



Diseño de un bebedero solar a partir de refrigeración por adsorción

Christian Mauricio Rodríguez Botero

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Guadalajara de Buga, Colombia
2020

Diseño de un bebedero solar a partir de refrigeración por adsorción

Christian Mauricio Rodríguez Botero

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero electromecánico

Director (a):
Ing. Adriana López Vargas, MSc.

Línea de Investigación:
Aprovechamiento de energías renovables

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Guadalajara de Buga, Colombia
2020

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por permitir realizar un logro más en mi vida y poder continuar con mis metas prescritas de mi vida.

A mis padres, esposa, hijos, hermana y demás familiares por siempre apoyarme a continuar luchando a través de las adversidades y alentándome para cumplir con mis propósitos.

A mi tutora la ingeniera Adriana López y al ingeniero Alejandro Ibarra y demás profesores por ayudarme con sus conocimientos, paciencia y tiempo para realizar este proyecto de grado.

Por último, agradecer a la universidad Antonio Nariño sede Buga por permitir realizar mis sueños.

Resumen

En este proyecto se realizó el diseño de un bebedero solar a partir del uso de refrigeración por adsorción, entendiendo este método como una forma de producir frío sin el uso de energía eléctrica para alimentar el ciclo, sino gaseoso, utilizando como fuente principal la energía solar térmica. El objetivo principal, es entonces proyectar un bebedero que haga uso exclusivamente de energía solar para su funcionamiento, teniendo en cuenta las variables climáticas y radiación de la ciudad de Buga, como también buscando la simplicidad y funcionalidad del diseño final. Como resultado, se obtiene un bebedero que utiliza un sistema de refrigeración de acuerdo a una cantidad de agua estimada para consumo, con los componentes requeridos para el aprovechamiento solar térmico, obteniendo una propuesta que hace uso exclusivo de la energía solar para su funcionamiento, tanto para la refrigeración como para el accionamiento de elementos eléctricos, tales como la bomba sumergible y sensores de temperatura y nivel.

Palabras clave: Bebedero solar, refrigeración por adsorción, energía solar térmica, energía solar fotovoltaica.

Abstract

In this project, the design of a solar trough was carried out from the use of adsorption cooling, understanding this method as a way of producing cold without the use of electrical energy to feed the cycle, but gas, using solar energy as the main source thermal. The main objective, then is to design a drinking fountain that makes use exclusively of solar energy for its operation, taking into account the climatic variables and radiation of the city of Buga, as well as seeking the simplicity and functionality of the final design. As a result, a trough is obtained that uses a cooling system according to an estimated amount of water for consumption, with the components required for solar thermal use, obtaining a proposal that makes exclusive use of solar energy for its operation, both for refrigeration and for the activation of electrical elements, such as the submersible pump and temperature and level sensor.

Keywords: Solar drinker, adsorption cooling, solar thermal energy, photovoltaic solar energy.

Contenido

Resumen	Pág.
	IX
Lista de figuras	XV
Lista de tablas	XVI
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVII
Introducción	1
1. El problema	3
1.1 Antecedentes del problema	3
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Alcance	5
2. Problemática	7
2.1 El agua y el cuerpo humano	8
2.1.1 Pérdida por evaporación	8
2.1.2 Pérdida por heces	8
2.1.3 Pérdida a través del sudor	8
2.1.4 Pérdida por la orina	8
2.2 Deshidratación	9
2.2.1 Complicaciones	9
2.3 Envases de un solo uso	10

2.4	Energías renovables	11
2.5	Bebedero de agua fría	11
2.6	Principio de operación	12
2.7	Tipos de flujo	12
2.8	Pérdidas de energía	12
2.9	Tipos de bomba	13
2.10	Ciclo de refrigeración	15
2.10.1	Refrigeración por adsorción	15
2.11	Radiación solar en buga	16
2.12	Sistema fotovoltaico	17
2.13	Energía solar térmica	19
2.14	Sistemas electrónicos	21
2.16	Impacto ambiental	22
3	Caracterización	23
3.1	Historia del bebedero de agua fría	23
3.2	Ubicación	23
3.3	Mueble del bebedero	24
3.4	Despiece	24
3.5	Ergonomía	25
3.6	Capacidad de enfriamiento	26
3.7	Radiación solar	26
3.7.1	Clima promedio en Buga-Valle	26
3.7.2	Nubosidad	27
3.7.3	Energía solar	28
4	Diseño del sistema solar térmico	31
4.1	Base de funcionamiento de la energía solar térmica	31

4.2	Componentes de funcionamiento	32
4.2.1	Intercambiador	32
4.2.2	Rendimiento del sistema de adsorción	38
5.	Bebedero de agua	46
5.1	Descripción	46
5.2	Información técnica	46
5.2.1	Pedestal	46
5.2.2	Tapa	47
5.2.3	Desagüe	48
5.2.4	Tubería	48
5.2.5.	Grifo	48
5.2.6.	Sensores	48
5.2.7	Tanque	49
6	Diseño solar fotovoltaico	55
6.1	Descripción	55
6.2	Componentes eléctricos	55
6.3	Estimación de consumo	56
6.4	Ángulo de inclinación de los paneles	57
6.5	Energía a generar por el bloque generador	57
6.6	Tipo de panel	57
6.7	Cantidad de paneles	58
6.8	Dimensionamiento del banco de baterías	59
6.9	Dimensionamiento del regulador de carga	60
6.10	Máxima corriente de carga y descarga	61
6.11	Dimensionamiento del inversor	61
7	. Manual de funcionamiento y mantenimiento	63
8	Conclusiones	66

8.1	Conclusiones	66
8.2	Recomendaciones	67
A.	Anexo: Despiece del bebedero	69
B.	Anexo: Tipos de bebedero y características	70
C.	Anexo: Principio de operación	71
D.	Anexo: Planos	72
E.	Anexo: Características del panel	77
	Bibliografía	78

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Contenido de agua en el cuerpo.....	7
Figura 2-2: Ergonomía del bebedero.....	11
Figura 2-3: Flujo a través de una válvula.....	134
Figura 2-5: Bomba eléctrica sumergible.....	14
Figura 2-6: Ciclo de refrigeración por adsorción.....	16
Figura 2-7: Irradiación en Buga.....	177
Figura 2-8: Efecto fotoeléctrico.....	18
Figura 2-9: Sistema solar térmico.....	20
Figura 3-1: Ubicación de bebedero universidad.....	23
Figura 3-2: Ficha técnica.....	24
Figura 3-3: Altura y posición del bebedero.....	25
Figura 3-4: Temperatura máxima y mínima promedio.....	27
Figura 3-5: Categoría de nubosidad.....	27
Figura 3-6: Energía solar de onda corta.....	28
Figura 4-1: Funcionamiento básico del sistema.....	31
Figura 4-2: Condensador.....	41
Figura 4-3: Evaporador.....	42
Figura 4-4: Colector.....	442
Figura 5-1: Bebedero de agua.....	475
Figura 5-2: Sensor de temperatura.....	486
Figura 5-3: Sensor de nivel de agua óptico LGDZ.....	497
Figura 5-4: Bomba sumergible.....	50
Figura 5-5: Diagrama de rango.....	51
Figura 6-1: Panel solar policristalino.....	586
Figura 6-2: Regulador.....	608
Figura 6-3: Ensamble general.....	60

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Consumo de agua en humanos.	9
Tabla 2-2: Tipos de radiación solar.....	17
Tabla 2-3: Componentes del sistema solar fotovoltaico	18
Tabla 2-4: Sensores según su aplicación.....	21
Tabla 4-1: Tubería de cobre.....	33
Tabla 4-2: Propiedades del agua saturada.....	331
Tabla 4-3: Propiedades del agua.	35
Tabla 4-4: Coeficiente de desempeño del sistema de adsorción.....	39
Tabla 5-1: Características del material.....	464
Tabla 6-1: Estimación del consumo eléctrico (Wh/día).....	564
Tabla 6-2: Características	586
Tabla 6-3: Inversor 12V.....	619
Tabla 6-4: Descripción	60
Tabla 7-1: Manual de funcionamiento y mantenimiento.	61

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
A	Área de un círculo	m ²	$A = \pi r^2$
ΔT_{ma}	Temperatura media de la masa	°C	$\Delta T_{ma} = \frac{T_i + T_e}{2}$
V	Velocidad	m/s	Ec. 4.3
\tilde{V}	Velocidad volumétrica	m ³ /s	Ec. 4.4
\dot{m}	Flujo másico	Kg/s	E,c 4.5
Q	Razón de transferencia de calor	W	Ec 4.6
\bar{V}	Velocidad media	m/s	Ec 4.7
Re	Número de Reynolds		Ec 4.8
Nu	Número de Nusselt		Ec 4.9
h	Coefficiente de transferencia de calor	W/m ² °C	Ec 4.12
Ra	Número de Rayleigh		Ec 4.13
ho	Factor de convección tubería exterior	W/m ² °C	Ec 4.17
U	Coefficiente de transferencia	W/m ² °C	Ec 4.18
ΔT_{ml}	Temperatura media logarítmica	°C	Ec 4.20
As	Área superficial	m ²	Ec 4.21
L	Longitud	m	Ec 4.22
p	Número de paso	m	Ec 4.23
Dih	Diámetro interior de hélice	m	Ec 4.24
Deh	Diámetro exterior de hélice	m	Ec 4.25
N	Número de vueltas		Ec 4.26
Vserp	Volumen del serpentín	m ³	Ec 4.27

Va	Volumen de anulo	m ³	Ec 4.28
Vflujo	Volumen de flujo	m ³	Ec 4.29
g.p.h	Galones por hora		
H	Altura del serpentín	m	Ec 4.30

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
Δ	Delta		

Subíndices

Subíndice	Término
[^]	Elevado

Introducción

Dada la importancia de la hidratación en el contexto actual, donde el calentamiento global ha aumentado las temperaturas en muchas ciudades del mundo (Barbosa, 2014), las instituciones educativas no pueden ser ajenas a esta necesidad. En ese sentido, el trabajo a desarrollar plantea la solución a una problemática que ha sido ampliamente abordada por distintos profesionales en diversos ámbitos (Bonilla, 2017; Granados, Holguín y Perdomo, 2015), como es la ubicación de un bebedero para uso de estudiantes, directivos, docentes y personal en general.

En este caso, el proyecto desarrollado tiene como objetivo general presentar el diseño de un bebedero de agua fría, el cual usará energía solar térmica, para así producir una refrigeración a través de un proceso de adsorción y energía fotovoltaica, de esta manera se consigue reducir el uso de botellas plásticas en la forma de empaques de un solo uso que prolifera con las bebidas empacadas, ya sea que se trate de agua, jugos, energizantes u cualquier tipo de alternativa, que en muchos casos no son más que productos con un alto nivel de azúcar, llegando incluso a incidir en problemas de salud para quien los consume, ya sea por riesgo de obesidad, diabetes u otras enfermedades (Sánchez, Romero, Arroyave, García, Giraldo y Sánchez, 2015).

Para el logro del objetivo planteado, se establece la definición de los límites que implica el sistema de enfriamiento, así como los requerimientos técnicos para lograr su máxima eficiencia. De igual manera, se define y diseña un intercambiador de calor, para hacer más viable el proceso de enfriamiento. Dado que se trata de un sistema basado en el uso de energía solar, se realiza también el diseño y selección del ciclo de refrigeración más oportuno para el bebedero, identificando así los componentes requeridos.

Sumado a lo dicho, se expone una representación del diseño final del bebedero, a partir de un software CAD, con sus respectivos planos. Por último, se presenta la síntesis de un manual de funcionamiento y mantenimiento, que permita, en caso de llevarse a la realización, obtener los mejores resultados y garantizar la vida útil del aparato.

Es importante aclarar que el proyecto planteado no alcanza la realización física del bebedero, llegando su aporte al diseño y presentación de todos los cálculos requeridos para la elección de los componentes, así como los diámetros de tuberías, bombas, paneles solares, etc. requeridos para la construcción del mismo, siendo así una herramienta relevante para la Universidad Antonio Nariño, en caso de que se plantee la posibilidad de llevarlo a la práctica, razón por la cual cada ecuación y elemento teórico abordado se sustenta en autores relevantes para darle credibilidad al proyecto.

Metodológicamente, se partió de una revisión documental, que permitiera ubicar trabajos semejantes, los cuales sirvieron de punto de partida para el planteamiento de objetivos y fijación de limitantes del proyecto. Posteriormente se identificaron los fundamentos teóricos, centrados en el libro de Cengel (2006) sobre mecánica de fluidos; Cengel (2007) sobre transferencia de calor y Cengel y Boles (2008), sobre termodinámica. De igual manera, se tuvo en cuenta trabajos sobre bombas centrifugas (Fernández, 2007); variables fotovoltaicas (Barbosa, 2013); normativa sobre energía solar (Álvarez, 2012); entre otros referentes que posibilitaron el desarrollo de los cálculos necesarios para alcanzar un diseño eficiente.

Estructuralmente, el presente proyecto abre con la problematización, para dar paso a la caracterización del sistema y su posterior diseño, siguiendo para ello los lineamientos planteados durante la revisión documental y teórica. Posteriormente se presenta el manual de funcionamiento y mantenimiento, para cerrar con un conjunto de conclusiones, que no pretenden agotar un tema tan amplio, sino servir de referente para investigaciones semejantes. A esto se suman algunas recomendaciones, que aportan a futuros investigadores interesados en desarrollar este tipo de tecnología.

1. El problema

1.1 Antecedentes del problema

La hidratación es importante para el cuerpo humano, debido a que esto permite el correcto funcionamiento del mismo, lo que impacta directamente en la salud y bienestar. En promedio, se aconseja beber agua regularmente (algunos refieren uno o dos litros de agua diarios) aunque esto puede aumentar o disminuir dependiendo del organismo, las actividades realizadas, el entorno donde se encuentre, etc. Usualmente, las temperaturas ambientales altas producen sudoración, como un método natural que tiene el cuerpo humano para regular su temperatura interna. En consecuencia, el cuerpo pierde agua y es propenso a deshidratarse (Ortega, 2016).

Considerando que la temperatura ambiente de la ciudad de Buga oscila entre los 19 °C y 30°C y con sensaciones térmicas de 30°C a 32°C entre las 10 am y las 3.00 pm, ocasionando que el cuerpo humano sienta la necesidad de hidratación (Weather Spark, 2020); situación que favorece el consumo de bebidas hidratantes que vienen usualmente en envases desechables, generando contaminación ambiental por plásticos de un solo uso que tardan 450 años en descomponerse, según lo indica la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018). Junto al problema de los residuos, estas bebidas pueden contener altos niveles de azúcar, como es el caso de las gaseosas y jugos, generando también afectaciones a futuro en la salud (Araneda, et al., 2017).

Como alternativa a la problemática descrita, en algunas instituciones de educación superior (por ejemplo, el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA), se han instalado bebederos de agua fría para el beneficio de la comunidad. Estos bebederos usualmente consumen dos recursos, agua y energía, siendo la última la encargada de la refrigeración. El consumo eléctrico de estos elementos es de alrededor de 133 kWh/mes, según su diseño (Inducol, 2020). Es así como los bebederos se instalan para lugares con un alto

número de personas como gimnasios, instituciones educativas, entre otros. No obstante, ante el consumo energético que representa, surge la alternativa de las energías renovables, con el fin de suplir la necesidad de consumo, con una solución innovadora para proteger el medio ambiente. Específicamente, hablando de la energía solar, esta puede ser aprovechada directamente al convertirse en energía eléctrica, pero también en energía térmica, sirviendo tanto para calefacción como para climatización (Selectra, 2020). En ese orden de ideas, resulta conveniente contar con una solución de hidratación para la comunidad de la Universidad Antonio Nariño, sede Buga, la cual tenga un mínimo impacto ambiental, utilizando energía alternativa para su funcionamiento.

1.2 Justificación

Para minimizar el impacto ambiental de consumo en envases de un solo uso se propone la implementación de un bebedero de agua fría en la Universidad Antonio Nariño, sede Buga, de ser llevado a cabo sería una solución para mantener un punto de hidratación adecuado que genere un hábito al consumo natural de ese recurso; así mismo, con este diseño se fomentará el uso de energía renovables.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un bebedero de agua fría que use energía solar térmica para la refrigeración y energía solar fotovoltaica para el funcionamiento del sistema eléctrico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir los límites y requerimientos del sistema
- Definir y diseñar un intercambiador de calor para el enfriamiento
- Diseñar y seleccionar el sistema solar térmico para el ciclo de refrigeración
- Diseñar y seleccionar los componentes del sistema solar fotovoltaico
- Representar el diseño final con un software CAD y la elaboración de los planos correspondientes

- Elaborar un manual de funcionamiento y mantenimiento

1.4 Alcance

Al finalizar el proyecto se entregarán las memorias de cálculo, planos generales, una representación CAD tridimensional, el manual del usuario y el plan de mantenimiento. En este caso, el bebedero de agua fría solo será diseñado y no se contempla la construcción del mismo.

1.5 Metodología

Definir los límites y requerimientos del sistema, se proponen los siguientes pasos:

- Establecer el número de bebederos según el número de usuarios y la norma NTC 15000 (Capítulo 6, Tabla 3).
- Identificar los componentes mínimos del sistema (mueble, conexiones y materiales) (Capítulo 8 norma INIFED)
- Definir la altura requerida (Capítulo 9.1.3, norma INIFED).
- Definir la ubicación del bebedero (Capítulo 9.6.4, norma INIFED)
- Delimitar la capacidad de enfriamiento, será una decisión de diseño basada en equipos comerciales afines.

Diseñar y seleccionar el sistema solar térmico para el ciclo de refrigeración, se realizan los siguientes pasos metodológicos:

- Consultar la radiación solar en Buga de Weather spark, meteoblue e IDEAM.
- Consultar aspectos de diseño (Cardozo, 2005)
- Calcular las necesidades energéticas (Pérez, 2010)
- Definir los materiales térmicos según la NTC 2774 (ICONTEC, 2008).
- Dimensionar los colectores según la norma NTC 5434 (Parte 1 y 2) (ICONTEC, 2008)
- Calcular el coeficiente de desempeño del sistema de refrigeración (Osama, 2018).
- Validar el diseño de acuerdo a tecnologías de refrigeración por adsorción (Capítulo 4) (Noriega, 2012).

Diseñar y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico, se tiene en cuenta los siguientes pasos:

- Establecer y seleccionar los medidores de nivel (Capítulo 5) y los sensores del equipo (Capítulo 6) (Creus sole, 2010).
- Dimensionar y seleccionar la bomba de acuerdo al caudal (Capítulo 9, Tabla 1) (INIFED, año) y el tipo de bomba (Capítulos 5 y 8) (Guevara et al 2016).
- Calcular el consumo eléctrico de los componentes (Valdivieso, 2014)
- Seleccionar los componentes y análisis del sistema según la norma NTC 2883(2008) y Prado (2008).
- Seleccionar el calibre de los conductores según la NTC 20250 (ICONTEC, 2019).

Representar el diseño final en un software CAD y elaborar los planos correspondientes, se realiza lo siguiente:

- Seleccionar el software CAD para dibujar
- Elabora una representación general del equipo
- Elabora un plano esquemático del equipo

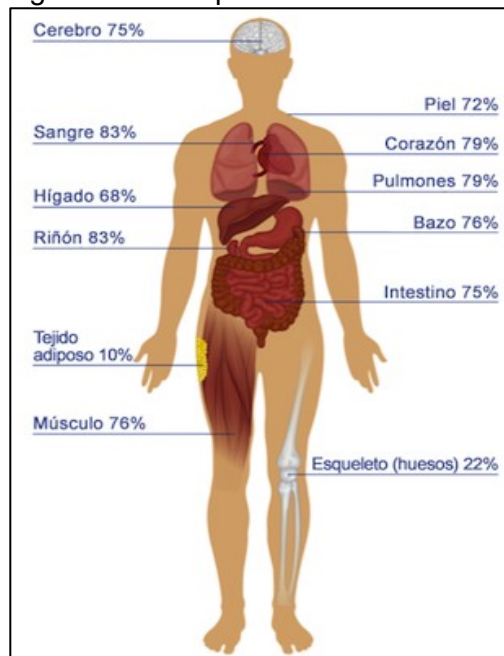
Elaborar un manual de funcionamiento y mantenimiento, se definen los pasos, condiciones de funcionamiento y frecuencia de mantenimiento de las partes críticas del sistema.

- Definir los pasos y condiciones para el funcionamiento
- Definir las frecuencias de mantenimiento y las partes críticas del sistema

2. Problemática

En el departamento del Valle del Cauca se manifiesta una temperatura promedio entre 19 y 30 grados centígrados, siendo julio y agosto los meses donde se presentan más días calurosos (Toda Colombia, 2020). Sumado a esto, la población está más expuesta al calor por el cambio climático ya que los efectos de las altas temperatura tienden a aumentar, ocasionando un cambio metabólico, limitando al organismo a mantener su temperatura generando deshidratación, calambres de calor, hipertermia y agotamientos entre otros síntomas. Por tanto, el agua es elemento primordial y está constituido en todos los órganos y células, el contenido de agua es un 83% en la sangre y un 10%, en los tejidos adiposos, según lo expone el portal especializado Hydration for Health (2018). La figura 2-1, da cuenta de la distribución del agua en el cuerpo humano.

Figura 2-1: Contenido de agua en el cuerpo.



Fuente: Hydration for Health (2018).

2.1 El agua y el cuerpo humano

La pérdida de agua se genera al orinar, sudar e inconscientemente a través de la piel, la respiración y las heces. Estas pueden variar de acuerdo a la temperatura, consumo de líquido, dieta y actividad física (Educarm, 2019).

2.1.1 Pérdida por evaporación

Esta se realiza por los pulmones al respirar, en las personas con poca actividad física está perdida oscila entre 250 a 300 mL al día y las personas activas su pérdida está entre los 500 a 600 mL al día (Gal, López, Martín, 2007).

2.1.2 Pérdida por heces

Aproximadamente se pierde 200 mL al día y aumenta al presentar diarrea entre 5 y 8 veces (Gal, López, Martín, 2007).

2.1.3 Pérdida a través del sudor

El sudor es producido por las glándulas sudoríparas y tiene un contenido de un 99% de agua, 0,5 % minerales (potasio y cloruro de sodio) y 0,5% de sustancia orgánicas (urea y ácido láctico). Está pérdida a través del sudor es generada por actividad física, humedad y temperaturas altas (Gal, López, Martín, 2007).

2.1.4 Pérdida por la orina

Está pérdida puede variar entre 500 y 2500 mL al día, siendo importante ya que mantiene un equilibrio de líquidos en el cuerpo, como también cumple la función de expulsión de residuos solutos (urea, creatinina, sodio, potasio y cloruro) (Gal, López, Martín, 2007). La ingesta de líquidos a través de los alimentos sólidos y toma de agua oscila entre el 20 y 30 %, el consumo ideal de agua entre alimentos y bebidas dependerá de la edad (tabla 2-1).

Tabla 2-1: Consumo de agua en humanos.

Edad	Consumo de agua (alimentos y bebidas)
0-6 meses	680 mL/día (por medio de la leche materna)
6-8 meses	800 a 1000 mL /día
1-2 años	1100 a 1200 mL/día
2-3 años	1300 mL/día
4-8 años	1600 mL/día
9-13 años (niñas)	1900 mL/día
9-13 años (niños)	2100 mL/día
Mayores de 14 años (mujeres)	2000 mL/día
Mayores de 14 años (hombres)	2500 mL/día
Embarazadas	2300 mL/día
Lactancia	+600 a 700 respecto a adultos
Personas mayores	Igual

Fuente: Hydration for Health (2018).

2.2 Deshidratación

Es producida a consecuencia de pérdida de líquidos mayor a los ingeridos, presentando un desequilibrio en el organismo. Esto es generado por olas de calor, por actividad física intensa o por estados patológicos como la diarrea, vómito, etc. Los síntomas principales son sed, malestar, resequeidad de la piel, pérdida de apetito, aumento del ritmo cardiaco y temperatura corporal alta. Muchas veces no se produce una alerta temprana de la ingesta de líquido en el organismo, por tal motivo es de suma importancia la toma de agua en lugares calurosos o cuando se está enfermo. Las causas de no beber agua son por situaciones simples por estar ocupado, enfermo o por no tener un acceso de agua potable (García, 2019).

2.2.1 Complicaciones

La deshidratación puede llevar a diversas complicaciones como cuando realizamos deportes y no tomamos el suficiente líquido esta ocasionara calambres musculares, en otras situaciones pueden causar también cálculos renales, igualmente si se pierden

electrolitos los cuales son los encargados de llevar las señales eléctricas de una célula a otra (García, 2019).

2.2.2 Prevención

Para no llegar a puntos críticos es recomendable beber mucha agua, consumir alimentos ricos en agua (frutas y vegetales), la sed es una alerta la cual tenemos que ponerle la mayor atención (García, 2019).

2.3 Envases de un solo uso

Los envases de un solo uso son aquellos como su nombre lo indica son utilizados una vez y desechados. En los últimos años el uso de este elemento ha causado daño tanto a la vida terrestre como a la fauna marina, ya que su descomposición en el mar tardará unos 500 años; se estipuló que alrededor de unos 8 millones de toneladas de este plástico se encuentra en el mar según la ONU (2019), cada minuto se compran un millón de botellas en el mundo, este organismo estipula que de seguir con este hábito para el año 2050, habrá una cifra de 12 millones de toneladas en la naturaleza y en los basureros, esta entidad, dio ejemplo eliminando de sus oficinas estos envases.

En la universidad Antonio Nariño sede buga la mayoría de estudiantes adquiere este tipo de envase. Si realizamos el ejemplo con un alumno del Programa de Ingeniería Electromecánica que consume dos botellas de agua en un día de clases normal, se calcula que en el mes se consumen 8 botellas, por lo tanto, se puede contribuir a minimizar la contaminación en el medio ambiente.

Bebidas hidratantes y energizantes

Este tipo de bebida es recomendada solo para el personal que esté realizando una actividad física intensa, su uso indebido puede repercutir en complicaciones en el organismo, su contenido está basado en una combinación de agua y sales minerales (sodio, potasio, cloro y magnesio) y otras, existen algunas bebidas con alto contenido de azúcar por consiguiente aumenta la obesidad y la diabetes, por lo que en varios países están tomando medidas como el no consumo de este tipo de bebidas en las escuelas e

universidades. Las bebidas energizantes ayudan a dar energía ya que contiene altas cantidades de cafeína, guaraná y carbohidratos.

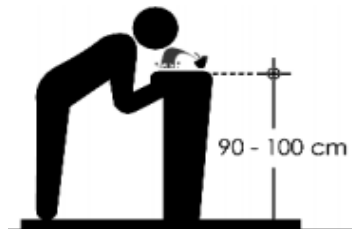
2.4 Energías renovables

El uso de este tipo de energías ha resultado de gran aceptación para suplir necesidades energéticas, ya que se protege el medio ambiente, como por ejemplo la energía solar la cual se puede aprovechar tanto para energía eléctrica como térmica (calefacción y climatización) (Cubillos y Estenssoro, 2011).

2.5 Bebedero de agua fría

Este equipo tiene la capacidad de suministrar agua fría en cualquier momento. Según la norma NTC 1500, los materiales de fabricación de su estructura interna y externa no deben permitir la contaminación por humedad y salpicadura. Además, debe tener una prueba de hermeticidad en la tubería. Según la norma, se debe instalar 1 por cada 100 personas, debe tener una capacidad de salida de caudal de 10 L/min y una presión de flujo de 55 kPa, un diámetro de tubería de 0,5 pulgadas y una fuente de agua potable (Icontec, 2017). La norma planteada por el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (Inifed, 2015), sugiere que el bebedero debe contener los elementos mostrados en el Anexo A, soportar 100 Kgf sin deformarse e incluir ergonomía (Figura 2-2). Así mismo, todo artefacto electrónico debe estar protegido contra sobretensión (Icontec, 1998). Los bebederos cuentan con suministro de corriente a pesar de que cuentan con certificado de ecología. De acuerdo a su necesidad y ubicación se clasifican los bebederos de agua. (Anexo B).

Figura 2-2: Ergonomía del bebedero



Fuente: Inifed (2015)

2.6 Principio de operación

El proceso de enfriamiento de agua en el bebedero está constituido por el ciclo de refrigeración por adsorción, ya que el sistema solar térmico se encarga de enfriar el agua. Esta llegará a un tanque en el que se realiza el proceso de adsorción durante la noche, siendo el encargado de enfriar el agua para el suministro. Se analizó así, cuál de los pares absorbentes tiene el mejor coeficiente de desempeño (COP) determinando la capacidad de enfriamiento. Para el sistema solar, fotovoltaico, se calculó su diseño con respecto al consumo generado por las piezas eléctricas sensores y bomba (Anexo C).

2.7 Tipos de flujo

Al interior del bebedero, el agua debe ser transportada desde el tanque hasta la salida. Eso se realiza a través de conductos y accesorios. En esta aplicación particular esto se realiza en flujo laminar, para evitar salpicaduras. El flujo laminar se define por el Número de Reynolds, si su valor es inferior a 2300. Por su parte, el flujo turbulento se caracteriza por que sus fluidos son caóticos, desordenados, fluctuaciones aleatorias y rápidas regiones giratorias llamadas remolinos (Cengel, 2006). En la ecuación 2.1. se muestra como hallar el número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2.1)$$

Donde ρ es la densidad del fluido, D es el diámetro interno, v es la velocidad al interior del conducto y μ es la viscosidad dinámica del fluido.

2.8 Pérdidas de energía

Para transportar fluidos a través de conductos y accesorios, se requiere de un nivel de energía determinado. La energía está directamente relacionada con la potencia necesaria para que la bomba mantenga el flujo. Para ello, es necesario cuantificar las pérdidas por fricción y accesorios, esto se puede realizar de acuerdo a la ecuación 2.2 de Darcy-Weisbach:

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (2.2)$$

En la ecuación 2.3 de determina como hallar las pérdidas de carga

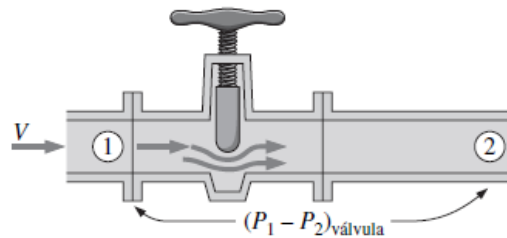
$$hk = k \frac{v^2}{2g} \quad (2.3)$$

Donde f es el factor de fricción del material, v es la velocidad del fluido a través del conducto, D es el diámetro del conducto, k es el factor de pérdida de cada accesorio y g es la aceleración de la gravedad. Para el flujo laminar, el factor de fricción se puede encontrar de acuerdo a la ecuación 2.4:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.4)$$

Otra forma de encontrar el factor de fricción es utilizando el diagrama de Moody. Por su parte, el coeficiente k de cada accesorio depende del tipo de accesorio, su tamaño y geometría. Los accesorios son válvulas, codos, filtros, reducciones, ampliaciones, entre otros. En la figura 2-3, se representa la obstrucción que resulta al interior de una válvula de cortina. En los puntos 1 y 2 se miden las presiones, donde la presión en 2 es menor debido a la pérdida de energía. Para la selección del tipo de conducto para el fluido se debe a la razón de flujo y la presión deseada de los tipos de conductores tuberías o mangueras (Cengel, 2006).

Figura 2-3: Flujo a través de una válvula



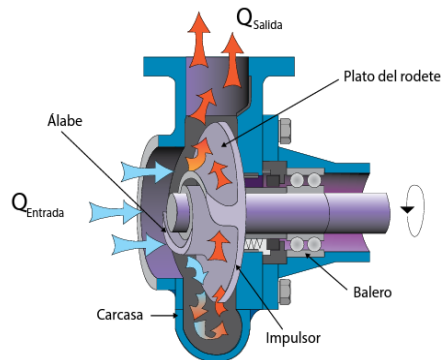
Fuente: Cengel y Boles (2008)

2.9 Tipos de bomba

Se denomina bomba a la máquina hidráulica que impulsa líquido y transforma la energía hidráulica (velocidad y presión). Se clasifican en bombas rotodinámicas cuyo principio de

operación es la ecuación de Euler (cambio en la magnitud y dirección de las velocidades en los alabes del impulsor) y las de desplazamiento positivo que se basa en el principio de la generación de cavidades

Figura 2-4: Bomba centrífuga



Fuente: Fernández (2007).

Las bombas utilizadas en los bebederos son las rotodinámicas de tipo radial. Las bombas son aquellas en las que el líquido entra de forma axial y sale de forma radial. Es común que un bebedero cuente con una bomba radial sumergible, es un tipo especial, pues la bomba está inmersa en el tanque de succión, como se muestra en la figura 2-5.

Figura 2-5: Bomba eléctrica sumergible



Fuente: Seekol (2020).

2.10 Ciclo de refrigeración

La refrigeración es la transferencia de calor de una región de temperatura inferior hacia una temperatura superior. Los dispositivos que producen refrigeración se llama refrigeradores y en los ciclos en que operan se llaman ciclos de refrigeración, los cuales son los siguientes (Cengel y Boles, 2008)

- Compresión de vapor
- Refrigeración de cascada
- Refrigeración por gas
- Refrigeración por absorción
- Refrigeración por adsorción
- Refrigeración termoeléctrica

Debido a que este proyecto se aplica el ciclo de refrigeración por adsorción, este se describe a continuación:

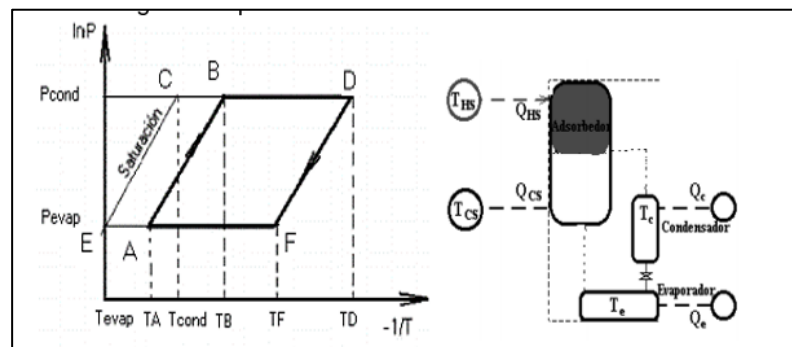
2.10.1 Refrigeración por adsorción

El ciclo de refrigeración por adsorción no requiere ningún tipo de energía mecánica, se necesita solo de una transferencia de calor con una fuente térmica (Noruega y Pérez 2011). Este sistema consiste en varios adsorbentes solidos (ubicados en un reactor), condensador, una válvula de expansión y un evaporador. Las etapas de adsorción son:

- **Calentamiento más presurización (A-B)** El adsorbedor recibe calor de una fuente externa mientras está cerrado. La temperatura aumenta generando que la presión del adsorbato gas en el sólido aumente desde la presión de la evaporación
- **Calentamiento y desorción más condensación (B-C).** El adsorbedor continúa recibiendo calor y está conectado al condensador, llega un momento donde supera la presión del condensador y estas diferencias de presiones hacen que el adsorbato sea liberado en forma de vapor.
- **Enfriamiento y despresurización (C-D)** El adsorbedor libera calor y la temperatura comienza a disminuir, generando que la presión disminuya desde el valor de condensación al de evaporación.

- **Enfriamiento y adsorción más evaporación (D-A)** El adsorbedor continúa cediendo calor conectado al evaporador; su temperatura disminuye ocasionado que baje la presión hasta llegar a una más baja que la de evaporación y provoca que el adsorbato sea adsorbido de nuevo por el adsorbente. El agua al ceder su calor al adsorbato, se enfría hasta llegar incluso a congelarse (Guallar y Lorente, 2005) (Figura 2-6).

Figura 2-6: Ciclo de refrigeración por adsorción



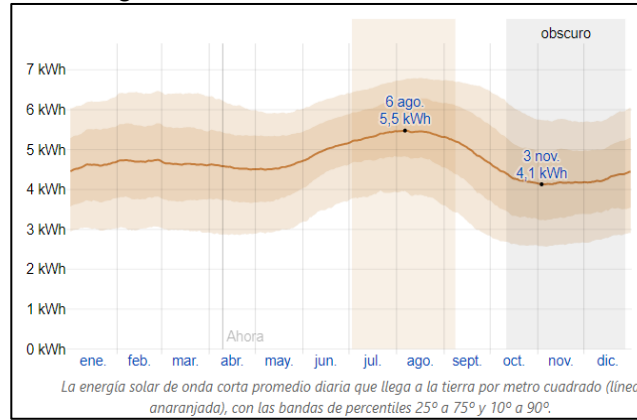
Fuente: Guallar y Lorente (2005)

Los materiales que se usan como adsorbentes son fibras de carbón activo, carbones activos, zeolitas y geles de silicio. Como adsorbatos son el metanol formando un par de adsorción con los carbones activos, las fibras de carbón activo y el agua formado un par de adsorción con las zeolitas.

2.11 Radiación solar en buga

En Buga, el período más resplandeciente dura 2.2 meses de julio a septiembre incidiendo un promedio de onda corta de $5,2 \text{ kWh/m}^2$ (figura 2-7). En función de cómo llegan los rayos del sol a la superficie terrestre se nombran tres componentes de radiación solar (tabla 2-3), donde la potencia radiante que llega a la tierra es $1/3$, pero igual esto infiere en el lugar donde se mida (Ideam, 2014; MeteoBlue, 2020).

Figura 2-7: Irradiación en Buga.



Fuente: Weather Spark (2020)

Tabla 2-2. Tipos de radiación solar.

Directa	Radiación que incide en una superficie, sin sufrir cambio de dirección.
Difusa	Sufre el cambio en la dirección de reflexión y difusión en la atmosfera.
Albedo	Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo.

Fuente. Méndez y Cuervo (2007).

2.12 Sistema fotovoltaico

Permite la transformación de radiación solar en electricidad, por medio de células fotovoltaicas integradas en módulos solares. Este sistema independiente de su utilización tiene elementos esenciales para su instalación (Tabla 2-4). El efecto fotovoltaico consiste en que un rayo de luz solar direccionado hacia un metal, generara que un fotón al chocar con electrón lo desprenda del metal y bajo ciertos parámetros genere flujo de electrones (corriente eléctrica), la energía requerida para desprender un electrón del átomo depende del material (Méndez y Cuervo, 2007). Las celdas solares son construidas con placas de silicio comprendida con átomos negativos en unas de sus caras y positivos en la otra. Este átomo que contiene electrones de valencia, se dopará con fosforo para formar la zona **N**, para el efecto contrario se realiza el dopaje con boro desarrollando un semiconductor tipo **P** y unión de estos dos generando corriente eléctrica (Figura 2-8).

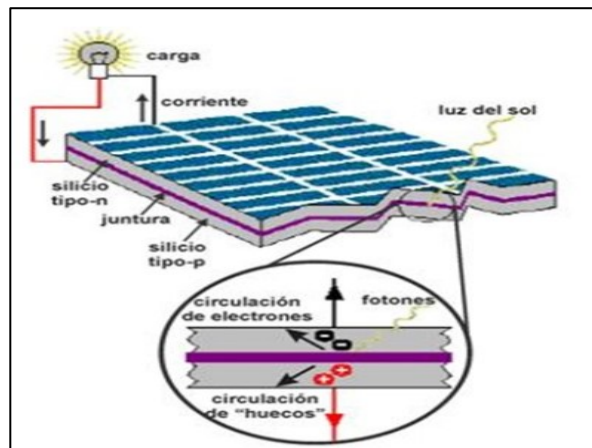
Para la instalación se debe tener en cuenta el consumo necesario, posteriormente se tiene que calcular la potencia total, teniendo en cuenta la potencia de cada uno de los elementos que se quiere conectar y las horas de funcionamiento durante un día en Wh/d (ecuación 2-5). Se debe conocer si el consumo es en corriente continua o alterna ya que se debe tener en cuenta si se dimensiona un inversor o no, como también el banco de baterías a utilizar, para ello se utiliza la ecuación (2-6). Como el consumo varía en función de la tensión, se calcula la energía máxima de la instalación en (Ah/d) a través de la ecuación (2-7) (Perpiñán, 2018).

Tabla 2-3: Componentes del sistema solar fotovoltaico

Módulo solar (panel solar)	Es el que se encarga de modificar la radiación solar en energía eléctrica, su construcción es por semiconductores (silicio), su condición ideal 1kW/m^2 y temperatura de 25°C
Baterías (acumulador)	Son utilizadas como sistema de almacenamiento energético para poder utilizarlo en momentos de autonomía
Regulador de carga	Evita la sobretensión y mantiene la correcta carga de la batería
Inversor	Trasforma la corriente continua en corriente alterna en el caso de Colombia a 120 V
Elemento de protección del circuito	Funcionan como interruptores de desconexión

Fuente: Méndez y Cuervo (2007).

Figura 2-8. Efecto fotoeléctrico.



Fuente. Es Renovable (2018).

Si la instalación requiere corriente alterna, se necesita un inversor. La autonomía del sistema es aquella donde la instalación trabaja sin necesidad de que suministre energía desde los paneles por baja radiación. Se refiere a aquellos días donde el sistema solo uso energía almacenada en baterías, debido a que la irradiación no es suficiente. Es importante tener presente las pérdidas, sumándolas como se muestra en la (Ecuación 2-8). Al valor calculado del consumo se le debe aumentar, para mantenerlo en condiciones aceptables. (Piriz, 2013).

$$E(\text{pot max día}) = \Sigma \text{cantidad de horas} * P \quad (2 - 5)$$

$$P = V * I \quad (2 - 6)$$

Posteriormente se calcula la energía máxima de instalación a través de la (ecuación 2-7)

$$E \text{ max inst} = \frac{E (\text{pot máx día})}{V \text{ bateria}} \quad (2 - 7)$$

Por medio de la (ecuación 2-8), hallamos las perdidas

$$kt = [1 - (kc + kb + kr + kx)] * [1 - \frac{(ka * D \text{ aut})}{pd}] \quad (2 - 8)$$

A continuación, se muestra la ecuación 2-9, para un aumento del 20 %.

$$E \text{ max diario} = 1.2 * E \text{ max inst} \quad (2 - 9)$$

Posteriormente se calcula el consumo máximo de energía ($E_{\text{máx.}}$), utilizando la ecuación 2-11.

$$E \text{ max} = \frac{E \text{ max día}}{kt} \quad (2 - 11)$$

2.13 Energía solar térmica

Es la transformación de radiación solar en calor, la cual se puede utilizar para la refrigeración por medio de un ciclo de adsorción; como también puede ser aprovechado

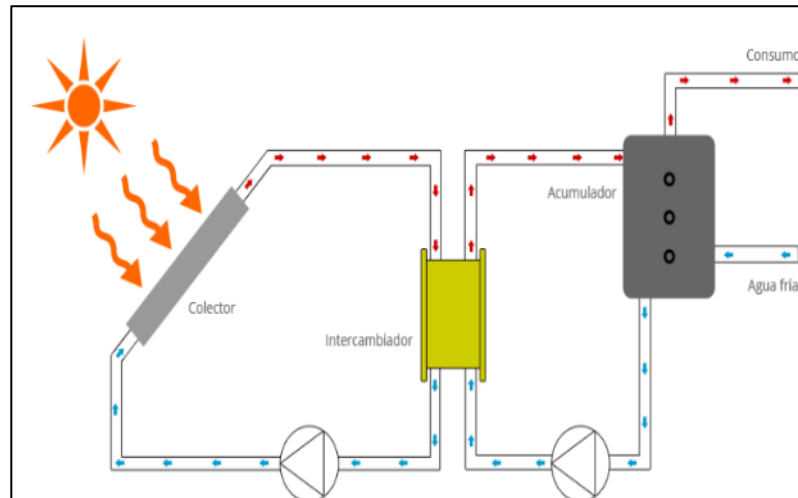
para la generación termoeléctrica. Otra aplicación es el calentamiento del agua, donde el panel solar recibe los rayos de sol y de esta manera absorbe su energía en forma de calor, por medio del panel se pasa agua la cual eleva su temperatura y esta es almacenada (Figura 2-9). Los elementos principales de una instalación solar son, según Quero (2011)

- Captadores solares: su función es transformar la radiación solar y transferirla al fluido calor portador.
- Intercambiador: en el que el fluido portador cede calor al agua.
- Acumulador: Guarda el agua para su posterior uso.
- Auxiliar o de apoyo: su principio es completar la contribución solar cuando este no alcance la demanda
- Circuito hidráulico: Transporte del fluido
- Control: Asegura el funcionamiento del sistema.

Los elementos de seguridad que se necesitan para garantizar que la instalación trabaje en buenas condiciones son (Rivas 2016):

- Vasos de expansión: a mediada que al elevar la temperatura también aumenta su volumen, este elemento absorbe este aumento
- Válvula de seguridad: controla la presión en el circuito.
- Purgadores: extrae el aire que se acumula en el interior del circuito.
-

Figura 2-9: Sistema solar térmico.



Fuente. Eresco ambiental (2015).

Existen normativas que rigen para la instalación y construcción de paneles solares, tales como las Normas Técnicas Colombianas (NTC) NTC 2775, NTC 1736, NTC 2883, NTC 2025/GTC 114, las baterías NTC 2959, NTC 5287 e instalaciones características NTC 2025/GTC 114, colectores solares térmicos (Acevedo, 2016; Álvarez, 2012).

2.14 Sistemas electrónicos

El sensor es un aparato de medición que detecta la magnitud de una variable física y lo cambia por una señal; existen diferentes tipos de sensores, de acuerdo al tipo de variable que se va a medir y se clasifican como se muestra en la Tabla 2- 6.

Tabla 2-4: Sensores según su aplicación.

Aplicación	Sensores
Iluminación	Foto resistivos /fotoeléctricos
Temperatura	Termistores
Humedad	Resistivos /capacitivos
Posición	Mecánicos /resistivos /magnéticos
Presencia	Infrarrojos /ultrasonido
Presión	Piezoeléctricos /resistivos

Caudal	Piezoeléctricos /magnéticos resistores
Frio/calor	Células termoeléctricas

Fuente. Ruiz y García (2010)

2.16 Impacto ambiental

La consecuencia de utilizar energías no renovables al largo de los años ha generado importantes daños en el medio ambiente, por ejemplo:

- Disminución de los recursos no renovables.
- Las emisiones dirigidas a la atmosfera como el óxido de azufre, el monóxido de carbono y otros contaminantes.
- La contaminación acústica y visual de fuentes energéticas.

Sumando a lo dicho, la demanda de energía en Colombia a finales del 2019 creció 4,02 %, de la cual el Valle del Cauca la demanda de 7160 GWh. La energía generada por medio de hidroeléctricas es del 68.3%, mientras la solar térmica es de 30.7% (Minenegía, 2019). En cual es de suma importancia el incentivar la investigación y el uso de energías renovables.

3 Caracterización

3.1 Historia del bebedero de agua fría

El conocimiento que se tiene de su origen es una población francesa en 1903 como fuente de agua pública, eran muy comunes en el imperio romano según Medina (2017).

3.2 Ubicación

El número de bebederos se determina según la norma NTC 1500 del capítulo 3.1 de acuerdo al lugar de instalación y número de ocupantes (Icontec, 2004). Para el caso de universidades este sería uno (1) por cada 150 estudiantes. Actualmente la sede cuenta con un promedio de 100 estudiantes, por lo tanto, sería un solo bebedero para la institución. Sin embargo, a futuro se podría replicar para cubrir las necesidades al aumentar la población estudiantil.

Su ubicación cerca de la cocina del primer piso es sugerida para contar con una toma de agua cercana y que sea para todo el personal de la universidad. (Figura 3-1)

Figura 3-1: Ubicación de bebedero universidad.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Mueble del bebedero

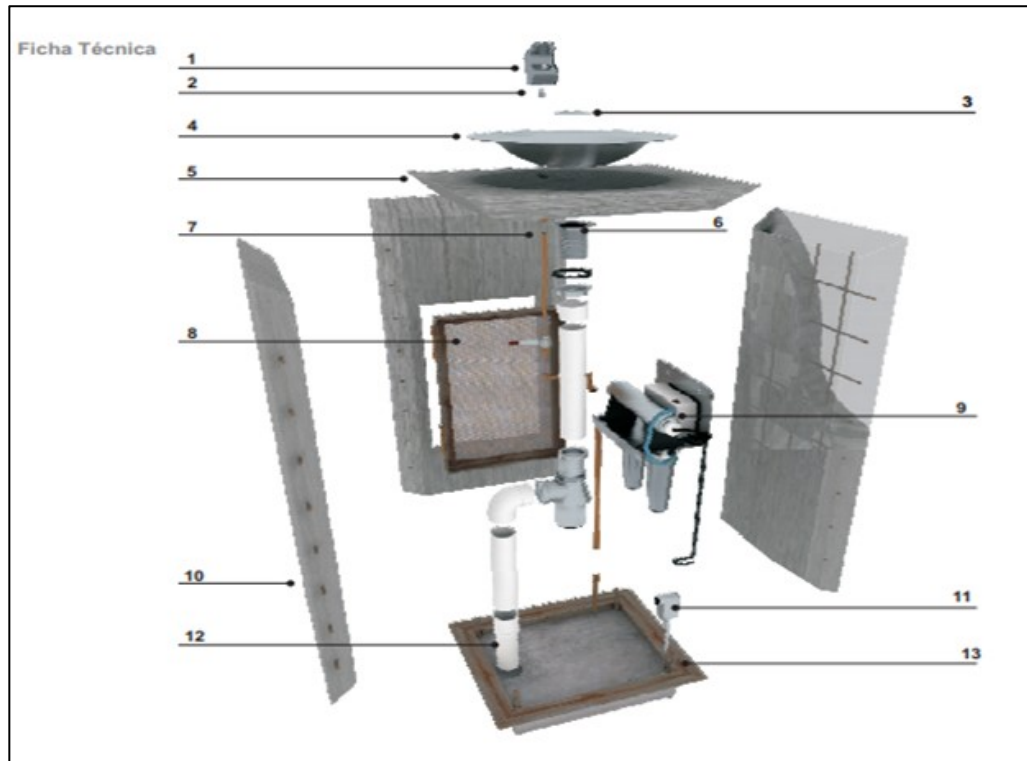
Para el diseño del bebedero de agua fría se debe tener en cuenta ciertos requerimientos basada en la norma INIFED:

- El material debe ser resistente a la contaminación o corrosión, su capa exterior fácil de limpiar, sus esquinas redondas para evitar accidentalidad.
- Debe ser fijado al piso y que pueda soportar un peso de 100 kg sin desfiguración en su geometría física.
- Contar con la normativa de sistemas electrónicos en NTC 2050.

3.4 Despiece

En la figura 3-2 se muestran las partes de un bebedero de agua, según la norma INIFED, 2015.

Figura 3-2: Ficha técnica.



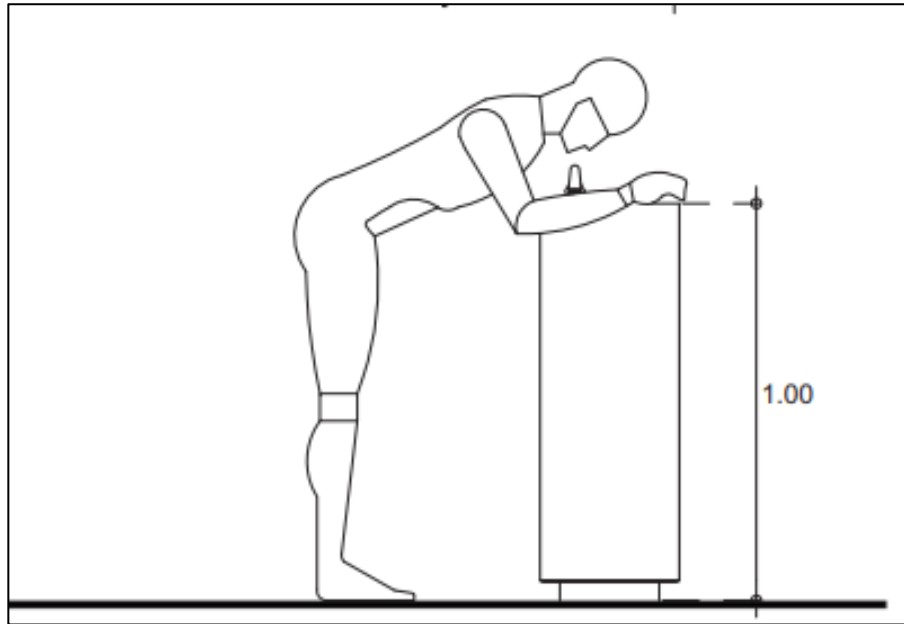
Fuente: Inifed (2015).

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Boquilla | 8. Puerta de acceso |
| 2. Tornillo de sujeción de la boquilla | 9. Purificador |
| 3. Rejilla | 10. Tapa cubierta |
| 4. Desagüe | 11. Toma de corriente eléctrica |
| 5. Mueble de desagüe | 12. Sistema de desagüe |
| 6. Tubería de desagüe | 13. Base |
| 7. Toma de agua | |

3.5 Ergonomía

Según la norma mexicana NMX-080-SCFI-2015 la altura recomendada es la que se muestra en la figura 3-3.

Figura 3-3: Altura y posición del bebedero.



Fuente: Inifed 2015.

3.6 Capacidad de enfriamiento

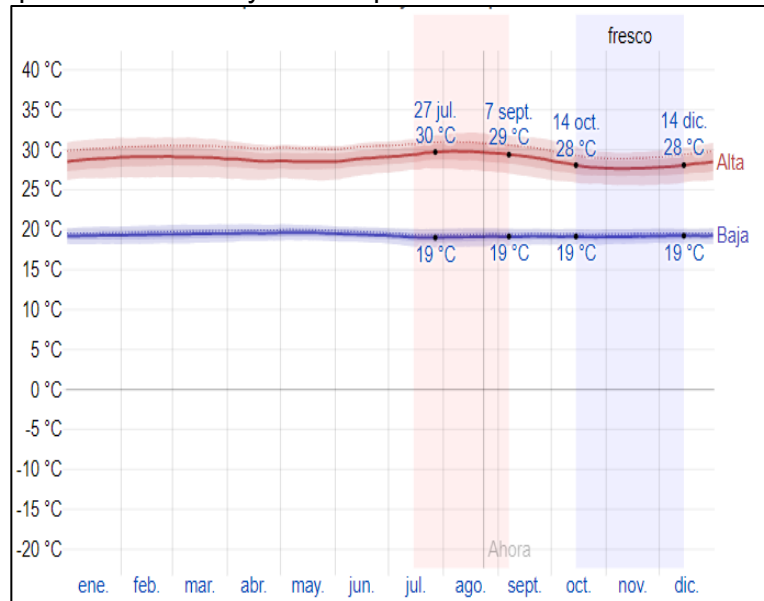
La salida de presión de la llave debe ser de $0,20 \text{ Kgf/cm}^2$ según la norma mexicana mencionada anteriormente, con una capacidad de 18 litros. Su temperatura de operación debe estar entre 0° C y 4° C , con un caudal de $0,000012 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.7 Radiación solar

3.7.1 Clima promedio en Buga-Valle

La temperatura de Buga oscila entre 19° C y 30° C debido al cambio climático por el calentamiento global esta temperatura puede aumentar a principios de junio y terminan a mediados de septiembre, el día más caluroso del año es el 6 de agosto (Weather Spak, 2020), (figura 3-4).

Figura 3-4: Temperatura máxima y mínima promedio.

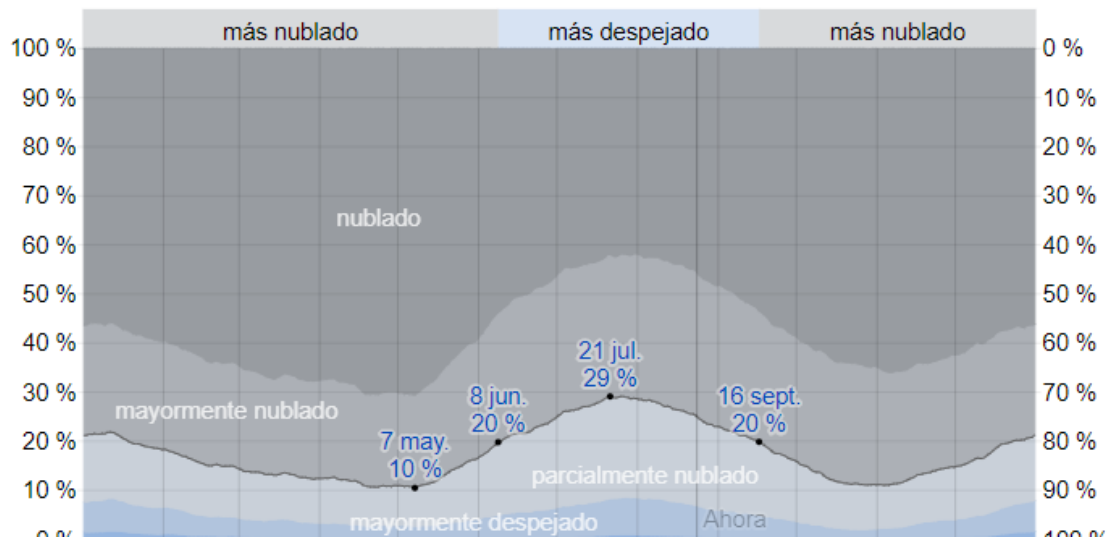


Fuente: Weather Spak (2020).

3.7.2 Nubosidad

Los días con mayor nubosidad del año inicia el 16 de septiembre y termina el 8 de junio (figura 3-5).

Figura 3-5: Categoría de nubosidad.

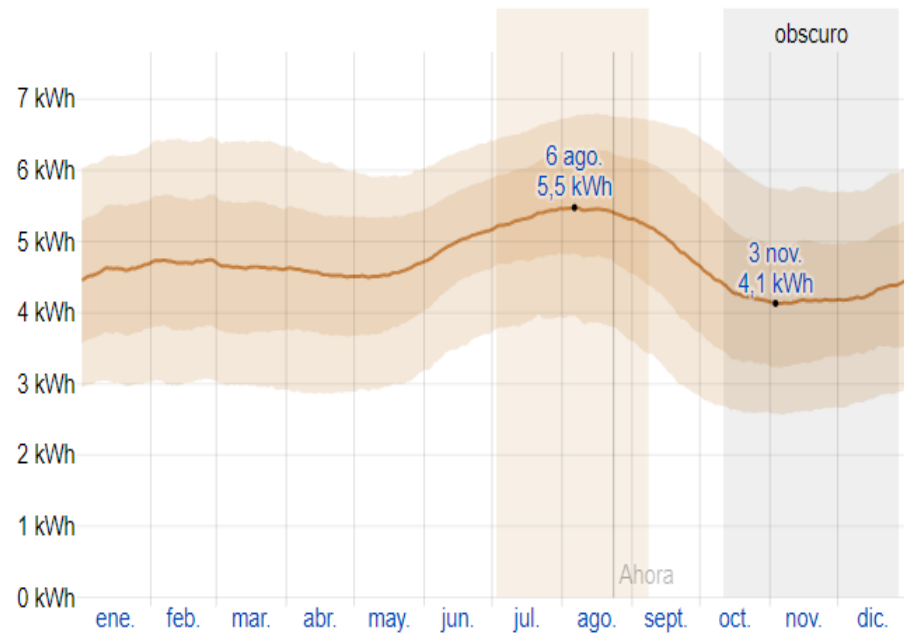


Fuente: Weather Spak (2020).

3.7.3 Energía solar

La onda corta incidente diaria que llega a la superficie de la tierra, se toma en cuenta el cambio estacional de la permanecia del día, del acenso del sol, la absorción de las nubes y otras situaciones atmosféricas. La fase más resplandeciente es del 2 de julio al 8 de septiembre con una energía de onda corta incidente superior a $5,2 \text{ kWh(m}^2\text{)}$, el periodo más oscuro inicia el 11 de octubre y termina el 28 de diciembre, con una onda corta incidente de $4,4 \text{ kWh (m}^2\text{)}$ y el día más oscuro es el 3 de noviembre con una onda corta incidente de $4,1 \text{ kWh (m}^2\text{)}$ (Weather Spak, 2020), (Figura 3-6).

Figura 3-6: Energía solar de onda corta.



Fuente: Weather Spak (2020).

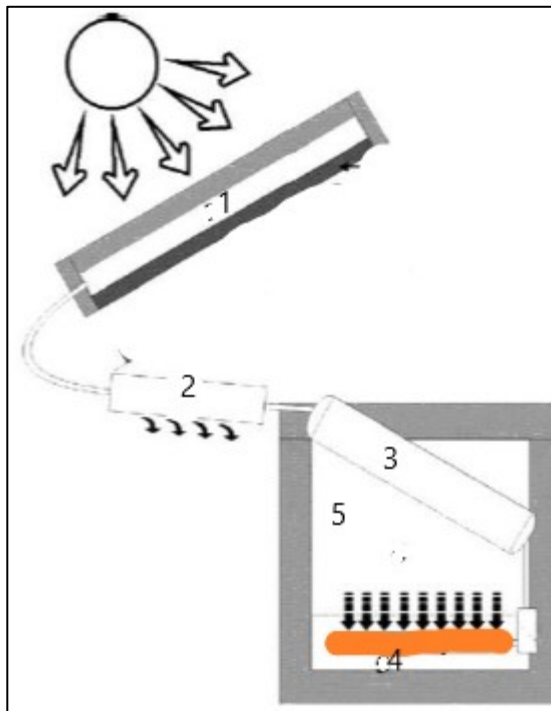
La caracterización descrita en este apartado, deja en claro que el bebedero debe estar ubicado en un punto estratégico, tanto por la necesidad que tiene de recibir la luz solar, como por la incidencia que debe alcanzar entre el personal universitario, para que así puedan acceder a sus beneficios. Con respecto a la ergonomía, la altura debe ser de 1 metro, con un caudal de $0,000012 \text{ m}^3/\text{s}$ (12 gph) y el agua se proyecta suministrar a una temperatura de 4°C . El material del mueble exterior es de acero inoxidable según las normas consultadas.

4 Diseño del sistema solar térmico

4.1 Base de funcionamiento de la energía solar térmica

La energía solar térmica es utilizada para obtener agua fría por medio de un proceso de refrigeración por adsorción. En la figura 4-1 se muestra el funcionamiento básico del sistema.

Figura 4-1: Funcionamiento básico del sistema.



Fuente: Pons y Guillemont (1986).

Este método de refrigeración por adsorción surgió a finales de 1970, donde el estudio de adsorción se realizó primero utilizando zeolita-agua. Por su parte, Pons y Guillemont (1986), dedujeron que este podría ser la base de los refrigeradores solares y lo

desarrollaron con los pares adsorbentes carbón activado -metanol para producir 6k de hielo en un día alcanzando un Coeficiente de Desempeño de 0,12 como se muestra más adelante en la tabla 4-4.

4.2 Componentes de funcionamiento

Para la recepción de energía solar térmica son indispensable ciertos elementos

- Captador solar térmico
- Condensador
- Evaporador
- Serpentín como intercambiador
- Carcasa del evaporador
- Tubería de un ¼" para la comunicación del sistema

4.2.1 Intercambiador

El intercambiador se realiza en forma de serpentín, ubicado en la caja del evaporador, donde ingresa agua a 25° C; realizando un cambio de temperatura a 4°C para que el bebedero pueda entregar agua fría al personal de la universidad. El material seleccionado para realizar este serpentín el cobre por su alta conductividad térmica, como también es un material utilizado en la construcción de bebederos de agua fría comercial (ELKAY 2020).

- **Tubería intercambiadora:** la tubería será diseñada de tipo M ya que estas son utilizadas mayormente para instalaciones de agua fría y caliente.

- **Caracterización:** su color de identificación es rojo, es rígido, su longitud de tramo es de 6.10 m, sus características están expuesta en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Tubería de cobre.

Medida Nominal In Mm	Diámetro Exterior In Mm	Diámetro Interior In Mm	Espesor de Pared In Mm	Peso Lb/pie Kg/m	Peso por Tramo Lb Kg	Presión Máxima Psi Kg/cm ²	Presión Constante Psi Kg/cm ²	Flujo G.p.m l.p.m
1/4	0.375	0.325	0.025	0.107	2.132	6.133	1,226	
6.35	9.525	8.255	0.635	0.159	0.968	431.15	86.18	
3/8	0.500	0.450	0.025	0.145	2.903	4.500	900	2.247
9.50	12.700	11.430	0.635	0.216	1.318	316.35	63.27	8.507
1/2	0.625	0.569	0.028	0.020	4.038	4.032	806	4.064
12.7	15.875	14.453	0.711	0.304	1.854	283.45	56.66	15.38
3/4	0.875	0.811	0.032	0.328	6.566	3.291	658	10.65
19	22.225	20.599	0.812	0.488	2.981	231.35	46.25	40.33
1	1.125	1.055	0.035	0.465	9.310	2.800	560	21.97
25	28.575	26.767	0.889	0.693	4.227	196.84	39.36	83.18

Fuente: Sitasa (2018)

Se selecciona una tubería de diámetro nominal 3/8” de acuerdo a la tabla 4-1. El sistema entregará un caudal de 0,000012m³/s (12 gph). Se asume una temperatura de entrada Ti de 25°C, se asume una temperatura de salida Te es de 4°C, con estos datos se encuentra la temperatura media de la masa en la (ecuación 4.1).

$$\Delta T_{ma} = \frac{25+4}{2} = 15^{\circ}C \tag{4.1}$$

Con esta temperatura media hallada, se obtienen las propiedades del agua saturada mostradas en la (tabla 4-2).

Tabla 4-2: Propiedades del agua saturada.

T°C	Densidad(ρ) [kg/m ³]	Calor específico (Cp.) [J/kg k]	Conductividad térmica (k) [W/m.K]	Viscosidad Dinamica (μ) [kg/m. s]	Número de Prantdtl (pr)
15	999,1	4186	0,589	1,38*10 ⁻³	8,09

Fuente: Cengel (2006)

El diámetro es el subrayado en la tabla 4-1, para el cálculo del serpentín son tomados los diámetros reales internos y externos de la tubería 3/8".

$$d_i = 11,4 \text{ mm} = 0,011 \text{ m}$$

$$d_e = 12,7 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

Luego se halla el área de la sección de la tubería, con la ecuación 4.2:

$$A = \pi(d_i^2)/4 \quad (4.2)$$

$$A = \frac{\pi(0,011(m))^2}{4} = 0,000094(m^2)$$

Con el área hallada en la ecuación 4.2, se encuentra la velocidad en la tubería por medio de la ecuación 4.3, y así se calcula el caudal con la ecuación 4.4, posteriormente se encuentra el flujo másico, buscando la densidad en la tabla 4-2 y se opera por medio de la ecuación 4.5.

$$V = \frac{q}{A} = \frac{0,000012\left(\frac{m^3}{s}\right)}{0,000094(m^2)} = 0,12\left(\frac{m}{s}\right) \quad (4.3)$$

$$Q = V * A = 0,12\left(\frac{m}{s}\right) * 0,000094(m^2) = 0,000012\left(\frac{m^3}{s}\right) \quad (4.4)$$

$$\dot{m} = \rho * \tilde{V} = 999,1\left(\frac{kg}{m^3}\right) * 0,000012\left(\frac{m^3}{s}\right) = 0,012\left(\frac{kg}{s}\right) \quad (4.5)$$

Al conocer las temperaturas de entrada y salida y el flujo másico es posible determinar la razón de transferencia con la ecuación 4.6.

$$Q = \dot{m} * C_p * (T_o - T_i) = 0,012\left(\frac{kg}{s}\right) * 4186\left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}\right) * (4 - 25) = 1053(W) \quad (4-6)$$

El número de Reynolds define si el flujo es laminar o turbulento, dependiendo si es mayor o menor el número crítico 2300, hallado por la (ecuación 4.7), la viscosidad cinemática se halla por medio de la ecuación 4.8, los datos de las propiedades son tomadas de la Tabla 4-2.

$$Re = \frac{v d_i}{\nu} \quad (4.7)$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1,138 * 10^{-3}\left(\frac{kg \cdot s}{m}\right)}{999,1\left(\frac{kg}{m^3}\right)} = 0,00000114\left(\frac{m^2}{s}\right) \quad (4.8)$$

El valor obtenido en la (ecuación 4.8), es remplazado en la (ecuación 4.7) para obtener el número de Reynolds, teniendo que:

$$Re = \frac{0,12\left(\frac{m}{s}\right)*0,011(m)}{1,13*10^{-6}\left(\frac{m^2}{s}\right)} = 1158$$

Como el número de Reynolds es menor que el número crítico, quiere decir que el flujo es laminar, se supone que la temperatura superficial (Ts), es constante (0°C) en la parte superior del serpentín, entonces se halla la diferencia media aritmética de temperatura (Tm), con la ecuación 4.9.

$$Tm = Ts - \frac{Ti+Te}{2} = 0^{\circ}C - \frac{25^{\circ}C+4^{\circ}C}{2} = 14,5^{\circ}C \tag{4.9}$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección forzada (h) del tubo interior se encuentra por medio de la ecuación 4.10.

$$Q = h * As * (Ts - Tm) \tag{4-10}$$

Para la obtención del coeficiente se despeja la ecuación anterior dando como resultado:

$$h = \frac{Q}{(Ts-Tm)*As} = \frac{1053 (W)}{(0-14.5)^{\circ}C*0,00094(m^2)} = 773294\left(\frac{W}{m^2} \text{ } ^{\circ}c\right)$$

Se repite la operación para hallar el coeficiente de transferencia de calor por convección natural de la parte exterior del tubo, con una temperatura $Tf = \frac{Ts+T\infty}{2} = \frac{25+0}{2} = 10,5$. Las propiedades del agua saturada con la temperatura de película hallada, se toma la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Propiedades del agua.

T°C	Densidad(p) Kg/m3	Calor especifico (Cp.) KJ/kg	Conductividad Térmica (k) W/ms.	Viscosidad Dinámica (μ) Kg/ms.	Numero de Prandtl (Pr)	Coeficiente De expansión Volumétrica (β) 1/k
12.5	999,4	4190	0,584	0,0012	8,77	0,000433

Fuente: Cengel (2006).

Para encontrar el coeficiente de transferencia universal, con el fin último de hallar la longitud requerida para el serpentín, se deben hallar otros valores. A través de la ecuación 4.11, se halla el número de Rayleigh y la viscosidad cinemática con la ecuación 4.13, asumiendo un valor de gravedad g de $9,81 \frac{m}{s^2}$, el diámetro exterior del tubo $0,012m$, el coeficiente de expansión volumétrica (β) y el número de Prandtl de la Tabla 4-4:

$$Ra = \frac{g\beta(T_s - T_\infty) * d_e^3}{\nu^2} * Pr \quad (4.11)$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,0012 \left(\frac{kg}{s}\right)}{999,4 \left(\frac{kg}{m^3}\right)} = 0,0000012 \left(\frac{m}{s}\right) \quad (4.12)$$

Remplazando la (ecuación 4.11) y el número de Rayleigh queda:

$$Ra = \frac{9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right) * (0,00043)(k) * (21-0)k * 0,012^3 (m)}{(0,0000012 \left(\frac{m}{s}\right))^2} * 8,77 = 932261$$

Para proseguir con el número de Nusselt, de acuerdo a la tabla 9-1 de convención natural del libro de Cengel (2006) y hallado en la ecuación 4.15.

$$Nu = \left[0.6 + \frac{0,387 Ra^{0,16}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr}\right)^{0,56}\right]^{0,29}}\right]^2 = \left[0.6 + \frac{0,387(932261)^{0,16}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{8,77}\right)^{0,56}\right]^{0,29}}\right]^2 = 15,39 \quad (4.13)$$

El factor de convección de la tubería exterior se halla por medio de la ecuación 4-14:

$$ho = \frac{k}{de} * Nu = \frac{0,58 \left(\frac{w}{m \cdot c}\right)}{0,0127(m)} * 15,39 = 703 \left(\frac{w}{m^2} \cdot c\right) \quad (4.14)$$

Finalmente, el coeficiente total de transferencia de calor U , se halla por medio de la ecuación 4.15:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h} + \frac{1}{ho}} = \frac{1}{\frac{1}{773294 \left(\frac{w}{m^2} \cdot c\right)} + \frac{1}{703 \left(\frac{w}{m^2} \cdot c\right)}} = 707 \left(\frac{w}{m^2} \cdot c\right) \quad (4.15)$$

El área superficial es hallada del despeje de la ecuación 11.15 del libro de Cengel (2006), de la manera análoga de la ley de Newton de enfriamiento (ecuación 4-16):

$$Q = U * A_s * \Delta T_{ml} = A_s = \frac{Q}{U * \Delta T_{mL}} \quad (4-16)$$

La temperatura media logarítmica se resuelve con la ecuación 4.17.

$$\begin{aligned} \Delta T_{ml} &= \Delta T_1 = 0 - 4 = -4 \\ \Delta T_m &= \Delta T_2 = 0 - 25 = -25 \\ \Delta T_{ml} &= \frac{-4 - (-25)}{\ln\left(\frac{-4}{-25}\right)} = -11,4 \end{aligned} \quad (4.17)$$

Remplazando la ecuación 4.17 conseguimos el área superficial (ecuación 4.18):

$$A_s = \frac{1053(W)}{707\left(\frac{W}{m^2 \cdot C}\right) * -11,4^\circ C} = 0,13 (m^2) \quad (4.18)$$

La longitud requerida del tubo sería:

$$L = \frac{A_s}{\pi de} = \frac{0,13(m^2)}{\pi * 0,0127(m)} = 3,2(m) \quad (4.19)$$

A continuación, se determina el número de paso P para el serpentín (ecuación 4.20), el diámetro interior de la hélice D_{ih} (ecuación 4.21), el diámetro exterior de hélice D_{eh} (ecuación 4.22) y el diámetro promedio de hélice será 0.4 y B es el diámetro exterior por 3:

$$p = 1,5 * de = 1,5 * 0,0127(m) = 0,018(m) \quad (4.20)$$

$$D_{ih} = Dh + B = 0,4(m) + 0,036(m) = 0,0144(m) \quad (4.21)$$

$$D_{eh} = B + 2de + de = 0,036 + 0,024 + 0,012 = 0,072(m) \quad (4.22)$$

Con la longitud hallada y con los diámetros se prosigue a calcular el número de vueltas N con la (ecuación 4.23), el volumen ocupado por el serpentín (ecuación 4.24), el volumen del ángulo (ecuación 4.25) y el volumen disponible para el flujo (ecuación 4.26), para el diámetro interior del cilindro exterior se usa de 0,46m.

$$N = \frac{L}{\left(\sqrt{2} \cdot \pi \cdot \frac{Dh}{2}\right) + p^2} = \frac{3,2(m)}{\left(\sqrt{2} \cdot \pi \cdot \frac{0,4(m)}{2}\right) + 0,018m^2} = 2,85 \quad (4.23)$$

$$V_{serp} = \left(\frac{\pi}{4}\right) * de^2 * l = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (0,012m^2 * 3,5(m)) = 0,00039(m^3) \quad (4.24)$$

$$Va = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (Di^2 - B^2) * p = \left(\frac{\pi}{4}\right) * (0,46^2 - 0,036^2) * 0,018 = 0,0029(m^3) \quad (4.25)$$

$$V_{flujo} = Va - V_{serp} = 0,0029(m^3) - 0,00039(m^3) = 0,0025(m^3) \quad (4.26)$$

Para hallar la altura del serpentín H es hallada mediante la ecuación 4.27.

$$H = (N * p) + De = (2,85 * 0,018(m)) + 0,012 = 0,06(m) \quad (4.27)$$

4.2.2 Rendimiento del sistema de adsorción

El coeficiente del sistema de adsorción COP, es afectado por varios factores, como el coeficiente de conductividad térmica. Se están utilizando algunas mezclas para mejorar esta conductividad como lo es el grafito expandido con sales metálicas como el cloruro de calcio $CaCl_2$, bromuro de sodio (NaBr) y utilizando como adsorbente el amoníaco (NH_3). En el sistema de este proyecto se utiliza la mezcla de carbón activado – metanol (tabla 4-4), dado que presenta facilidad en su consecución y eficiencia en su implementación:

Este sistema de refrigeración trabaja con un adsorbato de carbón activado, el cual se encuentra en el colector y, al tener presencia o ausencia de la radiación solar directa permite generar un ciclo, regulado por un condensador, trabajando de día; este se refrigera con aire por convección natural, mientras el evaporador es el encargado de enfriar el agua en horas nocturnas; en el proceso, el metanol es inyectado en el evaporador al entrar en contacto con el carbón activado este genera un vacío en el sistema, completando así el ciclo de adsorción, estos elementos están conectados con una tubería de un $\frac{1}{4}$ de pulgada para el dimensionamiento del evaporador, condensador y colector.

Tabla 4-4: Coeficiente de desempeño del sistema de adsorción.

Aplicación	Temperatura de La fuente o Insolación	Par de trabajo	COP	Producción de Hielo	Referencias
Producción de hielo	$20 MJ m^2 - dia^{-1}$	Carbón activado - Metanol	0,12	$6 kg m^2 - dia^{-1}$	(Pons-Guillemint ,1986)
Producción de hielo	105 °C	Carbón activado - Amoniaco	0,1	$35 W.kg^{-1}$	(Tamainot-Telto, Critoph ,1997)
Agua fría	100 °C	Carbón activado - amoniaco	0,4	$73.1 W.kg^{-1}$	(Wang et al, 2001)
Producción de hielo	$15.4 MJ m^2 - dia^{-1}$	Silica gel -agua	0,16	$2.05 MJm^2 - dia^{-1}$	(hildebrand et al, 2004)
Agua fría	80 °C	Silica gel -agua	0,33-0,5	$91.7 - 171.8 W.kg^{-1}$	(Liu, Wang, Xia, 2005)
Aire acondicionado	204 °C	Zeolita - agua	0,16-1,6	$36 - 144 W.kg^{-1}$	(Tchernev DI, Emerson DT,1998)
Agua fría	65 °C	Bromuro de sodio - metanol	0,43-0,46	$129 - 137 W.kg^{-1}$	(Oliveira et al,2009)

Fuente: Noriega y Pérez (2011).

Para hallar la cantidad de masa del metanol y carbón activado se utilizan las siguientes condiciones: con masa de agua de (ecuación 4.30) líquida a 25 °C, que se convierten en hielo a 0 °C, la transferencia de calor se asume entre los tubos del evaporador y el medio, de 100 (W/m².k) y el coeficiente de transferencia de calor entre los tubos del condensador y el metanol asume de 350(W/m².k) de acuerdo al trabajo de Hernández y Córdoba (2011), para calcular la masa del metanol se procede por medio de la ecuaciones 4.28. Con el calor específico del agua Cp. 4,180 (kJ/kg. K) y una densidad de (ρ) 999,7(kg/m³):

$$m = v * \rho = 0,0025(m^3) * 999,7 \left(\frac{kg}{m^3}\right) = 2,5(kg) \quad (4.28)$$

Por medio de la ecuación 4.29 se calcula la transferencia de calor del agua en el colector:

$$Qc\ agua = Cp * Ma * \Delta T = 4,180 \left(\frac{KJ}{kg}\right) * 2,5(kg) * (25 - 0)k = 261(KJ) \quad (4.29)$$

El calor de fusión del agua $Lf\ agua = 333,15 \left(\frac{KJ}{kg}\right)$ se basa en los datos obtenidos de la tesis de (E. Hernández 2010):

$$Qs\ agua = Lf\ agua * M\ agua = 333,15 \left(\frac{KJ}{kg}\right) * 2,5(kg) = 832,67(KJ) \quad (4.30)$$

$$QT = Qc\ agua + Qs\ agua = 261(KJ) + 832,67 (KJ) = 1093,67 (KJ) \quad (4.31)$$

Son usados en la ecuación 4.32 de la tabla A2 del libro de Cengel (2006), el calor de vaporización del metanol (Lv) 1100(KJ/kg), para hallar el calor de transferencia total del metanol:

$$QT = Lv\ metanol * M\ metanol = M\ metanol = \frac{QT}{Lv\ metanol} \quad (4.32)$$

$$M\ metanol = \frac{1093,67 (KJ)}{1100 \left(\frac{KJ}{kg}\right)} = 0,99 (kg)$$

Con un factor de eficiencia de 0,8 utilizada por (E. Hernández 2010), se tiene una masa de 1,25 Kg por la ecuación 4.33:

$$M = \frac{M\ metanol}{COP} = \frac{0,99 (kg)}{0,8} = 1,25(kg) \quad (4.33)$$

Con la información de la tabla A9 del libro de Cengel (2006) y con una densidad (ρ) del metanol de 0,78 (kg/L) el volumen requerido se halla por la ecuación 4.34:

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{1,25(kg)}{0,78 \left(\frac{kg}{l}\right)} = 1,6(l) \quad (4.34)$$

En el condensador, el tiempo de condensación es de 3 horas, tomado de acuerdo a la página meteorológica Wather Spak (2020), donde las temperaturas más bajas se encuentran entre las 3:00 y 6:00 de la mañana. El calor latente de condensación del metanol Qc es el inverso del calor latente de evaporización del metanol -1100(kJ/kg), por la cual se halla donde se tiene la razón de transferencia del condensador, por la ecuación 4.27

$$Q_c = \frac{lc * M_{metanol}}{T * 3600(S)} = \frac{-1100 \left(\frac{KJ}{kg}\right) * 0,99(kg)}{3 * 3600(s)} = -100(W) \quad (4.34)$$

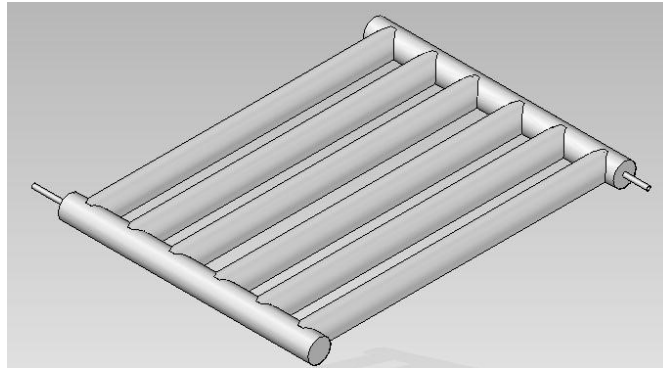
$$Q_c = h * A_{sc} * \Delta T \quad (4.35)$$

Se despeja la (ecuación 4.35) para hallar el área superficial del condensador:

$$A_{sc} = \frac{Q_c}{h * \Delta T} = \frac{100(W)}{350 \left(\frac{W}{m^2 * K}\right) * 1(K)} = 0,28(m^2)$$

Para el condensador, se escoge una tubería de acero inoxidable AISI 304 (Bonnet, 2020), con un diámetro de 30 mm y con espesor de 1 mm, el área de transferencia del condensador es de 0,30 m², de tal manera serian 6 tubos horizontales de 260 mm y dos verticales de 380 mm, este se inclina unos 30° y su refrigeración es al aire libre para que el flujo del metanol por medio de la gravedad se desplome más fácil. En la figura 4-2 se muestra el condensador.

Figura 4-2: Condensador.



Fuente: Hernández y Córdoba (2011).

Para el evaporador, se estipula un tiempo de 5 horas de evaporación (18,000 segundos), con un calor latente de evaporación del metanol $L_v = 1100$ (KJ/kg) y una masa del metanol $m = 0,99$ (kg), con estos datos se halla la cantidad de calor eliminada en el evaporador ecuación 4.36

$$Q_e = \frac{L_v * m_{metanol}}{T} = \frac{1100 \left(\frac{KJ}{kg}\right) * 0,99(Kg)}{18000(s)} = 60,5 (w) \quad (4.36)$$

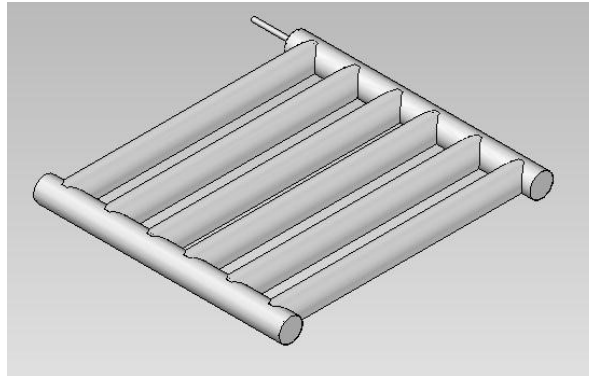
De la ecuación 4.37, despejándola obtendremos el área de evaporación:

$$Q_e = h * A_s * \Delta T \quad (4.37)$$

$$A_s = \frac{Q_e}{h * \Delta T} = \frac{60,5(w)}{100 \left(\frac{w}{m^2 \cdot k} \right) * 3(k)} = 0,20(m^2)$$

El área de transferencia del evaporador es de 0,20 (m²), se divide en 6 tubos verticales de 180 mm, con un diámetro de 30 mm, espesor de 1 mm, y 2 tubos verticales de 300 mm de largo para el intercambiador. (Figura 4-3)

Figura 4-3: Evaporador.



Fuente: Hernández y Córdoba (2011).

La carcasa está diseñada en fibra de vidrio, con una placa de aislamiento en espuma de fibra de vidrio, con unas medidas de 700 mm de largo ,270 mm de ancho y 80 mm de alto. Para determinar la conducción (Q), por medio de las paredes de la carcasa se aplica la ecuación 4.38, donde k es el coeficiente de la conductividad térmica de algunos materiales (Cengel, 2007). En este caso, el material que se va a utilizar es fibra de vidrio, cuya área (A) es la de la carcasa del evaporador, la temperatura T1 = 0 °C es la que corresponde a la parte interna del caracasa del evaporador, la temperatura T2 =32° que es la del medio ambiente local y el espesor (x) es la del material, en este caso es de 0,004 m.

$$Q = k . A * \frac{(T_2 - T_1)}{x} = 0,0043 \left(\frac{W}{m} * ^\circ C \right) * (0,7 * 0,45)m * \frac{(32 - 0)^\circ C}{0,004(m)} = 10,836(W) \quad (4.38)$$

Posteriormente se halla la resistencia térmica de pared (Cengel, 2007), de fibra de vidrio con la ecuación 4.39:

$$R_{pared1} = \frac{x}{K \cdot A} = \frac{0,004 \text{ m}}{0,0043 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) \cdot (0,7 \cdot 0,45) m^2} = 2,9 \text{ } ^\circ C/W \quad (4.39)$$

Se encuentra la resistencia de pared de la espuma de fibra de vidrio (Cengel, 2007) con un espesor de 0,09 m (Frescasa, 2020; Homecenter, 2020):

$$R_{pared 2} = \frac{0,09(m)}{0,0043 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) \cdot (0,7(m) \cdot 0,45(m))} = 66,4 \text{ } ^\circ C/W \quad (4.40)$$

La resistencia total de pared se halla mediante la ecuación 4.41.:

$$RT = 2,9 \text{ } (^\circ C/W) + 66,4 \text{ } (^\circ C/W) = 69,3 \text{ } ^\circ C/W \quad (4.41)$$

Para la conducción de calor a través de una pared plana se puede recomodar dando como resultado:

$$Q = \frac{T_s - T_m}{R_t} = \frac{(32 - 0)^\circ C}{69,3 \text{ } ^\circ C/W} = 0,4W \quad (4.42)$$

Obtenido ya la masa del metanol, se identifica la cantidad de carbón activado para su funcionamiento con la ecuación Dubinin Raduskevich (Hernández y Córdoba, 2011), mostrando en la ecuación 4.43 donde x representa la cantidad de masa de metanol por unidad de masa del carbón activado:

$$X = 0,316 e^{-1.12} * 10^{-6 \left(T \ln \left(\frac{P_s}{P} \right) \right)^2} \quad (4.48)$$

$$X = 0,316 e^{-1.12} * 10^{-6 \left(T \ln \left(\frac{1338,63 \text{ } (mm \text{ } Hg)}{21 \text{ } (mm \text{ } Hg)} \right) \right)^2} = 0,28$$

La (P) es la presión de vapor de metanol de 2799 Pa la (Ps) es la presión de saturación de 1778248 Pa y suponiendo una temperatura del carbón activado de 80 °C; dando como resultado X=0,28, lo que expresa que por cada kilogramo de carbón activado se tiene 0,28

kilogramos de metanol. De aquí, se determina que para 1,6L de metanol de 1,25 (kg) de masa se obtiene $1,25/0,28 = 4,46$ kg de carbón activado.

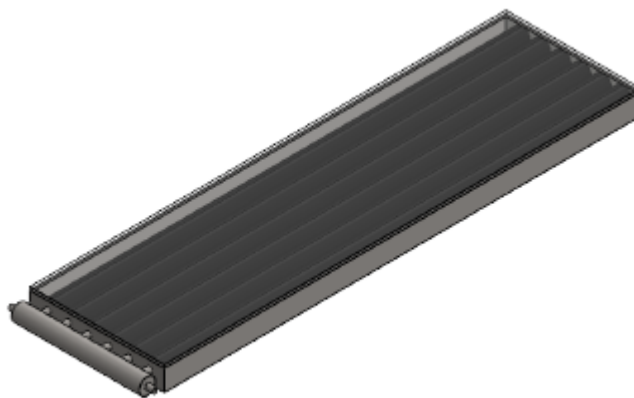
Para definir el área de placa de absorción, esta es hallada por la (ecuación 4.51), donde G es la radiación incidente de Guadalajara de Buga de $4,4 \left(\frac{KWh}{m^2} * dia \right)$ (Weather Spark, 2020), y la eficiencia es asumida para calcular la energía retirada del agua y para alcanzar la temperatura mínima para 45 litros, la cual está dada por la (ecuación 4.50):

$$Q_{ca} = (45 * 365 \text{ dias}) * 4,180 \left(\frac{KJ}{kg} * K \right) * (25 - 0)K = 1716 \left(\frac{MJ}{AÑO} \right) \quad (4.50)$$

$$AC = \frac{Q_{ca}}{\eta * G} = \frac{1716 \left(\frac{MJ}{AÑO} \right)}{0,5 * 15,8 \left(\frac{MJ}{m^2 * dia} \right) * 365 \text{ dias}} = 0,6 (m^2) \quad (4.51)$$

Así, el colector tendrá una caja rectangular (carcasa) con una dimensión de ,0,166 m de ancho ,0,58m de largo y 0,02 m de alto de aluminio con un vidrio templado , con un espesor de 0,004(m), para tener un área de radiación incidente de $0,1m^2$,6 tubos verticales con una longitud de 0,58m, con una tubería de acero inoxidable de diámetro 20 (mm), espesor de 1(mm) y dos tuberías horizontales de 150(mm) ,con un diámetro de 20 (mm), espesor de 1(mm). El aislante será de fibra de vidrio de 30 mm de espesor (figura 4-4), la inclinación del colector es apuntado hacia al sur con un Angulo de inclinación igual a la latitud de 13. 9° (Ferozo, 2020).

Figura 4-4: Colector.



Fuente: Elaboración propia 2020

En síntesis, se diseña un sistema de refrigeración solar, el cual está constituido por un colector solar que tiene un área de incidencia de $0,1(\text{m}^2)$, un serpentín diseñado en cobre con una longitud de $3,5$ (m), un condensador y un evaporador diseñados en acero inoxidable. Por consecuencia de la radiación solar y debido a la actuación del carbón activado, el sistema realiza en las horas de la noche el proceso de enfriamiento para obtener 6K de hilo en el evaporador y poder enfriar 18 litros de agua, también se seleccionan los pares adsorbentes de carbón activado y metanol los cuales se requieren que para $1,6$ L de metanol se requiere $4,46$ Kg de carbón activado.

5. Bebedero de agua

5.1 Descripción

Modelo en forma de pedestal con un grifo de latón cromado, entregando 0,000012 m³ /s con una bomba de agua sumergible en su tanque y con un tanque para el almacenamiento de 18L.

5.2 Información técnica

5.2.1 Pedestal

Basado en la norma (NTC 500 – INIFED), el bebedero diseñado mide con 500 mm de ancho ,900 mm de altura y con espesor de lámina de 1,7mm calibre 14 (Figura 5-1). El material sugerido por la norma INIFED (2015) es acero inoxidable, con una alta resistencia a la humedad, cuyas características son mostradas en la tabla 5-1.

Tabla 0-1: Características del material

Composición química	Carbono (C)	0,08 %
	Magnesio (Mn)	2,0 %
	Fosforo (P)	0,045 %
	Azufre (S)	0,030 %
	Silicio (SI)	0,75 %
	Cromo (Cr)	18– 20 %
	Níquel (Ni)	8 – 10.5 %
Propiedades mecánicas en estado recocido	Resistencia a la tracción	450 Mpa
	Limite elástico	205 Mpa
	Porcentaje de elongación en 2"	20%

	Dureza Brinell	183 Hbn
Propiedades físicas	Módulo de elasticidad en tensión	200 Gap
	Módulo de elasticidad en torsión	65 Gap
	Calor específico a 20 °C	J/Kg
	Conductividad térmica a 500 °C	26,3 w/Mk
Acabado del acero inoxidable	Con película protectora	

Fuente: Imporinox (2020).

En la figura 5-1 se muestra el bebedero con los componentes eléctricos basados en la imagen de (aqua jaker, 2020)

Figura 5-1: Bebedero de agua



Fuente: elaboración propia modificado de aqua jaker, 2020 .

5.2.2 Tapa

Está diseñada en acero inoxidable con drenaje con una medida de 500 mm y con un espesor de lámina de 3 mm

5.2.3 Desagüe

La tubería del desagüe tiene un diámetro de 4 pulgadas (0,10 m).

5.2.4 Tubería

Tubería de descarga de la bomba de ½" con un diámetro interno de 15 mm y un espesor de 3,4 mm.

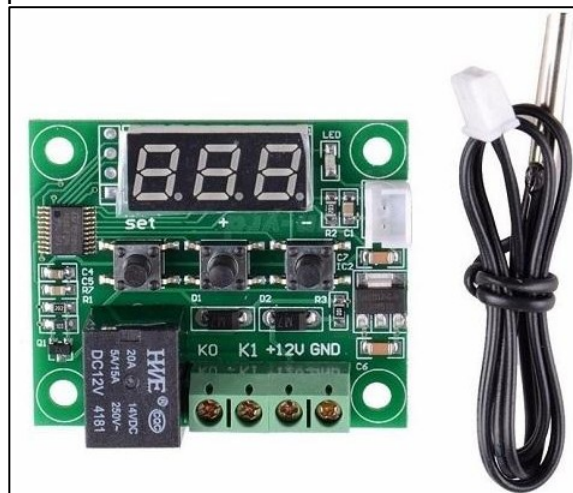
5.2.5. Grifo

Llave dispensadora del bebedero de agua, se propone que sea de un material de latón con botón terminado en cromo, con una conexión de rosca a ¼".

5.2.6. Sensores

Sensor de temperatura: este sensor está en el tanque del bebedero para controlar la temperatura, este termostato digital W1209 (figura 5-1), censa la temperatura por medio de un termistor NTC de 10kΩ, que cuenta con un relé que controla la potencia de carga. Su alimentación es de 12 V DC- 10 A, con el visor digital en el pedestal. Este sensor se muestra en la figura 5-2.

Figura 5-2: Sensor de temperatura



Fuente: Ferrotrónica (2020).

Sensor de nivel de agua: este sensor será ubicado en el tanque para mantener el nivel adecuado, es un sensor óptico LGZD (figura 5-3); cuyo principio de funcionamiento se basa en la transmisión, reflexión o refracción de luz visible infrarroja, con un voltaje de funcionamiento de 5V Corriente de funcionamiento de 16 mA, resistencia de aislamiento de 100 M ohm, con una temperatura de trabajo de 0 a 80 ° C, la señal emitida cuando el tanque está en un nivel alto de agua es de >4,8 V, y cuando el nivel este bajo emite una señal de <0,5 V.

Figura 5-3: Sensor de nivel de agua óptico LGDZ



Fuente: Ferrotrónica (2020).

5.2.7 Tanque

Está diseñado con acero inoxidable de 1,7 mm sus paredes deben estar revestidas en espuma de fibra de vidrio con un espesor de 9 milímetros este espesor es tomado de un tanque comercial, y una conductividad térmica de 0,0043 W/m*°C. Las dimensiones del tanque son de 440 mm de altura por 380 mm de ancho, con espesor de 15 mm. Con los datos anteriores, se determina la razón de transferencia de calor de una pared plana (ecuación 5.1) y las resistencias de pared (ecuación 5.2, ecuación 5.3), la resistencia total (ecuación 5.4):

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{RT} \quad (5.1)$$

la resistencia de pared del acero inoxidable se halla mediante la ecuación de resistencia térmica por conductividad:

$$R_{inox} = \frac{X}{K \cdot A} = \frac{0,0017(m)}{15,6 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) \cdot (0,4 \cdot 0,3)m^2} = 0,0009 \text{ } ^\circ C/W \quad (5.2)$$

La resistencia de pared e la espuma de fibra de vidrio:

$$R_{espuma} = \frac{X}{K \cdot A} = \frac{0,009}{0,0043 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right) \cdot (0,4 \cdot 0,3)m^2} = 17,4 \text{ } ^\circ C/W \quad (5.3)$$

La resistencia tota es hallada mediante la ecuación 5.4:

$$RT = R_{inox} + R_{espuma} = 17,4 \text{ } ^\circ C/W \quad (5.4)$$

Se rempaza la ecuación 5.1 de la resistencia total para reacomodar la conducción de calor:

$$Q = \frac{(28 - 4)^\circ C}{17,4 \text{ } ^\circ C/W} = 1,3 \text{ } W$$

Dentro del tanque va sumergida la bomba, esta deberá bombear $0,000012 \text{ m}^3/s$ a una altura de 790mm. Con el fin de calcular la potencia de la bomba necesaria en el sistema para el desplazamiento del agua, que tendrá que salir con una presión en el grifo de $1,9 \cdot 10^4 \text{ (N/m}^2\text{)}$, según la normativa INIFED (2015) se plantea la ecuación 5.5 de la energía:

$$E1 + hB - \sum hL = E2 \quad (5.5)$$

Donde E1 es la energía uno, hB e la carga de bombeo, $\sum hL$ es la sumatoria de las pérdidas y E2 es la energía dos. Desglosando la ecuación 5.5 quedará de la siguiente manera:

$$\frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} + Z1 + hB - \sum hL = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Z2 \quad (5.6)$$

Para calcular con una temperatura de $4^\circ C$, se obtiene los datos de la densidad (ρ), viscosidad (μ) y peso específico (γ), para lo cual se toman los valores de Cengel (2007):

- Densidad: 999,9 (Kg/m³)
- Viscosidad: 1,5 *10⁻³ (Kg/m*s)
- Peso específico :9800 (N/m³)

En este caso, como el z1 está en el nivel más bajo se desprecia, al igual que la presión (P1) y por consecuencia la velocidad (V2). La tubería que vamos a utilizar es ½" (0,01m), con un diámetro interno 15 mm y un espesor de 3,4 mm. Luego se procede a hallar la velocidad del fluido con la (ecuación 5.7):

$$V = \frac{Q}{A} \quad (5.7)$$

Para hallar el área de la tubería se procede con la ecuación 5.8:

$$A = \pi \frac{(Di)^2}{4} = \pi \frac{(0,015 \text{ m})^2}{4} = 0,00017 \text{ (m}^2\text{)} \quad (5.8)$$

Se reemplaza la ecuación 5.7:

$$V = \frac{0,0000126 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{0,00017 \text{ (m}^2\text{)}} = 0,07 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \quad (5.9)$$

Así se halla el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V Di}{\mu} = \frac{999,9 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * 0,07 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) * 0,015 \text{ (m)}}{1,519 * 10^{-3} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}} * \text{s}\right)} = 695 \quad (5.10)$$

Como el fluido es laminar, para calcular el factor de fricción se realiza de la siguiente manera:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{695} = 0,09 \quad (5.11)$$

La pérdida de la carga (hl), tiene en cuenta los accesorios. Como el sistema tiene un codo de 90°, con esta información se tiene el coeficiente K1 =0,7 por medio de la ficha técnica de este producto .se procede con la ecuación 5.12.

$$hL = \left(f \frac{L}{Di} + \sum k\right) \frac{V^2}{2g} = \left(0,09 \frac{0,62 \text{ (m)}}{0,015 \text{ (m)}} + 0,7\right) \frac{0,07 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 0,0011 \text{ (m)} \quad (5.12)$$

Se procede a despejar la ecuación 5.6:

$$hb - \sum hL = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Z2 = hB = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Z2 + \sum hL$$

$$hB = \frac{1,9 \times 10^4 \left(\frac{N}{m^2}\right)}{9800 \left(\frac{N}{m^3}\right)} + \frac{(0,07 \left(\frac{m}{s}\right))^2}{2 \times 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} + 0,79 (m) + 0,0005 (m) = 2,6 (m)$$

Para calcular la potencia de la bomba se halla por medio de la ecuación 5.14:

$$\dot{w} = Q * hB * \gamma = 0,0000126 \left(\frac{m^3}{s}\right) * 2,6 (m) * 9800 \left(\frac{N}{m^3}\right) = 0,3 \left(\frac{Nm}{s}\right) = 0,3W \quad (5.14)$$

Donde γ es el peso específico del agua. La potencia de la bomba para llevar el fluido al suministro de la llave del bebedero es de 0,3 W; la bomba comercial que se usa en el diseño es una bomba sumergible de 5 W

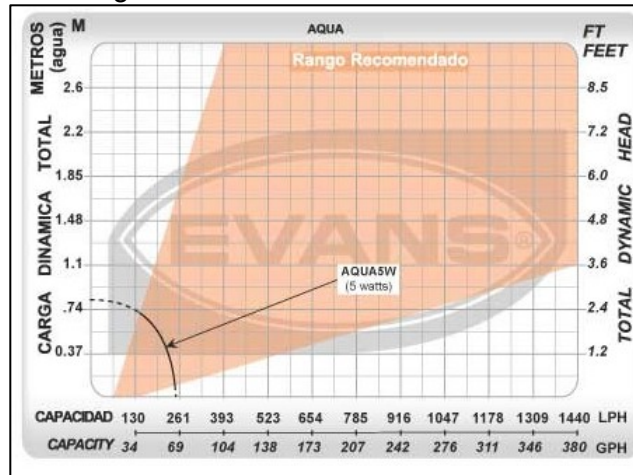
Figura 5-4: Bomba sumergible



Fuente: Evans (2020).

Esta bomba (figura 5-4), trabaja a una altura máxima de 0.8 m, con un flujo máximo de 5,2 l/min, con una potencia de 5W y un voltaje de 127-60 Hz y una boca de salida de 6,35 mm. La curva característica de la bomba para su funcionamiento se muestra en la figura 5-5.

Figura 5-5: Diagrama de rango



Fuente: Evans (2020).

A manera de resumen el bebedero está compuesto por una llave con botón de acero inoxidable, en tanto el diseño de todo el pedestal será en material de acero inoxidable AISI 304, tiene en su interior un tanque con un aislamiento de fibra de vidrio y una capacidad de almacenamiento de 18L de agua. Para su operación, se proyecta el uso de un sensor de nivel, un sensor de temperatura y una bomba de agua sumergible.

6. Diseño solar fotovoltaico

6.1 Descripción

Este tipo de energía solar fotovoltaica se encarga de transformar la radiación solar en electricidad por medio de células fotovoltaicas, el sistema que se diseñó es autónomo por lo que los elementos principales para su funcionamiento son un módulo solar fotovoltaico, acumulador o batería y un controlador de carga solar. En el mercado la manera de identificar el sistema autónomo se debe conocer la potencia pico (Wp) del módulo solar fotovoltaico y la capacidad energética dependerá de algunos factores a mencionar.

- Voltaje de operación del sistema.
- Radiación solar de la zona de instalación.
- La potencia de los equipos a energizar.
- Las horas de trabajos de los equipos.

6.2 Componentes eléctricos

Para el funcionamiento del bebedero de agua fría se encuentran algunos componentes que para su funcionamiento deben tener una fuente de energía eléctrica. Para satisfacer esta necesidad, el proyecto cuenta con un sistema solar fotovoltaico autónomo cuyos componentes son los siguientes:

- Sensor de temperatura.
- Sensor de nivel.
- Bomba de agua.

6.3 Estimación de consumo

Con los elementos descritos anteriormente, se extrae la estimación del consumo total promedio (Wh/día) mostrado en la tabla 6-1 y con la ecuación 6.1, se halla la potencia que es igual a la tensión (V) por la intensidad (I):

$$W = V * A \quad (6.1)$$

Tabla 6-1: Estimación del consumo eléctrico (Wh/día)

Elementos	Cantidad	Potencia (W)	Horas (h)	Voltaje	Consumo total (wh/día)
Bomba de agua	1	5	1	127	5
Consumo total en AC					5
Sensor de temperatura	1	0,0011	24	12	0,02
Sensor de nivel de agua	1	0,08	24	5	1,92
Consumo total en DC					1,94

Fuente: Elaboración propia.

El consumo total para diseñar el sistema es $E_{carga\ total} = 6,94\ Wh/día$ para la estimación de pérdidas se asumen de la siguiente manera

- η_B =eficiencia de la batería 95%
- η_I =eficiencia del inversor 85%
- η_R =eficiencia del regulador 90%
- η_X = eficiencias de otras perdidas 85%

El cálculo de eficiencia total se obtiene mediante la ecuación 6-2:

$$\eta_T = \eta_B * \eta_I * \eta_R * \eta_X = 0,95 * 0,85 * 0,9 * 0,85 = 0,61 \quad (6.2)$$

6.4 Ángulo de inclinación de los paneles

Debido a la ubicación del sistema en la parte de mayor insolación en la Universidad Antonio Nariño Sede Buga con una latitud de 3,9 m, y estar ubicado sobre la línea del ecuador y direccionado hacia el sur esta inclinación puede ser de 0 hasta 10°C, por lo que procederemos con una inclinación de 13.9°C, igual a la del sistema solar térmico.

6.5 Energía a generar por el Módulo Fotovoltáico

Para calcular la energía generada de un panel con la ecuación 6.3, se realiza conociendo los datos de las horas solares picos (HSP), la potencia pico del panel (W_p) y la tensión pico (V_p)

$$E_{\text{generador}} = 1,1 \left(\frac{E_{\text{carga total}}}{\eta T} \right) \quad (6.3)$$

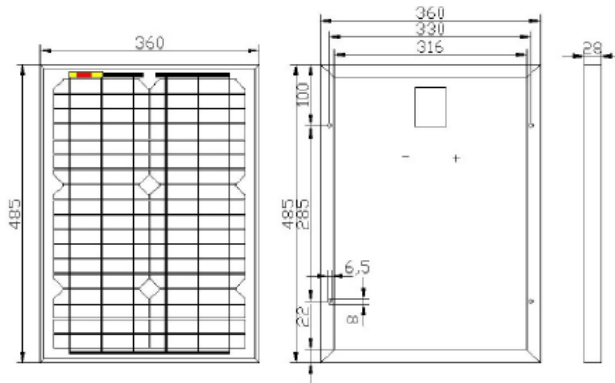
$$E_{\text{generador}} = 1,1 \left(\frac{6,94 \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)}{0.61} \right) = 12,5 \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)$$

Las horas solares pico (HSP), en la ecuación 6.4, se toma del valor de la radiación más bajo. En buga el periodo más oscuro dura 2,5 meses que es del 11 de octubre al 28 de diciembre y el día más oscuro del año según Weather Spark (2020) es el 3 de noviembre con un promedio de $4,1 \left(\frac{KWh}{m^2} * \text{día} \right)$.

$$HSP = \frac{4,1 \left(\frac{KWh}{m^2 * \text{día}} \right)}{1 \left(\frac{KW}{m^2} \right)} = 4,1 \left(\frac{h}{\text{día}} \right) \quad (6.4)$$

6.6 Tipo de panel

Para la elección del tipo del panel se toma en cuenta el trabajo de grado Barbosa (2013) y de los cálculos obtenidos de los cálculos de las ecuaciones 6.3 y de la tabla 6-1, el panel solar seleccionado es de 20 watts, (figura 6-1).

Figura 6-1: Panel solar

Fuente: Techno sun (2020).

En la tabla 6-2 se muestran las características del panel seleccionado. En el anexo E se muestra la ficha técnica.

Tabla 6-2: Características

Potencia máxima (W)	20
Tensión de potencia optima (Vmp)	17,82
Corriente operativa optima (Imp)	1,12
Corriente de cortocircuito (Isc)	1,20
Tensión en circuito abierto (Voc)	22,68
Tamaño del módulo (mm)	485*360*28
Peso	2,3

Fuente: Techno sun (2020).

6.7 Cantidad de paneles

Es la cantidad de paneles necesarios para poder abastecer la carga donde N_{tp} es el número total de paneles del bloque generador:

$$N_{tp} = \frac{E_{generado}}{E_{panel}} = \frac{12,5 \left(\frac{Wh}{dia} \right)}{20 \left(\frac{Wh}{dia} \right)} = 1 \quad (6.6)$$

La energía total del panel se resume de la (ecuación 6.7):

$$E_{panel} = Ntp * Wp * HSP = 1 * 20(W) * 4,1 \left(\frac{h}{dia} \right) = 82 \left(\frac{Wh}{dia} \right) \quad (6.7)$$

6.8 Dimensionamiento del banco de baterías

Este sistema es autónomo, por lo que debe acumular la energía requerida para su funcionamiento. Para el cálculo se definen los siguientes elementos:

- Daut: días de autonomía.
- PD Max: profundidad máxima de descarga es dada por el fabricante de baterías la cual será de un 80 % de batería BOSH TA 080 de 12 v -210 Ah.
- ηD : la eficiencia de descarga se asumiría de un 90% sugerido por el trabajado de Salamanca (2017).
- V nom: es la tensión nominal del sistema utilizaremos la 12 V ya que es una potencia menor de 1.5 KW

Se usa entonces la ecuación 6.8 para determinar la capacidad nominal del banco de baterías.

$$Cnb = \frac{Ect * (Daut + 1)}{Vnom * PD_{max} * \eta_{inv} * \eta D} \quad (6.8)$$

$$Cnb = \frac{6,94 \left(\frac{Wh}{dia} \right) (12 + 1)}{12(V) * 0.8 * 0.85 * 0.90} = 12,29 Ah$$

El número total de baterías está dado por la ecuación 6.9:

$$Nbt = \frac{Vnom * Cnb}{Vnom_{bateria} * Cnom_{bateria}} = \frac{12(V) * 12,29 Ah}{12(V) * 210 Ah} = 1 \quad (6.9)$$

El número total de baterías en serie y en paralelo, se obtiene mediante las expresiones 6.10 y 6.11

$$Nbs = \frac{Vnom}{Vbat} = \frac{12}{12} = 1 \quad (6.10)$$

$$Nbp = \frac{Nbt}{Nb} = \frac{1}{1} = 1 \quad (6.11)$$

Por lo tanto, la capacidad del banco se halla mediante la ecuación 6.12:

$$Capacidad = N_{bp} * C_b = 1 * 210 Ah = 210 Ah \quad (6.12)$$

6.9 Dimensionamiento del regulador de carga

Es un elemento de suma importancia ya que garantiza la buena operación y la vida útil de las baterías, controlan la máxima corriente de carga, el máximo voltaje de carga y el mínimo voltaje de descarga de la batería. En este caso se utilizará un regulador MPPT de 10 A modelo MPPT 10D, tensión del sistema 12 V, la potencia de entrada máxima de energía solar es 150 W (figura 6-2).

Figura 6-2: Regulador.



Fuente: Carspa (2020).

El regulado MMPT aprovecha al máximo la energía solar recibida durante el día, está diseñado para regular el voltaje generado por los paneles, funciona como un convertidor reductor -elevador genera más rendimientos a los módulos fotovoltaicos. La potencia del generador puede exceder el máximo de potencia de entrada del mismo, en este caso el regulador limitará dicha potencia manteniendo la corriente nominal máxima determinada por el fabricante.

6.10 Máxima corriente de carga y descarga

El consumo de potencia de carga total es la sumatoria de las potencias nominales de todos los elementos la corriente de carga (ecuación 6.13), y la descarga de la batería (ecuación 6.14):

$$I \text{ carga} = \frac{P \text{ regula}}{V \text{ mini ba}} = \frac{150(W)}{12 (V)} = 12.5 A \tag{6.13}$$

$$I \text{ descar} = 12,5 \frac{P \text{ carga}}{V \text{ nom} * \eta \text{ inv}} = 12,5 \frac{4}{12 * 0.85} = 0,30 A \tag{6.14}$$

6.11 Dimensionamiento del inversor

El dimensionamiento está determinado en función de la potencia de consumo de corriente alterna (CA). En este caso, la suma total de potencia es de 5W (bomba de agua), se asume el factor de potencia de la carga (Fp) del 80% y el factor de simultaneidad (Fs) de 100% (S. Salamanca 2017):

$$P \text{ nom inv} = 1,25 \frac{P \text{ carga AC}}{Fp} F_s = 1,25 \frac{5W}{0.8} 1 = 7,8 VA = 7,8 W \tag{6.15}$$

La corriente pico de carga está dada por la ecuación 6.16:

$$I \text{ pico carga} = \frac{P \text{ carga AC}}{P \text{ nom bate}} = \frac{5W}{210 A h} = 0,02 A \tag{6.16}$$

El inversor para este caso es un universal power (tabla 6-3):

Tabla 6-3: Inversor 12V.

Especificaciones	
Modelo	PA-V28
Potencia máxima	120W
Voltaje de entrada DC	12 V
Voltaje de salida AC	110V

Fuente: Elaboración propia.

La descripción de este sistema solar fotovoltaico se muestra en la tabla 6-4:

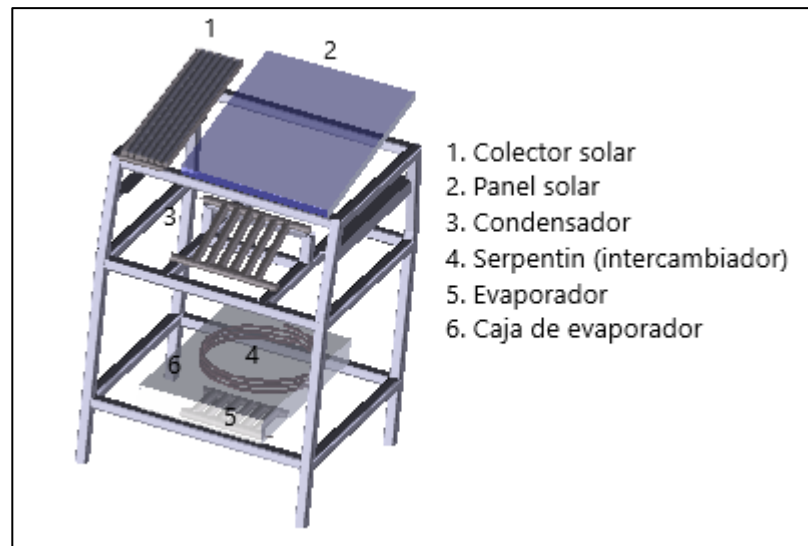
Tabla 6-4: Descripción

Panel solar	1 panel solar policristalino de 50 w
Regulador	MPPT 10D 12V 150 W
Batería	1 batería Bosh 12V -210 Ah
Inversor	200 W 12V -110 V 2

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6-3 se muestra el ensamble con todos sus componentes; los planos generales se muestran en el anexo D.

Figura 6-3: Ensamble general



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, este sistema solar fotovoltaico se diseñó para el funcionamiento de los componentes eléctricos mencionados en el capítulo 5, estará compuesto de un panel solar de 20wp, de un regulador MPPT de 12 v, un banco de batería el cual solo contiene un solo batería de 12 v y un inversor de 12 v-110v con una potencia máxima de 150w.

7. Manual de funcionamiento y mantenimiento

Tabla 7-1: Manual de funcionamiento y mantenimiento.

Descripción del sistema	
Descripción general	
El sistema para su funcionamiento cuenta:	
<ul style="list-style-type: none"> • El enfriamiento del agua del bebedero es por medio de un ciclo de adsorción a través de un sistema solar térmico el cual en su proceso contiene dos pares adsorbentes (metanol y carbón activado) • El funcionamiento del sistema eléctrico se energiza a partir de un sistema solar fotovoltaico cuyos componentes son: <ul style="list-style-type: none"> - Sensor de temperatura - Sensor de nivel de agua - Bomba de agua • El pedestal del bebedero está diseñado en acero inoxidable • Tiene llave de agua de botón a conexión a 1/4 de pulgada • Contiene un tanque para capacidad de 18 litros de agua • La toma de agua se realiza por medio de suministros de agua potable de la universidad Antonio Nariño sede Buga (cocina). 	
Descripción detallada	
Elemento	Descripción
Panel solar térmico	Colector 600*160*20 mm
Condensador	Área de transferencia 0.22 m ²
Carcasa del evaporador	Contiene un evaporador y como intercambiador un serpentín ver capítulo 4
Panel solar térmico	20w dimensiones 485*360*28 mm
Banco de batería	Bosh TA 080 especificación
Regulador de carga	Ver descripciones
Inversor	Paw v -28 revisar
Pedestal del	<ul style="list-style-type: none"> • 900*500mm • material de acero inoxidable

bebedero	<ul style="list-style-type: none"> • llave de agua de botón de conexión • tanque de agua <ul style="list-style-type: none"> - bomba de agua sumergible Evans de 5W - sensor de temperatura digital w1209 - sensor de óptico de nivel de agua • tapa • desagüe • tubería <p>retomar para especificación detallada capítulo 5</p>	
<p>Operación</p> <p>Para el personal de operación del bebedero de agua fría</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el punto de toma de agua trabaje correctamente. • Constatar que sus conexiones estén herméticas. • Las cantidades de pares adsorbentes sean las descritas en el capítulo 4, para que se cumpla el ciclo de adsorción. • El ensamble del sistema solar fotovoltaico, térmico que estos siempre miren al sur. • Todos los componentes eléctricos para su funcionamiento correspondan a los mencionados en el capítulo 5. <p>para el personal que usara el bebedero de agua fría</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulsar el botón de la llave ponerse en una posición de frente y cómoda para tomar el agua • Verificar la temperatura de suministro 		
<p>Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semanalmente aseo exterior del gabinete con jabón de vajilla, agua tibia y un paño limpio y suave • Mensualmente visualmente revisar la llave de suministro • Diariamente en la mañana revisar el sensor de temperatura debe estar a una temperatura de 4°C y que el nivel del tanque de agua permanezca no menor a un ¼ de agua, limpieza de la rejilla de desagüe • La limpieza del tanque se debe realizar cada 4 meses de acuerdo al artículo 28 del decreto 1575 del 2007, con hipoclorito. 		
<p>Uso incorrecto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectar el equipo a tomas de agua no potable • Utilizar el equipo para otro fin como mesa, escalera etc. • Usar productos de limpieza agresivos que a futuro causen daño tanto al usuario como al material 		
<p>Problemas usuales</p>		
Problema	Causa	Solución

No sale agua	Toma de agua cerrada	Verificar válvulas (llave de paso)
	Suministro de agua municipal sin agua	Revisar otras tomas de agua, buscar información sobre cortes de agua
	Tubería con fuga	Mirar dentro del bebedero si existe rastro de agua derramada en el suelo, analizar tubería si existe evidencia de ruptura
	Bomba de agua	Verificar si la bomba de agua esté en funcionamiento correcto
	Tanque de agua	Revisar si tiene el nivel adecuado
Temperatura de agua no correcta	Sensor de temperatura	revisar si esta marca la temperatura indicada
	Ciclo de adsorción	Revisar si el sistema solar térmico está correctamente en conexión de tubería, de lo contrario llamar a una persona especializada para su revisión exhaustiva
Aguas sucias	Suministro de agua	Verificar si este problema es generalizado en todas las tomas de agua de la universidad Antonio Nariño sede Buga
Poca agua	Falta de presión	Verificar si la bomba de agua está trabajando correctamente

Fuente: Elaboración propia.

El manual de funcionamiento descrito previamente, permite reconocer la funcionalidad del bebedero, así como los factores que se deben tener en cuenta para alcanzar el grado de eficiencia esperado. En síntesis, el personal encargado de su funcionamiento y mantenimiento, deberá leer en detalle el manual, en aras de entender cada aspecto y componente del aparato, de lo contrario, no solo se estará poniendo en riesgo la vida útil del mismo, sino también la salud de las personas que lo utilizan, en la medida que podrán ingerir agua contaminada, o pequeñas descargas eléctricas.

8 Conclusiones

8.1 Conclusiones

El trabajo desarrollado permite concluir:

Los límites y requerimientos de un sistema para el diseño de un bebedero solar, como el que se ha planteado, se consideraron los principios de operación, centrados en el ciclo de refrigeración por adsorción, en las normas descritas. Así mismo, al interior del bebedero, se tiene un flujo laminar, a fin de evitar turbulencias y salpicaduras, de tal forma que se puedan conservar por más tiempo los componentes, entre los que destaca la bomba de agua sumergible, utilizada para obtener la presión necesaria del suministro,

En lo referente a requerimientos del sistema, para la implementación de una refrigeración por adsorción se propone el uso de un sistema solar térmico, constituido por un captador solar, un condensador que trabajará en el día y su refrigeración la hará por el aire del medio ambiente, un evaporador el cual realizará el proceso de enfriamiento en la noche. En tanto, la radiación solar es aprovechada con el proceso mencionado y con los pares adsorbentes de carbón activado y metanol, de esta forma se completa el proceso, esta refrigeración es utilizada para realizar, por medio del serpentín como intercambiador, el enfriamiento del agua a ser consumida.

Respecto al aporte ambiental, un bebedero de agua comercial tiene un consumo energético mensual de 11.1 KWh/mes de red, realizando la comparación con el bebedero diseñado en este proyecto, el cual generara un consumo 5.1 KWh/mes, que es suministrado por los paneles solares teniendo un mínimo de consumo ya que no está conectado a red. Considerando el aporte económico, con una tarifa de 593 ,67 KWh, se estaría generando un ahorro de al menos \$6589 mensual.

Sumado a lo dicho, con este diseño se promueve el uso de energía renovables e investigación para proyectos futuros. Con respecto a la generación de desechos, se pretende reducir el uso de envases se un solo uso y promover el consumo de agua,

Por otro lado, el tema del rendimiento del sistema de adsorción, estará determinado por las bombas químicas o bombas de calor, las cuales trabajarán con adsorbato de carbón activado, el cual se ubicará en el colector, teniendo así una mayor presencia de radiación, lo que aporta a una eficiencia superior, frente a otros sistemas descritos en el cuerpo del trabajo.

Igualmente, este sistema fue diseñado con un colector de placa plana, con el fin de ser mas sencillo de realizar al momento de la construcción, así mismo cuenta con componentes eléctricos de bajo consumo, como es la bomba sumergible la cual trabaja de forma momentánea en un promedio de 1 hora al día.

En lo que respecta al componente fotovoltaico, se ha de considerar la elección de sensores de temperatura que sean adecuados, así como los sensores de agua y la bomba de agua. Así mismo, el bebedero, debe estar diseñado en acero inoxidable, con lo cual se garantiza su durabilidad y compatibilidad para el uso en seres humanos, pues este material no permite la proliferación de bacterias o corrosión.

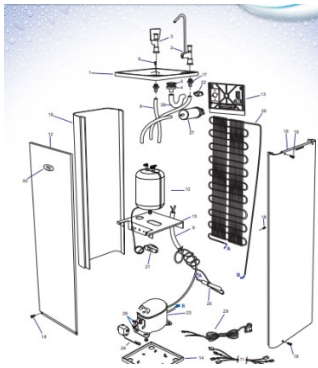
Por último, en lo referente a la estructura de la carcasa, se diseñó con fibra de vidrio para el aislamiento para minimizar las perdidas tanto en el bebedero como en el evaporador y para mayor durabilidad, el diseño en CAD, se realizó en SolidWorks

8.2 Recomendaciones

Para el correcto funcionamiento del sistema, se sugiere implementar un sistema de control para su construcción, para controlar el llenado de tanque, como una bomba adicional para el suministro desde la toma de agua hasta el evaporador. El sistema de control recibirá la señal del sensor de llenado y así hace que esta bomba alimente el circuito

Finalmente, se sugiere la revisión para una futura construcción, para lo cual se deberá proyectar un presupuesto, que no fue reflejado en el presente informe dados los cambios constantes en el precio de insumos.




A. Anexo: Despiece del bebedero



N° Código	Descripción	N° Código	Descripción
1	50140058 Tapa superior Acero Inoxidable	18	10310014 Tornillo Al 4.2 X 13 ZB
2	10350011 Grifo para envases	19	10310006 Tornillo Al 4.2 X 13 Inox
3	10350023 Grifo de Boca	20	10520011 Condensador Estático
4	10210088 Desague Plastico	21	10430003 Termostato Fijo
5	10210005 Anillo sellador del desague	22	10210052 Niple Plástico 3/4"
6	10310015 Tornillo Acero Inoxidable 4,8 X 25	23*	Compresor 127V
8	10250014 Manguera Polietileno 1/4 x 1mm		Compresor 220V
9	10540010 Manguera Aislante de goma 5/8 X 2000	24	10300005 Sujetador 2,7 x 110mm
10	30530002 Evaporador Bag 40	25	10510004 Filtro Secador Entrada. 3/16
11	10440008 Cables de conexión	26	10240020 Sifón
12	20140002 Panel Frontal Acero Inoxidable	27	20810001 Filtro IBBL - Astec
	20130063 Panel Frontal Plateado	28*	Relé Protección Térmica 127V
13	10210066 Panel Trasero Gris		Relé Protección Térmica 220V
14	20130015 Base del Compresor	29	10440004 Cable de alimentación Negro
15	20130016 Base del Evaporador	30	10630010 Etiqueta Adhesiva 55x15mm
16	20140001 Cubierta Lateral Acero Inoxidable		
	20130061 Cubierta Lateral Plateada		
17	30210014 Niple Plástico C/ Tuerca del Grifo		

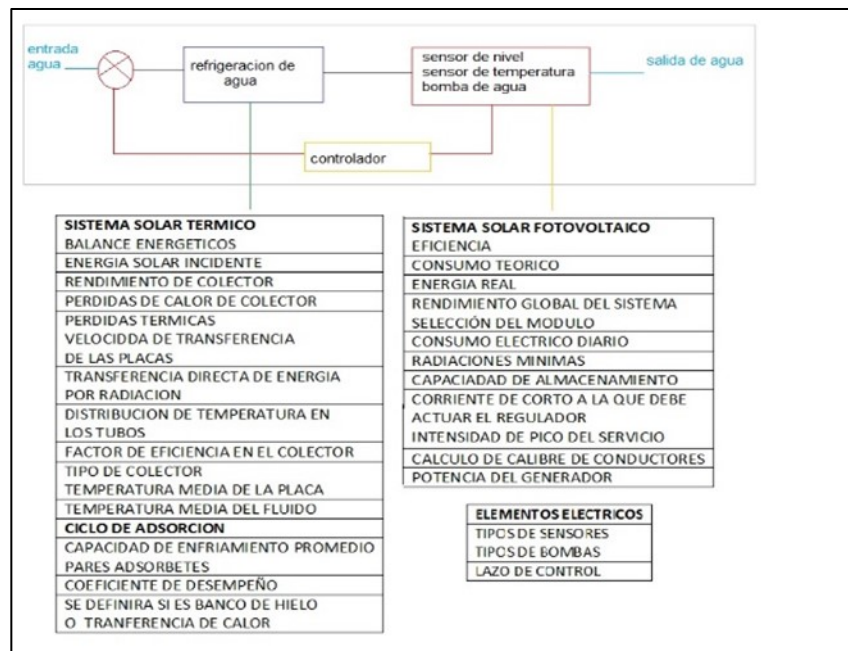
Fuente: Elaboración propia.

B. Anexo: Tipos de bebedero y características

<p>Unidad de pared de uso interior 8.0 gph</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Material acero inoxidable - Operación push bar - Enfriado 370watt - 110/120 voltios - Normas ADA, ANSI Y NSF. - Hecho en EEUU
<p>Unidad de piso de uso interior y exterior 14 gph</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Material acero inoxidable - Presión de 20 a105 psi - Control temperatura por termostato - Uso 110/120 voltios - Sistema de refrigeración por compresor automático - Norma ANSI Y NSF - Hecho en EEUU
<p>Unidad de piso refrigerado de uso interior 8.0 gph con pedal</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Material acero inoxidable - Altura 101.6. cm (40.6 *33.7) cm - 110/120 voltios - Sistema de refrigeración compresor automático - Norma ANSI Y NSF

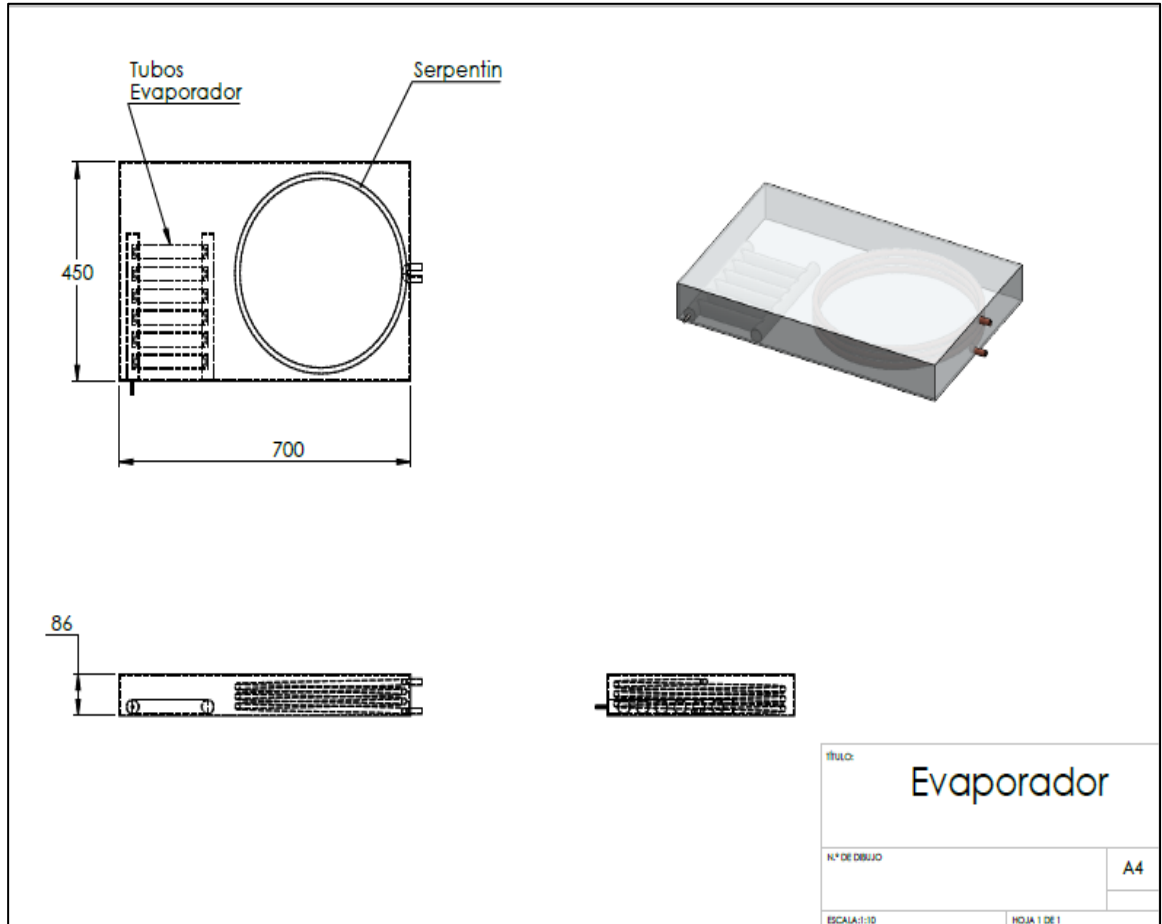
Fuente: Elaboración propia.

C. Anexo: Principio de operación

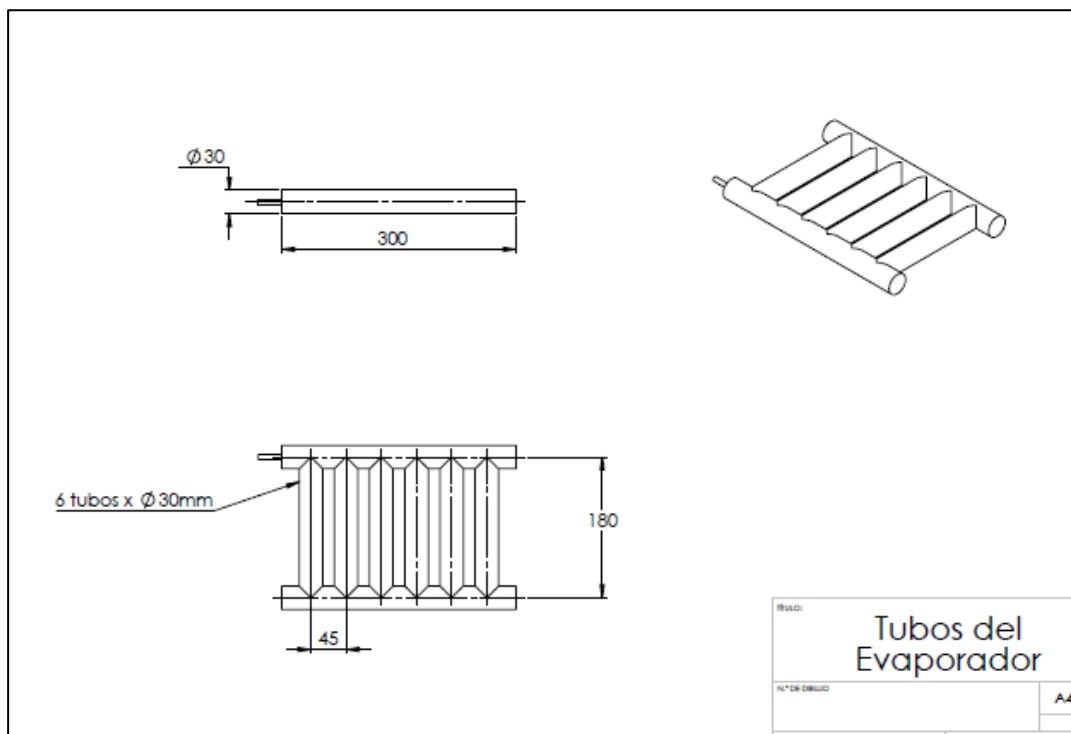


Fuente: Elaboración propia.

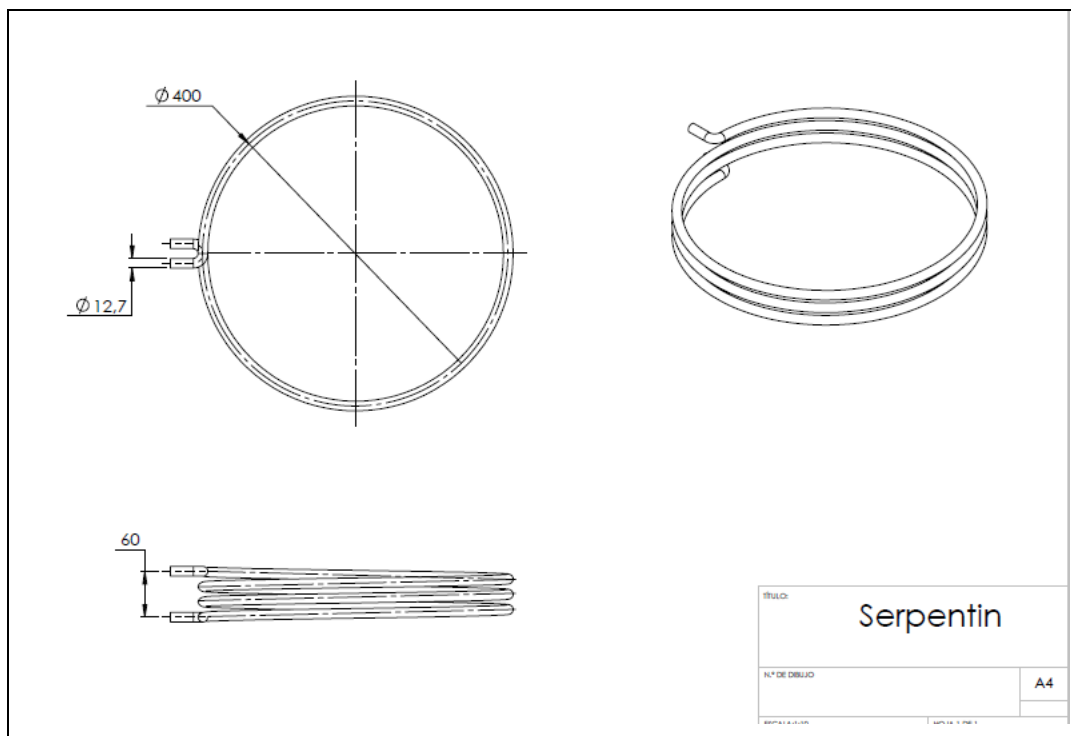
D.Anexo: Planos



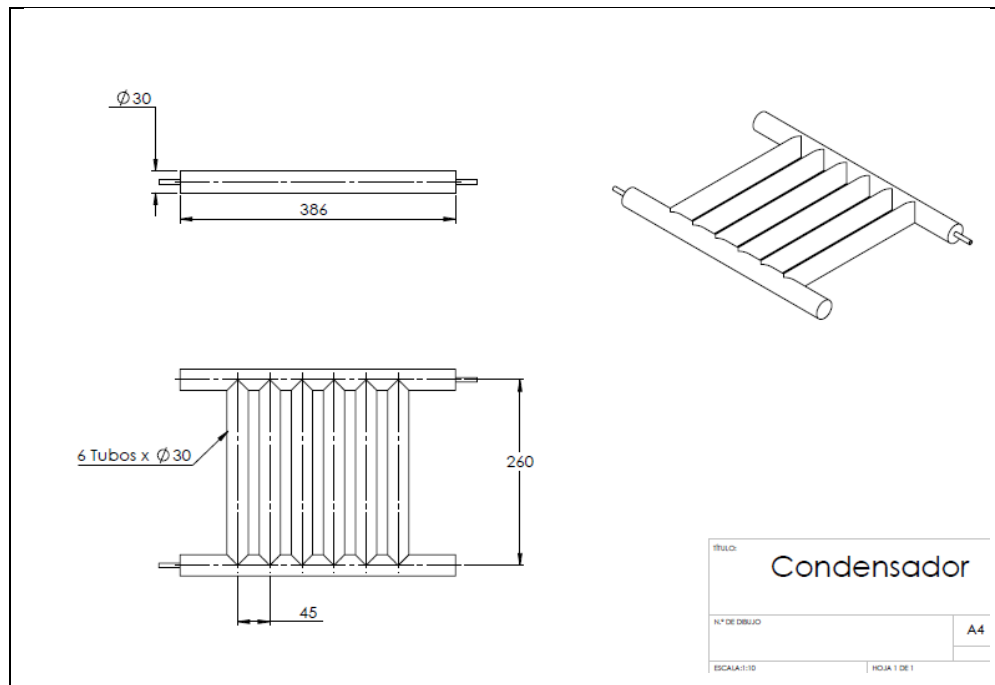
Fuente: Elaboración propia



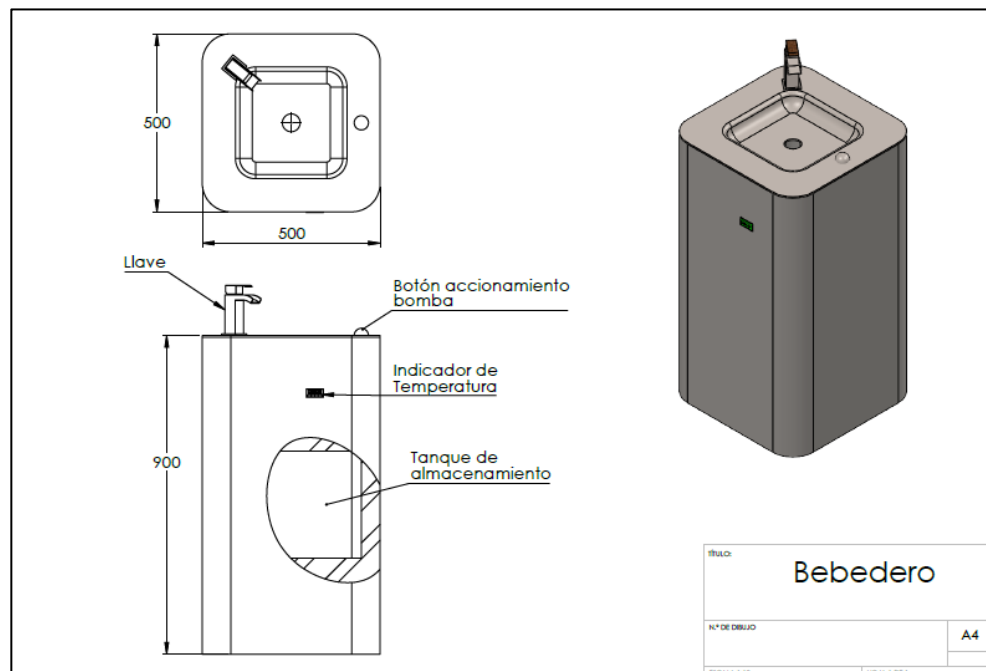
Fuente: Elaboración propia



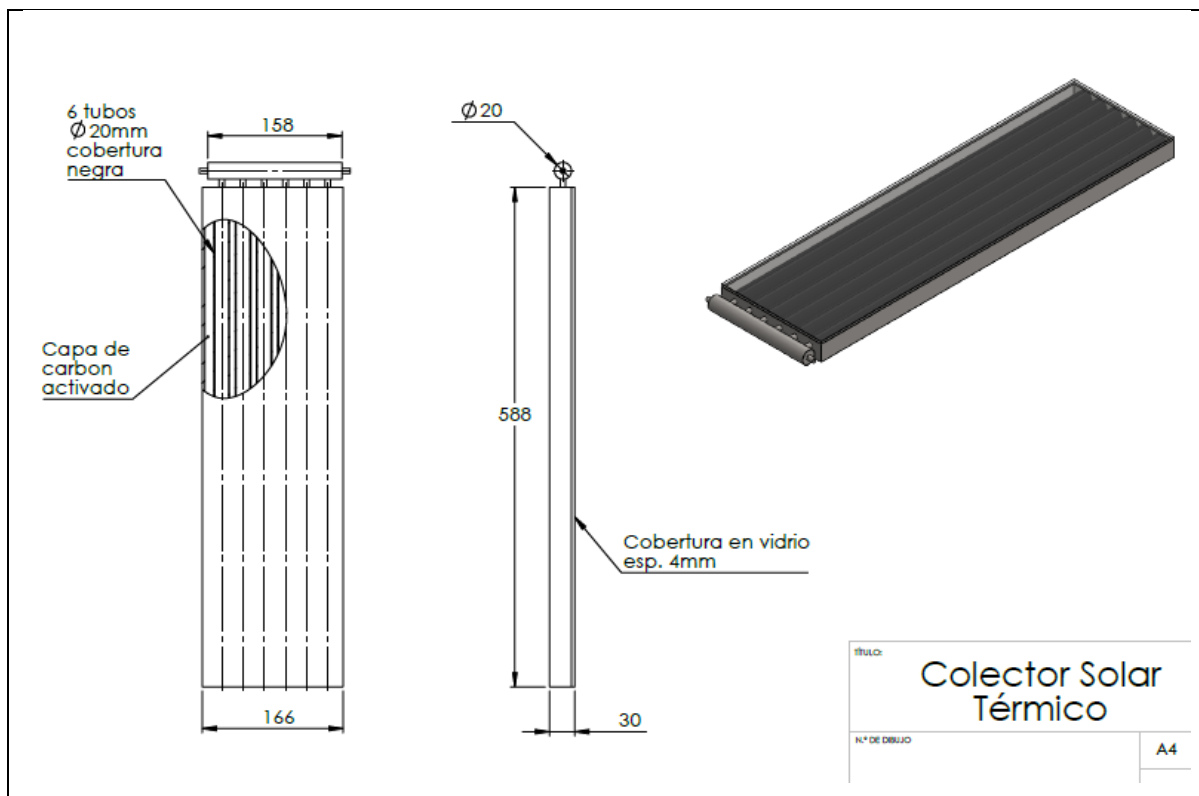
Fuente: Elaboración propia



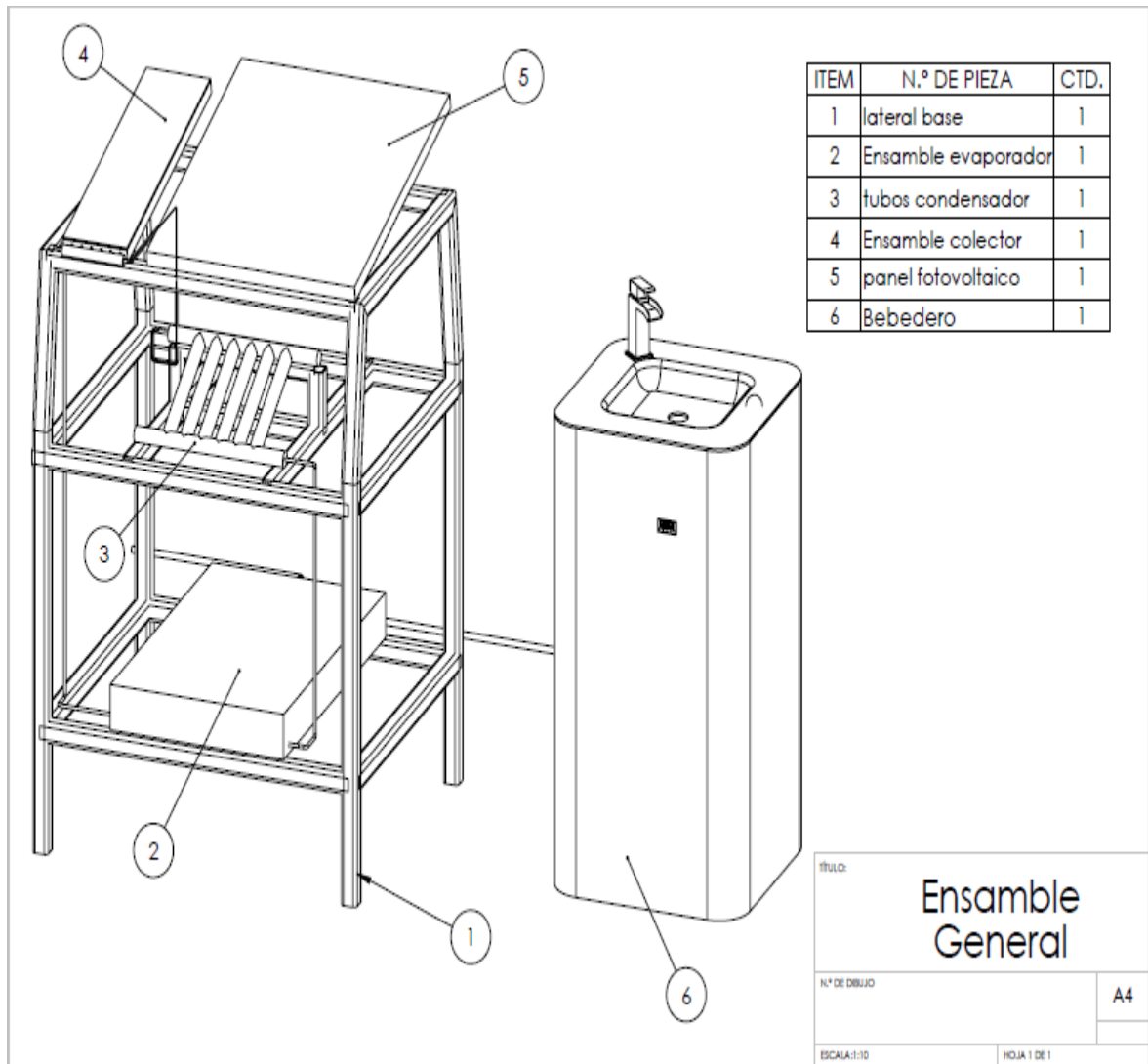
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

E.Anexo: Características del panel

TECHNO SUN
Módulo fotovoltaicos Techno Sun
5 / 10 / 20 / 40 / 100 / 150W

Datos eléctricos						
Potencia máxima (W)	5	10	20	40	100	150
Tensión de potencia óptima (Vmp)	18,57	18,57	17,82	17,69	18,78	18,99
Corriente operativa óptima (Imp)	0,27	0,54	1,12	2,26	5,32	7,90
Tensión de circuito abierto (Voc)	22,64	22,64	22,54	22,54	22,64	22,42
Corriente de cortocircuito (Isc)	0,29	0,58	1,20	2,42	5,70	8,45
Eficiencia de célula (%)	17,96	17,96	16,76	16,56	17,88	17,96
Eficiencia de módulo (%)	9,16	10,83	11,45	12,74	14,90	15,12
Tolerancia (%)	±3%	±3%	±3%	±3%	±3%	±3%
NOCT	47°C +/-2°C	47°C +/-2°C	47°C +/-2°C	47°C +/-2°C	47°C +/-2°C	47°C +/-2°C

Coef. de temperatura						
Coef. de temperatura Isc (%/°C)	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04
Coef. de temperatura Voc (%/°C)	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38
Coef. de temperatura Pm (%/°C)	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47
Coef. de temperatura Im (%/°C)	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04
Coef. de temperatura Vm (%/°C)	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38

Datos mecánicos						
Célula	52*15,3 (16,8)	52*30,6 (32,1)	156*21,9 (23,5)	156*44,3 (45,7)	156*104	156*156
Tecnología de célula	Monocristalina	Monocristalina	Monocristalina	Monocristalina	Monocristalina	Monocristalina
Número de células (pcs)	4*9	4*9	2*18	4*9	4*9	4*9
Tamaño del módulo (mm)	260*210*18	260*355*18	485*360*28	470*668*35	1005*668*35	1485*668*35
Grosor del cristal (mm)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Máx. carga de superficie	2400-5400Pa	2400-5400Pa	2400-5400Pa	2400-5400Pa	2400-5400Pa	2400-5400Pa
Resistencia al granizo	23m/s ,7.53g	23m/s ,7.53g	23m/s ,7.53g	23m/s ,7.53g	23m/s ,7.53g	23m/s ,7.53g
Peso de la unidad (Kg)	0,7	1,2	2,3	3,8	8	11,6
Corriente máxima del fusible (A)	-	-	-	10	10	10
Marco	18#	18#	28#	28#	35#	35#
Tipo de conector	MC4	MC4	MC4	MC4	MC4	MC4
Parte posterior	TPT	TPT	TPT	TPT	TPT	TPT
Rango de temperatura	-40°C / +85°C	-40°C / +85°C	-40°C / +85°C	-40°C / +85°C	-40°C / +85°C	-40°C / +85°C
FF (%)	70-76%	70-76%	70-76%	70-76%	70-76%	70-76%
Standard Test Conditions	AM1.5 1000W/m² 25°C					

Bibliografía

- Acevedo, J. (2016). Diseño de una instalación fotovoltaica con capacidad de 3 kilovatios. 2020. (Tesis de Pregrado). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/11352/%2010097742.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez, C. (2012). Normativa sobre energía solar térmica y fotovoltaica. Unidad de Inteligencia Estratégica Tecnológica. Recuperado de: <http://www.publicacionescidet.com/wp-content/uploads/2016/11/normatividadenegiasolar.pdf>
- Araneda, J., Lobos, L., Olivares, S., Oliva, P., Quezada, G., y Sandoval, P. (2017). Bebidas azucaradas: representaciones de escolares con sobrepeso y obesidad. Revista chilena de nutrición, 44(3), 276-282. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v44n3/0716-1549-rchnut-44-03-0276.pdf>
- Barbosa, J. (2013). Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (monocristalino y policristalino) en Bogotá. (Tesis de Maestría). Bogotá: Universidad Sergio Arboleda. Recuperado de: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/831/Estudio%20comparativo%20entre%20variables%20fotovoltaicas%20de%20dos%20sistemas%20de%20paneles%20solares%20en%20Bogot%c3%a1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Barbosa, O. (2014). Calentamiento global: La máxima expresión de la civilización Petrofósil". Revista del CESLA, (16), 35-68. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2433/243329724003.pdf>

- Bonilla, M. (2017). Diseño e implementación de un bebedero con sistema de filtración y desinfección para dotar de agua a la Escuela de Formación de Tecnólogos, ESFOT (Tesis de Pregrado). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18866/1/CD-8257.pdf>
- Bonnet. (2020). Catálogo de productos. Recuperado de: <http://www.bonnet.es/Productos/Catalogos/Inoxidable/aceroinox.pdf>
- Carspa. (2020). Sunpulse 12V 20Un PWM Regulador de carga Solar Panel Solar regulador. Recuperado de: https://es.made-in-china.com/co_carspa/product_Sunpulse-12V-20A-PWM-Solar-Charge-Regulator-Solar-Panel-Regulator_rsrheing.html
- Cengel, Y. (2006). Mecánica de fluidos. New York: McGraw-Hill.
- Cengel, Y. (2007). Transferencia de calor y masa. México: The McGraw-Hill
- Cengel, Y. y Boles, M. (2008). Termodinámica. España: McGraw-Hill.
- Cubillos, A. y Estenssoro, F. (2011). Energía y medio ambiente. Una ecuación difícil para América Latina. Chile: Ed. Frasis.
- Decreto. (2007). decreto 1575 de 2007. 20-11-2020, de secretaria de salud pública municipal
web:http://calisaludable.cali.gov.co/saludPublica/2015_SaludAmbiental/resolucion%20de%20tanques.pdf
- Educarm. (2018). Agua y sales. Recuperado de: <http://servicios.educarm.es/cnice/ludos/pb/al/al07.html>
- Ereco Ambiental. (2015). Energía solar térmica. Recuperado de: <http://erecoambiental.com/tag/energia-solar-termica/>
- EsRenovable. (2018). Efecto fotovoltaico. Recuperado de: <http://www.esrenovable.com/2011/10/efecto-fotovoltaico.html>
- Evans. (2020). Bombas sumergibles. Recuperado de: <https://www.evans.com.mx/catalogsearch/result/?q=5w>

- Fernández, P. (2007). Bombas centrífugas y volumétricas. Universidad de Cantabria: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Recuperado de: http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf
- Ferozo. (2020). Colector solar plano. Ficha técnica. Recuperado de: http://c1150039.ferozo.com/FICHAS_PDF/Ficha%20Tecnica%20Colector%20Solar%20Plano%20CSPJ.pdf
- Ferrotrónica. (2020). Sensor de temperatura y nivel de agua Recuperado de: <https://ferretronica.com/collections/sensores>
- Frescasa. (2020). Aislamiento de fibra de vidrio. Recuperado de: https://www.isover.com.co/productos/frescasa-eco-r?gclid=Cj0KCQjw28T8BRDbARIsAEOMBcyz4YjFFvM_LgNpGO77YOxPRFBd_VcIvXkPewfX8P56V3PaU94UwLgaAjWWEALw_wcB
- Gal, B., López, M., Martín, A. (2007). Bases de la fisiología. Madrid: Ed. Tébar.
- García, A. (2019). Manual de hidratación. Madrid: Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. Recuperado de: <https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/cuidados-verano/2019-campana-hidratacion/Documents/2019-guia-hidratacion.pdf>
- Granados, L., Holguin, V. y Perdomo, M. (2015). Diseño de un proyecto de ahorro y uso eficiente del agua, como estrategia que sensibiliza en el cuidado del recurso hídrico, a los estudiantes de la institución educativa Juan Pablo II del municipio de Palmira-Valle. (Tesis de Especialización). Cali: Fundación Universitaria los Libertadores. Recuperado de: <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/386/GranadosRamirezLorena.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Hernández, E. y Córdoba, M. Diseño, construcción y prueba de un refrigerador por adsorción solar, usando carbón activado. (Tesis de Pregrado). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/279483342_DISENO_CONSTRUCCION_Y_PRUEBA_DE_UN_REFRIGERADOR_SOLAR_POR_ADSORCION_USANDO_CARBON_ACTIVADO

- Homecenter. (2020). Aislamiento fibra de vidrio. Recuperado de:
<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/99758>
- Hydration for Health. (2018). Agua e hidratación: Bases fisiológicas en adultos. Recuperado de: <https://www.hydrationforhealth.com/es/ciencia-de-la-hidratacion/laboratorio-de-hidrataci%C3%B3n/agua-e-hidrataci%C3%B3n-bases-fisiol%C3%B3gicas-en-adultos/#:~:text=Para%20retener-,El%20agua%20representa%20de%20media%20el%2060%25%20del%20peso%20corporal,m%C3%BAsculos%2C%20en%20un%2076%25.>
- Icontec (2004). NTC 1500. Código colombiano de fontanería. Recuperado de:
https://www.academia.edu/28670459/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_1500_C%C3%93DIGO_COLOMBIANO_DE_FONTANER%C3%8DA
- Icontec. (1998). NTC 2050. Código eléctrico colombiano. Recuperado de:
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>
- Icontec. (2017). NTC 1500. Código colombiano de instalación hidráulicas y sanitarias. Recuperado de:
<https://www.aprocof.co/descargas/icontec/PRESENTACION%20ICONTEC%20NTC-1500%202.pdf>
- Ideam. (2014). Características de la radiación solar. Recuperado de:
<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>
- Imporinox. (2020). laminas en acero inoxidable. Recuperado de:
<https://www.imporinox.com/acero-inoxidable/calidades-y-acabados/>
- Inducol. (2020). Productos para refrigeración: dispensadores de agua. Recuperado de:
<https://inducol.com.co/product-category/dispensadores-de-agua/>
- Inifed. (2015). Norma mexicana para bebederos de agua fría. México: Secretaría de Economía. Recuperado de:
<https://www.inifed.gob.mx/bebederosescolares/pdf/normatividad/NMX-R-080-SCFI-2015.pdf>

- Medina, P. (2017). Propuesta y diseño de bebederos de agua como mobiliario urbano para puntos turísticos de la ciudad de Guayaquil. (Tesis de Pregrado). Ecuador: Universidad de Guayaquil. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19975>
- Méndez, J. y Cuervo, R. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. España: Ed. Fundación Confemetal, D.L.
- MeteoBlue. (2020). Clima Guadalajara de Buga. Recuperado de: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/guadalajara-de-buga_colombia_3688256
- Minenergía. (2019). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia. Bogotá: UPME. Recuperado de: http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/Proyeccion_Demanda_Energia_Jul_2019.pdf
- Ministerio de la Protección Social. (2009). Resolución 4150. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos que deben cumplir las bebidas energizantes para consumo humano. Diario Oficial No. 47.522. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion-4150-de-2009.pdf>
- Noriega, C. y Pérez, E. (2011). Sistemas de refrigeración por adsorción como una alternativa para el uso de calor residual y energía solar. Revista Ingenio, 4(1), 7-11. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/288280908.pdf>
- Organización de Naciones Unidas. (2018). O nos divorciamos del plástico, o nos olvidamos del planeta. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>
- Organización de Naciones Unidas. (2019). Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961#:~:text=Cada%20minuto%20se%20compran%20un,usan%20500.000%20millones%20de%20bolsas.&text=La%20cuarta%20Asamblea%20de%20las,pl%C3%A1sticos%20de%20un%20solo%20uso.>

- Ortega, R. M. (2016). Hidratación como asignatura pendiente. *Nutrición Hospitalaria*, 33(4), 763-764. Recuperado de: http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v33n4/01_editorial.pdf
- Paracuellos, J., y Lorente, I. (2005). Estudio y modelización de sistemas de climatización con adsorción. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 9(2), 31. Recuperado de: https://www2.uned.es/ribim/volumenes/Vol9N2Julio_2005/V9N2A04%20Guallar.pdf
- Perpiñán, O. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. España: Ed. España de Creative Commons. Recuperado de: <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- Piriz, I. (2013). *Energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú*. (Tesis de Maestría). Barcelona: Escola de Camins. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/20215>
- Pons, M. y Guillemot, J. (1986). Design of an experimental solar-powered, solid-adsorption ice maker. *Journal of solar energy engineering*, 108(4), 332-337. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Pons%2C-M.%2CJ.J.Guillemot.1986.-Design-of-a-solar-J.-Sitorus-Napitupulu/b8177fb7208020956dbf768a148eb85e50948175>
- Quero, G. (2011). *Diseño de un sistema de captación de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas*. (Tesis de pregrado). España: Universidad politécnica de Cataluña. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11549/MEMORIA.pdf>
- Rivas, P. (2016). *Cómo funciona la energía solar térmica*. Recuperado de: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/>
- Ruiz, A. y García, A. (2010). *Los sensores y su clasificación: guía práctica de sensores*. España: Ed. Creaciones.
- Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30 (3), 263-277. Recuperado de: <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>

- Sánchez, J. C., Romero, C. R., Arroyave, C. D., García, A. M., Giraldo, F. D., & Sánchez, L. V. (2015). Bebidas energizantes: efectos benéficos y perjudiciales para la salud. *Perspectivas en nutrición humana*, 17(1), 79-91. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v17n1/v17n1a7.pdf>
- Seekol. (2020). Bomba sumergible. Recuperado de: <https://www.amazon.es/dp/B07CVWT26R?tag=achando-21&linkCode=osi&th=1&psc=1>
- Selectra. (2020). ¿Qué es la energía solar?: tipos y beneficios. Recuperado de: <https://selectra.es/autoconsumo/info/energia-solar>
- Silva, D. (2018). Uso Correcto de las Bebidas Hidratantes. Contigo Salud. Recuperado de: <http://www.contigosalud.com/uso-correcto-de-las-bebidas-hidratantes>
- Sitasa (2018). Manual técnico nano cobre. Recuperado de: http://www.catalogo.sitasa.com/familias/tuberia_cobre/02_1.pdf
- Solartex. (2020). Descripción Panel Solar 100 Watts Resun Policristalino. Recuperado de: <https://www.solartex.co/tienda/producto/panel-solar-100-watts-resun-policristalino/>
- Toda Colombia. (2020). Temperatura Valle del Cauca. Recuperado de: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/valle-del-cauca/clima.html>
- Weather Spark (2020). El clima promedio en Buga. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/21494/Clima-promedio-en-Buga-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- White, F. (2004). *Mecánica de fluido*. España: McGraw-Hill.