico para la producción de agua caliente en la piscina de la UNCP*. S.l.: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- CALDERÓN, D., 2021. *Dinámica de fluidos computacional*. [en línea]. Disponible en: <https://www.integral.com.co/dinamica-de-fluidos-computacional/>.
- CALLE, J., FAJARDO, J. y SÁNCHEZ, L., 2010. *Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca*. ,
- CAMPOS, L., GÓMEZ, G. y WIPFLI, W., 2018. *Diseño, construcción y validación de un sistema solar térmico para producción de agua caliente sanitaria en una clínica de fisioterapia* [en línea]. San Salvador: Universidad de El Salvador. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/18499/1/Dise%C3%B1o%20construcci%C3%B3n%20y%20validaci%C3%B3n%20de%20un%20Sistema%20Solar%20T%C3%A9rmico%20para%20producci%C3%B3n%20de%20agua%20caliente%20sanitaria%20en%20una%20cl%C3%ADnica%20de%20fisioterapia.pdf>.
- CARVAJAL, A. y MEJÍA, R., 2021. *Diseño y análisis de implementación de un sistema de calentamiento de agua por tubos de vacío con energía solar térmica para la piscina de 360 m3 del club Castillo de Amaguaña* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19960/1/UPS%20-%20TS326.pdf>.

- CENGEL, Y. y BOLES, M., 2014. *Termodinámica*. Octava. S.I.: MC GRAW HILL.
- CENGEL, Y. y GHAJAR, A., 2011. *Transferencia de calor y masa*. Cuarta. S.I.: MC GRAW HILL.
- CHUQUIMIA, J., 2021. *Evaluación de la eficiencia de una terma solar con tubos de vacío bajo condiciones climáticas del centro poblado Maure-Kallapuma (4260 msnm), Tarata, Tacna*. S.I.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- CRYOSPAIN, 2022. Dinámica de fluidos computacional: cómo está revolucionando los proyectos de ingeniería. [en línea]. Disponible en: <https://cryospain.com/es/dinamica-fluidos-computacional-esta-revolucionando-proyectos-ingenieria>.
- DOMOSOLAR, 2019. NUEVO VIDEO SOBRE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS Y AUTOCONSUMO. *DOMOSOLAR Empresa Instaladora de Energía Solar Fotovoltaica desde 2004* [en línea]. [consulta: 24 julio 2023]. Disponible en: <http://domosolar.com/D/post/nuevo-video-sobre-instalaciones-fotovoltaicas-aisladas-y-autoconsumo/>.
- ESPINOZA, C., 2010. *Metodología de la investigación tecnológica*. Primera. Huancayo, Perú: s.n.
- ESPINOZA, E., 2022. *Propuesta de diseño de un sistema termosolar para obtención de agua caliente en zona rural de Cajamarca* [en línea]. Piura: Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5543/IME_2204.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- EUROINNOVA, 2023. ACS agua caliente sanitaria. [en línea]. Disponible en: <https://www.euroinnova.pe/blog/acs-agua-caliente-sanitaria>.
- FACTORENERGIA, 2023a. Diferencias entre energía solar pasiva y activa. [en línea]. [consulta: 24 julio 2023]. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/diferencias-entre-energia-solar-pasiva-y-activa/>.
- FACTORENERGIA, 2023b. Energía solar: todo lo que tienes que saber - factorenergia. [en línea]. [consulta: 20 julio 2023]. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/energia-solar/>.
- FLORES, C., 2018. *Diseño de una terma solar de tubos al vacío para las condiciones ambientales de Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

- GAONA, B., LÓPEZ, G. y OLGUÍN, J., 2020. Medición y análisis térmico de un calentador solar de agua. ,
- GUEVARA, S., 2003a. *Diseño del sistema de calentamiento solar de agua*. 2003. S.l.: s.n.
- GUEVARA, S., 2003b. *Teoría para el diseño de calentadores solares de agua*. 2003. S.l.: s.n.
- GUÍA IDAE 022, 2020. *Guía Técnica de Energía Solar Térmica*. S.l.: s.n.
- HARMAN, L., 2010. *Confort térmico en viviendas altoandinas... un enfoque integral* [en línea]. 2010. S.l.: s.n. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/5A46ACF04E4A955B052582CE00717713/\\$FILE/12.CONFORT-TERMICO-EN-VIVIENDAS-ALTOANDINAS-UN-ENFOQUE-INTEGRAL1.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/5A46ACF04E4A955B052582CE00717713/$FILE/12.CONFORT-TERMICO-EN-VIVIENDAS-ALTOANDINAS-UN-ENFOQUE-INTEGRAL1.pdf).
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 6a edición. S.l.: s.n.
- HERRERA, R., 2022. *Simulación del efecto termosifón de un dispositivo solar para la latitud 0*. S.l.: Universidad Técnica de Ambato.
- HEXAGON, 2023. Dinámica de fluido computacional. [en línea]. Disponible en: <https://hexagon.com/es/solutions/computational-fluid-dynamics>.
- HIBBELER, R., 2011. *Mecánica de materiales*. Octava edición. S.l.: s.n.
- HURTADO, J., 2010. *Metodología de la investigación*. Cuarta edición. S.l.: s.n.
- HYDRONIK, 2022. Agua Caliente Sanitaria: Todo sobre las instalaciones de ACS. [en línea]. Disponible en: <https://hydronik.es/hydronik-hidraulica-y-solar-termica/>.
- IDAE, 2011. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. 2011. S.l.: s.n.
- INGENIERÍA INDUSTRIAL, 2023. El cálculo en la Ingeniería ¿De qué se trata? [en línea]. Disponible en: <https://carreraingenieriaindustrial.cl/el-calculo-en-la-ingenieria-de-que-se-trata/#:~:text=desde%202%20a%C3%B1os-,El%20c%C3%A1lculo%20en%20la%20ingenier%C3%ADa%20representa%20toda%20una%20serie%20de,resolver%2C%20matem%C3%A1ticamente%2C%20problemas%20pr%C3%A1cticos>.
- LEAL, C. y LEAL, J., 2015. Radiación solar en proyectos urbanos. ,
- LÓPEZ, J., 2006. *Energía solar térmica*. Madrid: s.n.

- MADRID, A., 2009. *Energía solar térmica y de concentración: Manual práctico de diseño, instalación y mantenimiento*. Primera edición. S.l.: s.n.
- MARTÍNEZ, M., 2016. *Radiación solar - Conceptos y aplicaciones*. ,
- MCCORMAC, J. y CSERNAK, S., 2012. *Diseño de estructuras de acero*. 5a. Edición. S.l.: s.n.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, 2015. *Guía de Diseño de Espacios Educativos* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.minedu.gob.pe/p/pdf/guia-ebr-jec-2015.pdf>.
- MINISTERIO DE SALUD, 2015. *Análisis de situación de Pasco*. 2015. S.l.: s.n.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2014. *Resolución Ministerial N°359-2014-VIVIENDA*. 22 octubre 2014. S.l.: s.n.
- NTP 399.405, 2007. *Sistemas de Calentamiento de agua con energía solar*. 2007. S.l.: s.n.
- NTP 399.482, 2007. *Sistemas de calentamiento de agua con energía solar. Procedimientos para su instalación eficiente*. 2007. S.l.: s.n.
- PÉREZ, M., 2022. Lugar - Qué es, clases, definición y concepto. [en línea]. Disponible en: <https://definicion.de/lugar/>.
- PTC, 2023. Acerca de la inclinación variable. [en línea]. Disponible en: https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/spanish/index.html#page/part_modeling/part_modeling/About_Variable_Draft.html#ID0EQV4Y.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022a. Diccionario de la lengua española. [en línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/condici%C3%B3n>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022b. Diccionario de la lengua española. [en línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/lugar>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022c. Diccionario de la lengua española. [en línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/c%C3%A1culo>.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006. *Norma E.020 Cargas*. 2006. S.l.: s.n.
- RITE, 2007. *Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificaciones*. 2007. S.l.: s.n.
- RUFES, P., 2010. *Energía solar térmica - Técnicas para su aprovechamiento*. S.l.: s.n.
- SCHALLENBERG, J., PIERNAVIEJA, G., HERNÁNDEZ, C., UNAMUNZAGA, P., GARCÍA, R., DÍAZ, M., CABRERA, D., MARTEL, G., PARDILLA, J. y

SUBIELA, V., 2008. *Energías renovables y eficiencia energética*. Primera. España: s.n.

SENAMHI, 2023. Heladas y Friajes / Preguntas Frecuentes. *Heladas y Friajes / Preguntas Frecuentes* [en línea]. Disponible en:
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-friajes-preguntas>.

VALDERRAMA, S., 2013. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Segunda edición. S.l.: San Marcos.

WESTREICHER, G., 2021. Cálculo. [en línea]. Disponible en:
<https://economipedia.com/definiciones/calculo.html>.

YIRDA, A., 2023. Definición de Diseño. [en línea]. Disponible en:
<https://conceptodefinicion.de/disenio/>.

ZABALZA, I. y ARANDA, A., 2009. *Energía solar térmica*. Primera edición. S.l.: s.n.

X. ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General		
¿Cómo diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco?	Diseñar un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para calentar agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco	Si se diseña un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura, entonces permite el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, Provincia de Pasco.	Variable X: Calentador solar	Tipo de investigación: Aplicada
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		Enfoque: Cuantitativa
- ¿Cómo obtener información de las condiciones de lugar para la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua?	- Obtener información de las condiciones de lugar para la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua.	- Si se obtiene información de las condiciones de lugar, entonces permite la elección del tipo de sistema de calentamiento de agua.		
- ¿Cómo elaborar los cálculos térmicos para el dimensionamiento del calentador solar?	- Elaborar los cálculos térmicos para el dimensionamiento del calentador solar.	- Si se elaboran los cálculos térmicos, entonces permite el dimensionamiento del calentador solar.	Variable Y: Calentamiento de agua sanitaria	Nivel de investigación: Descriptivo
- ¿Cómo elaborar el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar para el aprovechamiento máximo de la irradiancia solar?	- Elaborar el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar para el aprovechamiento máximo de la irradiancia solar.	- Si se elabora el diseño de soporte con inclinación variable del calentador solar, entonces permite el aprovechamiento máximo de la irradiancia solar.		

Anexo 2 Instrumento validado por juicio de expertos

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA

CARTA DE PRESENTACIÓN

Presente

Asunto: Validación de instrumentos a través de juicio de experto.

Es muy grato comunicarme con usted, para expresarle un cordial saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiantes del programa de I Ciclo Taller de Tesis 2023, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar la investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero Mecánico.

El título de mi tesis de investigación es: "Diseño de un calentador solar en base a sistemas térmicos de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria a 28 usuarios del colegio Andrés Avelino Cáceres, provincia de Pasco" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definición conceptual y operacional de las variables
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Wilder Vilca Ore
Firma



Poclin Heredia Jordy
Firma

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA

Toma de datos de campo dirigido a los alumnos, docentes y personal administrativo de la Institución Educativa Pública "Andrés Avelino Cáceres" respecto a la demanda de agua caliente con una temperatura de 40 °C y un recipiente con las siguientes medidas: diámetro de 29 cm y una altura de 50 cm.

Tipo	Usuario	Altura de gasto de agua del recipiente por lavado de mano	Área de la base del recipiente	Volumen parcial	Cantidad de lavado de manos	Volumen total
	N°	m	m ²	L	UND	L
Alumno	1		0.066			
Alumno	2		0.066			
Alumno	3		0.066			
Alumno	4		0.066			
Alumno	5		0.066			
Alumno	6		0.066			
Alumno	7		0.066			
Alumno	8		0.066			
Alumno	9		0.066			
Alumno	10		0.066			
Alumno	11		0.066			
Alumno	12		0.066			
Alumno	13		0.066			
Alumno	14		0.066			
Alumno	15		0.066			
Alumno	16		0.066			
Alumno	17		0.066			
Docente	18		0.066			
Docente	19		0.066			
Docente	20		0.066			
Docente	21		0.066			
Docente	22		0.066			
Docente	23		0.066			
Docente	24		0.066			
Docente	25		0.066			
Docente	26		0.066			
Administrativo	27		0.066			
Administrativo	28		0.066			

Evaluación del Instrumento					
Indicadores	Valores				
	5	4	3	2	1
1.- Las preguntas muestran el fin del objetivo general	✓				
2.- El instrumento evidencia el problema a solucionar	✓				
3.- El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación		✓			
4.- El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación		✓			
5.- Las preguntas son los correctos para cada dimensión			✓		
6.- La redacción los ítems es clara y apropiada para cada dimensión			✓		
7.- El instrumento permite un mapeo ágil de la información		✓			
8.- La cantidad de preguntas son las adecuadas para cada dimensión		✓			
9.- El diseño del instrumento es el adecuado con los tipos de preguntas			✓		
10.- El instrumento esta acorde con el tipo de investigación a realizarse		✓			

45 a 50ptos muy bueno, 35 a 44ptos bueno, menor a 35ptos desaprobado

Observaciones (precisar si hay suficiencia)

Puntaje 39

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [✓]

Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: GUTIERREZ HEVIRAS ESTEBAN ANTONIO

DNI: 25.669.150

Especialidad del validador: TERMODINAMICA

Firma del Jurado



Certificado de validez del instrumento

Evaluación del Instrumento

Indicadores	Valores				
	5	4	3	2	1
1.- Las preguntas muestran el fin del objetivo general		✓			
2.- El instrumento evidencia el problema a solucionar		✓			
3.- El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación		✓			
4.- El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación	✓				
5.- Las preguntas son los correctos para cada dimensión		✓			
6.- La redacción los items es clara y apropiada para cada dimensión		✓			
7.- El instrumento permite un mapeo ágil de la información		✓			
8.- La cantidad de preguntas son las adecuadas para cada dimensión		✓			
9.- El diseño del instrumento es el adecuado con los tipos de preguntas		✓			
10.- El instrumento esta acorde con el tipo de investigación a realizarse	✓				

45 a 50ptos muy bueno, 35 a 44ptos bueno, menor a 35ptos desaprobado

Observaciones (precisar si hay suficiencia)

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez evaluador: VICTOR AUGO ORTIZ MORALES O

DNI: 05075528

Especialidad del validador: ENERGIA

Firma del Jurado


VICTOR ORTIZ M.

Certificado de validez del instrumento

Evaluación del Instrumento

Indicadores	Valores				
	5	4	3	2	1
1.- Las preguntas muestran el fin del objetivo general			X		
2.- El instrumento evidencia el problema a solucionar			X		
3.- El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación			X		
4.- El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación		X			
5.- Las preguntas son los correctos para cada dimensión		X			
6.- La redacción los ítems es clara y apropiada para cada dimensión		X			
7.- El instrumento permite un mapeo ágil de la información		X			
8.- La cantidad de preguntas son las adecuadas para cada dimensión			X		
9.- El diseño del instrumento es el adecuado con los tipos de preguntas		X			
10.- El instrumento esta acorde con el tipo de investigación a realizarse			X		

45 a 50ptos muy bueno, 35 a 44ptos bueno, menor a 35ptos desaprobado

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Las preguntas del instrumento, son útiles y suficientes para lograr el objetivo.

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del validador: Luna Verde Roger Anibal

DNI: 08589491

Especialidad del validador: Docente de la Facultad de Energía y Mecánica de Fluidos



Firma del validador

Roger
Anibal
Luna Verde

Firmado digitalmente por Roger Anibal Luna Verde
DN: cn=Roger Anibal Luna Verde, postal=Roger Anibal Luna Verde, o=FE, ou=FE, email=Roger Anibal Luna Verde, c=PE
Fecha: 2023.10.07 21:39:08

Anexo 3 Consentimiento informado para realización de investigación

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE INSTITUCIÓN EDUCATIVA PARA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Yo, Oscar, CHUCUYAURI LAURENCIO, identificado con DNI 04013345 en mi calidad de DIRECTOR del colegio "ANDRES AVELINO CACERES", ubicada en comunidad campesina de San Pedro de Raco, del distrito de Simón Bolívar, en el departamento de Pasco, Perú.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

A los señores Wilder Fernando Vilca Oro, identificado con DNI N° 75344156 y Jordy Anthony Poalín Heredia, identificado con DNI N° 72913078, bachilleres de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica, para que utilice la siguiente información de la institución educativa:

- Información para el desarrollo de la investigación.

con la finalidad de que se pueda desarrollar su Trabajo de Investigación, Tesis o Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de Bachiller, Maestro, Doctor o Título Profesional.

Indicar si el representante autoriza la información de la institución educativa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la institución en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la institución educativa

Mencionar el nombre de la institución educativa.



Firma y sello del director de la institución
DNI:



Firma del Bachiller
DNI: 75344156



Firma del Bachiller
DNI: 72913078

Los Bachilleres declaran que los datos emitidos en esta carta son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad se asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales.

Anexo 4 Temperaturas máximas y mínimas registradas diariamente durante el año 2022 en la estación meteorológica Cerro de Paso - SENAMHI

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO				
Departamento : PASCO		Provincia : PASCO		Distrito : CHAUPIMARCA
Latitud : 10°41'36.15"		Longitud : 76°15'51.1"		Altitud : 4357 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 110037		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/01/2022	12.5	1	83.2	0
2/01/2022	13	3.2	75.1	0
3/01/2022	12.5	0.4	86.3	4
4/01/2022	12.6	0.8	84.9	14
5/01/2022	12.2	2.4	84	15
6/01/2022	13	0.6	83.8	3.5
7/01/2022	13.6	-0.1	84.3	0
8/01/2022	13	1.8	81.7	1
9/01/2022	10	3.2	87.3	5
10/01/2022	11.5	2.4	85.3	15
11/01/2022	10	2.8	83.9	17
12/01/2022	9.6	1.6	87.6	22
13/01/2022	4	-0.4	91.1	0
14/01/2022	11	-0.8	85.6	0
15/01/2022	9.4	1.8	86.2	0
16/01/2022	9	1.6	89.1	7
17/01/2022	12.1	1	85.3	2
18/01/2022	12	0.8	86.3	12
19/01/2022	11	0	87.8	5
20/01/2022	13	1.4	82.5	4.3
21/01/2022	12.6	1.6	82.4	5
22/01/2022	10.5	0.2	89.3	4
23/01/2022	12.7	0.4	80.4	18
24/01/2022	9.1	3.4	84.8	7.2
25/01/2022	10.6	2	85.6	35.2
26/01/2022	8.5	0.4	91.4	14
27/01/2022	11	1.4	88	27
28/01/2022	10	2.5	87.2	0
29/01/2022	12.4	2.8	83.1	8
30/01/2022	5.5	0.2	90.7	12
31/01/2022	11	1.2	83.6	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/02/2022	13	2.2	84.3	0
2/02/2022	8.7	2	86.7	4
3/02/2022	11.2	2.2	86.2	0
4/02/2022	13.1	1.4	85.2	36
5/02/2022	11.5	1	87.9	13.5
6/02/2022	9	1.2	86.2	3
7/02/2022	8.9	1.4	86.7	18
8/02/2022	12	2.4	85.1	1.5
9/02/2022	11.1	3.6	88.8	18
10/02/2022	8.5	2	87.4	35.5
11/02/2022	8.4	1.6	86.6	47.2
12/02/2022	10.5	0.8	86.1	20
13/02/2022	12.7	1.4	82.2	45
14/02/2022	10.6	1.7	86.1	0
15/02/2022	10	2.6	84.8	7
16/02/2022	12.1	2.8	84.7	15
17/02/2022	6.6	0.6	90.6	21
18/02/2022	8.4	2.8	89.5	35
19/02/2022	9	1.4	88	11
20/02/2022	12.5	1.6	83.2	2
21/02/2022	11	0.8	87.2	9
22/02/2022	11.1	0.6	86.5	0
23/02/2022	12	2.4	81.1	5
24/02/2022	10.5	2.8	85	0
25/02/2022	8.5	3	88.2	41.5
26/02/2022	9.5	0.8	87.3	8.2
27/02/2022	11.5	1.6	85.9	1
28/02/2022	12.5	0.6	83.7	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/03/2022	10.5	2.8	85.6	13.5
2/03/2022	9.1	2.4	85.6	11.8
3/03/2022	8	2.6	89.9	5.4
4/03/2022	7.9	3.2	90	22
5/03/2022	11.6	1.7	84	10
6/03/2022	9	2.8	87.1	0
7/03/2022	7.5	2.6	85.8	1.5
8/03/2022	10.5	1.4	84.6	17.6
9/03/2022	6.4	0.8	87.3	20
10/03/2022	9.5	1.8	86.6	5.8
11/03/2022	8.5	3	90	30.5
12/03/2022	8.7	1.6	86.8	42
13/03/2022	10	0.2	84.3	3
14/03/2022	10.2	0	86.5	21.2
15/03/2022	11	2.6	85.9	0
16/03/2022	11.5	0.4	82	15
17/03/2022	13.2	-1.6	82.9	0
18/03/2022	12	1	85.8	0
19/03/2022	12.4	3.2	84.7	0
20/03/2022	10	3	86.2	6
21/03/2022	11	2.4	83.3	0
22/03/2022	11.4	3.2	86.6	0
23/03/2022	10.6	0.6	87.9	8
24/03/2022	11	2.8	84.2	8
25/03/2022	12.1	0	86.6	0
26/03/2022	10	3.8	86.9	17
27/03/2022	10.2	2	86	15
28/03/2022	10.5	3.4	86.4	9
29/03/2022	13	1.2	83.3	3
30/03/2022	11	3.2	91.5	18
31/03/2022	12.1	1	84.7	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/04/2022	9	3.4	88.6	14.8
2/04/2022	12	2.8	83.9	21
3/04/2022	10.5	0.4	85.2	34
4/04/2022	10	1	87.5	3
5/04/2022	10.2	-2	85.9	2.2
6/04/2022	10	0.6	86	2
7/04/2022	9.6	1	86.8	3
8/04/2022	11.5	0	86.9	0
9/04/2022	10	1.4	88.2	6.5
10/04/2022	10.2	2.2	87.3	18
11/04/2022	9.9	1.2	86.1	4.7
12/04/2022	12	2	84.1	0
13/04/2022	12.9	1	83.9	0
14/04/2022	12.2	-0.6	84.7	0
15/04/2022	11	1.3	86.1	0
16/04/2022	13.5	0.8	81.5	0
17/04/2022	13.6	-1.8	82.1	0
18/04/2022	14.3	-1	81.8	0
19/04/2022	14	1.2	80.1	0
20/04/2022	12.7	-2	85	0
21/04/2022	12	0.2	84.6	0
22/04/2022	13	0	83.7	6
23/04/2022	14	-1.4	80.6	0
24/04/2022	13	0.6	79.4	5
25/04/2022	9	0.8	88.3	8
26/04/2022	12.5	1.2	83.3	0
27/04/2022	13.5	-1	80.8	0
28/04/2022	11	1.6	87.1	0
29/04/2022	10.5	0.6	85.5	0
30/04/2022	11.5	1.8	86.5	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/05/2022	13.2	0.7	84.6	0
2/05/2022	13.5	-2.2	82	0
3/05/2022	13.4	0.2	84.3	0
4/05/2022	9.5	3	85.3	0
5/05/2022	13.4	0.6	83	0
6/05/2022	12.5	-2	83.6	0
7/05/2022	13.6	-1.8	82	0
8/05/2022	13	0.2	82.3	0
9/05/2022	13.6	-1	82.8	0
10/05/2022	13.5	2.2	83.2	12
11/05/2022	13.4	1.6	81	15.8
12/05/2022	10	1.4	86	8.6
13/05/2022	10.5	2.4	85.7	0
14/05/2022	12	1.7	82.2	0
15/05/2022	13.5	0	82.2	6
16/05/2022	10	0.8	88.7	8.5
17/05/2022	10.5	2	85.4	12
18/05/2022	11	0	86.3	4
19/05/2022	11.5	0	84.7	0
20/05/2022	12	1	87.5	0
21/05/2022	13	-1	80.6	0
22/05/2022	12.5	-0.4	84.8	0
23/05/2022	13.5	-1.4	82.3	0
24/05/2022	12	-1.2	86.2	0
25/05/2022	12.5	1.4	85.3	0
26/05/2022	12.2	0.2	85.4	4
27/05/2022	11	1.6	86.5	2.5
28/05/2022	11.5	0.4	84.5	0
29/05/2022	11.2	0.2	S/D	0
30/05/2022	11.5	-3	84.1	20
31/05/2022	11.5	-1.8	86.5	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/06/2022	12.4	0.8	85.5	3
2/06/2022	9	2.2	88	0
3/06/2022	9.4	0.8	86.9	0
4/06/2022	8	2	88.3	2
5/06/2022	10.5	1.6	86.1	28
6/06/2022	12.5	-0.4	88.6	16
7/06/2022	11.5	1	84.6	0
8/06/2022	13.2	0	86.4	0
9/06/2022	12.4	-0.4	86.7	0
10/06/2022	11.5	-2	85.9	2.5
11/06/2022	12.5	0.2	83.1	0
12/06/2022	12.7	S/D	S/D	0
13/06/2022	12.5	-1.6	86.3	0
14/06/2022	12	-3.2	85.9	0
15/06/2022	12.7	-5.2	86.2	0
16/06/2022	13	-4.6	82.2	0
17/06/2022	12.5	-2.4	82.9	0
18/06/2022	12.6	-3	85.5	0
19/06/2022	10.5	-2.8	88.6	0
20/06/2022	11.5	-2.3	85.6	0
21/06/2022	12.4	-2	83.3	0
22/06/2022	11.2	-4.4	84.5	0
23/06/2022	9.5	-4.6	89.8	0
24/06/2022	10	0.2	86.3	2
25/06/2022	8	-0.8	88.6	6
26/06/2022	10	-4.2	86.2	0
27/06/2022	13.5	-5	81.1	0
28/06/2022	14	-3.2	80.4	0
29/06/2022	12.7	-3.6	84.3	0
30/06/2022	13.5	-4.4	82	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/07/2022	13.4	-6.6	80.6	0
2/07/2022	12.2	-6.4	81	0
3/07/2022	11	-5.8	84.3	0
4/07/2022	10	-5.6	86.2	0
5/07/2022	12.5	-4.2	84.2	0
6/07/2022	13.2	-2.4	82.1	0
7/07/2022	13.6	-2	82	0
8/07/2022	10.5	-1.2	86.8	0
9/07/2022	10	-1.4	87.4	0
10/07/2022	14	-0.6	81.6	0
11/07/2022	13.6	-1	82.5	4
12/07/2022	12.5	2	83.2	0
13/07/2022	13	1.6	87.6	0
14/07/2022	14.8	-0.3	78.9	0
15/07/2022	14.1	-1.6	77.6	0
16/07/2022	14.2	-4	79.3	0
17/07/2022	12.5	0.4	83.7	0
18/07/2022	9	1	88.6	0
19/07/2022	11.2	0.2	83.4	0
20/07/2022	12.2	-6.2	81.2	0
21/07/2022	14	-4.4	80.5	0
22/07/2022	14.5	-3.2	81.2	0
23/07/2022	12.5	-2.8	83.1	0
24/07/2022	12	-2.6	74.1	2
25/07/2022	9	0.4	S/D	3
26/07/2022	8.8	1.8	89.2	5
27/07/2022	11	1.4	84.4	0
28/07/2022	12.5	-3.4	82.4	0
29/07/2022	13	-7.2	79.4	0
30/07/2022	14	-6.8	89.2	0
31/07/2022	14.5	-4	79.8	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/08/2022	13.5	-3.8	86.2	0
2/08/2022	12.5	1	83.3	0
3/08/2022	14	-1	83.2	0
4/08/2022	9.5	0.4	84.6	12
5/08/2022	10	0.2	87.5	4
6/08/2022	10.6	1	87.8	4
7/08/2022	12.5	1.6	80.7	10
8/08/2022	8.5	0.8	87.5	4
9/08/2022	10.5	1.4	84.6	0
10/08/2022	6	1.2	89.8	7.2
11/08/2022	11.5	0	87	0
12/08/2022	12.5	-1.6	83.4	0
13/08/2022	13.2	-1.2	81.9	0
14/08/2022	13	-0.8	82	0
15/08/2022	14.7	-2	81.4	0
16/08/2022	15	-2.8	79.4	2.5
17/08/2022	15.2	-3.2	78.8	0
18/08/2022	14.5	-6.8	76	0
19/08/2022	9.6	0	87.1	0
20/08/2022	13.6	-0.2	77.8	0
21/08/2022	13	-2	84.2	0
22/08/2022	11.5	-1.6	85.8	0
23/08/2022	13.2	-2	81.5	0
24/08/2022	14	-6.8	77.4	0
25/08/2022	13.8	-7	78.7	0
26/08/2022	13	-5.2	77.5	0
27/08/2022	12.7	-3.6	77.7	0
28/08/2022	11	-6	88.7	0
29/08/2022	10	-2.2	86.5	0
30/08/2022	10.5	1.4	87.1	0
31/08/2022	14	-0.6	79.3	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/09/2022	15	-2.3	76.2	0
2/09/2022	13.7	-4	77.1	0
3/09/2022	12.5	-4.2	79.9	0
4/09/2022	13.2	-0.04	79.3	0
5/09/2022	11.5	-0.6	85.4	0
6/09/2022	12.7	-2.2	86.4	0
7/09/2022	13.5	-4	78	0
8/09/2022	13.6	-2.8	77.9	0
9/09/2022	12.6	-3	80.9	0
10/09/2022	13.4	0	80.3	0
11/09/2022	14	0.8	80	0
12/09/2022	15.5	2	76.2	4
13/09/2022	14	2.6	78.2	10
14/09/2022	8	-1.2	87.4	0
15/09/2022	11.5	0.4	81.8	4
16/09/2022	9.6	1	86.8	11
17/09/2022	11	0.8	84.3	14
18/09/2022	13	-2	80.1	32
19/09/2022	13.5	-1	78.3	0
20/09/2022	12	-0.6	78.9	1.5
21/09/2022	13.5	-1.8	80	0
22/09/2022	12.5	-1.6	84.8	2
23/09/2022	12.3	-2.6	81.6	20
24/09/2022	9.5	0.6	87.4	35
25/09/2022	11.5	-0.4	84.1	5
26/09/2022	12.5	0	78.4	10
27/09/2022	10.2	-0.2	85.3	6
28/09/2022	11.7	-1.4	78.9	0
29/09/2022	12.7	0	78.9	0
30/09/2022	12.5	2	79.3	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/10/2022	8.5	1.4	86.9	1
2/10/2022	12	1.6	79.9	0
3/10/2022	11	1.8	84.5	0
4/10/2022	10	0	86.6	6
5/10/2022	14.6	-1.4	76.6	7
6/10/2022	14.2	-1.8	74.1	0
7/10/2022	12	-0.4	76.9	0
8/10/2022	9	2	87.9	3.8
9/10/2022	12.5	0.6	86.1	0
10/10/2022	11.5	0.8	89	1.8
11/10/2022	10.5	-0.5	85.7	5
12/10/2022	14	-2.6	78.7	0
13/10/2022	15.5	-5.4	76.5	0
14/10/2022	14.5	0	77.3	0
15/10/2022	12	3	86	3
16/10/2022	12.5	-0.6	83.6	0
17/10/2022	14	1	80.8	0
18/10/2022	13.2	0.4	78.4	10
19/10/2022	14.5	2.8	77.6	2
20/10/2022	10.2	1.8	85	3.2
21/10/2022	14	1.2	77.4	0
22/10/2022	15	-3.6	77.8	0
23/10/2022	12	0	86	1
24/10/2022	12.5	2.3	81	0
25/10/2022	12	0	86.7	0
26/10/2022	14.9	0.4	79.4	11
27/10/2022	14.7	-0.6	79	0
28/10/2022	16.4	0.2	74.7	0
29/10/2022	16	-1.6	76.2	6
30/10/2022	15.5	-2.8	76.2	0
31/10/2022	12	-3.5	80.5	7

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (m m/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/11/2022	12.5	-2	80	10
2/11/2022	13.5	0.6	76.1	0
3/11/2022	15.2	2	88.3	0
4/11/2022	15.5	-1	73.3	0
5/11/2022	16	-0.4	77.9	5
6/11/2022	13.2	0.4	78.8	0
7/11/2022	14.5	-0.8	80.2	9
8/11/2022	13	-3.6	77.3	0
9/11/2022	15.2	0.2	75.6	14
10/11/2022	14	0	79.3	25
11/11/2022	13.5	-1.8	78	0
12/11/2022	16.8	-1.6	74.9	0
13/11/2022	15.5	-1.4	75	0
14/11/2022	12	1	78.6	0
15/11/2022	12.2	0.2	84	7
16/11/2022	10	2	85.5	0
17/11/2022	10.7	-1	81.9	0
18/11/2022	13.2	0.4	76.2	0
19/11/2022	15.5	-0.6	75.2	0
20/11/2022	16.2	-0.8	74.8	0
21/11/2022	12.5	0.8	85.8	16
22/11/2022	13	1	76.4	2
23/11/2022	12.1	-1.8	79.7	0
24/11/2022	9.9	0.8	86.2	0
25/11/2022	10	0.6	84.4	0
26/11/2022	12	0	81	0
27/11/2022	12.2	-4.4	79	0
28/11/2022	14.2	-4	75.3	0
29/11/2022	13	0.8	82.9	3.2
30/11/2022	16.5	-2.6	73.1	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : CERRO DE PASCO

Departamento : PASCO

Provincia : PASCO

Distrito : CHAUPIMARCA

Latitud : 10°41'36.15"

Longitud : 76°15'51.1"

Altitud : 4357 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

110037

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/12/2022	17.5	-2	73.7	0
2/12/2022	14	-4.2	76.6	0
3/12/2022	13	-3.2	79.8	6
4/12/2022	15	-2.6	76	14
5/12/2022	10.5	-2	85.1	0
6/12/2022	12.2	-1	80.7	0
7/12/2022	10.5	-1.8	85.7	2.8
8/12/2022	14	-1.3	76.8	1
9/12/2022	8	0	87.7	4
10/12/2022	8.5	1	87.1	3
11/12/2022	10.2	0.4	84.5	16
12/12/2022	7	0.2	87.9	12
13/12/2022	8.2	0.4	85.1	0
14/12/2022	11.7	1	81.1	0
15/12/2022	10.4	1.2	86.5	9.2
16/12/2022	6.5	0.8	87.7	6
17/12/2022	10.2	1.8	83.5	11.4
18/12/2022	12.6	2	78.1	8
19/12/2022	12	2.8	81.5	0.7
20/12/2022	11	1.6	87.4	2
21/12/2022	10.5	0.4	86.8	0
22/12/2022	12.5	0	84.7	0
23/12/2022	14	1.8	84.2	0
24/12/2022	15	0.2	79.3	0
25/12/2022	10.6	1.4	85.9	0
26/12/2022	11	2	85.6	23.5
27/12/2022	13.5	-1.2	81.7	26.5
28/12/2022	10.5	-0.3	83.9	2
29/12/2022	11.7	0	85	0
30/12/2022	10	3.4	85.7	12
31/12/2022	8.5	1.8	89.6	3

Anexo 5 Página web de la Comisión Europea

The screenshot displays the PVGIS web interface. At the top, the European Commission logo and the text "PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM" are visible. Below this is a navigation bar with links for "Home", "Herramientas", "Descargas", "Documentación", and "Contáctanos".

The main content area is divided into two sections:

- Map Section:** A map of Europe with a search bar and a "Dirección:" field. Below the map, there are input fields for "Dirección:" (with an example "Eg. Ispra, Italy"), "Lat/Lon:" (with examples "Eg. 45.815" and "Eg. 8.011"), and a "Ir!" button.
- Configuration Panel:** A panel titled "RENDIMIENTO DE UN SISTEMA FV CONECTADO A RED" (Performance of a grid-connected PV system). It includes several settings:
 - Cursor:** "Elegir localización!" (Choose location!).
 - Elevación (m):** Input field.
 - PVGIS ver.:** 5.2.
 - Utilizar las sombras del terreno:** "Horizonte calculado" (checked) and "Cargar archivo de horizonte" (unchecked).
 - Buttons:** "Seleccionar archivo" (with a file icon), "Sin archivos seleccionados", "Switch to version 5.1", "Visualizar resultados", "csv", and "json".
 - Form Fields:** "Base de datos de radiación solar" (dropdown), "Tecnología FV" (dropdown, "Silicio cristalino"), "Potencia FV pico instalada [kWp]" (input, "1"), "Pérdidas sistema [%]" (input, "14").
 - Opciones de montaje fijo:** "Posición de montaje" (dropdown, "Posición libre"), "Inclinación [°]" (input, "35"), "Azimut [°]" (input, "0").
 - Optimization options:** "Optimizar inclinación" (checkbox), "Optimizar inclinación y azimut" (checkbox).
 - Other fields:** "Precio electricidad FV" (checkbox), "Coste sistema FV [su divisa]" (input), "Interés [%/año]" (input), "Vida útil [años]" (input).

At the bottom of the page, it says "Última actualización: 01/03/2022 Top".

Anexo 6 Página web de Global Wind Atlas

GLOBAL WIND ATLAS
GLOBAL SOLAR ATLAS | ENERGYDATA.INFO

Búsqueda...

Quiénes somos Descarga Contacto Ayuda ? español

Capas de energía eólica
Capas de viento
 Velocidad media del viento
 Densidad media de potencia
Capas de terreno
Capas de validación
Modificación de leyenda
Máscara
Mis áreas
Países y regiones

establecer un marcador. Presiona "Esc" para dejar de dibujar.

Bienvenido al Atlas Eólico Mundial.

Puede empezar inmediatamente a explorar áreas eólicas, haciendo clic en el mapa

Dibuje puntos, rectángulos y polígonos cliqueando en los respectivos controles del mapa

Seleccione datos sobre recursos eólicos por país y región cliqueando en 'países y regiones'

Calcule la producción anual de energía para áreas personalizadas

¿Nuevo usuario? ¡Consultar [videos instructivos!](#)

FUNCIONES CLAVE VIDEOS INSTRUCTIVOS

NOTAS DE LAS VERSIONES

© 2023 DTU | Con tecnología de WAsP | Términos de uso

WORLD BANK GROUP ESMAP VORTEX DTU

Anexo 7 Cotizaciones de calentadores solares de tubos al vacío



Especialistas en
Termotanques
para la Industria
y Termas en el Hogar

J&S YUMONST S.A.C.

Av. 24 de Junio Mz. 20 Lt. 1 P.J. 3 de Octubre de Villa
Chorrillos - Lima - Lima
RUC: 20513915277 - Tel: 2582672 – 955885688

COTIZACIÓN:	000003055	28/09/2023
CLIENTE:	POCLIN HEREDIA, JORDY ANTHONY	
RUC:	72913078	
PROYECTO:	TERMA SOLAR CON TUBOS AL VACÍO DE 200 LTS	
CONTACTO:		
USUARIO:		
DIRECCIÓN:		

ÍTEM	Descripción	Cantidad	P. Unitario S/.	Importe S/.
TES-200	TERMA SOLAR CON TUBOS AL VACÍO de 200 LTS	03	2,457.626	7,372.88
			Sub, total	2,457.63
			IGV 18%	442.37
			TOTAL, s/d	2,900.00

Nota:

- Incluye IGV
- NO incluye instalación
- Si la instalación fuera en provincia no incluye viáticos ni pasaje, estos tienen que ser cubiertos por el comprador, el personal técnico viaja una vez haiga llegado la terma a destino y este en ubicada en el punto de instalación.
- No incluye material para la instalación
- Incluye embalaje y traslado hasta la agencia en lima que nos indique, y se deja como pago en destino.

28/09/2023

COTIZACION - 0409 - 23- V10

ATENCION: Jordy Poelín
DNI: 72913078
Telf: +51 943662226
LUGAR: Cerro de Pasco
FECHA: 28/09/2023

Previo cordial saludo

1. PRESUPUESTO: TERMA SOLAR DE TUBOS AL VACIO

Modelo	ESPECIFICACIONES TECNICAS	Precio Lista SOLES	Uni	Precio Total SOLES
<p>MODELO: AQUA INOX TTV - 0200 - 010 AL</p>	<p>TERMA SOLAR DE TUBOS AL VACIO – 200 LITROS Calentador de Baja Presión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad del tanque de almacenamiento: 200 Litros - Material del tanque interior: Acero inoxidable 304-2B - Espesor de la plancha de tanque interior: 0.4 mm - Material del tanque Exterior: Acero Laf Pintado al Horno - Espesor del tanque Exterior: 0.4 mm - Aislante Térmico: Poliuretano Expandido de 2" espesor - Cantidad de Tubos de vidrio: 20 unidades <p>INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia Eléctrica de 1,500 watt - Ánodo de Magnesio - Bases y soporte de la terma en acero galvanizado pintado al horno. <p>GARANTIA: 01 Años al tanque Interior</p>	2,484.87	01	2,484.87



PERU SOLAR E.I.R.L.
RUC 20605900683
PASAJE NOVARA 1640 URBANIZACIÓN FIORI , SAN MARTIN DE PORRES ,
LIMA - LIMA
Central telefónica: 986 444 558 - 989 122 968
Email: marcel.meigar78@gmail.com

COTIZACIÓN
COT-00010141

Cliente: "INGENIEROS TECNICOS CONSTRUCTORES PARA MINERIA SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA" Fecha de emisión: 2023-08-25
RUC: 20528939091
Dirección: CAL. ALFONSO RIVERA MZ. A LT. 10 , Chaupimarca , Pasco - PASCO
T. Pago: Contado
Vendedor: ANIBAL JESUS URETA

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	P.UNIT	DTO.	TOTAL
4	NIU	TUBO DE VACIO Ø58 x 1800 MM - PERU SOLAR	PERU SOLAR		80.00	0.00	320.00
1	NIU	TANQUE ASISTENTE 5L - PERU SOLAR	PERU SOLAR		100.00	0.00	100.00
						OP. GRAVADAS: S/	355.94
						IGV: S/	64.06
						TOTAL A PAGAR: S/	420.00

BANCO DE CREDITO DEL PERU Soles N°: 191 26859030 31 - CCI: 002 1910 026859030 3159
INTERBANK Soles N°: 04 8 3002301 615
INTERBANK Dólares Americanos N°: 04 8 3002301 630
BANCO DE CREDITO DEL PERU Dólares Americanos N°: 191-9559508-1-94 - CCI: 00219100955950819454
BBVA CONTINENTAL Soles N°: 0011-0171-01-00041031

PAGOS:

SALDO: S/ 420.00



RUC: 20101256422
 Central: Calle Omicron 215 - Callao
 Sucursal: Calle Emilio Fort del Solar N° 161/169 - Santa Anita
 Central Telefónica: (01) 319-6160
 Email: ventas@fiorellarepre.com.pe
 www.fiorellarepre.com.pe

Aesor de Ventas: GONZALEZ GUTIERREZ, ALDAMAR ADRIANNY
 Email: VENTAS6_CALLAO@FIORELLAREPRE.COM.PE
 Teléfono: 994153235

COTIZACIÓN

Cotización N° CC*2023-0011837917
 Fecha : 9/10/2023 1
 Moneda : Dolares Americanos

TIPO DE CAMBIO

3.8600

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: INGENIEROS TECNICOS CONSTRUCTORES PARA MINERIA SO
 RUC: 20528939091
 Dirección: CAL ALFONSO RIVERA MDA. A LOTE. 10 (NORUEGA ALTA) PASCO
 Referencia:
 Atención:

Nacional (Local): X
 Exportación: Incoterm:
 - PASCO - CHAUPIMARCA
 Teléfono:
 Correo:

Estimados señores:
 Por la presente nos es grato hacerles llegar nuestra cotización por el siguiente material:

ITEM	CANT.	UDM	CODIGO	PRODUCTO	V. UNIT	V. TOTAL
1	1.00	Pza	803012350	TUBO CUADRADO LAC A500 X 2.0 MM X 6 MT. (2" X 2") 50 X 50	16.26	16.26
2	2.00	Pza	803012353	TUBO CUADRADO LAC A500 X 3.0 MM X 6 MT. (2" X 2") 50 X 50	23.82	47.64
3	1.00	Pza	804510160	TUBO ACERO SCH-40 5/C A-53 (A-106)/API 5L GR-B X 6 MT. 3/4"	13.52	13.52
4	4.00	Pza	105015160	CODO ACERO A234 WPB B16.9 STD/SCH-40 FR 90 x 3/4"	0.22	0.88
5	2.00	Pza	113030640	NIPLE DE ACERO SCHEDULE 40 EXTREMOS ROSCA NPT 1" X 8"	1.55	3.10
6	1.00	Pza	606010320	PLATINA A-36 X 6 MT. 1/8" X 1.1/2"	6.13	6.13

CONDICIONES DE VENTA

Forma de Pago: CONTADO
 Los precios unitarios no incluyen IGV (18%)
 Validez de la Oferta: 9/10/2023 12:50:48
 Tiempo de Entrega:
 Esta cotización esta sujeta a variacion sin previo aviso.
 Confirmar su pedido con orden de compra
 (*) Cancelación en soles T/C valido a la fecha de facturación,
 consultar con su vendedor
 Todo pago del exterior por transferencia sera tipo OUR
 "El cliente indicará si requiere los certificados de calidad"
 Observaciones:

VALOR DE VENTA	\$ 87.53
I.G.V.	\$ 15.76
IMPORTE TOTAL	\$ 103.29

SON: CIENTO TRES Y 29/100
 DÓLARES AMERICANOS



Sin otro particular y a la espera de sus gratas órdenes, quedamos de usted.



CUENTA CORRIENTE:
 DOL: 191-7395761-1-64
 SOL: 191-941636-0-26
 SWIFT: BCLPPEPL



CUENTA CORRIENTE:
 DOL: 0005074867
 SOL: 0002846258
 SWIFT: BSUDPEPLXX



CUENTA CORRIENTE:
 DOL: 0011-0362-01-00037490
 SOL: 0011-0362-01-00037504
 SWIFT: BCONPEPL



CUENTA DE AHORROS:
 DOL: 200-3327690277
 CCI: 003-200-013327690277-31
 SOL: 200-3327689601
 CCI: 003-200-013327689601-35
 SWIFT: BINPPEPL



CUENTA CORRIENTE:
 DOL: 00146120535
 CCI: 035-000-00146120535-93
 SWIFT: FINAPEPLXX



CUENTA CORRIENTE:
 DOL: 000811090
 SWIFT: BSAPPEPLXX





ventas@goledperu.com

GOLED PERU E.I.R.L.
AV. FRAY BARTOLOME DE LAS CAS NRO. 570 URB. LOS JARDINES -
LIMA LIMA SAN MARTIN DE PORRES
Contáctanos. / 913367841 / 927247107 / 989563298
VENTAS@GOLEDPERU.COM
ENERGIA SOSTENIBLE A TU ALCANCE

20605352589
COTIZACION
Nº 00000000242
000000002423

Señor(es): **VILCA ORE WILDER FERNANDO**
Dirección:
Ruc N°:
Atención:

Fecha: **03/10/2023**

Teléfono: /
E-mail:

De acuerdo a lo solicitado le hacemos llegar la siguiente cotización:

Item	Cant.	Descripción del Producto	P. Unitario	Dcto.	Precio Total
1	1	BARRA DE MAGNESIO	50.00		50.00
2	9	TUBO DE VACIO 058X1800 MM	75.00		675.00
3	1	TANQUE ASISTENTE DE 3L-ACERO INOXIDABLE	115.00		115.00

Son: **OCHOCIENTOS CUARENTA CON 00/100 SOLES**

SubTotal	S/840.00
IGV 18%	S/
Total	S/840.00

CONDICIONES COMERCIALES

Moneda: **SOLES**
Forma de pago: **CONTADO**
Validez: **0 días** Fecha Vcto: / /

Cuentas corrientes Principal:

BANCO BCP M.N. 1918955692033 CCI: 00219100895569203351

BANCO BCP M.E. 1919774547105 CCI: 60219100977454710558

Agradeciendo su atención a la presente, quedamos atentos a la aprobación.
Atentamente,

CHIPA CARRASCO YASMELY



S&H PERNOS PERU SAC
AV. GUILLERMO DANSEY NRO. 445 (ALTURA CDRA. 2 AV.
COLONIAL) LIMA - LIMA -LIMA
Teléfono(s): 01 7744747 - 981501676 - 981484086
syhpernosperu@gmail.com

R.U.C. 20538675025

COTIZACIÓN

00021553

DNI / RUC : 20528939091
Cliente : "INGENIEROS TECNICOS CONSTRUCTORES PARA MINERIA SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA"
Dirección : CAL. ALFONSO RIVERA LT. 10 MZ. A PASCO - PASCO - CHAUPIMARCA
Cod. Cliente : 604
Fecha de Emisión : 09/10/2023 **Forma de Pago** : Contado
Fecha Envío : 09/10/2023 **Moneda** : Soles
Fecha Vencimiento : 16/10/2023

CANT.	U.M.	COD.	DESCRIPCIÓN	PREC. UNIT.	PREC. TOTAL
30	UND	10101043	PERNO HEX G2 ZINC UNC 3/8 X 3	0.61	18.20
30	UND	10301006	TUERCA HEX G2 ZINC UNC 3/8-16	0.11	3.30
30	UND	10401006	ARANDELA PLANA ZINC 3/8	0.10	3.00
Subtotal (S/)					20.76
IGV(18%) (S/)					3.74
Total (S/)					24.50

SON VEINTICUATRO CON 50/100 SOLES

Op. Gravadas	Op. Exoneradas	Op. Inafectas	Op. Gratuitas
20.76	0.00	0.00	0.00

NÚMEROS DE CUENTA (S&H PERNOS PERU SAC):

BANCO DE CREDITO DEL PERU (SOLES) N° 191-1912478058
Cuenta Corriente CCI: 00219100191247805856

Representación Impresa de COTIZACIÓN.

Notas:

Condición Comercial:

Emitido desde <https://negocia.pe/>

Verónica Ruíz Pacheco
Tel./Cel. 981501676
Asesor Comercial

Anexo 9 Fichas técnicas de los componentes del calentador solar de tubos al vacío

Aleación 304

CROMO-NIQUEL



Propiedades en Temperaturas Elevadas y Bajas

A continuación se muestran las propiedades de tracción para temperaturas elevadas y bajas. A temperaturas de 1000°F (538°C) o más, la rotura por tensión se debe considerar.

Temperatura		0,2% Límite Elástico		Resistencia a la Tracción		Elongación
°F	°C	psi	(MPa)	psi	(MPa)	Porcentaje 2" or 51mm
-423	-235	100.000	690	250.000	1725	25
-320	-196	70.000	485	230.000	1285	35
-100	-79	50.000	354	198.000	1025	50
70	21	35.000	240	90.000	620	60
400	205	23.000	160	70.000	485	50
800	427	19.000	130	66.000	455	43
1200	650	15.500	105	48.000	330	34
1500	850	13.000	90	23.000	160	46

Resistencia al Impacto

Los aceros inoxidable austeníticos recocidos mantienen una alta resistencia al impacto incluso a temperaturas criogénicas, una propiedad que, en combinación con su fuerza a bajas temperaturas y su fabricabilidad, ha provocado su uso en la manipulación de gas natural licuado y también en otros ambientes criogénicos.

Temperatura		Energía Absorbida Charpy V-NOTCH	
°F	°C	Pies-Libras	Julios
75	23	150	200
-320	-196	85	115
-425	-254	85	115

Resistencia a la Fatiga

La resistencia a la fatiga es el límite máximo por debajo de lo cual es poco probable que el material fallará en 10 millones de ciclos en el entorno de aire. La resistencia a la fatiga de los aceros inoxidable austeníticos se encuentra típicamente alrededor del 35 por ciento de la resistencia a la tracción. Una mayor suavidad de la superficie mejora la fuerza, y el aumento de la cosmovidad de un entorno disminuye la fuerza.

PROPIEDADES DE FABRICACIÓN

Soldadura: Los aceros inoxidable austeníticos se consideran los más soldables de los aceros de alta aleación y se pueden soldar con todos los procesos de fusión y soldadura por resistencia. Dos consideraciones importantes en la elaboración de uniones por soldadura en los aceros inoxidable austeníticos son: (1) la preservación de la resistencia a la corrosión, y (2) la evitación de la fisuración.

Se produce un gradiente de temperatura en el material que está siendo soldado que oscila entre por encima de la temperatura de fusión y temperatura ambiente a cierta distancia de la soldadura. Cuanto mayor sea el nivel de carbono de los materiales a soldar, mayor será la probabilidad de que el ciclo de soldadura térmica dará lugar a la precipitación de carburos de cromo que es perjudicial para la resistencia a la corrosión. Para proporcionar el material en el mejor nivel de resistencia a la corrosión, el material de bajo nivel de carbono (aleación 304L) debe ser utilizado para el material puesto en servicio en la condición soldada. Alternativamente, el recocido total disuelve el carburo de cromo y restaura un alto nivel de resistencia a la corrosión de los materiales de contenido estándar de carbono. Soldar el metal con una estructura totalmente austenítica lo hará más susceptible al agrietamiento durante la soldadura. Por esta razón, las aleaciones 304 y 304L están diseñadas para solidificar con una pequeña cantidad de ferrita para así minimizar la susceptibilidad al agrietamiento. Se debe utilizar la aleación 309 o un metal a base de níquel para unir las aleaciones austeníticas 18-8 a aceros de carbono.

Tratamiento Térmico: Los aceros inoxidable austeníticos son tratados con calor para eliminar los efectos de la conformación en frío o disolver los carburos de cromo precipitados. El tratamiento térmico más seguro para llevar a cabo ambos requisitos es el recocido por solución que se lleva a cabo en el rango de 1.850°F a 2.050°F (1.010°C - 1.121°C). El enfriamiento desde la temperatura del recocido debe ser a tasas suficientemente altas para evitar reprecipitación de carburos de cromo, 1.500-800°F (816°C - 427°C).

Estos materiales no se pueden endurecer a través de tratamientos térmicos.

Limpieza: A pesar de su resistencia a la corrosión, los aceros inoxidable necesitan cuidado durante su fabricación y uso para mantener una superficie uniforme, incluso bajo condiciones normales de uso. Durante la soldadura, los procesos de gas inerte se utilizan. Escoria que se forma a partir de procesos de soldadura se quita con un cepillo de alambre de acero inoxidable. Cepillos normales de acero carbono dejarán partículas de acero carbono en la superficie, las cuales producirán herrumbre en la superficie. Para aplicaciones más severas, se deben tratar las áreas soldadas con una solución desincrustante, tal como una mezcla de los ácidos nítricos y fluorhídricos, los cuales deben ser enjuagados posteriormente.

Para el servicio de materiales expuestos hacia el interior, o para industria suave, se requiere solo una mantención mínima. En lugares protegidos se necesita solo un lavado ocasional con agua a presión. En áreas de industria pesada, se aconseja lavado frecuente para eliminar depósitos de tierra que a la larga pueden causar corrosión y deterioración del aspecto de la superficie.

Manchas persistentes, como alimentos quemados a la superficie, se pueden quitar con un limpiador no abrasivo y un cepillo de fibra, una esponja o con lana de acero inoxidable. Lana de acero inoxidable dejara una marca permanente en la superficie de acero inoxidable liso. Las soluciones de limpieza deben ser enjuagadas bien con agua fresca.

CHILEXPO S/A no garantiza la exactitud de la información contenida en este documento y recomienda que los usuarios investiguen en profundidad aspectos técnicos y especificaciones antes de realizar una compra. Esta información técnica ha sido recopilada de diversas fuentes en línea, incluyendo ASTM, ISO, y Durokumpu® entre otras. Esta ficha técnica ha sido preparada solo para fines informativos y no ha sido verificada de forma independiente por CHILEXPO S/A.

CHILEXPO SPA
Av. Apoquindo 5583, oficina 131
Las Condes, Santiago, Chile
Tel: +56 2 2611 9990

www.chilexpo.com
ventas@chilexpo.com

Importadora y Exportadora de Suministros Industriales



Platina de Acero ASTM A36



PLATINA ACERO A36

Platinas de acero laminado al caliente (LAC), son ampliamente utilizados para toda la fabricación en general y reparaciones en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse. Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Limite de Fluencia (kg/cm ²) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 1/8" y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1"	20% mínimo
	Doblado a 180°	Bueno
	Soldabilidad	Buena

Espesor		Ancho		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
3.0	1/8"	12	1/2"	1.92
		16	5/8"	2.34
		19	3/4"	2.88
		25	1"	3.84
		31	1 1/4"	4.80
		38	1 1/2"	5.70
		50	2"	7.62
		63	2 1/2"	9.48
4.5	3/16"	75	3"	11.4
		12	1/2"	2.88
		16	5/8"	3.66
		19	3/4"	4.44
		25	1"	5.88
		31	1 1/4"	7.08
		38	1 1/2"	8.52
		50	2"	11.40
		56	2 1/4"	12.84
		63	2 1/2"	14.22
6.0	1/4"	75	3"	17.10
		100	4"	22.8
		12	1/2"	3.84
		16	5/8"	4.80
		19	3/4"	5.70
		25	1"	7.68
		31	1 1/4"	9.48
		38	1 1/2"	11.40
		50	2"	15.18
		63	2 1/2"	18.96
		75	3"	22.80
		100	4"	30.36
7.94	5/16"	150	6"	45.6
		38	1 1/2"	14.22
		50	2"	19.00
		63	2 1/2"	24.60
		75	3"	28.50
9.5	3/8"	25	1"	11.52
		31	1 1/4"	14.28
		38	1 1/2"	17.10
		50	2"	22.80
		63	2 1/2"	28.44
12	1/2"	75	3"	34.20
		100	4"	45.60
		25	1"	15.24
		38	1 1/2"	22.74
		50	2"	30.36
		63	2 1/2"	37.98
16	5/8"	75	3"	45.60
		100	4"	60.78
		63	2 1/2"	47.46
19	3/4"	75	3"	57.00
		100	4"	75.96
25	1"	100	4"	91.14
		75	3"	91.14
		100	4"	121.56

* Equivalencias de conversión son aproximadas.



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 1 1/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados¹.

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	STD				SCH-40				XS			SCH-80			SCH-160		
		Espesor Nominal		Peso		Espesor Nominal		Peso		Espesor Nominal		Peso	Espesor Nominal		Peso	Espesor Nominal		Peso
		Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg
1/4	33.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.02	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-	-	-	-
3/8	171	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.30	6.6	3.20	1.30	6.6	-	-	-	-	-
1/2	213	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7	-	-
3/4	267	2.87	1.69	10.34	2.87	1.69	10.34	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4	-	-
1	334	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44	-	-
1 1/4	422	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66	-	-
1 1/2	483	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5	-	-
2	603	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.71	66.66	-	-
2 1/2	730	5.36	8.63	51.78	5.36	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52	-	-
3	889	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1	-	-
4	1143	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24	-	-
5	1413	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72	-	-
6	1683	7.31	28.26	169.56	7.31	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42	-	-
8	2191	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62	-	-
10	2730	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	172.27	1033.62	-	-
12	3238	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14	-	-
14	3556	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32	-	-
16	4064	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28	-	-
18	457	9.53	105.16	630.96	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	459.39	2756.34	-	-
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1000.58	12.70	155.12	930.72	26.19	311.19	1867.34	50.01	564.85	3389.1	-	-
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8	-	-
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1122.36	30.96	442.31	2652.66	59.54	808.27	4849.62	-	-

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

TUBO CUADRADO DE ACERO ASTM A500



El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Limite de Fluencia (Mpa) min.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) min.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

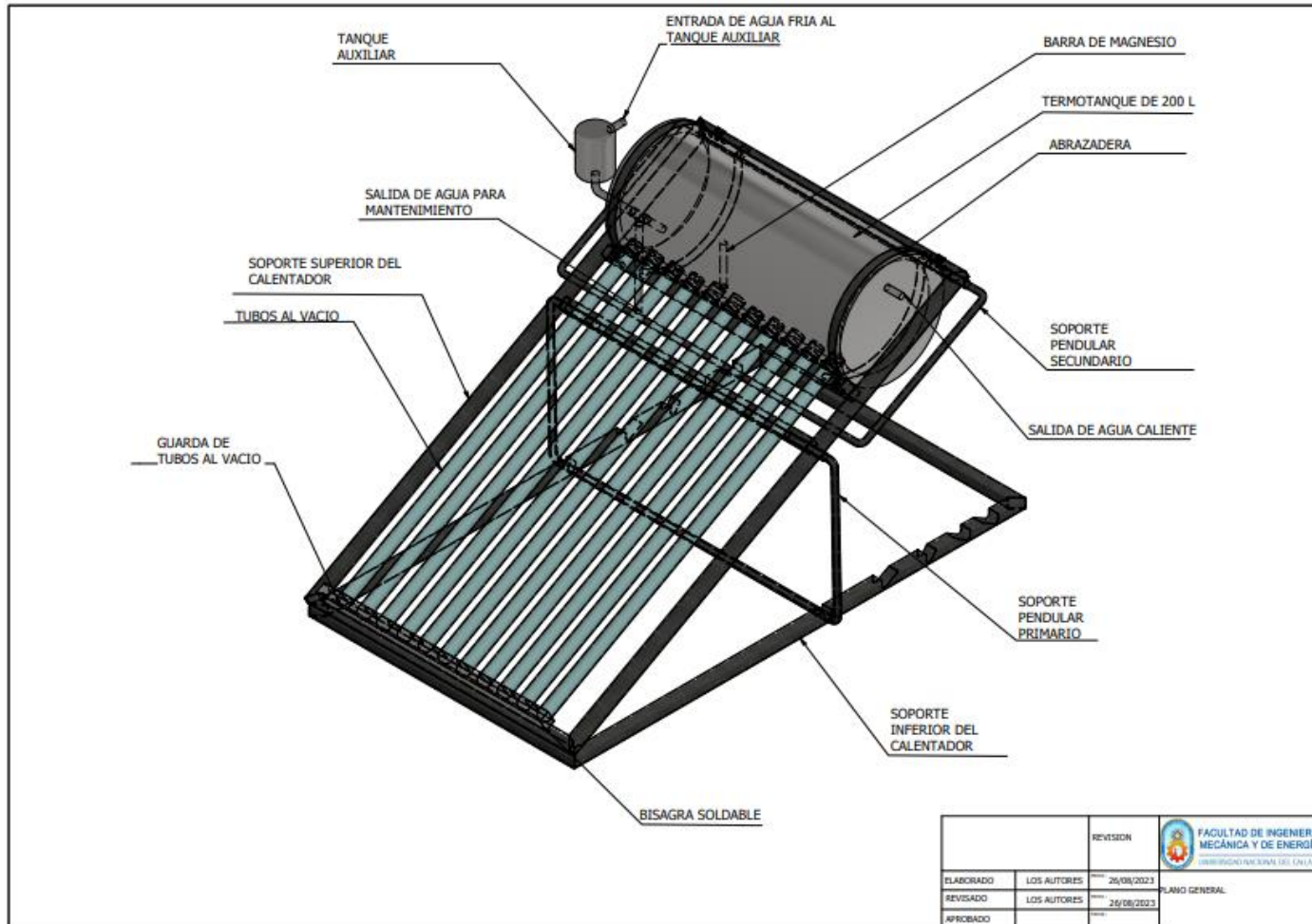
Tolerancias	
Espesor	+/- 10%
Longitud	+127 / -64

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m	Kg	
20 x 20	3/4" x 3/4"	0.9	0.49	2.96	
		1.5	0.86	5.14	
		2	1.04	6.24	
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.06	6.37	
		2	1.46	8.76	
		2.5	1.67	10.02	
		3.0	1.93	11.58	
		1.2	1.04	6.24	
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.5	1.30	7.80	
		1.8	1.68	10.08	
		2	1.86	11.16	
		2.5	2.17	13.02	
		1.5	1.77	10.62	
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.8	2.03	12.18	
		2	2.24	13.44	
		2.5	2.99	17.94	
		3	3.54	21.24	
		4.5	4.52	27.12	
		1.2	1.87	11.24	
50 x 50	2" x 2"	1.5	2.25	13.50	
		1.8	2.70	16.20	
		2	3.12	18.72	
		2.5	3.87	23.22	
		3	4.49	26.94	
		4	6.57	39.41	
		4.5	6.02	36.12	
60 x 60	2 1/2" x 2 1/2"	6	6.54	31.21	
		2	3.56	21.36	
		2.5	4.39	26.34	
		3	5.39	31.34	
		4	7.14	42.86	
		4.5	7.43	44.58	
		1.5	3.41	20.43	
75 x 75	3" x 3"	2	4.50	27.00	
		2.5	5.56	33.36	
		3	6.81	40.86	
		4	8.59	51.54	
		4.5	9.55	57.30	
		6	13.11	78.66	
		2	6.77	36.99	
100 x 100	4" x 4"	2.5	7.68	46.08	
		3	9.20	55.21	
		4	12.17	73.03	
		4.5	13.59	81.56	
		6	16.98	100.88	
		9.5	25.70	154.20	
		3	11.31	67.86	
125 x 125	5" x 5"	4	14.87	89.22	
		4.5	17.17	103.02	
		4.7 (3/16")	17.81	106.86	
		6	21.69	130.14	
		6.35 (1/4")	23.24	139.44	
		3	13.67	82.02	
		4	18.01	108.06	
150 x 150	6" x 6"	4.5	20.80	124.80	
		6	27.39	164.32	
		3	18.63	111.76	
		4	24.29	145.74	
		4.5	27.77	166.64	
		4.7	29.21	175.26	
200 x 200	8" x 8"	6.0	35.82	214.92	
		8	48.68	292.10	
		9	52.34	314.04	
		9.5	56.08	336.48	
		4.7 (3/16")	36.86	221.14	
		6	45.24	271.44	
250 x 250	10" x 10"	6	54.66	327.96	
		8	73.82	442.90	

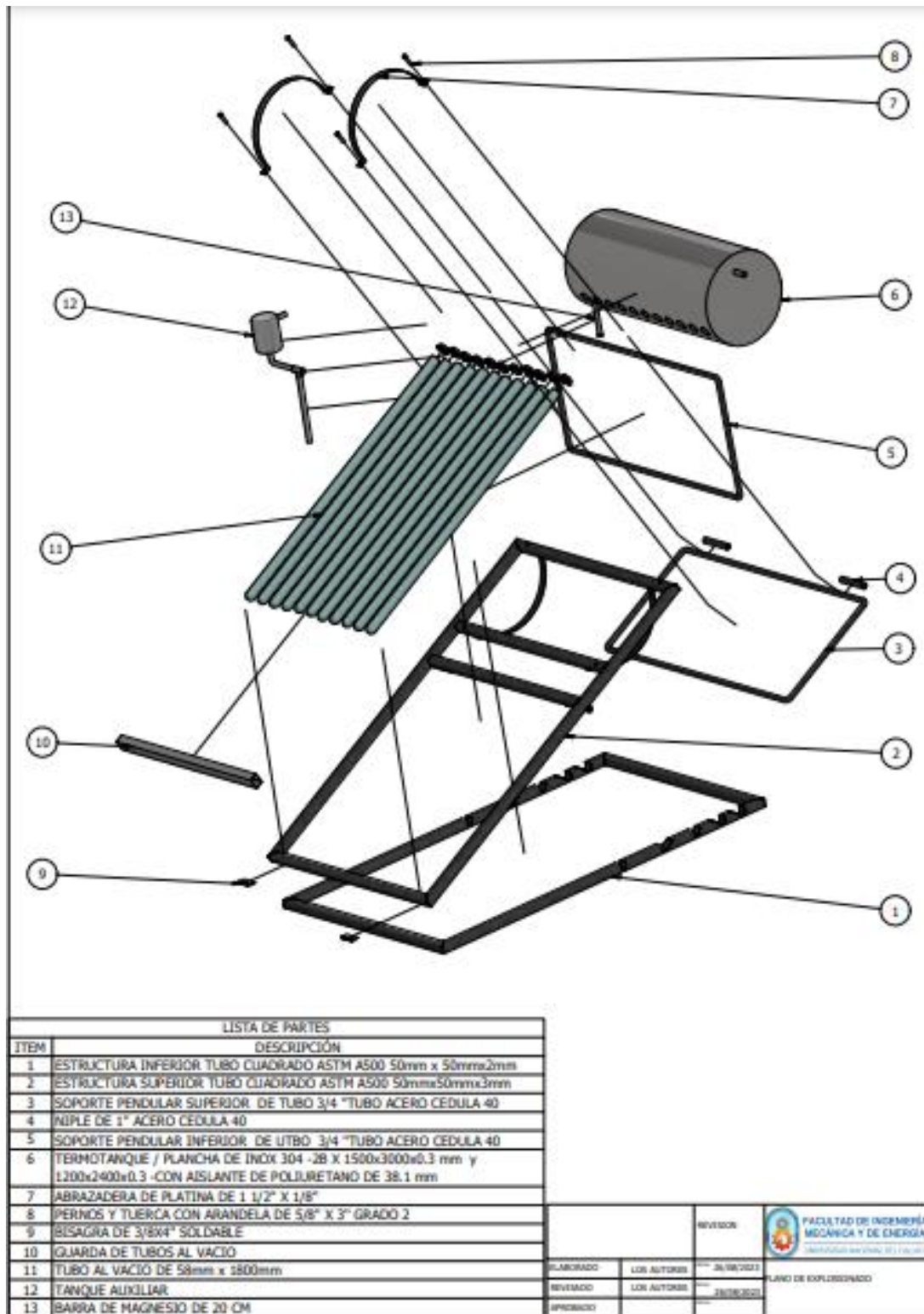
* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

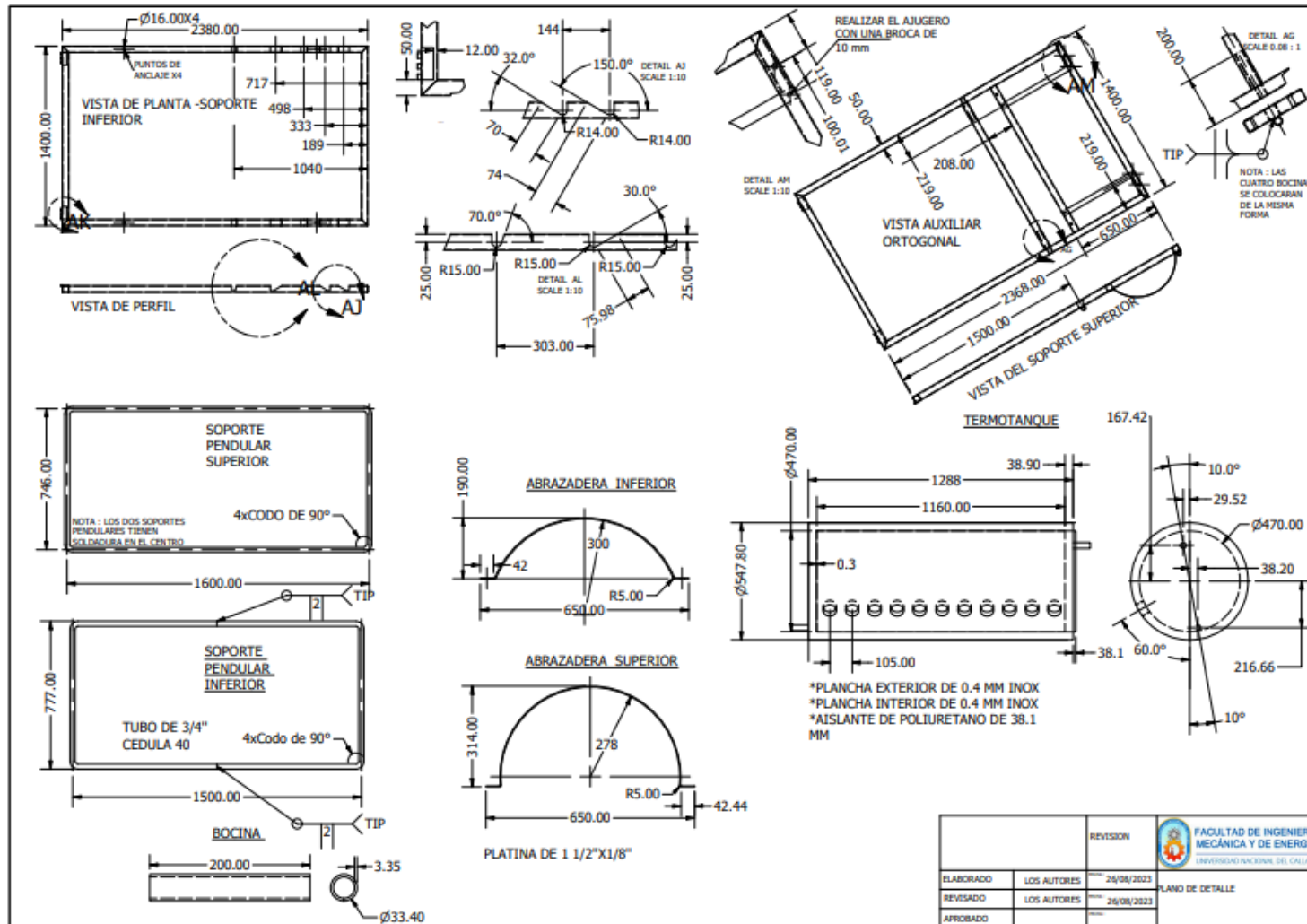
Anexo 10 Plano general del calentador solar



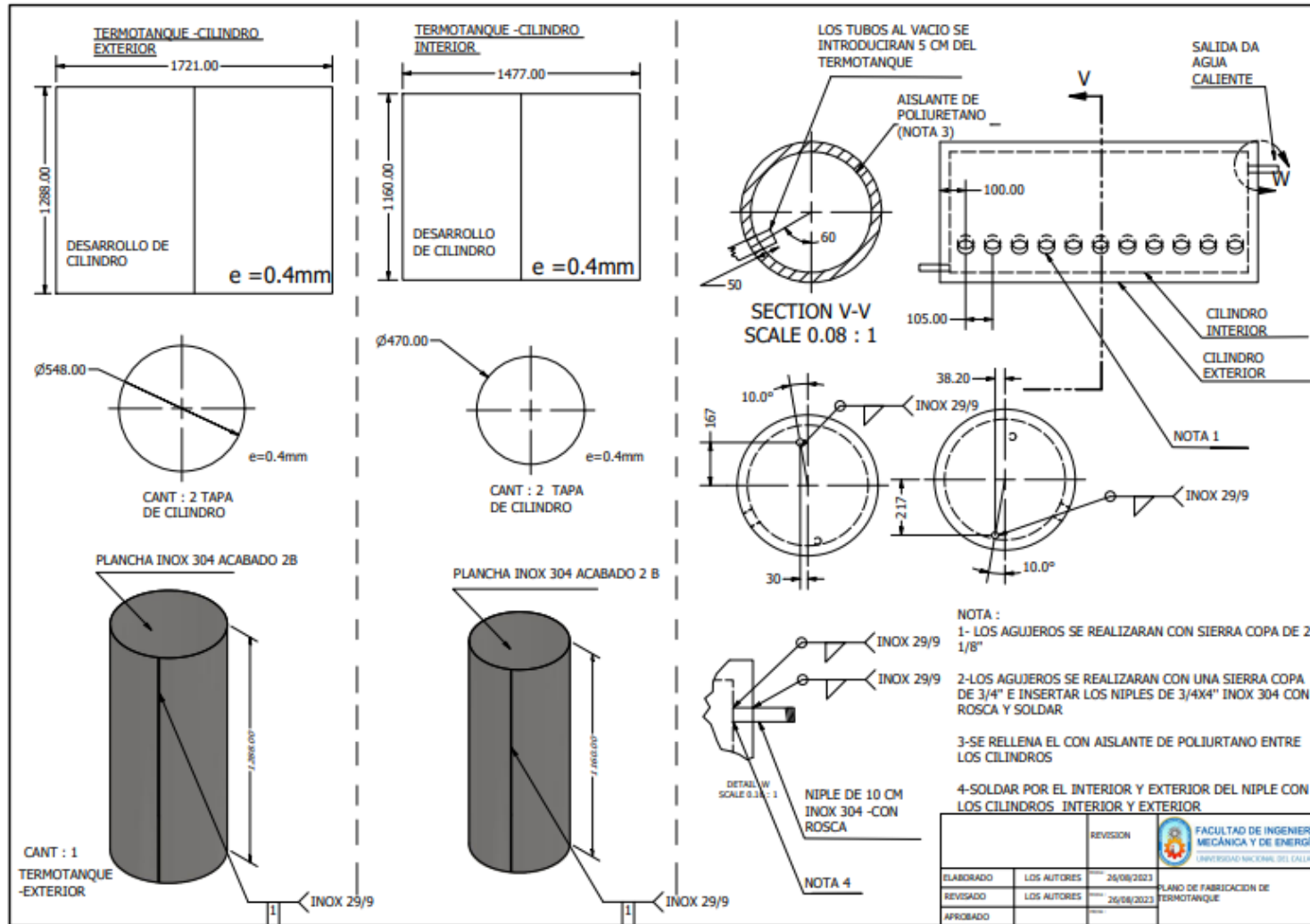
Anexo 11 Plano explosionado del calentador solar



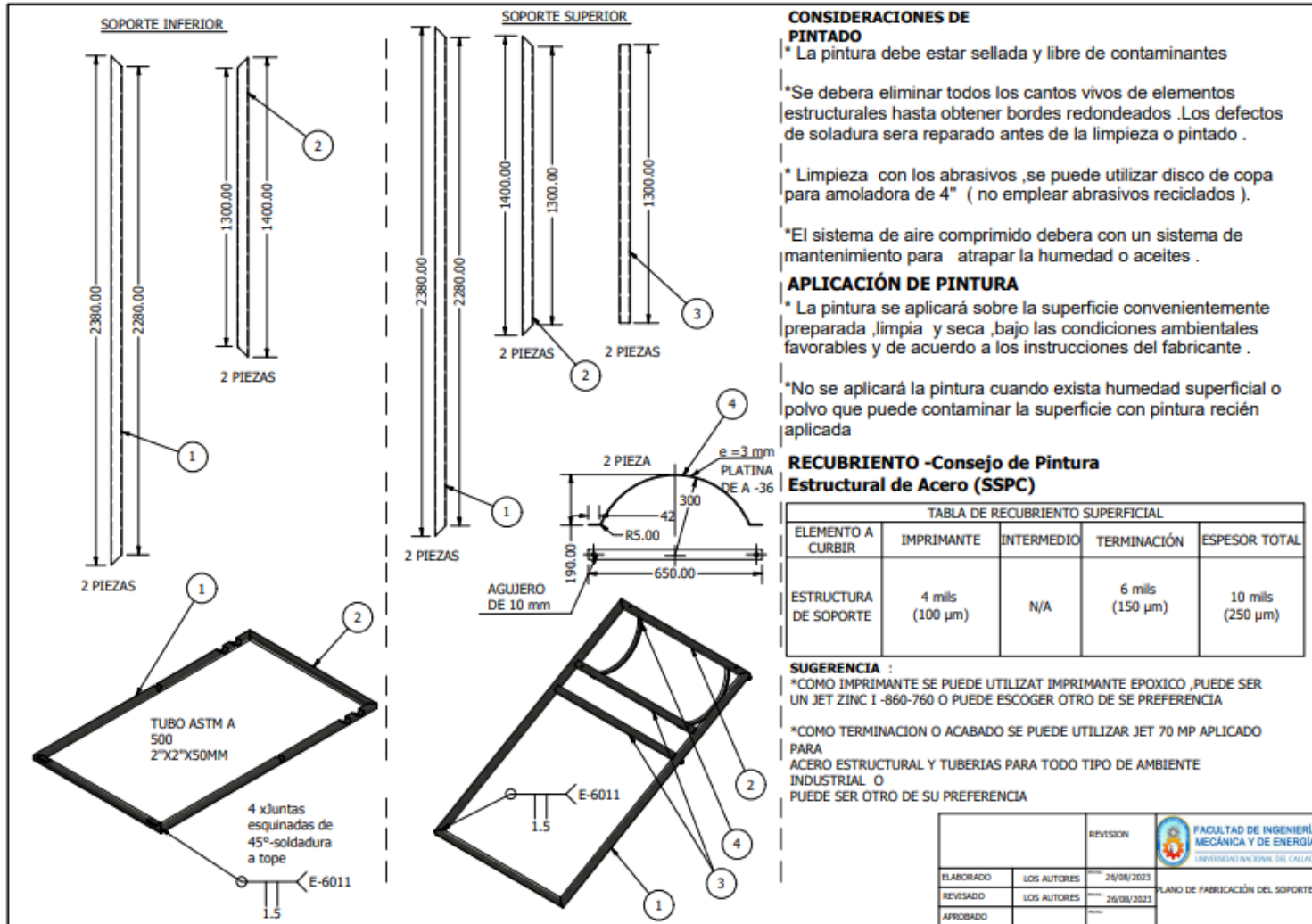
Anexo 12 Plano de detalle del calentador solar



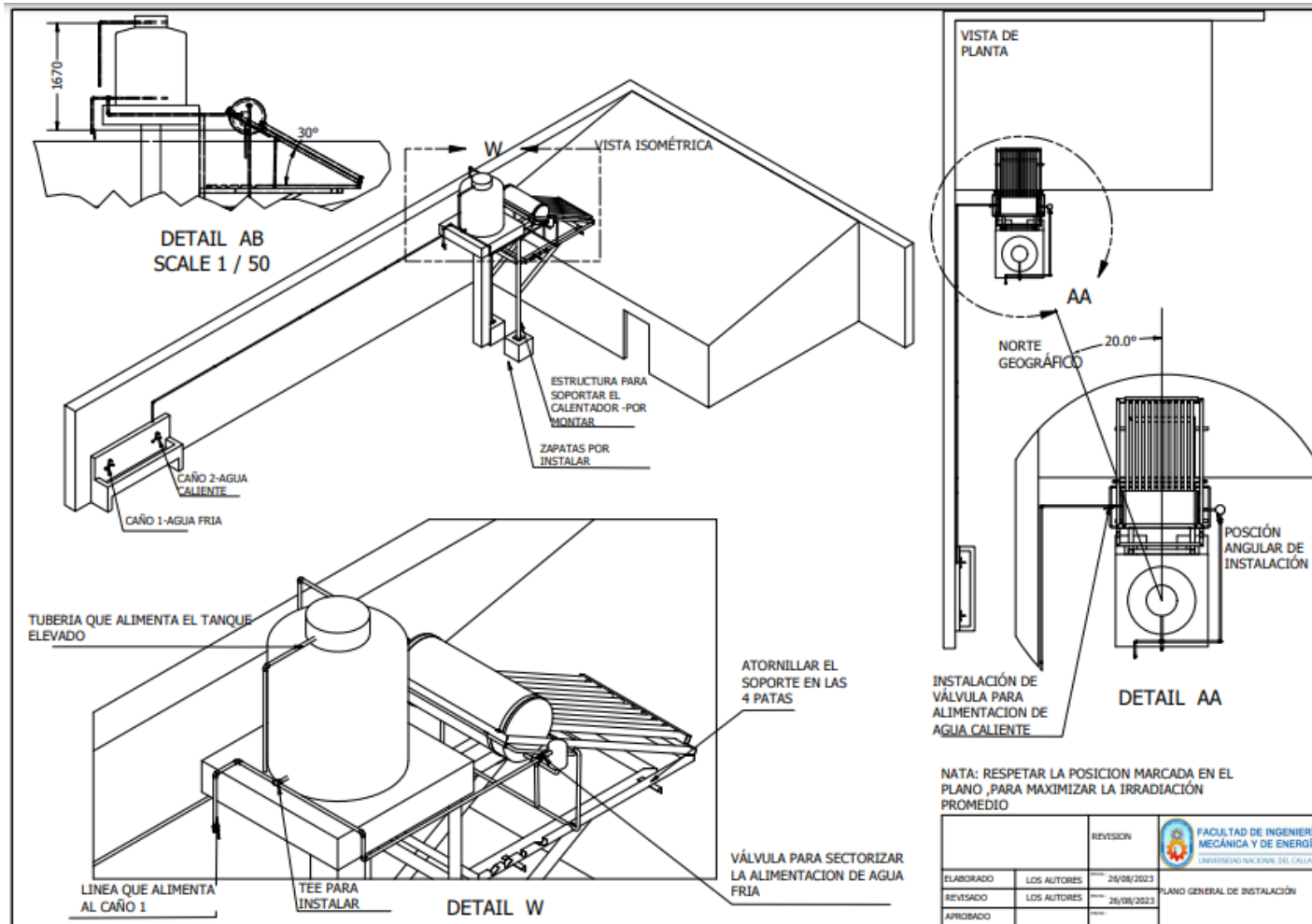
Anexo 13 Plano de fabricación de termotanque



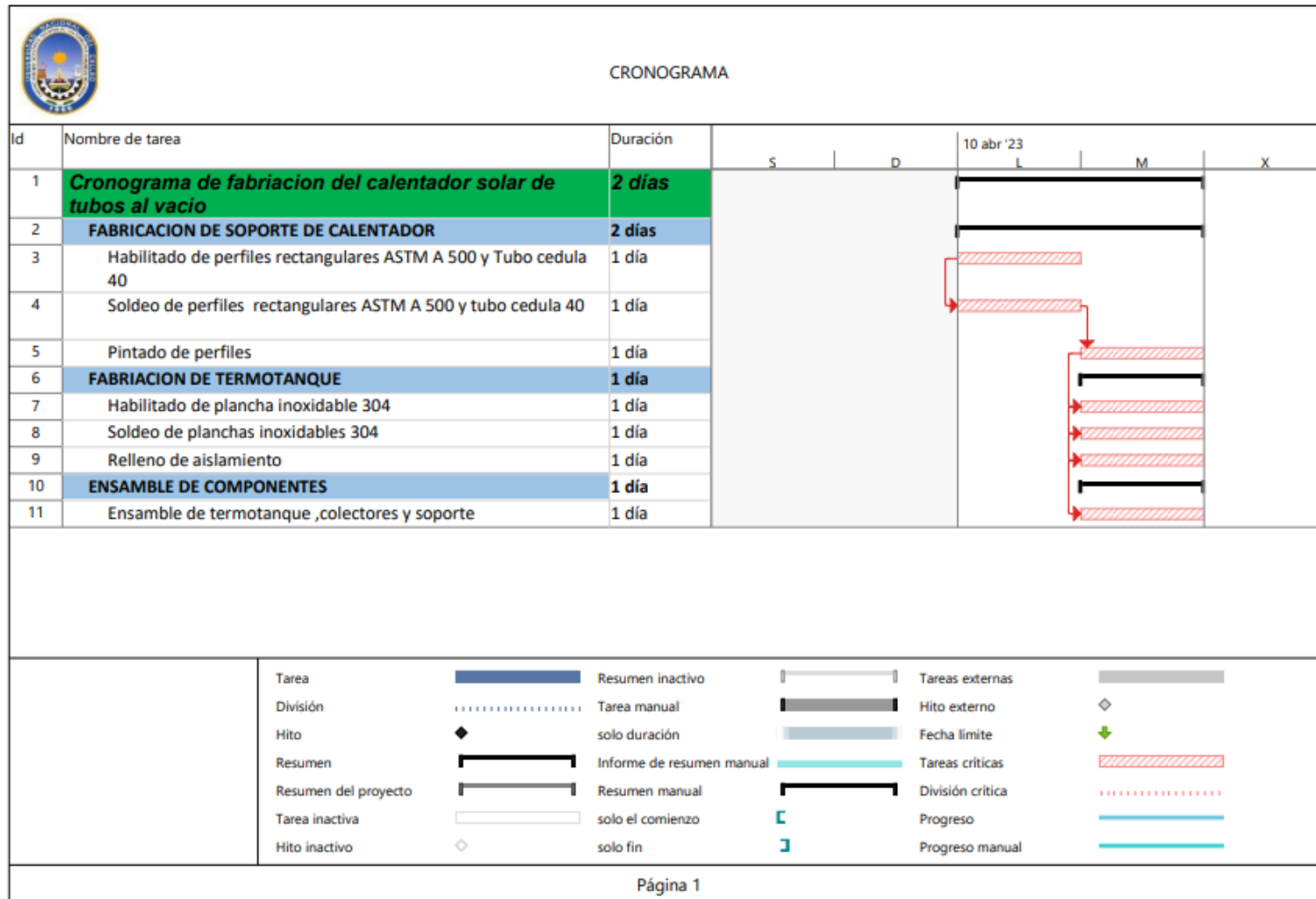
Anexo 14 Plano de fabricación del soporte



Anexo 15 Plano general de instalación del calentador solar



Anexo 16 Cronograma de ejecución



Anexo 17 Registro fotográfico



Visita al colegio Andrés Avelino Cáceres



Recolección de datos para la determinación de la demanda de agua caliente