



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**GENERADOR DE AGUA CON SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL CON ESCALA DE GRISES**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**JUAN CARLOS RIVERA ALVARENGA**

**JONATHAN OTTONIEL RODRÍGUEZ MEJÍA**

**ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDOÑEZ ÁVILA**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA**

**2021**

Primeramente, agradezco a Dios, quien me ha guiado a lo largo de mi vida, llenándome de bendiciones, amor y demostrándome que su bondad hacia mí no tiene límites, guiándome en mi camino con las personas correctas, brindándome fortaleza y sabiduría para poder sobrellevar los momentos difíciles presentados en mi camino.

Gracias a mis padres por su apoyo incondicional y amor recibido en cada momento de mi vida, gracias por ser los principales impulsores de mis sueños, por confiar en mí cada día y creer en mis capacidades, por educarme con los mejores valores, actitudes para enfrentar la vida como el trabajo, el esfuerzo, la disciplina, la responsabilidad, la tolerancia, la paciencia, el respeto, el agradecimiento, el amor, la reciprocidad, y el buen humor que los caracteriza. Gracias a mi madre Floridalma Alvarenga por estar en cada paso de mi vida, por sus consejos a cada día ofreciéndome y mostrándome las adversidades de la vida; gracias a mi padre Juan Benjamín Rivera por siempre ser mi consejero y por cada una de sus palabras que me han guiado por el camino correcto para ser un hombre de bien.

Quiero expresar mi gratitud a dos personas incondicionales en mi vida, mi hermana mayor Fanny Rivera que me ha brindado su apoyo completo y que me ha soportado en muchos de mis momentos críticos, siendo un modelo de vida digna de mi completa admiración, a mi hermana menor Dariela Rivera por su apoyo incondicional, siempre contagiándome con su buen humor y motivándome a creer en mí. Agradezco a los docentes de UNITEC que me compartieron sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria, haciendo una mención especial al ingeniero José Luis Ordoñez, quien a diario nos deja evidenciado que somos capaces de dar un extra a cada asignación, motivándome a obtener mi potencial a un nivel más alto. Gracias a mis amigos, Diana Santamaria, Víctor Escobar, Cristhian Méndez, Héctor Jiménez, Omar Alvarado, Jonathan Rodríguez, Ian Canales, Hegel López, Carlos Mezen, Carlos Espinoza por haber convertido momentos vacíos en las mejores experiencias, anécdotas, buen humor, aprendizajes y grandes afectos que recordaré por siempre.

Gracias a la vida por este nuevo Éxito.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, quien me ha bendecido a lo largo de mi vida, poniendo en mi camino a las personas correctas que han sido de ayuda para mi desarrollo, dándome sabiduría para poder sobrellevar todos los momentos difíciles que se han presentado.

Gracias a mis padres por el amor y apoyo incondicional que me han brindado en todo momento gracias por ser los principales promotores de mis sueños, por educarme con principios y valores, por haberme dado el ejemplo de hacer todas las cosas de una manera correcta. Gracias a mi padre Mainor Rodriguez por siempre ser mi consejero y darme su apoyo incondicional; gracias a mi madre Amelia Mejía por estar siempre conmigo y por apoyarme en mis decisiones. De la misma manera agradezco a mi hermana Zeylin Rodriguez quien ha estado siempre conmigo ayudándome en lo que he necesitado y por los buenos tiempos que hemos compartido juntos, por esto y por mucho más les agradezco por haberme dado la oportunidad de lograr cumplir muchas metas en mi vida.

Agradezco a los docentes de UNITEC que me compartieron sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, haciendo una mención especial al ingeniero José Luis Ordoñez, quien me enseñó que siempre se puede lograr nuestros objetivos si damos lo mejor de nosotros. Gracias a mis amigos, Cristhian Méndez, Juan Rivera, Carlos Mezen, Héctor Jiménez, Ian Canales, Omar Alvarado, Víctor Escobar, Hegel López por haber hecho de momentos vacíos las mejores experiencias y anécdotas que nunca olvidare.

Gracias a la vida por este nuevo Éxito.

## RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de este trabajo es exponer la generación de agua con la implementación del sistema de control por visión artificial con escala de grises, la inteligencia artificial es aquella donde las maquinas piensan y procesan por su propia cuenta y replican algunas características del comportamiento humano, obteniendo conocimientos nuevos de las aplicaciones de visión artificial y métodos de aplicación para sus futuros usos en la industria. Para el desarrollo de este prototipo se utiliza la metodología en V, que permite el desarrollo y análisis de cada una de sus etapas. Este estudio comienza con el diseño del prototipo en el software de modelado 3D SolidWorks para posteriormente realizar el prototipo en físico, se realizan las respectivas pruebas integrando el sistema de control con el sistema mecánico el cual es el sistema de refrigeración empleando cámara de visión nocturna de 5MP, como microcontrolador se usa el Raspberry Pi 3b, relés de estado sólido para encendido y apagado del sistema obteniendo de esta forma una mayor estabilidad en el mismo, ventilador de alto flujo empleado para obtener un menor tiempo de descongelamiento, válvula solenoide se usa para lograr que el compresor arranque con la misma presión en que se encontraba cuando fue apagado de esta forma el compresor sufrirá un menor desgaste dado que no está arrancando a presiones elevadas, la válvula termostática es empleada para mantener un nivel de congelamiento optimo en el evaporador dado que ella se autorregula y el sistema es alimentado por 220V. Finalmente se concluye que la metodología en V facilito la planificación y fabricación del prototipo de generador de agua con sistema de control empleando la visión artificial con escala de grises.

Palabras claves— generación de agua, visión artificial, microcontrolador, escala de grises.

## **ABSTRACT**

This work exposes the generation of water with implementing the control system by artificial vision with gray scale, artificial intelligence is one where machines think and process on their own and replicate some characteristics of human behavior, getting a new knowledge of machine vision applications and application methods for future uses in industry. For the development of this prototype, the V methodology is used, which allows the development and analysis of each of its stages. This study begins with the design of the prototype in the SolidWorks 3D modeling software to later carry out the physical prototype, the respective tests are carried out integrating the control system with the mechanical system which is the refrigeration system using a night vision camera of 5MP, as a micro-controller the Raspberry Pi 3b is used, solid-state relays for turning the system on and off, thus getting greater stability in it, high-flow fan used to get a shorter defrost time, solenoid valve is used for get the compressor to start with the same pressure it was in when it was turned off in this way the compressor will suffer less wear since it is not starting at high pressures, the thermostatic valve is used to maintain an optimal freezing level in the evaporator that it is self-regulating and the system is powered by 220V. Finally, it is concluded that the V methodology facilitated the planning and manufacture of the prototype of a water generator with a control system using artificial vision with gray scale.

Keywords — water generation, computer vision, micro-controller, gray scale.

## **EPÍGRAFE**

*“La verdadera felicidad radica en la finalización del trabajo utilizando tu propio cerebro y habilidades”*

*– Soichiro honda*

# Índice de Contenido

I.	Introducción.....	15
II.	Planteamiento del problema .....	17
	2.1 Precedentes del problema.....	17
	2.2 Definición del problema .....	18
	2.3 Justificación .....	19
	2.4 Preguntas de investigación .....	19
	2.5 Objetivos.....	20
	2.5.1 Objetivo General.....	20
	2.5.2 Objetivos Específicos .....	20
III	Marco teórico .....	21
	3.1 Generación de agua potable.....	21
	3.1.1 Gestión de suministro de agua potable.....	22
	3.1.2 Agua atmosférica.....	22
	3.1.3 Aguas residuales.....	24
	3.1.4 Agua subterránea .....	29
	3.2 Viabilidad de sistemas de generación de agua.....	32
	3.2.1 Condensación es causa del flujo de aire.....	32
	3.2.2 Agua generada por producción de aires acondicionados.....	33
	3.2.3 Alambique solar .....	37
	3.2.4 Equipos híbridos termo-fotovoltaicos de destilación de agua.....	38
	3.2.5 Deshumidificación del aire por medio de un condensador de cilindro .....	39
	3.3 Controladores de temperatura .....	40
	3.3.1 Sistema de control de temperatura On/Off .....	41

3.3.2 Control de temperatura adaptativo basado en redes neuronales .....	44
3.3.3 Monitoreo de temperaturas usando controlador PID.....	45
3.3.4 Control de temperatura basado en PI.....	49
3.3.5 Modelo explícito predictivo de control de temperatura.....	50
3.3.6 Control de temperatura con red neuronal difusa.....	51
3.3.7 Control de temperatura multicanal basado en PLC.....	52
3.3.8 Monitoreo de temperatura basado en IOT .....	52
3.4 Generadores de agua utilizados en la industria.....	53
3.4.1 Características.....	53
3.4.2 Beneficios .....	56
3.4.3 Viabilidad.....	57
3.4.4 Productividad.....	58
3.5 Visión Artificial.....	59
3.5.1 Sistemas de control de temperatura por visión artificial .....	64
3.6 Filtración del agua.....	73
3.6.1 Tratamiento de aguas.....	73
3.6.2 Contaminación del agua.....	77
3.6.3 Métodos de filtración .....	78
IV. Metodología .....	88
4.1 Enfoque.....	88
4.2 Variables de Investigación .....	90
4.3 Técnicas e instrumentos aplicados .....	90
4.4 Materiales.....	91
4.5 Metodología de estudio .....	91



4.6	Requerimientos.....	91
4.7	Generador de agua potable a base de un sistema de refrigeración.....	92
4.7.1	Nivel de sistemas.....	92
4.7.2	Niveles de subsistemas.....	92
4.8	Cronograma de actividades.....	93
V.	Análisis y resultados.....	94
5.1	Análisis de sustento del marco teórico.....	94
	Visión Artificial.....	95
5.2	Niveles de Subsistemas.....	97
5.2.1	Subsistema de Lectura.....	97
5.2.2	Subsistema de interfaz de usuario.....	98
5.2.4	Subsistema de nivel de congelamiento del evaporador.....	101
5.2.5	Subsistema de Estructura.....	104
5.2.6	Subsistema de tratamiento de agua.....	108
5.2.7	Subsistema de generación de agua.....	109
5.2.8	Integración de los subsistemas.....	110
	Pruebas y validación de prototipo.....	115
	Gráficos de Tiempos de ciclos, temperaturas y humedades registradas.....	118
	Discusión.....	122
VI	Conclusiones.....	129
VII	Recomendaciones.....	130
VIII.	Referencias.....	131

## Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1</i> Sistema de suministro de agua que utiliza pozos como fuentes de agua y tubería de transmisión. ....	21
<i>Ilustración 2</i> Esquema de microcosmos utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticos usando <i>E. crassipes</i> .....	26
<i>Ilustración 3</i> La parte exterior de la unidad split de aire acondicionado.....	33
<i>Ilustración 4</i> Análisis de límites del sistema .....	34
<i>Ilustración 5</i> Flujo de masa de refrigerante usando R22 y R290 a diferentes temperaturas. ....	37
<i>Ilustración 6</i> Esquema de instalación.....	43
<i>Ilustración 7</i> Diagrama de estructura del sistema.....	52
<i>Ilustración 8</i> Sistema de producción de agua .....	55
<i>Ilustración 9</i> Ejemplo de un esquema de la tecnología de bombeo.....	59
<i>Ilustración 10</i> Ejemplos de mapas de prominencia de algoritmos de detección de objetos sobresalientes que muestran efectos similares contra la verdad del terreno. (a) Imagen original (b) Real (c) Mapas de prominencia del método GS, (d) Mapas de prominencia del método PCA, (e) Mapas de prominencia del método SO .....	64
<i>Ilustración 11</i> Técnica de imagen Hiperespectral.....	65
<i>Ilustración 12</i> Ejemplo de búsqueda automática de los puntos con mayor temperatura. Advertencia cuando un valor está por encima del umbral de temperatura establecido.....	67
<i>Ilustración 13</i> (a) Captura de imágenes (b) Llama y segmentación (c) Imagen filtrada.....	69
<i>Ilustración 14</i> Sistemas desalinizadores.....	70
<i>Ilustración 15</i> . Un ejemplo de pares de video térmicos y en escala de grises. En (a), es difícil discriminar el objetivo del fondo. El seguimiento térmico en escala de grises tiene como objetivo diseñar el modelo de apariencia para que la información térmica y en escala de grises se complementen entre sí.....	72
<i>Ilustración 16</i> Proceso principal de ozonización.....	83
<i>Ilustración 17</i> Diagrama esquemático del sistema de destilación. 1- El compresor. 2- El evaporador en el interior de volumen controlado. 3- El condensador dentro de un recipiente cerrado. 4- La válvula de expansión. 5- El intercambiador de calor. 6- La bomba de vacío. 7.....	87

Ilustración 18 Diagrama de flujo código de programación.....	100
Ilustración 19 Carta psicrométrica gas R22.....	102
Ilustración 26: Unidad condensadora.....	110
Ilustración 27: Integración de difusor y sistema mecánico.....	110
Ilustración 28: Integración parte mecánica y estructural.....	111
Ilustración 29: Instalación de lámina a sistema estructural.....	112
Ilustración 31: integración del sistema de control.....	113

## Índice de Tablas

Tabla 1: Tipos de sensores de temperatura y humedad .....	97
Tabla 2: Tipos de sensores de nivel.....	97
Tabla 3: Comparación de LCD.....	98
Tabla 5: Comparación de gases.....	101
Tabla 6: Comparación de compresores .....	102
Tabla 4: Comparación de microcontroladores.....	103
Tabla 7: Comparación de materiales estructura.....	104
Tabla 8: Tipo de filtrado.....	108
Tabla 9: Comparación de tipos de evaporadores.....	109
Tabla 10 Pruebas realizadas.....	116
Tabla 11 Promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de ciclos realizados.....	117

## **I. Introducción.**

El siguiente estudio se divide en los diferentes capítulos que beneficiaran a comprender en el proceso de finalización del proyecto, por lo cual a continuación se brindara una breve introducción de lo que comprenderá cada capítulo:

Capitulo II. En este capítulo se muestra como el problema de la generación de agua ha incrementado día con día, debido a esto, se establecen los precedentes del problema, definición del problema y justificación. Se demostrarán los requerimientos solicitados a partir de las preguntas de investigación y objetivos del proyecto.

Capitulo III. Es el marco teórico aquí es donde se sustenta la información necesaria y de esta forma lograr la resolución del problema, se obtienen los conocimientos necesarios, así como entrar un poco más a fondo sobre que es la generación de agua y el uso de la visión artificial, los procesos en los cuales ya han sido aplicada la inteligencia artificial y las diferentes formas de producción de agua.

Capítulo IV. En este capítulo se abordará la metodología de investigación que fue empleada, dando a conocer cada una de las etapas y fases para llevar a cabo el desarrollo y el análisis de esta investigación, estableceremos las variables dependientes e independientes, herramientas y materiales, y el cronograma de actividades a realizar para crear el generador de agua con sistema de visión artificial con escala de grises.

Capítulo V. Este capítulo consiste en análisis y resultados donde se estudia los aportes generados por las teorías de sustento expuestas en el capítulo III de la presente investigación y se mostrara las diferentes etapas de la metodología que se implementó.

Capítulo VI. En este capítulo se muestran las conclusiones presentes en los resultados que se obtienen en las pruebas, y se concluye, teniendo en cuenta los objetivos que se establecieron al inicio del proyecto.

## **II. Planteamiento del problema**

El propósito principal de este capítulo es mostrar la crisis que se vive mundialmente debido a la escasez de agua que afecta a muchas personas en la actualidad, por lo tanto, se establecen los precedentes del problema, definición del problema y justificación. Se mostraran los requerimientos solicitados basándose en las preguntas de investigación y objetivos del proyecto.

### **2.1 Precedentes del problema**

Desde los años 1980 aproximadamente un 1% en todo el mundo ha ido incrementando el uso del agua, este significativo aumento se le acredita al crecimiento de los países que están en desarrollo y también a las economías que aún están en desarrollo y que puedan pasar a estar en un mercado desarrollado, esto va muy enlazado a lo que es el crecimiento de la población a gran escala, la capacidad de ingresos a los países y a la forma en que los seres humanos adquirimos los alimentos por medio de influencias del mercado, las tendencias de la tecnología a costos de producción o por los precios (UNESCO, 2019).

(UN-Water Technical, 2019) menciona lo siguiente sobre su estudio:

En el último decenio, más del 90 % de los grandes desastres naturales se produjeron a causa de inundaciones, tormentas, olas de calor, sequías y otros fenómenos meteorológicos. Se prevé que la frecuencia y la intensidad de estos fenómenos aumenten debido al cambio climático. El Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 se adoptó en la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, en Sendái Japón en marzo de 2015.

El Marco de Sendái incluye siete metas y cuatro prioridades de acción con objetivo de reducir acaecimiento e impacto de los desastres resultantes de peligros naturales. Entre esas prioridades, el Marco de Sendái alienta a reforzar y aplicar los mecanismos mundiales sobre asuntos hidrometeorológicos con miras a crear conciencia y comprender mejor los riesgos de desastres relacionados con el agua.

A nivel global la extracción más elevada de agua es de la agricultura tomando un 69%, la industria genera un 19% del agua incluyendo lo que es la generación de energía, el uso cotidiano en los

hogares solo represente un 12% de consumo del recurso hídrico, se considera que el alza global de agua aumente en un 20 a 30% del nivel considerado actualmente (UNESCO, 2019).

(UNICEF, 2016) menciona lo siguiente sobre su estudio:

La sequía que padece Honduras ha reducido de manera considerable las cosechas, provocando un aumento de la inseguridad alimentaria y nutricional y de la pobreza, entre otros efectos. Además, la deserción escolar se ha incrementado como estrategia de adaptación en los hogares: quienes antes estudiaban ahora trabajan.

Como consecuencia de la pérdida de las cosechas, los precios han aumentado entre un 14 y 20 por ciento, lo que está haciendo que para la población sea más difícil adquirir los productos de la canasta básica. Ante esto, las familias, especialmente en las áreas rurales, están optando por reducir tanto el número de comidas como la calidad de las mismas, aumentando los índices de desnutrición.

La sequía provocada por el fenómeno de El Niño durante el año 2015 es una de las más severas de la historia de Honduras, superando en dimensión e impacto a la registrada el año anterior (Red Humanitaria, 2015). Se trata, por tanto, de dos años de acumulación de efectos que impiden el desarrollo de una resiliencia efectiva de las familias y comunidades más afectadas.

Con los elevados porcentajes de uso del agua a nivel global se desarrolló lo que es un estrés hídrico lo cual impacta directamente a la sostenibilidad y se generan elevados conflictos entre los usuarios (UNESCO, 2019).

## **2.2 Definición del problema**

La escasez de agua es un problema que mundialmente ha crecido durante los últimos años, se sabe que del 70% de agua que hay en la tierra un 97.5% es agua salada y solo un 2.5% es agua dulce por lo tanto esto supone una escasez de agua para el uso diario. En la actualidad un gran porcentaje de la población mundial sufre de escasez de agua por lo tanto se deben buscar alternativas para la generación de este recurso vital en la vida del ser humano.

La cantidad de agua de agua potable a diario se convierte en problema porque se vuelve más escasa con el incremento exponencial de la población, la escasez de este vital recurso puede generar enfermedades dado que esto conlleva que no existen sistemas de manejo correcto para el traslado del mismo lo que es la potabilización, a mucha población les lleva a usar recursos hídricos que están contaminados lo cual provoca las enfermedades como ser, el colera, diarrea y la poliomielitis por ende la ausencia de este recurso afecta directamente también a la ganadería, industria y a la agricultura lo cual genera escasez de alimentos (Eacnur, 2019).

### **2.3 Justificación**

Pensamos que mediante el diseño, análisis y fabricación del prototipo de generador de agua potable con base a un sistema de refrigeración nos permitirá conocer nuevos métodos para la generación de agua potable y de esta forma ayudar a la población a disminuir algunas de las enfermedades como: desnutrición, diarreas, alergias y parásitos, un factor que mantiene activas estas patologías es la falta de buenos hábitos de aseo personal, pretendemos con el prototipo generar agua potable y que la capacidad de producción de agua potable sea medida en litros, constara de un sistema de refrigeración que generara la condensación.

Según (Angel Garcia, 2010) “El acceso a un servicio de agua potable en cantidad y calidad adecuadas es un derecho humano básico, reconocido por la declaración universal y contemplada en la legislación hondureña.”

### **2.4 Preguntas de investigación**

1. ¿Qué proceso de generación de agua potable es más viable para implementar en el país?
2. ¿Qué sistema de control es más adecuado para implementar en el generador de agua potable a base de un sistema de refrigeración?
3. ¿Cuáles son las características específicas de los diferentes generadores de agua ya usados en la industria?
4. ¿En qué beneficiara la visión artificial al sistema de control del generador de agua potable?



## **2.5 Objetivos**

Se fijarán los objetivos a cumplir, estos se dividen en un objetivo general, en el cual se expresa en general lo que se pretende desarrollar y también los objetivos específicos, en los cuales se detallan las acciones del objetivo general.

### **2.5.1 Objetivo General**

- Diseñar y fabricar un sistema haciendo uso del microcontrolador Raspberry con visión artificial que tenga la función de producir agua potable de forma efectiva mediante un generador a base de un sistema de refrigeración.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el proceso más viable de generación de agua potable para implementar en el país.
- Determinar cuál sistema de control es más adecuado para implementar en el generador de agua potable.
- Comparar las características específicas de los diferentes generadores de agua ya usados en la industria.
- Determinar los beneficios que aportara la implementación de la visión artificial al sistema de control del generador de agua potable.

### III Marco teórico

En la actualidad se requiere con urgencia de que se continúen estudiando y desarrollando nuevos métodos de producción de agua para poder tener una manera más segura de afrontar la escasez mundial de agua que se está viviendo y que está catalogada como uno de los riesgos globales principales que sigue en crecimiento debido a factores de los cuales muchos de ellos no pueden ser controlados o evitados. Por lo tanto, buscar soluciones rápidas y eficientes es una gran manera para afrontar esta crisis.

#### 3.1 Generación de agua potable

El servicio de abastecimiento de agua a todas las comunidades, con calidad y bajo coste, representa un objetivo primordial para todas las administraciones públicas y privadas. Este estudio tiene como meta evidenciar la importancia que puede llegar a tener la generación de agua potable lo cual es un indicador de nivel de vida, el cual al obtener este servicio impacta directamente en las condiciones humanitarias (PUNGARU et al., 2019).

La gestión de recursos del agua potable ha inquietado al mundo por muchas generaciones pasadas y lo sigue siendo en la actualidad, el ritmo de crecimiento de la población a nivel mundial es a nivel exponencial, con lo cual esto convierte una exigencia el producir mayor cantidad de energía, más alimentos y las fuentes naturales de abastecimiento de agua cada vez son más limitadas su producción.

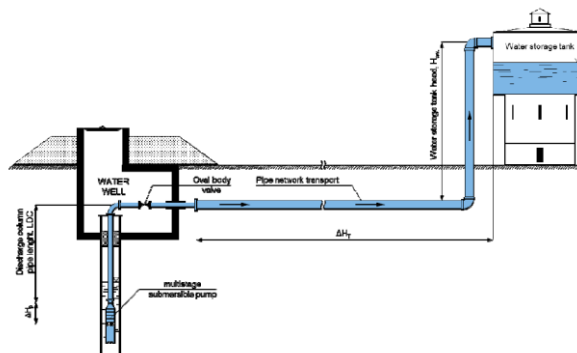


Ilustración 1 Sistema de suministro de agua que utiliza pozos como fuentes de agua y tubería de transmisión.

Fuente: (PUNGARU et al., 2019).

### **3.1.1 Gestión de suministro de agua potable**

Con el constante crecimiento de la economía y la población esto desencadena un alza a la necesidad de agua y por ende esa demanda se traslada directamente a las fuentes de este recurso, en las cuales en la actualidad los recursos hídricos están siendo manejados de manera deficiente, la gestión de agua desencadena una serie de problemas a nivel local y mundial, las cuales deben de tomarse en cuenta para realizar un diseño para un mejor aprovechamiento que sea eficaz y se resuelvan los conflictos dados por el mismo (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018).

El manejo del recurso hídrico genera una gran problemática a nivel mundial por el crecimiento exponencial de la población y los recursos mal aprovechado, por ende, debe existir una gestión de suministro de agua potable de calidad porque este es trasladado a la calidad de vida de las personas.

El manejo eficiente de la gestión de suministro de agua se comprende como una fase que lleva como objetivo promover los recursos naturales que son la tierra y el agua, el cual ayuda también para obtener un alza económica que sea bien remunerada teniendo en cuenta que el objetivo principal es no dañar las fuentes principales. Este tipo de gestión se debe contar con equipo de personas de diferentes especialidades esto se asocia directamente con este recurso hídrico. Las partes esenciales para la gestión de este vital recurso son las que poseen solamente un recurso hídrico y las zonas inundables que pueden ser completamente vulnerables en diversas situaciones, con el cual se tiene como conclusión el salvaguardar estos medios naturales y que continúen su caudal en su máxima expresión se le asigna un superior interés al cuidado de estas fuentes principales (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018).

### **3.1.2 Agua atmosférica**

Se le denomina que es una tecnología sostenible la cual necesita solamente es la concentración del vapor de agua que se encuentra en la atmosfera para luego convertirla en agua estado líquido la cual se obtiene bastante limpia, tomando en cuenta muchos parámetros y ajustándolos de forma eficaz este tipo de tecnología, puede llegar a contrarrestar el problema hídrico que atraviesa el mundo, el concepto de generación de este vital recurso tiene como objetivo principal el manejar una producción de agua al máximo y optimizar la misma, un

marcador de este tipo de generador es que la eficiencia de este generador variara dependerá de la naturaleza atmosférica donde se vaya a implementar, las variaciones del clima tiene un cambio directo en la eficiencia del mismo (Pontious et al., 2016).

En esta forma de generación de agua influye mucho lo que es la incidencia del sol, la tierra posee una capacidad de absorción del vapor de agua en la parte de la atmosfera interior por ende este vapor se puede considerar una fuente de calor.

Para mantener un equilibrio entre la concentración del vapor de agua y el agua en estado líquido se debe de estabilizar mediante la presión fragmentada debe estar al mismo nivel de la tensión molecular en estado líquido, si ocurre este desequilibrio entre concentración de vapor de agua y el agua en estado líquido comenzara a convertirse en vapor lo cual no es eficiente, estas variantes son directamente afectados por la cantidad de humedad concentrada en el sector ubicado este tipo de generador (Pontious et al., 2016).

Por lo tanto, estos son dispositivos capaces de extraer vapor de agua y a tal grado de reducir la temperatura debajo de la de su punto de rocío, por ende, para estos equipos algunos de sus procesos necesitan una cantidad específica de energía y también se cuenta con procesos que no necesitan energía.

### 3.1.2.1 Estudio de desempeño de captación de agua

Con el aumento de caudal de aire en gran volumen esto genera una disminución de la producción de agua, basándose en el principio de enfriamiento que este se consume para crear el efecto en el aire y luego realizar lo que es la condensación de agua en forma de vapor, hay un consumo más grande en el ciclo de formación de escarcha en el evaporador en vez de la condensación, lo cual genera altos consumo energético (Talib et al., 2019).

La captación de agua lluvia se ha realizado el estudio y se comprueba que es completamente amigable con el ambiente, la cual se puede emplear en instalaciones para penetrar en los filtrados de agua subterráneas por esta acción.

### 3.1.2.2 Densidad de vapor de agua en la capa límite atmosférica

En la capa atmosférica se encuentra con un peso específico el vapor de agua el cual puede tener una colaboración en la difusión de frecuencias cuando son en altos valores, existe documentación de valores atmosféricos, los cuales se ramifican en estudios de radiosondas en modo de presión, humedad y temperatura (Valtr et al., 2017). El movimiento de aire de forma fluida lleva a un intercambio para que pueda cambiar de estado, el movimiento es aumentado y entre capa terrestre y atmosfera se modifica el patrón atmosférico, como el flujo de aire a este nivel no es de forma constante se pueden observar cambios de velocidad, humedad que contiene en el aire y en la presión. En la atmosfera estando de forma estable siempre le ocurre una alteración en lo que es el flujo, depende si este tipo de alteración se acomoda nuevamente se considera que la atmosfera es estable, si esta misma alcanza un nivel mayor y se modifica el parámetro del sistema es considerado inestable, se determina que el tráfico del calor que afecte la temperatura son de mayor importancia en cuanto al calor que se necesita para cambiar de fase en horario que la radiación solar es de mayor incidencia y también mucha relevancia la altura del nivel del mar (Velasquí et al., 2018).

### 3.1.3 Aguas residuales

En el constante aumento del crecimiento poblacional, se ve en obligación de reutilizar las aguas residuales lo cual se puede hacer de forma centralizada o descentralizada, los cuales se pueden realizar en plantas de tratamiento en ellas se está verificando los parámetros y de esta forma asegurar que es agua de calidad, es una forma muy viable para disminuir la problemática que puede ocasionar el no tener este vital recurso (Kodali, 2017).

#### 3.1.3.1 Necesidad de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento debe ser fundamental de esta forma protegemos directamente al medio ambiente que sus efectos son directamente trasladados hacia los seres humanos, cuando se realiza de forma correcta el tratamiento la misma puede reutilizarse muchas veces.

Se convierte de vital importancia el realizar el tratamiento de estas aguas porque esta agua llega nuevamente a la comunidad cuando ya es procesada, por la cual se han mezclado agua usada por los habitantes, aguas de sumideros, aguas municipales y productos químicos si existen

industrias en las cercanías, esta agua llega a la comunidad por redes subterráneas distribuidas, la cual proviene de varios hogares y se mezcla con el agua proveída por los gobiernos locales (Kodali, 2017).

### 3.1.3.2 Tratamiento de aguas residuales

Se implementa un procedimiento de tres periodos en el cual el primero es el encargado de materia en estado sólido empleando trabajos mecánicos y realizando procedimientos químicos, el periodo químico se orienta a la biología en la cual los objetos amigables con el ambiente se realizan por medio de microorganismos removedores, en el periodo tres se deshecha lo que haya quedado de los primeros periodos haciendo uso de osmosis inversa y métodos avanzados de oxidación.

El biodigestor podría ser de ayuda para el tratamiento de aguas residuales que podrían variar las condiciones como ser el pH, la temperatura que el manejo de estas condiciones detiene la generación de microorganismos que pueden estar sin vida en los cuales la materia pierde su nivel de concentración de material orgánica lo cual podría generar elementos como ser: metano y dióxido de carbono (Pérez Martín et al., 2016).

### 3.1.3.3 Tratamiento de aguas residuales de la industria

Este tipo de aguas residuales generadas en la industria tendrán grandes efectos en la capa de ozono lo cual pone en riesgo la vida animal y por ende la vida humana, lo cual deben pasar por un proceso de tratamiento que tiene sus fases de sedimentación y flotación (Younas et al., 2018).

La técnica de concentración por sedimentación el cual se usa el agua y líquidos que contengan baja densidad como por ejemplo salina fisiológica la cual se obtiene mediante la recuperación de formas microscópicas de los insectos en el área de estudio (Tarqui Terrones et al., 2019).

### 3.1.3.4 Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales

Es un proceso opcional amigable con la capa de ozono y muy eficaz para eliminar cualquier microbio en las aguas residuales, en el cual este proceso consiste en emplear plantas y organismos

acuáticos de tamaño milimétrico, haciendo uso de suelo y agua para el transporte de las mismas que garantice que disminuirá la cantidad química, las plantas y organismos acuáticos se empapan de los metales en forma diluida, con este proceso se pueden eliminar en un 99% lo cual genera un vertido con carga bacteriana baja (Mendoza Guerra et al., 2016).

En este tipo de sistema utilizando la fitorremediación se incluye el proceso de sedimentación que forman parte de los sólidos que están suspendidos en estudio, el cual permite evaluar tratamientos biológicos a aguas residuales domesticas netas en microcosmos provenientes de la planta acuática.

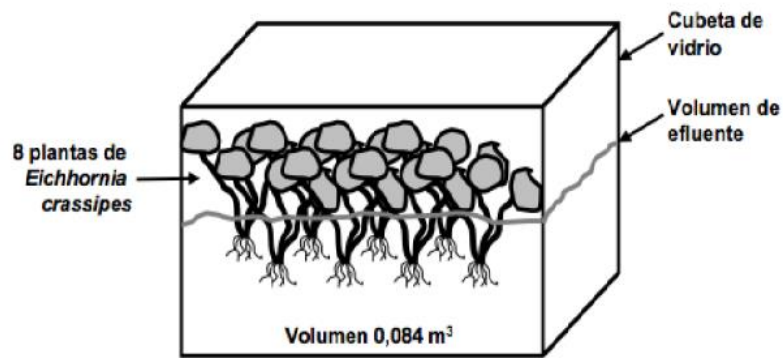


Ilustración 2 Esquema de microcosmos utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticos usando *E. crassipes*

Fuente: (Mendoza Guerra et al., 2016).

### 3.1.3.5 Monitoreo de plantas de tratamiento de aguas residuales

Mejorar la calidad del agua y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales es una importante prioridad para un medio ambiente sea completamente sostenible, la reutilización de aguas residuales tratadas se está convirtiendo cada vez más en una necesidad absoluta en países con insuficiencia hídrica, la reutilización de aguas residuales tratadas es claramente ventajosa y beneficiosa en el sentido de que ayuda a los países que enfrentan escasez de agua a no depender completamente de sus limitados recursos de agua subterránea o agua de mar tratada lista para su uso, el brindar seguimiento a las plantas de tratamiento de aguas residuales es necesario para

garantizar el más alto nivel de calidad del producto, la detección de fallas en la planta proporciona información pertinente para mejorar la seguridad y la productividad y reducir los costos de mantenimiento (Harrou et al., 2018).

Con la ayuda de las plantas de tratamiento de las aguas residuales es de mucho beneficio el realizar los estudios de tratamiento, y distribución de la misma porque de esta forma se cuida el medio ambiente de que líquidos industriales sean absorbidos por nuestra capa de ozono.

Se han implementado redes neuronales artificiales aplicadas y modelos neurales difusos para la monitorización y predicción de plantas también utilizó el modelo de redes neuronales artificiales para monitorear y controlar una planta de tratamiento anaeróbica, se presenta un enfoque de detección de fallas efectivo basado en el modelo redes de creencias profundas o conocido por sus siglas DBN y el esquema de máquina de vector de soporte de una clase OCSVM para monitorear las PTAR este enfoque, usamos el modelo DBN, que es una herramienta poderosa con características de aprendizaje codiciosas, para tener en cuenta los aspectos no lineales de las PTAR, y aplicamos OCSVM para detectar de manera confiable una falla en las PTAR, el modelo DBN, que consta de múltiples capas de una máquina de Boltzmann restringida RBM, se construye a través de un entrenamiento de capa codicioso no supervisado utilizando los datos recopilados de la PTAR (Harrou et al., 2018).

La red neuronal aplicada realiza procedimientos denominados como simples, están basadas en la biología, se usan como nodos porque tiene una entrada en la cual otras depende de ella, lo cual genera muchas ventajas de los sistemas convencionales.

Las redes de creencias profundas son modelos generativos probabilísticos que se basan en RBM apilados, DBN se puede formar apilando y entrenando en una gestión basada en los resultados de manera codiciosa, los DBN se han utilizado en muchos problemas de aprendizaje desafiantes, como en la clasificación en tiempo real la clasificación de audio, la síntesis del habla y el reconocimiento de expresiones faciales, estas mostraron una alta eficiencia en el descubrimiento de la no linealidad compleja capa por capa y los DBN se han utilizado con éxito en la reducción de dimensionalidad, las RBM, que pueden verse como redes neuronales al azar, se utilizan comúnmente para construir modelos más profundos, como las DBN, y los GBR



consisten en unidades visibles, v y norte unidades ocultas, no existe conexión de visible a visible y de oculto a oculto, aunque están completamente, la fase de aprendizaje consta de muchos pasos de muestreo de Gibbs y selección de pesos con un error de reconstrucción mínimo, se implementó el método de aprendizaje automático no supervisado para detectar posibles fallas en las plantas de tratamiento de aguas residuales, específicamente, presentamos un enfoque que usa el modelo red de creencias profundas para capturar características complejas en datos de la planta de tratamiento, se evaluó el enfoque DBN-OCSVM propuesto utilizando datos prácticos de una planta de tratamiento de aguas residuales descentralizada, y se encontró un mejor rendimiento (Harrou et al., 2018).

### 3.1.3.6 Desinfección de aguas residuales para reusó

Ante la necesidad por todos los factores que implican el crecimiento poblacional se tiene que emplear nuevas tecnologías para el tratamiento de agua residuales como este tipo de procesos de tecnología avanzada de oxidación, para este proceso debe de pasar por una combinación de una luz y un catalizador que son necesarios para alcanzar los resultados esperados, este tipo de proceso beneficiaría al uso de riego en residencias. El reusó del agua se ve como opción viable mucho mayor en zonas fértiles y en comunidades que son afectadas directamente por el cambio climático, la mezcla de procesos biológicos con la tecnología avanzada de oxidación representa una opción económica en la transformación de compuestos que pueden llegar a ser muy complejos en descomponer pero esta mezcla los convierte fácilmente en biodegradables, una de sus mayores ventajas radican en el efecto de tener una correlación de tratamientos químicos y biológicos, esto impacta directamente en reducir el uso de químicos, mayor estabilidad de suministro residenciales y disminución de costo en la mineralización de componentes orgánicos que pueden ser contaminantes (Casierra-Martínez et al., 2016).

Con el proceso de la desinfección tiene como objetivo desaparecer o poner de forma inactiva a microorganismos que hayan estado presentes en las aguas residuales, en la mayoría que pueden generar enfermedades.

El impacto adicional al proceso de aguas residuales con el proceso de oxidación y los procesos biológicos permite visualizar que la calidad del agua se puede mejorar para cumplir las

necesidades en plantaciones en zonas que son completamente fértiles, se considera que este tipo de tecnología es muy representativa en el reusó de aguas residuales (Casierra-Martínez et al., 2016).

### **3.1.4 Agua subterránea**

Es una fuente principal a pesar de que las administraciones no realizan las gestiones necesarias para aprovechar al máximo la misma, esto influye directamente lo que es tirar contaminantes en forma de aguas residuales a las fuentes naturales, por ende, se ha visto la necesidad del uso de acuíferos, los cuales se dividen en kársticos, fracturados y sedimentarios.

Las nuevas tecnologías de estudio de las aguas superficiales y subterráneas, el daño de aguas superficiales, el alza de la necesidad del agua, nuevas tecnologías de perforación de pozos han permitido que se genere una mayor demanda en el uso de acuíferos, también el desplome de los niveles de agua se ve reflejado en la capacidad de almacenamiento en los acuíferos por lo tanto esto pone en riesgo las propiedades del agua ante la invasión de agua bastante rica en sal, esto tiene efectos como ser caídas en la tierra, y disminuye exponencialmente la posibilidad de obtener agua superficial lo cual pone en riesgo los ecosistemas, este tipo de fuente de agua es de modo no visible lo cual se ve limitado al público por derechos de propietarios, se pueden clasificar como uso común porque ellos pueden extender la fuente dentro su propiedad como se desee lo cual representa también un peligro para todos los usuarios del acuífero porque no se tiene un verdadero control de la cantidad de pozos que se han perforado, se destaca que no solo pone en riesgo los niveles de extracción del agua, si no los pozos que fueron abiertos y dejaron de usarse, ya que estos deben sellarse de forma correcta porque esto representaría una contaminación para el acuífero. Los acuíferos pueden llegar a eliminar las barreras hídricas con las cuales se tiene que luchar a diario en cumplir las necesidades básicas y que se obtenga este recurso de forma universal lo cual ha generado poder en las personas más vulnerables y excluidos de la sociedad (Villar & Villar, 2016).

#### **3.1.4.1 Tratamientos de los acuíferos**

Este tipo de tratamiento de aguas está incluido en la gestión de suelos de aguas subterráneas, el cual permite almacenar de forma de bajo costo, con una eficiencia bastante

elevada y durante tiempos bastante secos, para un tratamiento de los mismos existen valores que se deben considerar y son, la calidad de los acuíferos, el nivel en el que se encuentra el acuífero de la capa superficial, la cantidad de solubilidad de sal en nivel de suelo y la textura terrestre para montar la planta de tratamiento, las zonas sin saturación pueden deshacer los sólidos expuestos en ellas, materia amigable con el ambiente y organismos con cargas virales, con el tratamiento de los acuíferos se aporta mucho a la capa de ozono disminuyendo los niveles de fosforo, nitrógeno y metales que son tóxicos para el ser humano, si se crea una inyección de agua subterránea empleando aguas residuales o dulce se le acredita un mayor logro en la penetración de cuencas superficiales, este proceso baja por una zona donde no cuenta con saturación la que es denominada el espacio que hay entre la capa superficial y la capa que esta el acuífero mediante el lapso de drenaje se puede mejorar la calidad tomando en cuenta las propiedades químicas, físicas y biológicas implementando filtraciones, degeneración en procesos biológicos, atrae y retiene procesos físicos, estos llevan a una mezcla e intercambio de iones y se genera un sólido tomando como punto de partida la solución de las propiedades (Deepa et al., 2018).

#### 3.1.4.2 Fuentes subterráneas de regiones ecológicamente desfavorables

El cambio climático automáticamente convierte de mucha importancia al agua subterránea, si el cambio climático se ve mucho más amenazado por ende las fuentes de aguas superficiales se refleja el constante agotamiento del recurso hídrico lo cual crea conciencia a mejorar el sistema de administración, tratamiento de las fuentes subterráneas que se encuentran en condiciones ecológicamente desfavorables, con el constante crecimiento de la población a nivel mundial se tiene el desafío de lograr una gestión de estas fuentes de manera lógica y que se actúe de manera rápida para mejorar la calidad de vida. Este tipo de recurso subterráneo se ha denominado como desprotegido a las demandas de las mismas, desde hace mucho se ha usado de manera irracional se ha comprendido su vital importancia hace muy poco tiempo. Los acuíferos que se les han realizado las injerencias que han sido explotados continúan en un desequilibrio porque el uso irracional de manera no gestionada ha venido en alza y sin ningún tipo de control del mismo, se concluye que estos acuíferos se le ha extraído mucha más agua que la cantidad necesaria que ocupa para encontrar un nivel de equilibrio, para regiones ecológicamente desfavorables se deben de implementar la pauta que los personas especializadas en el área

indican, como ser los extractores encargados de la presión de agua que pueden ser positivos o negativos, de esta forma brindar una seguridad de que no se va a continuar contaminando el acuífero (Pino V. & Pino V., 2019).

#### 3.1.4.3 Modelo fractal de permeabilidad de piedra arenisca

La filtración es de mucha importancia para realizar el estudio necesario para un pronóstico de agua en el depósito de fuentes subterráneas esto se realiza en minas de carbón cuando se va incrementando la profundidad de las minas esto genera que el agua contenida bajo la tierra se conviertan en complejo su movimiento aleatorios en el servicio de agua, en la permeabilidad se evidencia el nivel óptimo de filtración de conservación o depósito, esto se considera como un gran reto debido a lo complejo que pueden resultar las estructuras de los poros en bajas concentración de filtrado. El contenido de estructuras porosas se almacena en conjunto de representación binaria a los cuales se aplica un programa basándose en la estadística el cual nos brinda información de las variables de la geometría de las estructuras porosas, estas estructuras son de complejidad muy alta y formas irregulares. Esta ramificación del tamaño de poros está contemplado en una variación de estructuras naturales porosas como ser el suelo, rocas las cuales contienen espacio de poros desordenado y sus formas son irregulares (Dong et al., 2020).

#### 3.1.4.4 Almacenamiento en cavernas rocosas

Con la actual escasez de medios terrestres en el mundo para almacenar el agua es necesario implementar nuevos métodos para el almacenamiento de la misma y de esta forma satisfacer la demanda con la que se cuenta actualmente y que crece de forma exponencial el cual el almacenamiento se puede realizar luego de realizar un estudio a las cavernas rocosas lo cual se debe tomar en cuenta lo que podría obtener en cuanto al alcance del estudio, establecer un radio que sea el adecuado para una mayor eficiencia de almacenamiento y la altura que pueda considerarse estable, se sabe que si la protección de la roca es pequeña se va a obtener menor desplazamiento, el grosor recomendado de la roca debe ajustarse exacto al trecho de la caverna, con estudios realizados se evidencia que el considerar el tamaño de las cavernas y que sea realizado de forma óptima, el ampliar el fondo de la roca se aplicara una mayor tensión vertical y en el techo la tensión aumentara, si existe una mayor desfiguración así será el movimiento vertical

de la corona. Para un mejor almacenamiento en cavernas rocosas se define que el ancho de la caverna se debe considerar la mitad del ancho del trecho y de esta forma se disminuirá que ocurrirá un desplazamiento vertical en la corona y por lo tanto el desplazamiento hacia abajo pegado a la pared (Shang et al., 2018).

## **3.2 Viabilidad de sistemas de generación de agua**

En cuanto al estudio de los sistemas de generación de agua potable, se ha incrementado dado a las condiciones a nivel mundial de sobrepoblación, tala de árboles y la explotación de fuentes naturales del recurso hídrico.

### **3.2.1 Condensación es causa del flujo de aire**

En cuanto a los flujos de aire que se detectan en el ciclo de refrigeración cuando el flujo de aire es representado en las paredes de los lugares que rodean la masa de vapor de agua esto lleva al proceso de condensación, en cuanto a lo que son energías asociadas dependen de los cambios en su peso específico de los evaporadores de enfriamiento muchas veces resultan fuera de orden por la magnitud, no son aptas ni para mover una pequeña cantidad de aire medida en metros cúbicos, este tipo de viabilidad da como resultado que se debe emplear un flujo en una sola dirección el cual posea suficiente potencia para remover el aire en la interioridad de la estructura, aunque los valores que evidencian el flujo y velocidad del aire son atados a la tasa de condensación, y esto dependerá que si las tasas de condensación son relativamente bajas se tienen flujos de aire muchos más bajos, se tienen cambios en el peso específico dado al enfriamiento que es refrigerado esto es la causa esencial de la cantidad de flujo. De la energía cinética se obtiene que la física se asocia con la condensación porque este brinda el empuje necesario para contabilizar el flujo producido, la fuerza cinética gasta mucha más energía por la cantidad de aire generada, la condensación producida por la naturaleza es la razón del porque el aire fue detectado, cuando existe un cambio en el peso específico del aire es porque se realizó la condensación y esto variara dependiendo el volumen del área que se está en estudio, el flujo de aire en los evaporadores determinaría el aire en el paquete y aumentaría el peso específico concentrado en el aire (Bunyard et al., 2019).

### 3.2.2 Agua generada por producción de aires acondicionados

Un gran porcentaje de consumo energético se le atribuye al uso de los sistemas de aire acondicionado residencial e industrial, estos generan una cantidad de agua por medio de la condensación del evaporador el cual es el objeto de estudio, adecuar este aire es el proceso de remoción de calor y remover la humedad contenida en el aire, es ahí donde se utiliza el evaporador del aire acondicionado donde se obtiene el agua destilada es una opción muy viable para lugares áridos que la gestión de este recurso no esté bien manejada, cuando el vapor contenido en el agua tiene contacto con una superficie más fría, esto lleva al proceso de la condensación y se queda retenida en la superficie que está más fría, esto admite que se obtenga el potencial que el recurso hídrico este donde habitado, la temperatura es de vital importancia para la masa de vapor que contiene el aire, lo que permite adquirir temperaturas más altas y por ende más vapor de agua esto quiere decir que si las temperaturas bajan el vapor de agua que contiene el aire también se verá afectado, el proceso de extraer humedad es básica como el enfriamiento del aire, este absorbe la energía térmica de forma rápida lo cual genera más problema si se desea enfriar, la humedad generada por el aire acondicionado y las temperaturas se transporta en forma de drenaje por lo cual brinda un aire más fresco a los usuarios (Ahmed, 2019).



*Ilustración 3 La parte exterior de la unidad split de aire acondicionado*

Fuente: (Ahmed, 2019).

### 3.2.2.1 Evaluación de sistema de aire acondicionado desecante

Los sistemas de aire acondicionado de tipo desecantes son tecnologías innovadoras la cual se puede controlar las variables el calor latente y calor sensible, se puede deshacer componentes microbianos y deshacer componentes químicos volátiles, este tipo de sistemas de aire acondicionado se puede adaptar fácilmente a las condiciones donde se vaya usar porque puede funcionar con energía térmica y energía eléctrica, para este tipo de evaluación se debe emplear la exergía que es utilizada para la evaluación de sistemas con base a funcionamiento de energía térmica, el otro análisis llamado exergo ambiental se basa en investigar las partes principales por métodos analíticos haciendo uso de los datos obtenidos de la exergía, se conoce que cuando la temperatura de regeneración es más alta el aire que ya fue pasado por el proceso se convierte mucho más seco y genera un consumo de agua mucho mayor en ciclo evaporativo, y de esta forma como se necesita más agua para entrar en saturación la temperatura de regeneración es más baja, la eficiencia del sistema se basa en el intercambiador de calor secundario que va simultaneo con el evaporador para el proceso de suministrar aire, la rueda desecante tiene el nivel más alto por ende es de mayor impacto, se debe instalar equipo con sus valores de eficacia elevados y que el impacto exergoambiental sea relativamente bajo (Enteria et al., 2016).

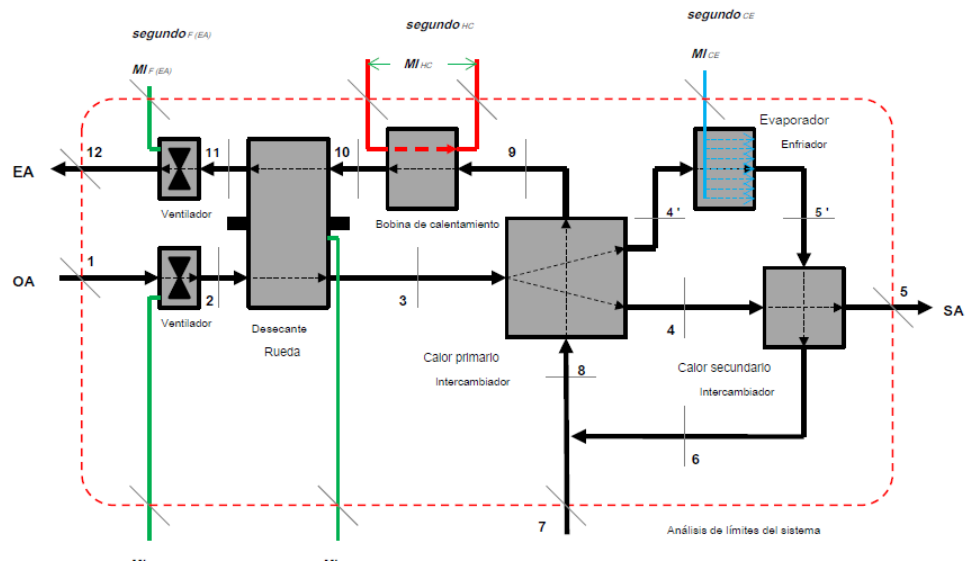


Ilustración 4 Análisis de límites del sistema

Fuente: (Enteria et al., 2016).

### 3.2.2.2 Estudio paramétrico de tubería usada en sistemas de aire acondicionado

Ante el alza mundial y la demanda de la energía es muy importante que las fuentes de energía se utilicen y gestionen de forma eficiente y prudente, en las últimas décadas se han dado pasos importantes en el campo de la recuperación de energía para aplicaciones de enfriamiento y deshumidificación, que es un requisito importante de los sistemas HVAC, particularmente para climas cálidos, húmedos y templados, el uso de tubos de calor en equipos de aire acondicionado para la recuperación de calor aire-aire y la deshumidificación eficiente se está volviendo más popular en los últimos tiempos debido a su facilidad de integración, menor mantenimiento y sin necesidad de energía adicional para su funcionamiento, se informa que la conductividad térmica de los tubos de calor es varias veces más alta que muchos conductores de dimensiones comparables (Sarkar, 2018).

Las tuberías que se usan con frecuencia en los sistemas de aire acondicionado son aquellas que deben de pasar una serie de inspecciones donde se someten a pruebas de presión, grado de pureza del cobre o el material que sea creado el tubo, puede ser muy rígido o blando.

Las investigaciones de rendimiento de los intercambiadores de tubo de calor y envolvente aplicados en sistemas HVAC para la recuperación de calor son importantes investigaciones por ejemplo se realizó una investigación experimental sobre el efecto de las relaciones de flujo másico de aire fresco de retorno y las temperaturas del aire fresco sobre la eficacia del sistema intercambiador de calor, el estudio experimental se realizó en una maquina intercambiadora de calor de cobre de 2 filas cargado con R-134<sup>a</sup> de refrigerante tiene como objetivo la investigación de la influencia de las temperaturas de entrada del evaporador y la velocidad frontal en el rendimiento de la tubería de calor. A partir de los resultados, concluyeron que la eficacia sensible de la maquina intercambiadora de calor en realidad disminuyó a medida que aumentaba la velocidad frontal del evaporador, se observó que el rango de temperatura considerado para el estudio y la efectividad sensible se mantuvo casi constante, la efectividad operativa de un sistema WAHP jugó un papel fundamental en la variación de la temperatura de suministro del sistema, la entalpía recuperada y la carga de la bobina del deshumidificador (Sarkar, 2018).



Las tuberías de sistemas de calor son aquellos que transmiten el calor por un grado térmico muy bajo, de una forma como que la bomba generadora de calor está en funcionamiento inverso, en el cual la tubería facilita el paso en estado líquido de la unidad condensadora hasta la unidad de evaporación.

Un sistema de tubería de calor transfiere energía térmica de un lugar a otro sin utilizar ningún componente móvil para el flujo de refrigerante, el flujo del refrigerante dentro de un tubo de calor se produce debido a las diferencias de densidad y presión entre las dos fases del refrigerante que crea un efecto pulsante, el refrigerante líquido al evaporador puede ser asistido por gravedad o por efecto capilar, en el sistema deshumidificador por tubo envolvente, un serpentín deshumidificador está revestido por un tubo de calor de tal manera que la sección del evaporador del tubo de calor se coloca justo delante del serpentín de enfriamiento y pre enfría el aire entrante antes de que el serpentín lo enfríe y deshumidifique más, luego el aire frío y deshumidificado se recalienta a medida que pasa por la sección del condensador y se suministra al espacio, el enfriamiento anterior del aire en el evaporador convierte el refrigerante líquido en vapor, que se transporta al condensador a través de tubos de conexión, en cuanto el aire deshumidificado pasa a través del condensador, el calor se transfiere del refrigerante caliente al aire frío, por esto, el vapor de refrigerante se condensa en líquido y se transporta de regreso al evaporador por gravedad y se repite todo el ciclo, estos sistemas también pueden equiparse con válvulas solenoides operadas eléctricamente para controlar su efectividad general (Sarkar, 2018).

### 3.2.2.3 R290 en modificación a R220

La actual situación con los refrigerantes y el medio ambiente ha permitido desencadenar una serie de investigaciones y el cual lleva consigo muchos problemas el reemplazar un refrigerante dado que existen muchas situaciones como ser, el refrigerante funcionara con el mismo aceite, las válvulas termostáticas darán el funcionamiento correcto con la nueva composición de gas, al no tener compatibilidad el nuevo refrigerante con los otros componentes químicos llegan a causar reacciones completamente perjudiciales entre el sistema, se establece que los refrigerantes denominados hidrocarburos se pueden usar con todo tipo de lubricantes, el dominio termodinámico de los gases de tipo hidrocarburo fue uno de las razones por la cual se hizo un reemplazo de estos gases porque generan aspectos negativos a la capa de ozono. En

conclusión, se establece que para sistemas que utilizan gas R22 el gas R290 supera las propiedades en todo aspecto por ejemplo empleando el R290 se evidencia que puede llegar a las temperaturas que el usuario desee, y mientras que el R22 solo alcanzaba en un cierto valor y no podía variar (El-Sayed et al., 2018).

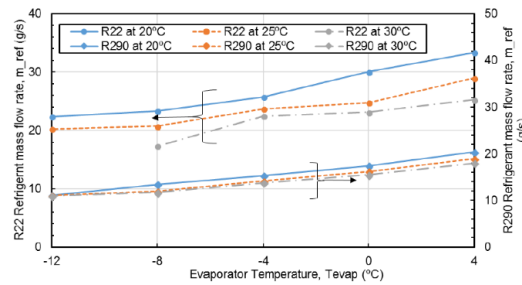


Ilustración 5 Flujo de masa de refrigerante usando R22 y R290 a diferentes temperaturas.

Fuente: (El-Sayed et al., 2018).

### 3.2.3 Alambique solar

Estos sistemas solares nos brindan tecnologías completamente sostenibles para la generación de agua potable, de cierta forma es simple porque capta la energía solar y es eficaz, de bajo costos y respetuosa con el medio ambiente el cual es algo que debemos considerar al momento de emplear una nueva tecnología. Los alambiques solares más simples y más económicos son los alambiques solares pasivos. La evaporación solar es ampliamente explotada desde hace pocas décadas en comparación a las otras técnicas dado que este tipo de evaporación produce poca agua por esa razón no se emplea mucho, se ha analizado que para mejorar el rendimiento del alambique y aumentar la productividad una forma sería incorporar el evaporador solar convencional implementando condensadores, por ende se llevó a cabo una revisión detallada de alambiques solares integrándoles un condensador externo o interno con diferentes modelos de diseño y configuración, se ha definido como conclusión que la incorporación de condensadores en este tipo de evaporadores se considera que permitiría aumentar en su eficiencia. La productividad de la evaporación del alambique pasivo con el condensador instalado mejoro su rendimiento en un 62% mayor que del alambique convencional (Ibrahim & Ahmed, 2018).

### 3.2.3.1 Alambique de pendiente única

El alambique solar de pendiente única se usa para disponer del parámetro de las temperaturas, el grosor del condensador y el nivel de agua dentro del recopilador en el proceso de destilación de agua, los alambiques solares son tecnologías amigables con el control de operaciones y son de bajo costo, su principio de funcionamiento es mediante la captación de energía solar, incrementan la temperatura del agua por un período de tiempo suficiente en recipiente equipados para que se logre completar la absorción del calor por el principio de radiación, esta tecnología es una opción factible para el tratamiento aséptico de agua para consumo humano de fuentes sin necesidad de emplear un tratamiento de desagüe (Jaimes et al., 2017).

### 3.2.4 Equipos híbridos termo-fotovoltaicos de destilación de agua

Estos dispositivos tecnológicos utilizan la radiación solar en forma de calor la cual es energía fotovoltaica en conjunto con un dispositivo de desalinización de agua de mar basado en el sistema de calefacción y enfriamiento de dos etapas. Estos procesos consisten calentar el agua en dos etapas, por el receptor solar y la resistencia eléctrica fotovoltaico, luego el calor de condensación, para procesar la condensación de vapor saturado obtenido por calentamiento. Haciendo uso de la energía termodinámica balanceada y realizando balance en el nivel de energía, la eficacia energética, la variación de parámetros se estudian en torno al ahorro de energía y la adaptación del nivel del mismo, al medir la transferencia de calor de este dispositivo que desala el agua captada del mar se identifica una ecuación para optimizar el control de temperatura entre el receptor solar y la resistencia eléctrica fotovoltaica, en el proceso de desalación se emplean membranas poliméricas de forma natural o sintética, la osmosis inversa forma parte del principio de diferencia de potencial químico para generar la fuerza para la separación de sal y agua. La calidad del agua de mar afectará directamente la flexibilidad y confiabilidad de las membranas poliméricas de carácter natural o sintética de elementos centrales, mediante la incidencia de un campo eléctrico de corriente continua, la membrana donde se selecciona los iones es utilizada en el método de electrodiálisis es un factor esencial para su concentración de agua de mar y proceso de desalinización, en este proceso el agua de mar se calienta hasta el punto de ebullición mediante un calentamiento de dos etapas en sucesión, que son captador solar y la resistencia

eléctrica fotovoltaica y luego, el vapor saturado se convierte en agua potable después del intercambiador de calor de condensación (Q. Li et al., 2017).

### **3.2.5 Deshumidificación del aire por medio de un condensador de cilindro**

El funcionamiento de este dispositivo se basa en condensar el vapor de agua en un condensador el cual mantiene una temperatura muy debajo del punto de rocío esto podrá variar dependiendo de la aplicación, en sistemas de refrigeración alcanza valores muy significativos, mediante la influencia de descarga de la corona en el proceso de deshumidificación en el condensador de forma cilíndrica el principio se basa en que las fuerzas electrostáticas que inciden sobre las moléculas polares de agua y la cantidad de aire inducido con la finalidad de levantar la tasa de condensación del agua en el elemento puesto a enfriamiento, los fenómenos que se inducen en los intercambiadores de calor de cambio de fase están relacionados directamente en conjunto con la condensación que se inicia por la formación de grupos atómicos y moleculares como gotas de agua que son denominadas condensación homogénea o por el contacto entre dicha fase de condensación heterogénea, la rapidez que puede alcanzar la condensación depende mucho de las moléculas de agua que están condensándose por segundo esto depende principalmente de la presión que ejerza el vapor en la misma, si el vapor aumenta la tasa de conducción de condensación será mayor, en conclusión es evidente que el proceso de deshumidificación puede ser mucho más eficiente empleando un condensador cilíndrico utilizando la descarga de corona (Dumitran et al., 2017).

#### **3.2.5.1 Aplicación de humidificador ultrasónico para AC**

Esta tecnología se ha convertido en la más viable para utilizar en los sistemas de aire acondicionado, lo cual representa una vibración de alta frecuencia representada superficialmente bajo la capa de agua generada por un transductor piezoeléctrico para esparcirla en la superficie del mismo transductor, por medio de ese proceso se genera niebla para el sistema de aire acondicionado, la cual se necesita indagar en la información de su humedad relativa y la temperatura en forma seca que se acondicionara. Se establece como proceso principal el modificar la humedad relativa y la temperatura seca del aire tiene que ganar todo contenido de humedad, este contenido de humedad del aire se eleva mediante el proceso de evaporación del

agua o el proceso de esparcir, es el proceso mediante el cual una capa líquida de agua sometida se atomiza y se divide en gotitas de tamaño nanométrico y podría observarse como neblina en la fase gaseosa (Putra et al., 2020).

En cuanto a la ayuda que brinda el humidificador ultrasónico, esto puede generar cambios en nuestro ambiente sea completamente confortables, ayuda a la piel, malestares en la garganta y tos, en la mayoría de climas se debe de considerar poner un humidificador.

Las aspiraciones en vacío son bastante difíciles de saber cómo van a desarrollarse e igual el tamaño de las gotas de agua lo cual este es el responsable de la creación de niebla se demostró la existencia de una superficie de vibración ultrasónica a partir de la cual separa la fase líquida en el agua para generar niebla, se muestra que el humidificador ultrasónico portátil aumentó la humedad y disminuyó la temperatura simultáneamente (Putra et al., 2020).

### 3.2.5.2 Control climático del humidificador

El sistema deshumidificador se basa en principios implícitos de la conservación del calor y la masa, de forma simplificada perteneciente a evaporadores de enfriamiento húmedo para definir la condensación de humedad durante el proceso de preenfriamiento en el evaporador, los principales parámetros operativos considerados para este proceso son la temperatura del aire de entrada, la relación de humedad de entrada, la cantidad física de aire que expresa la variación, la temperatura de salida del deshumidificador y la efectividad. La efectividad operativa de un sistema de humidificación se establece una parte fundamental en la transformación de la temperatura de suministro del sistema, la energía térmica en procesos fue recuperada, se considera que la validez fija al derivar la alteración de los parámetros característicos con los parámetros operativos, se muestra que la validez operativa está inversamente correlacionada con las tasas de flujo de aire externo en las secciones del condensador y evaporador (Sarkar, 2019).

## 3.3 Controladores de temperatura

Con el uso de sistemas de refrigeración y el manejo de temperatura ambiente es necesario el emplear controladores de temperatura en el cual es importante implementar controles apagado-encendido, controles de temperatura utilizando PID y controles basados en redes neuronales.

### 3.3.1 Sistema de control de temperatura On/Off

El funcionamiento óptimo para un sistema de refrigeración se considera que el tener el control encendido-apagado es crucial tenerlo en perfecto estado, lo cual interviene las temperaturas exteriores que pueden variar dado a las condiciones climáticas que pueden llegar a ser cálidas o desérticas, para considerar un sistema de control de temperatura y sea óptimo se tiene que regular de forma adaptativa la temperatura del espacio en refrigeración en contra de las fluctuaciones de la temperatura ambiente tomando como base optimizar objetivos que sean difíciles de lograr, en este tipo de controles se debe considerar el costo mínimo de coeficiente de rendimiento como el desgaste que el compresor puede llegar a sufrir por su uso, la mayoría de controladores se tienen inconvenientes como ser temperaturas variables, sin considerar el uso dado y sin considerar generar un ahorro, en cuanto a soluciones propuestas para un sistema de aire acondicionado se divide el sistema en dentro de línea y fuera de línea, lo cual se refiere que la parte dentro es mediante el control ajustar las variables en función de los resultados que sean para optimizar cuando se está fuera de línea para obtener un mapeo en las variaciones de la temperatura ambiente, para lograr el cumplimiento de un sistema óptimo de control en base al confort necesario, garantizar una eficiencia energética y una mayor confianza en el sistema, se debe emplear una función en base a costos el cual medirá cuantitativamente el rendimiento para generar una mayor solución de optimización (Al-Azba et al., 2018).

Es también denominado completo-cero porque es la forma de controlar más básica de tener un control con esa retroalimentación, en el cual solo existen dos posiciones cero o uno.

Normalmente en un sistema de control se usan termómetros que usan la temperatura exterior que igual son formas de pronosticar el tiempo de forma convencional, este tipo de temperaturas de predicción se podría tomar en intervalos de horas antes de realizar el estudio, en el proceso de movimiento de funciones continuas se usa el esquema de control el cual sea adaptativo de línea para que se adapte a las variaciones de temperatura, el esquema de línea adopta dos lazos de control, el interior se usa para controlar la temperatura en parámetros de control óptimos a distancia en comparación a la actual temperatura exterior y como es un ciclo de control de lazo cerrado se debe obtener parámetros que sean consistentes, y en cuanto a los

parámetros de fuera de línea se actualizan enviándolos al controlador de on-off en línea (Al-Azba et al., 2018).

### 3.3.1.1 Control de temperatura a sistema de gas

Existe la problemática en los sistemas de gas lo cual lleva a realizar constantes investigaciones y se ha generado prototipos de sensores que pueden ser altamente sensibles y pueden usarse con diversas tecnologías de semiconductores, una tecnología que se ha usa mucho en la actualidad es la controlar la temperatura de la operación de gas para tener un sistema estable, el control on/off para gases también se pueden realizar por medio de la modificación de pulso, para que este tipo de circuitos sea eficiente debe tomar en consideración desarrollar los procesos de medición, paralelismo, contar con espacio para guardar mediciones y el plan de acción de control. En resolución a un control de temperatura a sistema de gas se determinó el uso de una resistencia como sensor de temperatura, estos adoptan una simplicidad del esquema de control encendido-apagado y sumado a la capacidad de manejo de sensores usados para gas (Álvarez-Simón & Gómez-Ramírez, 2019).

### 3.3.1.2 Crecimiento de escarcha en el intercambiador de calor

La conformación de escarcha en el evaporador que es denominado intercambiador de calor se debe de tener rangos específicos de temperatura y humedad para que esta se genere, se evidencia que la temperatura de la superficie del evaporador debe ser menor que la temperatura del punto de rocío para que la concentración de vapor de agua contenido en la humedad comience a condensarse, la parte interna del evaporador debe ser más baja que se alcance el congelamiento en el lado externo del evaporador, estos intercambiadores se utilizan también de forma que deshidraten de forma que el vapor se captura formándolo en escarcha en las superficies frías del intercambiador, los dispositivos capaces de transmitir temperatura y presión utilizan en la entrada y salida del evaporador mezclas de refrigerantes en conjunto con gases amigables al ambiente, estos gases amigables en procesos de escarcha pueden ser muy sensibles a la convección, en volumen de cada control de evaporador debe ser igual a la cantidad de biogás por el flujo de masa entre flujo de entrada y evacuación del biogás (Keryakos et al., 2017).

Este tipo de generación de escarcha en el evaporador puede ser de forma densa o blanda dependerá de muchos factores como ser tiempo de encendido del sistema y el aislamiento térmico, esto dependerá para que tipo de aplicación se vaya a emplear esos parámetros se pueden ajustar.

Se obtiene un estudio de rendimiento del evaporador en generación de escarcha durante se crea este efecto se eleva la caída de presión externa y baja la capacidad de enfriamiento, cuando la capacidad de espesor aumenta el nivel de enfriamiento tiende a disminuir el calor que se ha transferido y eleva la pérdida de presión externa, esto se debe a que se reduce el paso mientras que la transferencia de calor o el nivel de enfriamiento disminuye por el efecto de la alta resistencia de la escarcha ya formada (Keryakos et al., 2017).

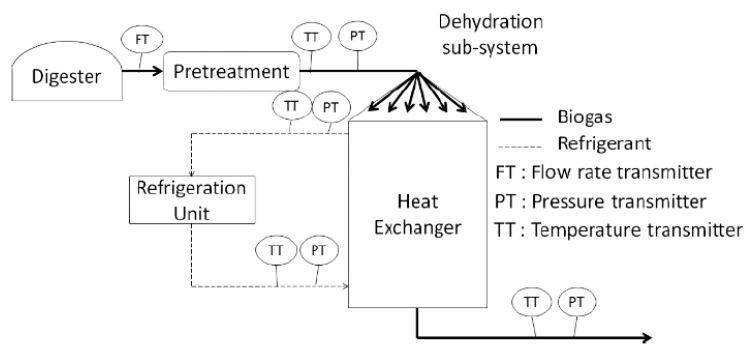


Ilustración 6 Esquema de instalación

Fuente: (Keryakos et al., 2017).

El algoritmo de control adaptativo de todos los coeficientes basado en el modelo característico es completamente un nuevo y práctico algoritmo de control, este método incluye el modelo característico, la identificación del mismo, la ley de control de mantenimiento y seguimiento, la síntesis adaptativa de la sección con gran desarrollo, la diferenciación lógica, la integral lógica y así sucesivamente, el llamado modelo característico se basa en las características dinámicas del objeto, las características del entorno y los requisitos del rendimiento de control del modelo construido, más que en el uso de ecuaciones dinámicas precisas del objeto para construir el modelo el sistema se puede describir con un modelo matemático preciso, a menudo es difícil resolver el problema de diseño de control correspondiente debido a la alta complejidad



del modelo preciso. El concepto de modelo característico es principalmente para resolver este objeto complejo que es difícil de establecer un modelo dinámico preciso del objeto, tratar de controlar los requisitos de rendimiento, y características ambientales combinadas con la característica del modelo de construcción y modelo dinámico de bajo orden un sistema de control correspondiente, el modelo característico puede compensar la dificultad de diseño del controlador, que se basa en el modelo dinámico preciso, este se caracteriza por tener menos parámetros de identificación, adecuado para aplicaciones de ingeniería (M. Li et al., 2017).

### **3.3.2 Control de temperatura adaptativo basado en redes neuronales**

Como principal enfoque se ha considerado tomar de forma descentralizado los lazos de control, como por ejemplo el control de enfriadores de velocidad variable, control de temperatura del aire descargado, control de presión estática, control de temperatura del aire de la zona y control del flujo de aire en la zona. Las ganancias generadas producidas del uso de un controlador de este tipo se actualizan mientras el control permanecía en circuito cerrado, el modelo basado en redes neuronales se identifica el control adaptativo utiliza un método de colocación de evaporadores en línea, variara la velocidad del compresor por medio de la manipulación del mismo, lo cual se ve reflejado directamente en el actual consumo que genera los compresores de sistemas de refrigeración sin implementar un controlador adaptativo, la aplicación de este tipo de control se pueden implementar en sistema enfriamiento y calentamiento el cual se divide en cuatro redes neuronales de alimentación de forma directa, el dicho proceso se estableció en capas de predicción y actualización de la red que se puede llegar a hacer más pequeña lo que se traduce a tener una mejor respuesta al control adaptativo en la temperatura establecida en la zona se considera que muestran menos sobre impulso en la unión en el punto de ajuste, este controlador adaptativo integra un control PI, un algoritmo de autoajuste y una predicción del modelo de red neuronal adaptativa, desde un punto de vista de la aplicación en línea, el modelo de red neuronal es preferible al modelo dinámico teórico, lo cual es muy difícil describir o identificar la dinámica del sistema y las incertidumbres con precisión utilizando un modelo dinámico teórico, mientras que los pesos del modelo se pueden actualizar en línea para aprender la dinámica del ciclo local una vez que los datos operativos están disponibles de manera que la precisión de la predicción del modelo está asegurada (Ning & Zaheeruddin, 2019).

### **3.3.3 Monitoreo de temperaturas usando controlador PID**

El control on-off genera un tiempo de respuesta relativamente alto para alcanzar condiciones estables, este tipo de funcionamiento del sistema hace que los componentes recurran a un mayor desgaste porque el sistema está encendiéndose y apagándose periódicamente, se recomienda la implementación y la configuración de un control proporcional integral y derivativo que sea de manera apropiada para el manejo de temperaturas, se debe evaluar el diseño del sistema al cual se va a utilizar este tipo de control, y luego identificar la etapa PWM y salida en forma de temperatura que se mide para obtener un modelo matemático de un sistema dinámico, se debe saber que el tratamiento en cuanto a la estabilidad de la temperatura afecta significativamente los resultados de un proceso de control de temperatura, si se estudia un control de temperatura estable, el resultado para un sistema de aire acondicionado con controlador PID que mantiene la temperatura estable en un punto fijo es capaz de generar un ahorro energético significativo (Shafiudin & Kholis, 2018).

#### **3.3.3.1 Control de temperatura PID con STM32**

Se hace el estudio un sistema de control de temperatura veloz y de alta precisión utilizando un algoritmo de control proporcional, integral y derivativo empleando el STM32 como unidad de microcontrolador, este tipo de sistema de control de temperatura se puede aplicar donde se contengan altos requisitos de respuesta y precisión de este control, en estos circuitos que se requiere precisión, en salida al compresor se debe emplear el relé electromagnético generalmente se elige para controlar la conmutación entre el modo de calentamiento del clima de habitación y el modo de refrigeración que es necesario para el enfriamiento del establecimiento, así como para controlar el tiempo de trabajo y la frecuencia de los dos módulos, para una temperatura estable. La potencia eléctrica positiva de los ciclos de calentamiento o enfriamiento se pueden ajustar regulando la relación de duración de pulso de las señales de modulación de ancho de pulso en conjunto con el voltaje de activación, las señales PWM podrían controlarse automáticamente mediante el uso de PID, esto beneficiara para aumentar la precisión de los valores de temperatura, las formas de onda de voltaje del circuito de adquisición de temperatura se disminuyó mediante un filtro de forma pasivo, se implementó el microcontrolador STM32 para construir un sistema de

control de temperatura rápido y de alta precisión con algoritmo PID de alta eficiencia (J. Zhang et al., 2018).

Con el uso del circuito integrado STM32 es viable su uso porque se puede obtener muy buenos resultados empleando el uso de control PID y el cual se pueden usar para la industria en procesos que involucren bastantes requerimientos o en uso residencial.

Junto con el desarrollo de la tecnología moderna de automatización industrial en todas las áreas, la realización del sistema de control de temperatura se ha visto que es esencial mejorarlo, basado en la recopilación y transmisión de información de temperatura, el sistema de monitoreo remoto de temperatura se ha convertido en una tecnología indispensable en la recopilación, control y prueba automáticos, en la sociedad moderna de producción industrial, así como en nuestra vida diaria, su papel es muy importante, la tecnología de Internet de las cosas basada en STM32, las personas pueden monitorear los datos de temperatura en tiempo real en cualquier lugar a través de teléfonos móviles y PC, sin limitarse al nivel de producción, y para darse cuenta de la inteligencia y precisión de la recopilación de datos, los datos recibidos por la plataforma de monitoreo pueden visualizarse en tiempo real y almacenarse en el servidor de datos local al mismo tiempo, lo cual es muy conveniente para su posterior análisis y procesamiento de las mismas, la plataforma en la nube de Internet de las cosas debe realizar la conexión entre el nodo terminal y la plataforma en la nube de Internet de las cosas a través de la red de sensores inteligentes, y se puede utilizar el protocolo de comunicación estándar MQTT entre la red de sensores inteligentes y la plataforma en la nube de Internet de las cosas, esta plataforma en la nube de Internet de las cosas también debe incluir algunos servicios básicos de la plataforma IOT, incluido el servicio de gestión de conexión de dispositivos, el servicio de almacenamiento, el servicio de visualización de datos y el servicio web, cuando ya el dispositivo está conectado a la plataforma en la nube de Internet of Things, gestiona la conexión del dispositivo a través del servicio de gestión de conexión, y otros servicios realizan el análisis, cálculo y almacenamiento de los mensajes del dispositivo terminal mediante la suscripción de mensajes MQTT, la capa de aplicación obtiene la información de seguimiento del nodo terminal y controla el nodo de control del terminal a través del servicio de interfaz, y realiza el servicio de visualización de datos a través de la capa de aplicación (Z. Zhang & Jin, 2020).

### 3.3.3.2 Control PID para procesos no lineales

La estrategia de usar un control PID se ha clasificado como un sistema complejo y ha sido muy útil en la industria, al tomar la derivada en el tiempo de ambos lados de la ecuación PID de tiempo continuo y discretizar la ecuación, la estructura del algoritmo se convierte en un control recientemente propuesto de redes neuronales no lineales basadas en PID, este tipo de proceso se coloca en un diseño de sistema cascada con el modelo de red de tipo neuronal de toda la planta, la mínima señal de error obtenida como la diferencia entre el modelo de la planta y la evacuación de la planta deseada se usa para ajustar solo los parámetros PID, en cada ciclo de control, se ajustan las ganancias del controlador, la función de costo y el modelo neuronal se utilizan para ajustar las ganancias del controlador, para hacer que el algoritmo de aprendizaje se inhibe mucho más rápido mientras se garantiza la estabilidad del sistema de circuito cerrado, con este nuevo método de ajuste adaptativo para el controlador PID para controlar procesos no lineales en los que se utilizó el margen de estabilidad para ajustar los parámetros PID, los resultados de este proceso se muestran que el controlador PID para procesos no lineales es significativamente mejor que los otros métodos considerados (Zribi et al., 2017).

### 3.3.3.3 Control PI no lineal

Los principales objetivos de estudio de este control PI no lineal se basan en cumplir un amplio balance en el movimiento que descarga del error absoluto y que se cumpla con garantías el balance dinámico del compromiso establecido y la eficiencia dentro del proceso robusto que se realice en conjunto del primer objetivo, los controladores PID de forma razonable se puede obtener mediante la simulación del proceso a mediar se debe tomar en cuenta estos principales compromisos que son minimizar la alteración de las cargas a usar, la fortaleza del mismo sistema, disminuir la sensibilidad al ruido al momento de realizar una mejora a este tipo de control tiene un impacto directo significativo a la industria, y el control no lineal PI presenta con compromiso la garantía de mantener equilibrio entre compromiso dinámico entre la eficiencia y la fortaleza, estos procesos cuentan con la propia función no lineal de error, se considera que una de la función viable es la parábola saturada a la cual se adiciona el modelo no lineal de la denominada zona muerta a la cual se le debe de realizar un croquis coincidente con una variación de parámetros

que permita una interpretación concisa de los procesos y realizando ajustes de varios objetivos al mismo tiempo (González Yero et al., 2017).

#### 3.3.3.4 Control de temperatura PID para equipo de transporte

El principio para implementar un controlador PID en un equipo de transporte se puede describir en esta forma de proceso, el sensor de temperatura se utiliza para medir la temperatura dentro del enfriador de transporte, los datos medidos desde el sensor se enviarán al microcontrolador para procesar las señales junto al controlador PID a fin de definir el voltaje óptimo para realizar el ajuste de temperatura necesaria para que los productos refrigerados se mantengan en buen estado (Umchid et al., 2019).

#### 3.3.3.5 Control PID de temperatura autoajustable

La temperatura es el indicador de proceso de uso común y es uno de suma importancia en el proceso sistemas de refrigeración, con el continuo desarrollo de la industria, se ha evidenciado que se necesita controladores eficientes y que genere ahorros energéticos y algunas características de la temperatura, el avance de la tecnología en el área de microelectrónica, la informática y una que genera alta relevancia es teoría de control moderna, estas teorías sustentan que el sistema de control de temperatura se desarrolle rápidamente, este tipo de sistema de control adaptativo cuenta con capacidad de fácil adaptación, puede cumplir con el cambio de las condiciones ambientales y se puede cuantificar la información como ser comportamiento activo del sistema, el cambio del objeto moderado y el nivel de señal de interferencia, de forma oportuna y tomar decisiones de autocontrolarse, modificar la estructura y los parámetros del controlador, la acción de control correctiva, adaptar la señal de control al cambio dinámico del objeto y la perturbación, hacer que el sistema logre el efecto de control óptimo o subóptimo, el sistema de control adaptativo también se denomina control adaptativo de estimación de parámetros, tiene dos formas: el control de autoajuste indirecto y el control de autoajuste directamente, el control de autoajuste indirecto incluye un control de proceso y un modelo de proceso, parámetros de controlador de calculadora y estimador de parámetros de controlador (Yu & Hu, 2016).

### 3.3.3.6 Control PID implementado en PLC con inteligencia de enjambres

La forma para poner en sintonía el controlador proporcional, integral y derivativo se necesita analizar y observar las variables que incluya el proceso y dependiendo de las mismas realizar los cálculos necesarios para el controlador y que estas permitan tener la mejor acción del mismo, y así surge la parte de control adaptativa porque puede cambiar el actuar en cuanto a cambios del sistema, si se emplea de forma correcta se pueden controlar comportamientos incluso no lineales o aquellos que pueden sufrir alteraciones durante el tiempo de funcionamiento lo cual realizan un cambio de variables que influyen en el proceso, en cuanto a la inteligencia de enjambres es basándose en los avances de la computación que ha venido en evolución la cual se centra en sistemas de funcionamiento descentralizados y con capacidad de auto organizarse, en el área de control de fácil adaptación se ha analizado fluctuaciones de PSO con ellos controlar los parámetros de los sistemas no lineales y de los mismos controladores PID e igual se ha usado para evaluar las variables de un control PID, la PSO conocida como optimización por enjambres de partículas se destaca porque modela el funcionamiento de seres vivos en movimiento donde estos se convierten en probables soluciones al problema, se decidió el uso de PLC dado que por mucho tiempo se ha posicionado como el dispositivo electrónico por excelencia y que es amigable para la mejora de todo tipo de procesos en cuanto a el uso de algoritmos usando la tecnología de enjambres puede notarse evidentemente que soluciona problemas en la sintonía con el PLC (Duque-Marín et al., 2017).

### 3.3.4 Control de temperatura basado en PI

El control de la temperatura ambiente y en procesos frigoríficos es un procedimiento en el que se mide la variación de temperatura y, al manipular el flujo de energía térmica, se mantiene la temperatura ambiente deseada, la temperatura se ha convertido en un parámetro importante en la termodinámica y para los sistemas de control, se tiene el objetivo principal el cual es diseñar un controlador adecuado para fijar la temperatura de un sistema de enfriamiento o calefacción donde la temperatura ambiente inicial es más baja y esto hará que alcance el nivel deseado y se mantenga sin importar las variaciones en el sistema, el estudio realizado a un controlador PI convencional que ya está en relación con el sistema, el cual controla el caudal de aire que ingresa

al recinto de enfriamiento, el rendimiento del controlador se ha mejorado aún más sobre la base de enfoques basados en redes neuronales artificiales (Halder et al., 2018).

#### 3.3.4.1 Redes neuronales y análisis de datos

El análisis de datos utilizando modelos de redes neuronales artificiales con muestras obtenidas haciendo uso de sensores, el proceso real es altamente variable en el tiempo, fijando las condiciones ambientales en el momento requerido, en un sistema integrado debe tener los siguientes principios: confiabilidad, capacidad de mantenimiento y disponibilidad, tal como se usa para el modulador de datos en el código estructural, empleando el paradigma de la programación orientada a objetos y el código, el modelo de única capa como su nombre lo dice solo usa una unidad de neurona que es parecida al modelo de retroceso que el peso de la neurona es la inclinación y el sesgo es donde se interseca en el eje, por ende el modelo de neuronas múltiples se divide en seis neuronas distribuidas uniformemente en una bicapa oculta que son el tipo de neuronas densas así como en la entrada y salida las cuales cuentan con neuronas individuales, el cual es bastante complejo en comparación con el modelo de única neurona (Contreras et al., 2019).

#### **3.3.5 Modelo explícito predictivo de control de temperatura**

El control predictivo de modelo explícito se ha implementado en los sistema de ventilación de calefacción por un lado y enfriamiento al otro, los resultados dados de la implementación de este tipo controlador son lograrse un buen nivel de comportamiento y reducción de energía, este controlador indica una reducción bastante significativa en el consumo de energía, en los sistemas de aire acondicionado de encendido y apagado se considera un sistema híbrido porque su compresor está controlado por dos estados: encendido y apagado, la temperatura como modelo matemático es el indicador principal para un el control explícito predictivo en cuanto a controlar sea la temperatura ambiental, en la identificación del sistema se basa en verificar la señal PWM la cual se usa para controlar el estado del compresor, si se realiza el diseño el alcance de la predicción es esencial en la complejidad del controlador este es definido a ensayo y error, el rendimiento de un modelo predictivo explícito para controlar la temperatura ambiente accionada por el aire acondicionado se basa en el tiempo de on-off del compresor, el modelo combina los efectos de

la temperatura ambiente y la carga térmica sometida al recinto a climatizar, la señal de control correspondiente al acondicionador de aire on-off se considera una señal PWM para refundir un sistema híbrido (Chesof et al., 2017).

### **3.3.6 Control de temperatura con red neuronal difusa**

Este controlador difuso se ha utilizado ampliamente en el modelado y control de sistemas desde que se descubrió, su razón fundamental es que el sistema difuso puede garantizar el uso del sistema experto y también puede transferir información no precisa a la estrategia de control y al sistema de razonamiento, puede usar las reglas para resolver muchos problemas que no pueden ser modelado con precisión, entre sus ventajas tenemos que el control difuso no requiere que los objetos controlados tengan una descripción numérica precisa, y las reglas de inferencia generadas tienen buena robustez y pueden manejar sistemas lógicos complejos, por ende este tipo de modelo tiene la gran capacidad de mejorar la interacción entre humano-computadora el cual puede ser usado en el sistema actual, la base del control inteligente en los modelos precisos o no precisos para acercarse a teoría de control que se asimile al pensamiento humano el cual se fundamenta en el conocimiento y la información para el razonamiento, aprendizaje y el modo heurístico que guía el proceso de resolución, estos sistemas cuentan con la gran capacidad para procesamiento de datos de forma paralela y realizar de forma precisa los objetivos y estimaciones de costos, este tipo de redes neuronales se usan normalmente para aprender, y los sistemas difusos adquieren conocimiento de otros sistemas expertos, con normalidad los sistemas difusos son usados para determinar la estructura del problema a estudiar, y los neuronales para las capacidades de aprendizaje y procesar el sistema, estos sistemas fusionados se basa en mejorar la estructura general de la captación de aprendizaje y expresión. En control de temperatura. el método tradicional del sistema difuso suele utilizar la experiencia y los métodos de valoración para construir las reglas, los resultados a menudo no son precisos y la falta de adaptabilidad al cambio de temperatura ambiental, usando un módulo que equivale a tener sistemas difusos con redes neuronales, para generar reglas de inferencia difusas con capacidad de aprendizaje y capacidad de mapeo de la red neuronal se puede mejorar la capacidad de aprendizaje y la capacidad adaptativa de la estructura del control de temperatura, también puede combinar la



representación del conocimiento del sistema difuso para optimizar la red neuronal convencional (Dai et al., 2017).

### 3.3.7 Control de temperatura multicanal basado en PLC

El sistema de control de temperatura se usa ampliamente en el campo del control industrial, como el sistema de control de temperatura de la caldera en acero, plantas químicas y plantas de energía térmica, la estructura del hardware del sistema y la interconexión de las diversas partes se introducen de forma sencilla, se elabora en detalle el diseño y la implementación del sistema de comunicación de la computadora descendente y se da la parte del programa del sistema de comunicación, un sistema de visualización de operaciones, que observe la temperatura mediante el medidor inteligente, utilizando PLC como el controlador, en aplicaciones prácticas, y controlada oportunamente, la buena comunicación entre la computadora en la sala de control y la máquina en el sitio industrial es muy importante (Xueqin et al., 2017).

### 3.3.8 Monitoreo de temperatura basado en IOT

En la era de IoT para la automatización industrial, esta tecnología se ha utilizado ampliamente el proceso de producción de la industria, el desempeño del MSP afecta directamente la seguridad de toda la industria de condiciones de trabajo, hoy en día, muchas instituciones de investigación científica han desarrollado el correspondiente sistema de seguimiento de MSP, se basa en tecnología distribuida, que puede realizar el monitoreo en tiempo real de MSP sin la intervención del usuario, por lo que es fácil de operar. Una vez que la cantidad de datos recopilados sea demasiado o poca, el sistema será inestable y la precisión de los resultados se reducirá, esta referencia se basa en PLC con la función de detección en tiempo real y visualización de parámetros de trabajo, pero la tecnología PLC es incierta y poco confiable en el caso de alta temperatura, vibración y gran diferencia de temperatura (Zhao et al., 2020).



*Ilustración 7 Diagrama de estructura del sistema*

Fuente: (Zhao et al., 2020)

La mayor importancia de implementar un sistema basado en IoT se refleja en que los sistemas pueden ser monitoreados de forma remota con tal este sistema sea enlazado a la red que ya existe, esto genera tener un control adecuado y un gran beneficio económico a la industria.

Por lo tanto, es de suma importancia proponer una solución para un sistema de monitorización y adquisición de temperatura multicanal basado en el IoT, el sistema se sugiere que utilice un multiplexor y un sensor para recopilar la temperatura multipunto al MCU en tiempo real, basado en el bus RS-485 y el módulo de RF inalámbrico, el sistema puede recopilar y monitorear de manera efectiva el cambio en tiempo real de los parámetros de temperatura en el proceso de producción de MSP en entorno inalámbrico, y admite monitoreo remoto y detección simultánea multipunto, se deben utilizar los comentarios de la nube para controlar el cambio de temperatura del sistema, proteger varios dispositivos de hardware y la seguridad personal en tiempo real, el sistema recopila la temperatura en el microcontrolador mediante el uso de un multiplexor y un sensor, y la realización de la transmisión inalámbrica y el monitoreo en tiempo real de los datos de temperatura se basa en la conexión RS-485 y el módulo de radiofrecuencia, y coopera con el servicio en la nube desarrollado, el sistema tiene las ventajas de bajo costo, estructura simple, operación estable, bajo consumo de energía, alta precisión y versatilidad de adquisición y transmisión de datos, que puede lograr el objetivo esperado y tiene una amplia perspectiva de desarrollo (Zhao et al., 2020).

### **3.4 Generadores de agua utilizados en la industria**

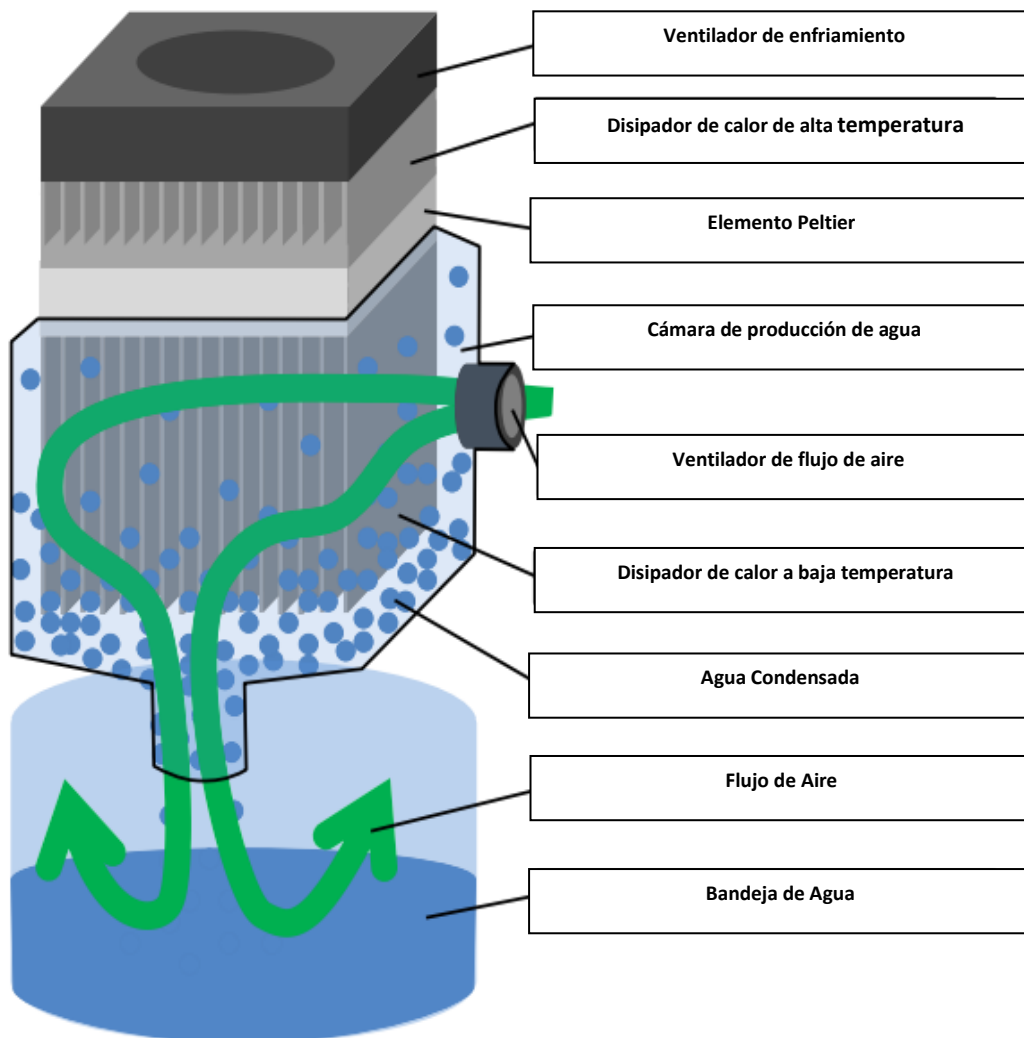
Los generadores de agua tienen un alto nivel de importancia con la escasez que se está viviendo en la actualidad y los pronósticos a futuro indican que si no se hacen cambios, esta escasez avanzara y afectara a muchas más personas, por lo tanto buscar nuevas formas de generar agua es de mucho valor para todos.

#### **3.4.1 Características**

En la actualidad continuamente se investigan sobre nuevos métodos para la producción o generación de este recurso que a lo largo de los años se ha convertido en un recurso vital para la vida del ser humano, cada uno cuenta con diferentes formas y características particulares para la generación de agua.

Desde tiempos antiguos se han desarrollado muchas formas de extraer agua del aire. En la época de los incas en Perú, la mayor parte de las construcciones se realizaban en lo más alto de las montañas por encima de la línea de lluvia. De esta manera lograban obtener el mosto de la acumulación de agua y recolectando el rocío que se guardaba en cisternas y esta se movía por los núcleos urbanos a través de acueductos a nivel del suelo por medio de la gravedad. En la actualidad, en el desierto de Atacama se está utilizando una versión moderna de este sistema antes mencionado Inca (llamado 'Cazador de niebla') es utilizado para tomar la niebla en grandes redes que por capilaridad y gravedad recogen el agua en las tuberías en el fondo de la red y luego estas transportan toda el agua recolectada (Cerro, 2018).

Un método de generación de agua es el elemento peltier, con la implementación del método de Elemento Peltier por alimentación DC se crea un espacio donde se tiene una alta temperatura y otro en donde se tiene una baja temperatura. En el lado de alta temperatura del elemento Peltier, este se enfría mediante un ventilador. El lado donde hay baja temperatura se mantiene aproximadamente a 0°C. Luego de esto el agua apareció como líquido en el lado de baja temperatura del elemento Peltier. Y de esta manera, se logró confirmar que la producción de agua es posible haciendo uso de este principio (Nakajima & Masukawa, 2019).



*Ilustración 8 Sistema de producción de agua*

Fuente: (Nakajima & Masukawa, 2019).

Otro de los sistemas de generación de agua se basa en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor que absorbe calor de la corriente de aire a través de un intercambiador de calor aire-aire y rechaza el calor a través de un sistema de tuberías de agua enterradas en el suelo. Se supone que el caudal másico del aire húmedo en la entrada es constante, y todos los productos (aire seco, vapor de agua y agua líquida) son supuestos como que sale del dispositivo a la temperatura del intercambiador de calor frío. (Sondergeld et al., 2019)

Este sistema de generación de agua está compuesto por una cámara de generación de agua elemento Peltier, además 2 ventiladores para permitir una entrada de flujo de aire y se produzca un enfriamiento del elemento Peltier, 2 disipadores de calor para enfriar el elemento Peltier tanto el lado de lado de alta y el de baja temperatura, una celda fotovoltaica y también un convertidor CC-CC para realizar el control del elemento Peltier (Nakajima & Masukawa, 2019).

### **3.4.2 Beneficios**

En muchos lugares, existe la necesidad de agua potable limpia, pero el suministro de agua por medios convencionales (pozos, tuberías, transporte de agua embotellada, etc.) no es factible debido a la sequía, la contaminación u otros factores. (Sondergeld et al., 2019)

El planeta posee una población mundial muy numerosa (1 de cada 10 personas) no tienen acceso a agua limpia, lo que resulta en muchos niños menores de 5 años que mueren cada año debido a enfermedades diarreicas provocadas por la falta de agua y saneamiento. Que se llegue a poder lograr que de manera universal se tenga un acceso a nivel mundial al agua potable segura para todas las personas para 2030, así como fue propuesto por la ONU en el 6<sup>to</sup> objetivo de desarrollo sostenible será un gran desafío, particularmente en las comunidades rurales. (Cerro, 2018)

Debido a las circunstancias que se viven en la actualidad a nivel mundial se han desarrollado nuevas formas de obtener agua y que este pase posteriormente por un proceso de filtrado para que pueda ser utilizada como agua potable y de esta manera dar un beneficio a las comunidades que carecen de este recurso o están limitadas debido a la escasez mundial de agua.

Creando una red de puntos de producción autosuficientes a lo largo de una comunidad se establecerá un sistema interdependiente capaz de producir grandes cantidades de agua filtrada. Pero también, al utilizar parte de esta agua, en conjunto con tecnologías hidropónicas, podríamos alimentar a la población adyacente a la red a través de la producción de frutas, verduras y hongos que serían más económicos que otras alternativas ya que serían producidos localmente (sin transporte costos). El propósito principal de esta propuesta es añadir una mejora significativa en la calidad de vida de estas personas. (Cerro, 2018)

### 3.4.3 Viabilidad

Algunos sistemas existentes utilizan la temperatura del aire como depósito térmico caliente de la bomba de calor. Un sistema que utilice un disipador de calor subterráneo proporcionaría las ventajas de una menor fluctuación de temperatura y una transferencia de calor más eficaz. Este es el sistema modelado en nuestro estudio. Para implementar cualquier generador de agua basado en ciclo de compresión de vapor, se debe obtener una fuente de energía. En áreas remotas, esto puede tomar la forma de paneles solares, turbinas eólicas o generadores portátiles. Además, el punto de rocío debe estar por encima del punto de congelación; de lo contrario, el intercambiador de calor condensará la escarcha y se obstruirá (Sondergeld et al., 2019).

Los sitios se seleccionan mediante el estudio de factores sociales, financieros y ecológicos para desarrollar mediante un diálogo entre diseñadores, la comunidad y el gobierno, dar una solución correcta a los determinados problemas. El objetivo de este sistema es aliviar el estrés en el entorno construido de la misma forma analógica que la acupuntura lo hace con el cuerpo humano. Este enfoque es especialmente beneficioso en el mundo en desarrollo, donde el gobierno y las instituciones tienen recursos limitados. Ha resultado imposible que los gobiernos se ocupen de los problemas actuales de los barrios marginales y sabemos que seguirán creciendo (Cerro, 2018).

Para evaluar la viabilidad del sistema, las necesidades energéticas y la producción de agua en cualquier lugar de instalación potencial, se podría desarrollar un modelo matemático basado en las condiciones climáticas y geológicas, incluida la temperatura del suelo, la temperatura del aire, la humedad específica del aire cerca de la superficie y la atmósfera. presión. El modelo también se puede utilizar para ayudar en el diseño de ingeniería de los sistemas de generación de agua (Sondergeld et al., 2019).

Realizar un análisis sobre la viabilidad de realizar un determinado proyecto es de mucha importancia, se debe hacer previamente a que se dé inicio de la implementación del proyecto. Es muy importante ya que se deben establecer los beneficios que este proyecto va a traer y analizar

si es rentable realizar el proyecto, si se deben modificar ciertos parámetros o directamente buscar soluciones alternativas para la resolución del problema por el cual se desea realizar el proyecto.

Se llevaron a cabo tres estudios de caso para demostrar la viabilidad y el rendimiento de tres sistemas diferentes. Dado que la viabilidad y el rendimiento de un sistema determinado dependen principalmente del clima local que muestra una fuerte estacionalidad en la mayor parte del mundo, en este estudio de caso se utiliza julio como ejemplo para demostrar la viabilidad y el rendimiento / eficiencia del sistema. (Sondergeld et al., 2019).

### **3.4.4 Productividad**

La extracción de agua a pequeña y gran escala es una aplicación de gran trascendencia en la actualidad; tiene un impacto en las comunidades rurales donde no hay electricidad convencional. La característica principal de estos sistemas fotovoltaicos es que tienen un alto nivel de fiabilidad, poseen una larga duración y su mantenimiento es bajo, esto hace que sea económico. Además, no requiere el uso de un operador y tiene menos impacto en la contaminación del agua, el aire y el ruido. La línea de transmisión es: una electrobomba sumergible de 10 HP, con un caudal de 4,5 l / s, ADT de 90 m, longitud de accionamiento 487,5 un volumen de 90 m<sup>3</sup>. El sistema de generación es de 48 módulos fotovoltaicos de 240 Wp. Modelo SM-230MA12, con una potencia mínima de generación de 11,14 kW (Yucra et al., 2019).

La productividad de un generador de agua es muy importante ya que de este modo se puede medir la eficiencia de trabajo que tiene el proyecto y así se pueden implementar mejoras o modificar ciertos parámetros para que sea un generador más eficiente.

Uno de los parámetros para medir la calidad de vida de una sociedad son los servicios que tienen sus habitantes. Dos de los principales servicios son agua potable y electricidad. El agua también hace posible la vida en un sentido más amplio: los seres humanos necesitan agua limpia y saneamiento para preservar su salud y mantener su dignidad, así como el agua debe ser accesible y segura (Yucra et al., 2019).

El servicio de agua potable es indispensable en una sociedad, este es un recurso que se utiliza en muchas de las actividades diarias que desarrollan las personas en sus casas o lugares de trabajo.

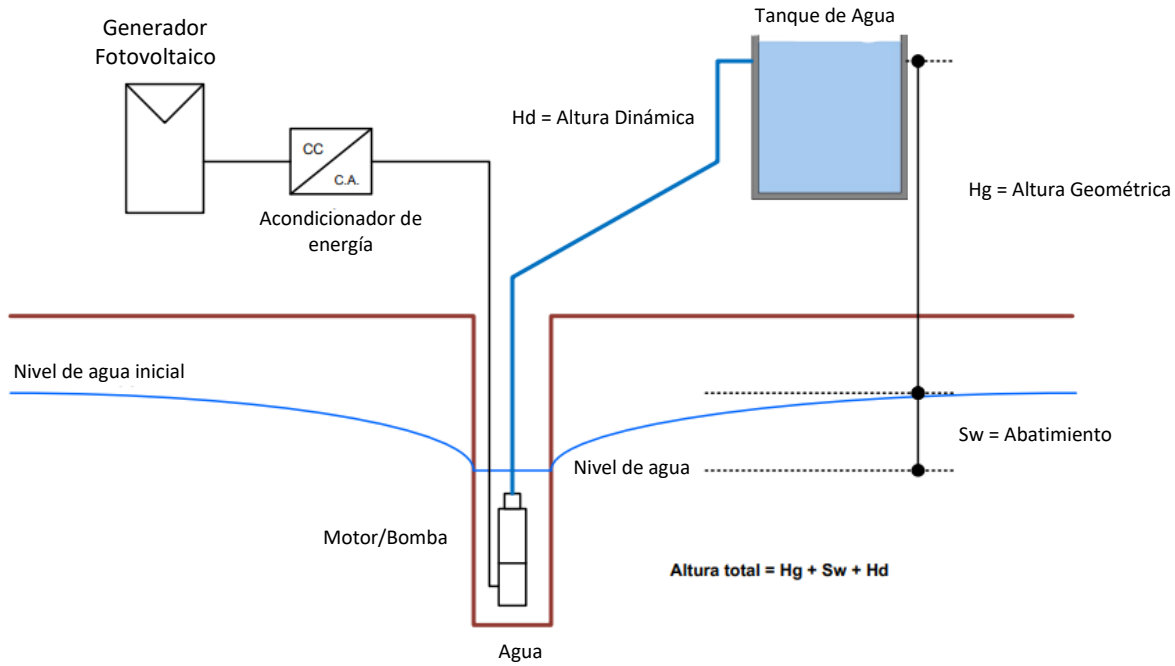


Ilustración 9 Ejemplo de un esquema de la tecnología de bombeo

Fuente: (Yucra et al., 2019).

Es necesario conocer el volumen de agua mensual promedio diario necesario para satisfacer la demanda de la aplicación. Las diferentes demandas pueden ser: agua para consumo humano, agua para consumo de animales domésticos y agua para riego de cultivos. Para el bombeo de agua, la demanda energética estará asociada a dos variables: por un lado, a la demanda de presión del sistema, y por otro lado, a la demanda en caudal propio de la demanda de agua del proceso (Yucra et al., 2019).

### 3.5 Visión Artificial

La visión artificial está ligada a lo que es la Inteligencia artificial la cual es un conjunto de algoritmos que en una maquina o robot permiten que este capte o perciba su entorno y de acuerdo a esto tome ciertas decisiones, la visión artificial es una tecnología que se basa en la captura de imágenes para posteriormente ser analizadas y procesadas para utilizar esa



información en diversas aplicaciones para monitoreo de ciertos parámetros o en un sistema de control en donde se pueda mediante códigos de programación preestablecer determinadas acciones de respuesta ante las variaciones de los datos extraídos de las imágenes según lo que se desee controlar.

El rastreo de imágenes en la actualidad ha aumentado su nivel de valor en muchos campos de estudio como ser seguridad, biología, educación, entre algunos otros. Por lo tanto, el desarrollo de este instrumento que soluciona este problema es de mucha prioridad. Hoy en día se están haciendo estudios en estas áreas de estudio por ejemplo en la navegación de vehículos, seguridad, deportes, tráfico, entre otros (Santos et al., 2020).

La inteligencia artificial es una rama de la investigación la cual permite a las máquinas resolver algunos problemas intuitivos imitando la forma en que funciona el cerebro humano. Se puede extraer información significativa del análisis de imágenes y videos utilizando métodos de visión por computadora. Los estudios de visión por computadora en áreas como procesamiento de imágenes digitales, reconocimiento de objetos, seguimiento de objetos se han fortalecido con componentes basados en inteligencia artificial desarrollados en los últimos años. Por lo tanto, se pueden obtener resultados más rápidos y precisos (Kutlugün & Eyüpoğlu, 2020).

La IA es la ciencia de inculcar inteligencia en las máquinas para que sean capaces de realizar tareas que tradicionalmente requerían la mente humana. Los sistemas basados en IA están evolucionando rápidamente en términos de aplicación, adaptación, velocidad de procesamiento y capacidades. Las máquinas se vuelven cada vez más capaces de asumir tareas menos rutinarias. Si bien la inteligencia de los humanos es en realidad 'tomando' una decisión perfecta en el momento adecuado, la IA se trata simplemente de 'elegir' una decisión correcta en el momento adecuado (Ghosh et al., 2018).

El concepto de inteligencia artificial nació en 1943 al mismo tiempo que se creó la primera computadora a partir de los requisitos de análisis criptográfico. Las primeras investigaciones y el primer modelo de células neuronales artificiales basado en la teoría computacional de Turing McCulloch y fue propuesto por Pitts en 1943. En la conferencia celebrada en Dartmouth en 1956,

surgieron muchos términos como inteligencia artificial y visión por computadora (Kutlugün & Eyüpoğlu, 2020).

La IA, por lo tanto, se basa en gran medida en técnicas de ciencia de datos. Para decirlo de una manera más amplia, la ciencia de datos es la ciencia de desarrollar herramientas y métodos para analizar grandes volúmenes de datos y obtener información de ellos (Ghosh et al., 2018).

Una de las áreas de investigación más activas de la inteligencia artificial es la visión por computadora. Porque es difícil para las computadoras ver qué es fácil para los humanos. La visión por computadora cubre un amplio espectro en términos de técnicas de procesamiento de imágenes y aplicaciones donde se utilizan técnicas de inteligencia artificial (Kutlugün & Eyüpoğlu, 2020).

En la visión humana, los ojos no solo pueden identificar un objeto, sino que también pueden rastrearlo. Estas características son utilizadas como referencia por el investigador para componer el sistema de visión artificial. En un sistema de visión artificial se puede aplicar por ejemplo a máquinas de vigilancia. En estos sistemas se puede realizar un análisis de cómo la visión puede detectar el objetivo en condiciones diurnas y nocturnas mediante dos cámaras (Mushonnifah et al., 2017).

La detección de objetos sobresalientes visuales de imágenes juega un papel importante en el procesamiento de imágenes y las aplicaciones de visión por computadora, como la compresión, clasificación y recuperación de imágenes. Los investigadores han desarrollado varios algoritmos de detección de objetos destacados. Para evaluar el desempeño de estos algoritmos, se utilizan con frecuencia métricas tradicionales de evaluación de prominencia, como la curva de precisión-recuperación (PR), la curva de característica operativa del receptor (ROC) y el área bajo la curva (AUC) (Niu et al., 2017).

Un planteamiento sobre llevar a cabo un análisis de algoritmos de seguimiento que principalmente están basados en lo que viene siendo técnicas de visión artificial y también el aprendizaje automático o "machine learning", esto para poder identificar, rastrear elementos o patrones en imágenes o videos, también se utilizan filtros pasa bajos, promedio y gaussiano,

búsqueda de contornos que se realiza con un localizador de bordes, procesamiento de imágenes por operaciones morfológicas (Santos et al., 2020).

Los sistemas de visión artificial han realizado investigaciones para desarrollar el diseño y realización del sistema de seguimiento, el procesamiento de imágenes para detectar el objeto usando el método RGB de imágenes, cómo resolver y desarrollar la detección de objetos y el sistema de navegación para el robot que navega por sí mismo (Mushonnifah et al., 2017).

Los sistemas tradicionales de visiones por computadora a menudo operan de manera centralizada, incluso para aplicaciones multicámara, donde las secuencias de fotogramas generadas por cada una de las cámaras se envían a una unidad de computación central. Esta unidad central recopila información de todas las cámaras disponibles y la procesa para extraer algunas características. Sin embargo, a medida que aumenta el número de nodos de origen, un enfoque tan centralizado se vuelve rápidamente inviable porque el nodo central se convierte en un cuello de botella. Esto es especialmente cierto cuando se implementan cámaras de alta resolución con altas tasas de adquisición, por ejemplo, en aplicaciones de detección de objetos (Bourrasset et al., 2016).

Hay muchos volúmenes clásicos que definen el campo de la visión por computadora. Los fundamentos teóricos del procesamiento, análisis y percepción de imágenes y videos se desarrollan teórica y prácticamente, representando lo que llamamos visión por computadora impulsada por la teoría. Una comprensión geométrica y física del proceso de formación de imágenes (Tsotsos et al., 2019).

Las tecnologías de visión artificial apoyadas por inteligencia artificial continúan desarrollándose en campos como el procesamiento de imágenes digitales, el reconocimiento facial, el reconocimiento de objetos, el reconocimiento óptico de caracteres, el movimiento humano y el reconocimiento de actividades (Kutlugün & Eyüpoğlu, 2020).

Sin embargo, durante la mayor parte de la historia de la visión por computadora, la disciplina sufrió dos problemas principales. En primer lugar, la capacidad de cálculo y la memoria eran demasiado escasas para hacer frente a los requisitos de la visión. En segundo lugar, la disponibilidad de grandes conjuntos de datos de prueba que podrían compartirse y permitir la

reproducción de resultados era limitada. También faltaba una metodología empírica y una tradición para guiar las pruebas y la replicación (Tsotsos et al., 2019).

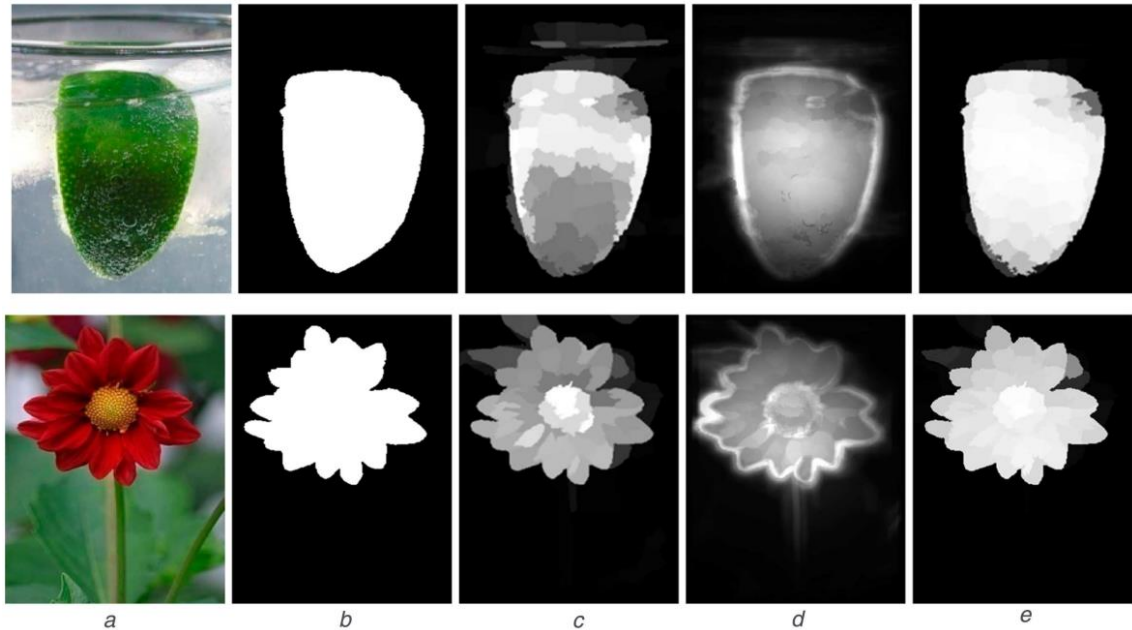
El aprendizaje puede ser definido como el acto de adquirir o mejorar comportamientos, habilidades, valores, preferencias, aumentando así el conocimiento. También puede incluir sintetizar varios tipos de información. Básicamente, el aprendizaje es el mecanismo por el cual un sistema modifica sus parámetros de manera que se pueda mejorar su desempeño futuro. Este proceso de aprendizaje puede ser imitado por máquinas con la ayuda del aprendizaje automático, que es un emergente campo de la investigación en ciencias de la computación que da a los sistemas inanimados la capacidad de aprender sin tener que programarlos explícitamente (Ghosh et al., 2018).

El aprendizaje automático o "Machine Learning" son sistemas que adquieren un aprendizaje sin necesidad de que estos datos sean introducidos directamente en el código de programación, sino que de acuerdo a los procesos o situaciones que se presentan, la máquina aprende y tiene la capacidad de predecir algunos comportamientos o situaciones futuras.

Los estudiosos han propuesto muchos algoritmos de detección de objetos destacados. Algunos de estos algoritmos calculan la prominencia en función del color, la textura, la distancia espacial, la forma y otras características de la imagen (Niu et al., 2017).

Uno de los temas de interés en el campo de la visión por computadora es el reconocimiento facial. El reconocimiento facial en tiempo real, en particular, es un campo popular entre los científicos y las empresas comerciales. En los primeros estudios en el campo del reconocimiento facial, se han propuesto sistemas de reconocimiento facial basados en la extracción manual de rasgos faciales (Kutlugün & Eyüpoğlu, 2020).

La verdad fundamental de una imagen original no suele estar disponible en aplicaciones prácticas; por lo tanto, no se puede utilizar directamente para calcular los parámetros de los modelos de ajuste. Sin embargo, los mapas de prominencia de cada algoritmo de detección de objetos sobresalientes suelen mostrar efectos similares. Sólo ciertas partes de los objetos salientes se detectan correctamente (Niu et al., 2017).



*Ilustración 10 Ejemplos de mapas de prominencia de algoritmos de detección de objetos sobresalientes que muestran efectos similares contra la verdad del terreno. (a) Imagen original (b) Real (c) Mapas de prominencia del método GS, (d) Mapas de prominencia del método PCA, (e) Mapas de prominencia del método SO*

Fuente: (Niu et al., 2017).

### **3.5.1 Sistemas de control de temperatura por visión artificial**

#### **3.5.1.1 Agricultura**

La agricultura es una actividad muy importante en la economía de un país ya que esta aparte de brindar alimento también da la oportunidad de empleo a muchas personas que lo necesitan, también la exportación de materia prima hacia el extranjero, por todo esto es una actividad que presenta un alto nivel de importancia por lo tanto se deben implementar las medidas necesarias para que todos sus procesos sean realizados de la mejor manera y de una forma eficiente.

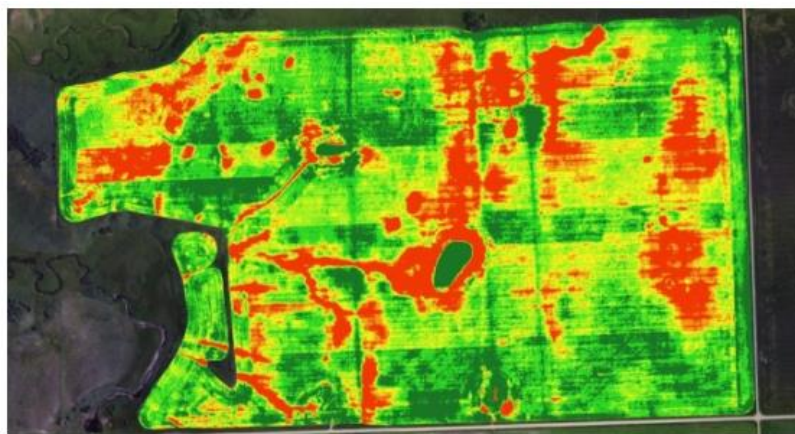
Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) se han utilizado desde 1980 y sus aplicaciones se están expandiendo rápidamente. Para satisfacer la demanda de una mayor población y producción de alimentos, el dron en la agricultura es una solución viable debido a su mayor precisión, eficiencia y capacidad para superar varios obstáculos que la maquinaria tradicional no puede y mejorará enormemente esta industria a través de mediciones precisas, datos en tiempo real. recolección y manejo eficiente de cultivos. A medida que IoT (Internet de las cosas) se

comercializa más, se pueden integrar varios conceptos de IoT en drones agrícolas para ayudar a mejorar la industria agrícola (Saha et al., 2018, p.).

El Internet de las cosas se ha convertido durante los últimos años una de las tecnologías más importantes e innovadoras ya que ahora casi todos los aparatos pueden conectarse a internet y ser controlados o monitoreados por medio de la red.

En el UAV, en lugar de utilizar técnicas multispectrales convencionales, la imagen hiperespectral es una mejor solución para proporcionar datos precisos, ya que es 10 veces más potente. Las imágenes hiperespectrales son mucho más difíciles de implementar y es el único formato de imágenes que permite el uso de inteligencia artificial para pronosticar el rendimiento de los cultivos, la aplicación precisa de pesticidas y fertilizantes y otros insumos como mano de obra y agua. Además, en comparación con otras técnicas, las imágenes hiperespectrales permiten capturar imágenes más detalladas en rangos espectrales y espaciales. Los sensores hiperespectrales tienen la capacidad de medir cientos de bandas y las imágenes hiperespectrales han dado como resultado la aparición de sistemas UAV más ligeros y compactos que pueden integrarse en la agricultura moderna (Saha et al., 2018, p.).

Con la implementación de estos métodos se puede tener un mayor y mejor control de las plantaciones para que estén puedan dar una buena cosecha, se pueden controlar parámetros como ser temperatura, humedad y dependiendo de las lecturas se activen ciertos dispositivos.



*Ilustración 11 Técnica de imagen Hiperespectral.*

Fuente: (Saha et al., 2018, p.)

El uso de cámaras térmicas o de búsqueda de calor puede ayudar en gran medida a la gestión de la agricultura al controlar las propiedades térmicas de las plantas y los cultivos y al detectar también la presencia de vida silvestre dañina en los campos de cultivo. Además, la termografía nos ayuda a controlar las enfermedades de las plantas, la falta de agua y otros procesos fisiológicos. Un sistema que se puede integrar con Raspberry Pi es la cámara termográfica IR Adafruit AMG8833 (Saha et al., 2018, p.).

### 3.5.1.2 Termovisión para detectar posibles sospechosos de Covid-19

Se han probado diferentes características de las cámaras de visión térmica, tales como: emisividad y distancia entre el sujeto y la cámara con el fin de calibrar la cámara para reflejar la temperatura del cuerpo humano con la mayor precisión posible. Primero, se diseñó, implemento y evaluó un nuevo sistema de reconocimiento de expresiones faciales utilizando diferentes técnicas de aprendizaje automático que, en última instancia, funcionarían mejor en términos de velocidad y precisión computacionales que los métodos existentes. El sistema FER acepta como entrada una transmisión de video en vivo y es capaz de detectar el rostro humano y clasificar la expresión facial en una de las siete emociones básicas del rostro humano (neutra, feliz, triste, sorprendida, disgustada, enojada y asustada) (Florea & Fleaca, 2020).

Las cámaras de visión térmica se basan en las emisiones calor que provienen de un determinado cuerpo y transmitirlo en términos de temperatura por medio de un microprocesador esto a través de la detección de las ondas infrarrojas, las cámaras poseen un sensor que percibe las radiaciones y varía el valor de resistencia de acuerdo a las magnitudes de radiación.

Usando una cámara térmica para teléfonos inteligentes (Flir One Pro), se desarrolló una detección de temperatura en tiempo real capaz de enviar señales de alarma a través de la red o por SMS a las autoridades locales junto con múltiples métricas de detección como la edad, el género, la emoción facial ( una de las siete emociones humanas básicas: tristeza, felicidad, ira, disgusto, sorpresa, miedo, neutral), la ubicación del GPS donde se activó la alarma, la lectura de temperatura del rostro humano y también si el sujeto llevaba o no una mascarilla (Florea & Fleaca, 2020).

Haciendo uso de esta aplicación se puede tener un mejor control sobre las personas en lugares públicos donde se concentran grandes masas de personas y por lo tanto estos lugares se terminan convirtiendo en foco de contagio de esta enfermedad y esto es lo que actualmente se quiere evitar para parar el avance de la pandemia.



*Ilustración 12 Ejemplo de búsqueda automática de los puntos con mayor temperatura. Advertencia cuando un valor está por encima del umbral de temperatura establecido.*

Fuente: (Florea & Fleaca, 2020).



También se validó la aplicación frente a escenarios de la vida real como ver la temperatura de los jugadores de fútbol antes de entrar al terreno de juego y también para que los camareros de los restaurantes lean las temperaturas y emociones de los clientes antes y durante su estancia. La aplicación demostró ser valiosa para los camareros porque ya no necesitan acercarse demasiado a un cliente potencialmente infectado (Florea & Fleaca, 2020).

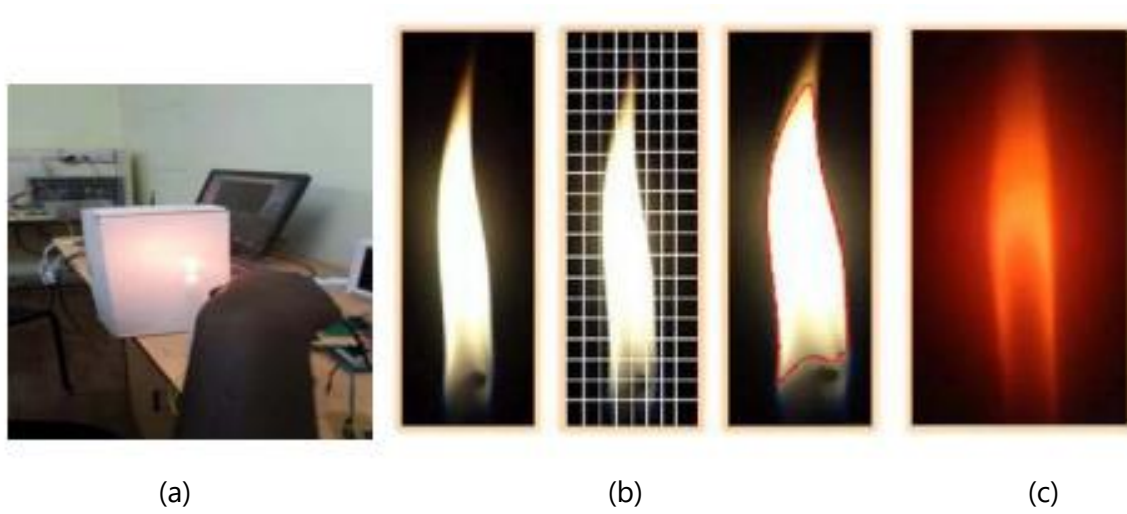
### 3.5.1.3 Medición de temperatura mediante Soft Computing basado en visión artificial

La temperatura es la cantidad física que se mide de forma rutinaria, como el tiempo. La temperatura proporciona los datos imperativos en la industria a medida que avanza como el puntero que proporciona el estado de las piezas de hardware, los elementos de rendimiento, etc. En cualquier procedimiento industrial, se requiere la estimación de la temperatura. Actualmente se utilizan sensores de tipo de contacto, pirómetros y termopares, etc. Se utilizan otros equipos y métodos para estimar la temperatura de una fuente de calor en la industria (Gadyanavar & Kulkarni, 2017, 2017).

Utilizar sensores para la medición de temperatura puede presentar algunas desventajas como ser algunos problemas en las conexiones, interferencias o ruidos eléctricos, descalibración, rangos de medición bajos y aunque son pocas desventajas la visión por computadora podría presentar una mejor forma para no tener estos inconvenientes con dichos sensores.

La imagen de fotoluminiscencia tiene un nivel de brillo que se relaciona directamente con la temperatura. Por lo tanto, utilizando el sistema de preparación de imágenes de video, se mide la temperatura. Las imágenes de fotoluminiscencia, que se ven en una longitud de onda de luz notable, se miden utilizando luz de excitación y el marco de la cámara CCD habitual. Utilizando una cámara avanzada, se toman diferentes imágenes de las fuentes de calor perceptibles, como la llama de cera, el quemador, la luz de aceite, etc. Para la experimentación introductoria, seleccione la imagen de la llama de cera que se toma en una habitación oscura utilizando papel de gelatina. (Gadyanavar & Kulkarni, 2017, 2017).

El poder medir la temperatura de un objeto o persona sin tener ningún contacto puede ser muy beneficioso en la actualidad ya que con la pandemia es algo muy útil y que se está implementando mucho en la industria y en áreas públicas.



*Ilustración 13 (a) Captura de imágenes (b) Llama y segmentación (c) Imagen filtrada*

Fuente: (Gadyanavar & Kulkarni, 2017, 2017).

El sistema propuesto es un sistema de medición de temperatura sin contacto que utiliza procesamiento de imágenes y una red neuronal. Utilizando neural red la no linealidad las características se evalúan fácil y eficazmente. Este sistema utiliza una cámara digital normal, por lo que es un sistema de medición de temperatura de muy bajo costo, confiable y eficiente sobre el sistema de medición de tipo de contacto. Los modelos RGB y HSI se utilizan para la correlación de temperatura de color. Este sistema se utiliza para medir la temperatura de varios tipos de hornos, calderas que contienen metal fundido, estufas, llamas industriales, etc. El sistema proporciona la temperatura de la fuente puntual, así como las distribuciones de temperatura de la aplicación seleccionada. (Gadyanavar & Kulkarni, 2017, 2017).

#### 3.5.1.4 Sistema de control para un desalador utilizando destilación solar mediante visión artificial

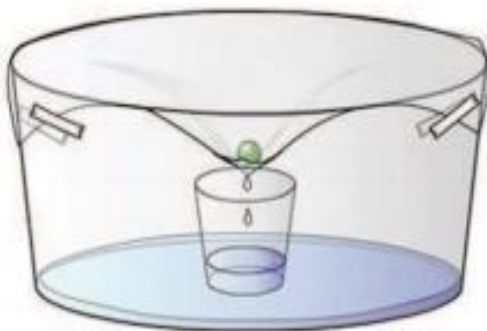
Se muestra el diseño e implementación de un control de posición por visión artificial para el sistema de enfoque de un robot desalador por destilación solar, con el fin de proporcionar condiciones de funcionamiento, seguridad y seguimiento para llevar a cabo el proceso de destilación. De tal manera que los límites de desplazamiento y la posición del contenedor se

establecen en tiempo real cruzando dos curvas permisibles, una definida en relación con la temperatura del proceso y otra en términos de seguridad. (Palomino-Resendiz et al., 2017)

Un control de temperatura por visión artificial es muy útil y conveniente ya que se pueden obtener los valores de la temperatura de un objeto o cuerpo a una distancia y sin ningún contacto, además es una tecnología que está en auge actualmente por lo tanto sus aplicaciones continúan aumentando cada día más de acuerdo con los estudios y pruebas que se realizan mundialmente.

El robot cuenta con un sistema de error absoluto de un grado en cuanto al posicionamiento y este valor se encuentra entre los niveles permitidos en estos sistemas. Pero este grado de error afecta el gradiente de temperatura, y se genera con falta de simetría y no hay forma de evitarlo. Por lo tanto, la forma de control que se obtuvo estaría incompleta porque solo está considerando como un caso ideal en el cual el gradiente de temperatura tiene simetría. Realmente se debe deducir que el punto focal puede influir con el contenedor que rodea la zona de interés, y esto supone un riesgo en la estructura o del robot mismo (Palomino-Resendiz et al., 2017).

El proceso de desalinización del agua podría ser una buena solución a la escasez de agua ya que el planeta está en su gran mayoría está cubierta por agua salada y solo un pequeño porcentaje es de agua dulce.



*Ilustración 14 Sistemas desalinizadores.*

Fuente: (Palomino-Resendiz et al., 2017).

En esta clase de sistemas se pueden encontrar 2 tipos:

**Pasivo:** Es un dispositivo que está construido a base de un grupo de elementos, y estos se exponen de forma directa a los rayos solares. En este caso no hay un estándar por lo tanto se dice que es casero. La generación total de agua depende estrictamente de sus dimensiones y las condiciones del clima en determinado lugar.

**Activo:** Estos son instrumentos que hacen que el proceso de calentamiento de agua avance de forma rápida a través de concentradores solares. Estos dan una instrumentación y control que automatizan el proceso en tareas de obtención y aprovechamiento de la radiación solar (Palomino-Resendiz et al., 2017).

### 3.5.1.5 Detección de objetos durante la noche en condiciones meteorológicas adversas

La segmentación en primer plano de objetos en movimiento en condiciones atmosféricas adversas como niebla, lluvia, poca luz y polvo es una tarea desafiante en la visión por computadora. Se han demostrado las ventajas de la obtención de imágenes térmicas infrarrojas durante la noche en condiciones atmosféricas adversas, que se deben a la longitud de onda larga. Sin embargo, las técnicas de detección de objetos de última generación existentes no han sido útiles en tales escenarios (Singha & Bhowmik, 2020).

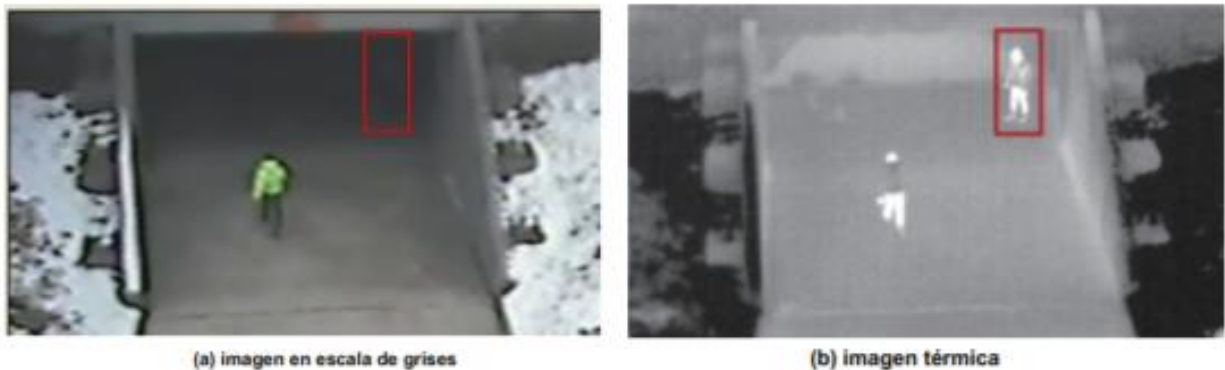
Las cámaras infrarrojas pasivas perciben la radiación infrarroja de la misma manera en la cual es emitida, son utilizadas mucho para aplicaciones de búsqueda de objetos o personas en condiciones climáticas desfavorables como ser en niebla, de noche en la oscuridad o donde hay humo.

La estrategia de detección de objetos más simple es segmentar las regiones de interés en movimiento del fondo estático. Los métodos tradicionales de segmentación de fondo / primer plano puede no ser adecuados para superar los problemas del entorno exterior, como el comportamiento dinámico en el fondo debido a los problemas clave que se discutieron anteriormente. Los métodos de segmentación de fondo basados en modelo de fondo son en su mayoría enfoques a nivel de píxel que son paramétricos o no paramétricos. (Singha & Bhowmik, 2020).

### 3.5.1.6 Seguimiento térmico-escala de grises

El seguimiento térmico en escala de grises ha atraído una atención creciente debido al hecho de que puede hacer que la información térmica se complemente con la información en escala de grises. Dado que existe una gran brecha entre la escala de grises y las secuencias de video térmicas, cómo explotar la relación intrínseca entre la escala de grises y los objetivos térmicos se ha convertido en el punto clave (Ding et al., 2019).

Con la combinación de la escala de grises y las imágenes térmicas se pueden realizar muchas aplicaciones en la industria, en la actualidad muchos sistemas de control se beneficiarían de implementar este método.



*Ilustración 15 . Un ejemplo de pares de video térmicos y en escala de grises. En (a), es difícil discriminar el objetivo del fondo. El seguimiento térmico en escala de grises tiene como objetivo diseñar el modelo de apariencia para que la información térmica y en escala de grises se complementen entre sí.*

Fuente: (Ding et al., 2019)

El seguimiento térmico en escala de grises tiene como objetivo utilizar información térmica y en escala de grises para complementarse entre sí. La cámara de infrarrojos térmica es resistente a los cambios de iluminación, lo que puede complementar los datos del espectro visible obtenidos en condiciones de poca luz. La característica gris en la cámara de espectro visible contribuiría a resolver el problema de cruce en la detección de objetos basada en cámaras infrarrojas térmicas (Ding et al., 2019)

## **3.6 Filtración del agua**

La filtración del agua es un proceso que presenta un alto nivel de importancia ya que de esta manera se eliminan las impurezas del agua y se puede obtener un agua mucho más limpia, saludable y de esta manera se puede asegurar de que se utiliza un agua de calidad para evitar muchos inconvenientes como ser enfermedades que estas aguas contaminadas pueden llegar a producir.

### **3.6.1 Tratamiento de aguas**

El agua subterránea contiene altas concentraciones de hierro (Fe) y iones de manganeso (Mn) disueltos que tienen un efecto adverso sobre la salud humana.<sup>1-3</sup> El agua subterránea es la fuente más importante de agua potable en las zonas rurales vietnamitas, donde el agua potable tratada por plantas de tratamiento de suministro de agua no puede suministrarse a los hogares. Para su tratamiento se utilizan diferentes materiales filtrantes como grava, arena de cuarzo, arena de manganeso, carbón activado y carbón antracita, y arena de mar (Thuy et al., 2018).

El tratamiento de agua es muy necesario actualmente ha aumentado su importancia debido a la escasez de agua mundial que existe, hay diferentes tipos de tratamientos físico, químico, biológico o una combinación de ellos.

Un experimento se realizó utilizando 30 L de agua subterránea que se trató con el sistema de aireación, sedimentación y filtración en 1 h con un rango de flujo de aireación de 5, 10, 20, 30, 65 L / min. La eficiencia de remoción de contaminantes de aireación, sedimentación y filtración fue mayor que en el caso de aireación y sedimentación. Cuando el flujo de aireación fue de 5 L / min, las concentraciones de Fe y Mn de aireación, sedimentación y filtración disminuyeron rápidamente a 0.213 y 0.1555 mg / L, respectivamente (Thuy et al., 2018).

El método de la aireación se usa para dar oxígeno a las bacterias y que estas ayuden en el proceso de biodegradación, de lo contrario este proceso se vuelve muy largo y con algunos inconvenientes de por medio.

Utilizando materiales filtrantes aproximadamente 20 L del agua subterránea cruda que contiene 3.667 mg / L de ion Fe y 1.692 mg / L de ion Mn del pozo se agregaron al modelo de filtración de agua. La tasa de eliminación de Fe de la fórmula de todos los materiales de filtro fue superior al 97%, que fue mucho más alta que la tasa de eliminación de Mn, que constituía del 5,76% al 35,70% (Thuy et al., 2018).

Los materiales filtrantes son muy importantes en el proceso completo de filtración ya que estos son esenciales para obtener una alta calidad agua, existen muchos tipos de material filtrante que se pueden utilizar de acuerdo al tipo de agua que se desea filtrar.

La aplicación de electroporación letal es necesaria para el proceso de desinfección en aplicaciones de tratamiento de agua. Microorganismos dañinos están sujetos a un campo eléctrico  $E$  tal que  $E > E_{cr}$  donde  $E_{cr}$  es el campo eléctrico crítico más allá del cual la membrana celular no puede volver a sellar sus poros. Los poros creados conducen a la muerte celular biológica y resultan en la desinfección. Para crear tal campo eléctrico a través de la cámara de tratamiento, se debe aplicar un alto voltaje (HV) durante el tiempo suficiente. Investigaciones recientes confirman la eficacia de la aplicación de pulsos HV de unos pocos kV con una duración de microsegundos. Por tanto, se cumplen tanto la eficiencia energética como los criterios de electroporación letal. Por tanto, se utiliza una entrada de larga duración de baja potencia para proporcionar pulsos de corta duración de alta potencia para la electroporación. Por lo tanto, se puede utilizar un convertidor basado en electrónica de potencia controlable y de alta eficiencia (Elgenedy et al., 2019).

Las intervenciones de tratamiento de agua en el hogar (HWT) pueden desempeñar un papel importante en la protección de la salud pública cuando las fuentes de agua existentes, incluidas las suministradas a través de una red de tuberías u otras fuentes mejoradas, no se tratan adecuadamente o se contaminan durante la distribución o el almacenamiento. El tratamiento del agua en el hogar y las intervenciones de almacenamiento seguro pueden conducir a la reducción de las enfermedades diarreicas. Tanto en áreas rurales como urbanas, se ha demostrado que el tratamiento de agua domiciliario es aproximadamente dos veces más eficaz para reducir la diarrea endémica en comparación con el tratamiento de agua convencional en la fuente. Por lo tanto, es

importante implementar un tratamiento de agua eficaz en el punto de uso (POU) para reducir el riesgo para la salud asociado con la contaminación microbiana del agua (Karim et al., 2018).

Se presenta una nueva topología de PG para generar pulsos de alta tensión, por lo que se puede utilizar en aplicaciones de electroporación letal como el tratamiento de agua. El PG se basa en FB-MMC SM, que proporcionan modularidad y escalabilidad de la topología. Los condensadores SM individuales se cargan secuencialmente a través de un interruptor semiconductor de bloqueo inverso y un rL rama de un suministro de entrada LVDC (Elgenedy et al., 2019).

Existen varios métodos de tratamiento de agua en el hogar que se utilizan comúnmente para tratar el agua. Estos son ebullición, coagulación y sedimentación, cloración, filtración, desinfección solar, radiación ultravioleta o una combinación de uno o más de estos métodos. La elección de un HWT de partículas depende de las instalaciones disponibles, el apoyo técnico y la participación de la comunidad. Además, a nivel local, existe una falta de difusión generalizada de estas tecnologías, falta de evidencia científica rigurosa del impacto positivo en la salud y mejora de la calidad del agua durante períodos prolongados de uso de HWT. Desde 2014, la OMS ha sido probada y evaluada HWT según los criterios de desempeño basados en la salud de la OMS a través del 'Esquema' internacional de la OMS (Karim et al., 2018).

La tecnología de tratamiento de agua mecánico se está ampliando gradualmente. Esta nueva tecnología está cambiando la forma de trabajo de las plantas de agua convencionales en la práctica. En el proceso de tratamiento del agua, el proceso de filtrado es un paso muy importante. En este artículo, la resistencia y deformación del sistema de filtro superior que incluye marcos de filtro superior y placas de filtro superior se analizaron con ANSYS y se obtuvieron resultados útiles (Feng & Sun, 2016).

Se propone un nuevo generador de pulsos (PG) de alto voltaje alimentado desde una fuente de CC de bajo voltaje  $V_s$ , que carga un brazo de norte Condensadores de submódulo (SM) de convertidor multinivel modular (MMC) de puente completo (FB) conectados en serie secuencialmente, a través de una rama resistivo-inductiva. Al utilizar FB-SM, el PG propuesto es



capaz de generar pulsos rectangulares bipolares y pulsos rectangulares unipolares de cualquier polaridad, a altas tasas de repetición. También son posibles pulsos asimétricos (Elgenedy et al., 2019).

Los servicios de agua estadounidenses gastan millones de dólares en proteger y mejorar su fuente de agua como parte de un enfoque de barreras múltiples para garantizar el suministro de agua potable segura. Sin embargo, dada la naturaleza preventiva de la protección de las fuentes de agua y la naturaleza compleja de la dinámica y la gobernanza de las cuencas hidrográficas, es difícil fi culto para cuantificar la amplia gama de beneficios asociados con los gastos para implementar diversas medidas de protección (Warziniack et al., 2017).

De acuerdo con el requisito de producción práctica, los sistemas de filtro deben cambiarse a tiempo para adaptarse a las necesidades del proceso de producción. Los sistemas de filtrado se componen de sistemas de filtrado superior e inferior. En el sistema de filtro superior, la placa de filtro utiliza una placa de PVC de 30 mm en la que se montan varios filtros, el marco del filtro utiliza un plan de diseño de 3 \* 9, es decir, tres tubos de acero longitudinales de 120 \* 80 \* 5 mm y nueve de acero transversal de 120 \* 80 \* 5 mm tubos que están todos soldados a los tubos longitudinales (Feng & Sun, 2016).

La relación entre la calidad del agua y el costo del tratamiento es bien reconocida, como lo demuestra la EPA ' s modelos de costos unitarios de tratamiento de agua potable, capaces de modelar los costos para la mayoría de las tecnologías de tratamiento modernas (EPA 2014). La variación regional en los costos asociados con la turbidez ha sido demostrada por Moore y McCarl ( 1987 ), quien encontró que una reducción del 1% en la turbidez redujo los costos de tratamiento del agua en un tercio de un por ciento en el noroeste de Oregón; Forster et al. ( 1987 ), quien encontró una reducción del 10% en la erosión del suelo en Ohio reduciría los costos de tratamiento en un 4%; (Warziniack et al., 2017).

La planta de tratamiento de agua utiliza una o dos capas de materiales filtrantes homogéneos en una cámara filtrante que incluye marcos, placas filtrantes, materiales filtrantes, etc. Los marcos filtrantes sostienen las placas filtrantes y las placas filtrantes soportan la gravedad

de los materiales filtrantes. Los materiales del filtro de la capa superior son arenas de cuarzo cuya densidad es de aproximadamente 2,6 g / cm<sup>3</sup> y la densidad de apilamiento es de 1,6 g / cm<sup>3</sup>. Las placas de filtro son placas de PVC de plástico rígido cuyo espesor es de 30 mm. Los marcos de los filtros están compuestos por tubos de acero Q235B cuyo tamaño es de 120 \* 80 \* 5 mm y el tamaño de los tubos de soporte es de 80 \* 80 \* 5 mm (Feng & Sun, 2016).

El agua cruda ingresa a una planta de tratamiento después debido a la cuenca aguas arriba de su toma. La calidad Q de esa agua está determinada por las características de la cuenca y las actividades que tienen lugar dentro de la cuenca. Se hace un enfoque en dos medidas de la calidad del agua relevantes para el tratamiento del agua potable: la turbidez, medida en NTU, y la cantidad de TOC, medida en mg / L (Warziniack et al., 2017).

### **3.6.2 Contaminación del agua**

La contaminación de agua es un gran problema que actualmente está afrontando la población mundial, muchas de sus causas son por la deforestación, derrames de petróleo, uso de plaguicidas en la agricultura o desechos industriales. Muchas veces la contaminación del agua no se ve, sino que, aunque el agua este transparente puede existir igualmente la posibilidad que contenga agentes altamente contaminantes.

Para los proveedores de agua de la comunidad, proteger las fuentes de agua de la contaminación ofrece una barrera adicional de protección y un medio potencial de evitar los costos de tratamiento en la planta. Si los esfuerzos de protección del agua de origen son rentables en relación con el tratamiento en la planta, se requiere conocimiento hidrológico, geológico y climatológico de las cuencas hidrográficas de origen, así como una comprensión de cómo los cambios en la calidad del agua de origen afectan los costos de tratamiento. La evidencia cuantitativa sobre esta última relación es limitada (Price & Heberling, 2020).

La contaminación ambiental es el principal problema del mundo modernizado. Por un lado, las industrias se están desarrollando a un ritmo más rápido para satisfacer las necesidades de la población mundial en crecimiento; sin embargo, por el contrario, amenaza la vida en la tierra

al contaminar los alrededores. El crecimiento de las industrias provoca una mayor liberación de aguas residuales tratadas y no tratadas a las aguas superficiales (Khatoon et al., 2018).

Los proveedores de agua potable a menudo enfrentan disminuciones en la calidad del agua de origen debido a cambios a largo plazo en las condiciones de las cuencas hidrográficas, cuyos impulsores principales incluyen la conversión del uso de la tierra, la escorrentía urbana y agrícola. En respuesta, los proveedores de agua pueden modificar o aumentar los procesos de tratamiento existentes para mantener el cumplimiento de los estándares regulatorios y los objetivos de desempeño. También pueden emprender acciones que protejan las fuentes de agua (Price & Heberling, 2020).

Las plantas son los biomateriales excelentes para la síntesis de nanopartículas de plata a gran escala. Las biomoléculas presentes en las plantas dictan las propiedades de las nanopartículas ya que pocas de ellas no muestran propiedades antimicrobianas los *Ocimum sanctum* nanopartículas de plata asistidas muestra quimio catálisis mientras que *Artemisia annua* asistido no lo hace. También el estudio concluye que la nanotecnología es eficaz en la reducción de impurezas del agua. Las nanopartículas de plata se pueden utilizar repetidamente (Khatoon et al., 2018).

Las funciones de costos tienen sus raíces en la teoría económica, pero se basan en consideraciones hidrológicas y ecológicas. Los resultados ofrecen información sobre los roles de los factores ambientales en la producción de agua potable y cómo los roles difieren en los sistemas predominantemente de agua superficial y subterránea (Price & Heberling, 2020).

### **3.6.3 Métodos de filtración**

Existen muchos métodos para la filtración de agua potable que consisten en una secuencia de procesos que ayudan a eliminar los agentes contaminantes que se encuentran en el agua, luego del proceso de filtrado se puede estar más seguro que el agua está más pura y sin la contaminación que tenía antes. Se describirán algunos de los métodos más utilizados para el proceso de filtración de agua potable como ser: cloración, por medio de luz ultravioleta, carbón activado, ozono, plasma y bombas de calor.

### 3.6.3.1 Cloración

La cloración es un método de desinfección eficaz para el tratamiento del agua potable. La optimización de este proceso plantea ciertos desafíos, ya que los objetivos de alcanzar el efecto de desinfección requerido y limitar la formación de subproductos de desinfección deben cumplirse simultáneamente. Estos necesitan ajustar la dosis de cloro en tiempo real para hacer frente a las fluctuaciones en la calidad del agua y mantener un cloro residual libre en la salida del depósito de agua limpia que no exceda los límites reglamentarios (Wang & Xiang, 2019).

El método de filtración por cloro es muy efectivo, pero igualmente hay que tener ciertas precauciones al implementar este método para la filtración de agua ya que puede producir efectos nocivos para la salud de las personas, debe utilizarse en su medida adecuada y seguir todas las normas de uso.

El cloro se usa comúnmente para inactivar microorganismos patógenos dañinos durante el tratamiento del agua potable. Si bien una mayor dosis de cloro conducirá a una mayor desinfección, también promueve la formación de subproductos de desinfección nocivos (DBP), como triclorometano, tetraclorometano, entre otros. Generalmente, se alcanza una dosis eficaz de cloro controlando el cloro libre residual (FCR) en la salida del depósito de agua clara, que depende de las condiciones climáticas locales de la planta de tratamiento de agua. En las plantas de tratamiento de agua, el proceso de dosificación posterior al cloro generalmente lo implementan los operadores de la instalación, quienes son responsables de monitorear el FCR en la salida del depósito de agua limpia (Wang & Xiang, 2019).

El proceso de cloración de agua se puede realizar introduciendo al agua por ejemplo pastillas de cloro, cloro líquido, lejía entre otros. Esto ayuda a quitar los microorganismos contaminantes del agua.

En las plantas de tratamiento de agua, el proceso de dosificación posterior al cloro generalmente lo implementan los operadores de la instalación, quienes son responsables de monitorear el FCR en la salida del depósito de agua limpia. En la práctica, sin embargo, es difícil para un operador monitorear el FCR continuamente por lo tanto Un método de control

automático en tiempo real puede resolver estos problemas y ofrecer ciertas ventajas. (Wang & Xiang, 2019).

### 3.6.3.2 Luz Ultravioleta

En el tratamiento del agua, las partículas sólidas generalmente se eliminan mediante la combinación de sedimentación, coagulación y filtración. Sin embargo, no se pueden utilizar para eliminar eficientemente las partículas pequeñas sin dejar un exceso de lodo producido por el proceso de coagulación que puede causar el deterioro del agua y el bloqueo de la tubería. El método de fotooxidación se convierte en una técnica alternativa para eliminar la contaminación de las nanopartículas en el tratamiento del agua mediante la generación de radicales OH con fotorreacción para descomponer el compuesto orgánico (Jarudrunghawalit et al., 2020).

Este método de purificación de agua se ha utilizado desde hace muchos años y tiene muchas aplicaciones como ser con agua potable, aguas residuales, comercial o en la industria y una de sus ventajas más favorables para que se tome la determinación de utilizar este método es que al hacer uso de este proceso de filtración de agua no se le agrega ninguna clase de químicos al agua.

Se presenta el concepto de control de un dispositivo de desinfección de agua mediante radiación ultravioleta con controlador de flujo neural. Según la fotoquímica, la luz ultravioleta es la región del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible. El espectro se puede dividir en: UV (100 a 200 nm), UV-C (200 a 280 nm), UV-B (280 a 315 nm) y UV-A (315 a 400 nm). La radiación del grupo UV-A se produce en los rayos del sol y es responsable de los procesos fotoquímicos y de pigmentación (Rymarczyk & Kłosowski, 2018).

Para el proceso foto catalítico usado en los tratamientos de agua, la lámpara UV se usa generalmente para generar la radiación de luz UV en la longitud de onda operativa menor de 400 nm para activar la fotorreacción. Convencionalmente, el canal de agua está expuesto a la luz ultravioleta de lo anterior en el que un rango de operación del sistema se ve afectado por la potencia óptica de la fuente de luz y divergencia del haz de acuerdo con la ley del coseno de Lambertian. Por lo tanto, la fotorreacción en el rango operativo diferente no es uniforme. Para

mejorar la uniformidad de la interacción de la luz con la superficie del catalizador a lo largo del canal de agua, la lámpara UV debe ser lo suficientemente grande como para cubrir toda el área del canal de agua proporcionando un sistema de tratamiento de agua extenso (Jarudrunghawalit et al., 2020).

La desinfección moderna del agua en las plantas de tratamiento de aguas residuales se basa en el uso de radiación UV. El ultravioleta desinfecta y oxida las sustancias orgánicas. La radiación UV afecta el ADN de los organismos, aniquilándolos y privando de la capacidad de reproducirse. El ultravioleta penetra a través de la pared celular. Sus proteínas y ADN absorben la energía de la radiación, que daña su estructura y altera el metabolismo. Como resultado de la reacción química, el ADN se transforma, lo que a su vez bloquea la posibilidad de reproducción del organismo. Los organismos que carecen de estas dos funciones no pueden causar enfermedades (Rymarczyk & Kłosowski, 2018).

La fuente de luz ultravioleta se coloca en un extremo de la guía de ondas del micro canal, lo que permite que la luz se propague a lo largo del canal con la reflexión interna total. La dirección de propagación de la luz es la misma que la del flujo de agua en el que se puede lograr la uniformidad de la luz. Con esta configuración, el catalizador se puede recubrir en la parte superior e inferior del micro canal sin bloquear la luz ultravioleta. Esto puede mejorar la reacción foto catalítica del tratamiento del agua. Por tanto, se puede reducir el tiempo de tratamiento (Jarudrunghawalit et al., 2020).

La efectividad de este tipo de desinfección depende del valor de la radiación y de la resistencia de los organismos a esta radiación. La mayor eficacia desinfectante en relación con los microorganismos es la radiación UV-C con una longitud de onda de aproximadamente 254 nm. La dosis aplicada también tiene en cuenta su foto reactividad, es decir, el renacimiento bajo la influencia de la luz. La dosis de UV se determina empíricamente, normalmente comprobando el dispositivo durante el funcionamiento [6]. Tiene en cuenta la transparencia mecánica llamada turbidez. La turbidez determina el porcentaje de radiación que atraviesa una capa de 1 cm de líquido. Los siguientes valores son el caudal expresado en metros cúbicos por hora, la intensidad del campo de radiación ultravioleta y el tiempo de exposición (Rymarczyk & Kłosowski, 2018).

### 3.6.3.3 Carbón Activado

Debido a la mayor atención sobre el tema de la protección ambiental, se encontró una demanda creciente de aquellos materiales que son capaces de eliminar diferentes formas de contaminantes orgánicos / inorgánicos o derrames de petróleo del medio acuático. Los derrames de hidrocarburos en el medio marino han causado muchos impactos negativos en el ecosistema marino. Los materiales comunes utilizados para lograr este objetivo incluyen polímero fabricado, membrana, carbón activado, materiales porosos de alta capacidad de adsorción, zeolitas, fibras de colágeno, etc. (Nazifa et al., 2018).

El carbón activado es utilizado en muchos casos por ejemplo en los acuarios se utiliza este método para realizar una filtración química dentro de el y también sirve para eliminar malos olores que se producen en el agua.

La aplicación extensa de carbones activados como adsorbentes se observa con frecuencia en procesos de separación o catálisis. Aunque se utilizan ampliamente en aplicaciones prácticas e investigación, estos adsorbentes todavía tienen algunas limitaciones. Por ejemplo, los materiales porosos y el carbón activado tienen pocas desventajas, como dificultades durante el tiempo de recolección debido a partículas pequeñas, temperatura de alta generación para carbón activado (500-800 0 C), baja capacidad de separación causada por la adsorción de agua (6-10) (Nazifa et al., 2018).

La implementación del carbón activado para el proceso de filtración de agua viene desde la antigüedad, el carbón activado se ha utilizado para eliminar compuestos orgánicos indeseados en el agua, también ayuda a quitar los malos olores que se pueden dar en el agua. Es un método que ha ido creciendo en el tiempo.

Un absorbente de material nanocompuesto magnetizado eficiente se fabrica a partir de desechos agrícolas como el carbón activado a base de tallo de plátano y se combina con nanopartículas de óxido de hierro. Los adsorbentes compuestos muestran una excelente capacidad de absorción de aceite lubricante con una cinética rápida. El carbón activado y los materiales compuestos basados en tallos de plátano se comparan con el carbón activado

comercial y su compuesto magnético para eliminar el aceite del entorno acuoso (Nazifa et al., 2018).

### 3.6.3.4 Ozono

El ozono se ha utilizado comúnmente como una alternativa atractiva al cloro para la desinfección del agua potable y la oxidación de diversos contaminantes orgánicos e inorgánicos. Además, el ozono también puede aumentar la biodegradabilidad de los materiales orgánicos naturales en el agua, que pueden eliminarse mediante la posterior filtración biológica con carbón activado. La eficacia de la ozonización depende en gran medida de la dosis de ozono. Una dosis demasiado baja de ozono no es suficiente para los requisitos de desinfección y oxidación. (Dongsheng et al., 2017).

El uso del ozono para la filtración o desinfección del agua es mucho más efectivo que el cloro aparte de que tiene una gran serie de ventajas respecto a la cloración del agua.

El proceso de ozonización tiene dos pasos durante el proceso de tratamiento del agua potable: el paso previo a la ozonización y el paso principal de ozonización. El paso principal de la ozonización es el paso clave de la desinfección y oxidación, que afecta directamente el efecto de la ozonización. Por lo tanto, el modelado del proceso y el control avanzado se centran en el paso principal de ozonización de este documento (Dongsheng et al., 2017).

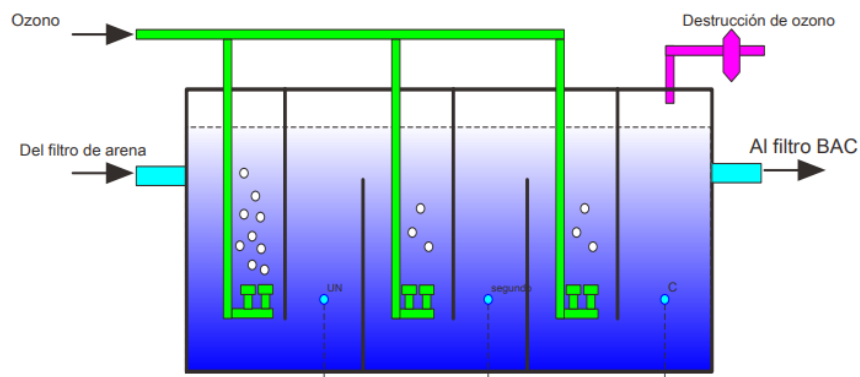


Ilustración 16 Proceso principal de ozonización

Fuente: (Dongsheng et al., 2017)



El ozono es muy eficaz y se dice que es que presenta mayores ventajas respecto al cloro ya que este elimina más microorganismos contaminantes del agua, elimina incluso los que son resistentes al cloro.

Se utiliza un dispositivo de aireación de burbujas finas para inyectar gas ozono en el agua. Teniendo en cuenta la eficiencia de la ozonización y la formación mínima de bromato, se ha diseñado una forma de dosificación en serie de tres niveles con una relación de 3: 1: 1. Debido a la fluctuación más leve, el ozono residual disuelto del tercer nivel se toma casi como el ozono residual disuelto efluente. Como se muestra en la Fig. 1, un dispositivo de destrucción de ozono de los gases de escape está equipado para convertir el ozono residual no disuelto en oxígeno para garantizar la concentración de ozono de los gases de escape tratados por debajo de 0,1 ppm (Dongsheng et al., 2017).

Aunque el ozono es mejor que el cloro esto no quita que de la misma manera puede llegar a producir efectos adversos en la salud si su uso no se hace de la manera adecuada.

Hasta la fecha, el proceso de dosificación de ozono en las plantas de tratamiento de agua potable todavía adopta la forma de control del ajuste manual del control PID. Es difícil lograr un rendimiento de control satisfactorio debido a las complicadas características de no linealidad y gran retraso del proceso de dosificación de ozono real. La eficacia del control de modelo interno (IMC) se ha demostrado en la industria de procesos desde que se propuso por primera vez en la década de 1980 (Dongsheng et al., 2017).

#### 3.6.3.5 Plasma

El plasma de descarga eléctrica es un proceso de oxidación avanzado eficaz y versátil debido a la formación de especies reactivas como radicales hidroxilos y radicales hidroperóxidos. La tecnología no requiere adiciones químicas, puede degradar una amplia gama de contaminantes y no produce desechos residuales. El tratamiento con plasma también incluye una amplia gama de otros mecanismos de tratamiento, incluida la reducción basada en electrones, la radiación UV, la cavitación y la degradación térmica. A pesar de los obvios beneficios y ventajas del tratamiento de agua a base de plasma (PWT), la tecnología aún no ha alcanzado un nivel de

desarrollo en el que se pueda utilizar comercialmente. Este estudio determinó los principales obstáculos que obstaculizan la implementación de PWT y desarrolló principios de diseño para superar las limitaciones del proceso a través del control de la dinámica de interfase plasma-líquido (Stratton et al., 2016).

Este es un nuevo método que aún está en desarrollo no ha alcanzado su máximo potencial aun, no está disponible para su implementación aun, aunque algunas empresas ya tienen desarrollado el purificador de agua y además es de bajo consumo y muy eficiente. Es un método que a futuro parece que será muy ventajoso de implementar ya que se pueden obtener muchos beneficios al usar este método de filtración de agua.

El agua de ósmosis inversa en el 0,5 de la escala Mac Farland. Las muestras se dividieron en tres grupos: (A) control; (B) tratado con plasma 5L / min de argón y vapor de agua; (C) tratado con plasma 5L / min de argón y peróxido de hidrógeno. Los tratamientos se realizaron por triplicado durante 10 minutos ya una distancia de 1 cm entre la boquilla y la superficie del líquido. Se utilizó un reactor de descarga de arco deslizante para generar el chorro de plasma. Para el análisis del plasma se utilizó la técnica de espectroscopia de emisión óptica (OES), con el fin de caracterizar su química. Las dos composiciones de plasma utilizadas resultaron eficaces en la desinfección del agua de ósmosis inversa contaminada con los diferentes microorganismos, alcanzando una reducción del 99,9% de UFC / mL (Doria et al., 2017).

### 3.6.3.6 Bomba de calor para destilación del agua

Para la destilación del agua se utilizan muchos tipos de instrumentos de purificación de agua. Se pueden clasificar en dos tipos principales; el primero es el uso de un tratamiento químico de purificación como en el que se trata la dureza del agua. Este tipo ya necesita materiales químicos para seguir funcionando y los resultados de este equipo deben tratarse para evitar la contaminación ambiental. La ventaja de estos sistemas es el pequeño gasto energético para su funcionamiento. El segundo tipo de destilación de agua es el tratamiento físico del agua para su purificación. Estos sistemas se subdividen en tres tipos. Uno de ellos utiliza el ablandamiento mecánico para eliminar las impurezas sólidas como en y este tipo no afecta la dureza del agua. El

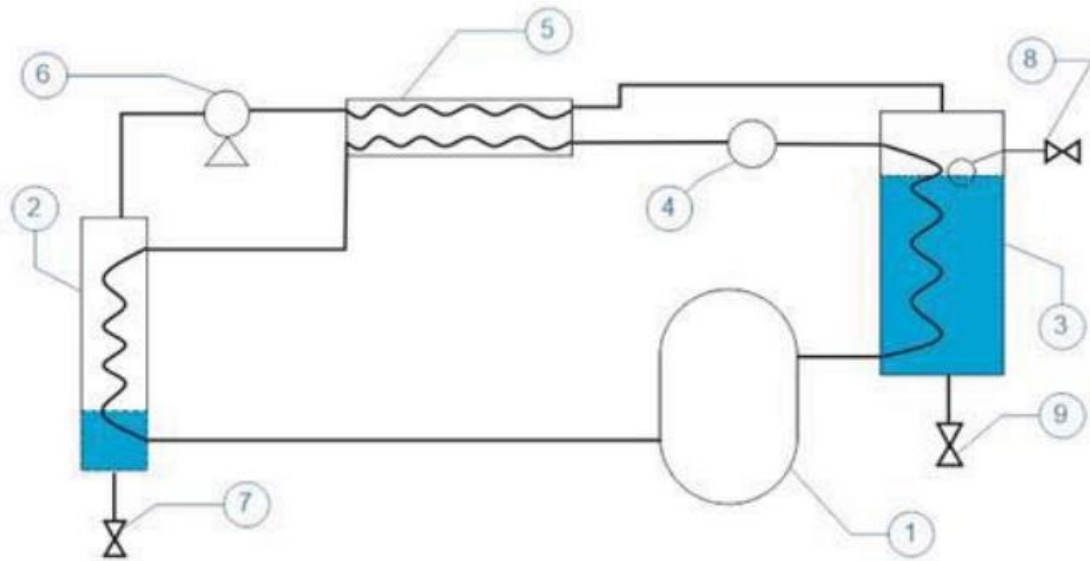
segundo sigue los pasos físicos de evaporación y condensación de líquidos en forma de agua destilada. El método final que se llama "ósmosis inversa" depende de aumentar la presión aplicada al agua para separar los componentes no deseados de ella. (Almohammed et al., 2019).

Este método se utiliza para generar agua pura a nivel industrial, consiste en separar los elementos de un líquido que en este caso es el agua, separa los elementos contaminantes y el resultado es agua purificada.

Las bombas de calor se utilizan como fuente de calor y disipador. El lado caliente de la bomba de calor suministra la energía térmica que se utiliza para la evaporación del agua. La temperatura proporcionada por la bomba de calor no es suficiente para evaporar el agua a presión atmosférica, por lo que; la presión en el recipiente que contiene el agua que se va a vaporizar debe reducirse para inducir la evaporación del agua a una temperatura de aproximadamente 40-60 °C. El lado frío de la bomba de calor se usa para la condensación del vapor de agua y enfriar el agua para que sea apta para beber y otros usos. (Almohammed et al., 2019).

El proceso de destilación tiene muchas aplicaciones como ser en bebidas alcohólicas, en petróleo, en agua, aceites entre otros. Igualmente hay muchos tipos de los cuales se selecciona el más adecuado dependiendo de la aplicación que se desee.

El calor latente es necesario para completar el proceso de evaporación a temperatura y presión constantes. Después de que el líquido se transforma en vapor, su temperatura comienza a subir nuevamente. En esta situación, se debe agregar el calor sensible para alcanzar la temperatura final. El objetivo de este proyecto es evaporar el agua y luego condensarla para conseguir establecer el objetivo de este trabajo que es agua destilada. Todos los procesos que se ocupan de eso se pueden resolver termodinámicamente (Almohammed et al., 2019).

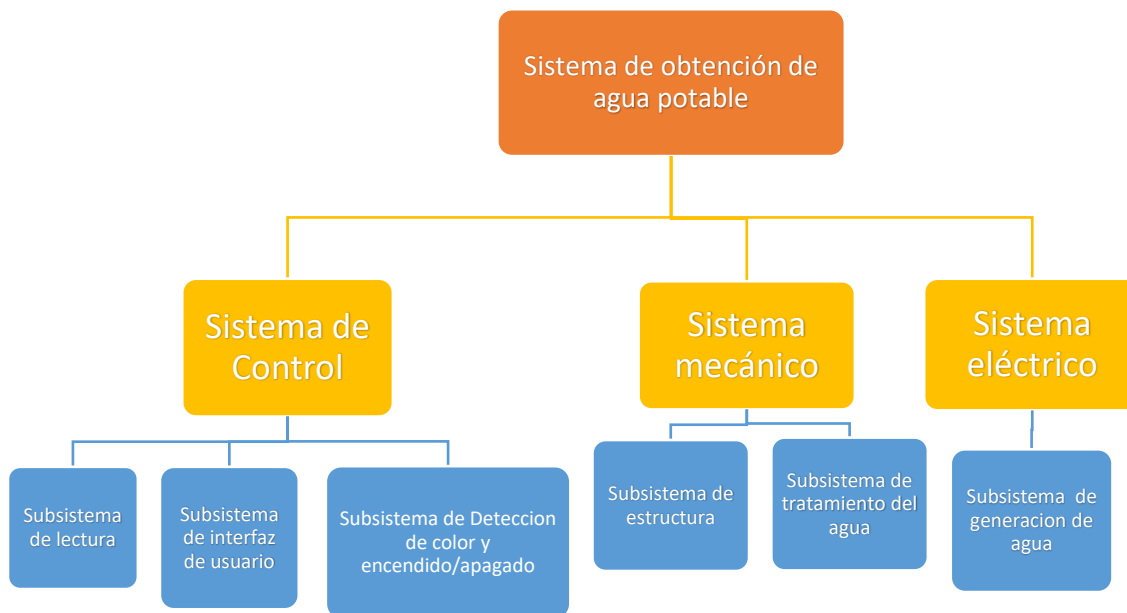


*Ilustración 17 Diagrama esquemático del sistema de destilación. 1- El compresor. 2- El evaporador en el interior de volumen controlado. 3- El condensador dentro de un recipiente cerrado. 4- La válvula de expansión. 5- El intercambiador de calor. 6- La bomba de vacío. 7*

Fuente: (Almohammed et al., 2019)

## IV. Metodología

En este capítulo se abordará la metodología a emplear mostrando cada etapa para el diseño y fabricación del prototipo generador de agua, de la misma manera se establecerá la variable dependiente con sus variables independientes. Se especificaran todos los procesos a seguir para la realización del proyecto y se enlistaran los materiales necesarios para su fabricación al igual que el cronograma de actividades. Este va a ser diseñado mediante el software de diseño CAD en 3D SolidWorks..



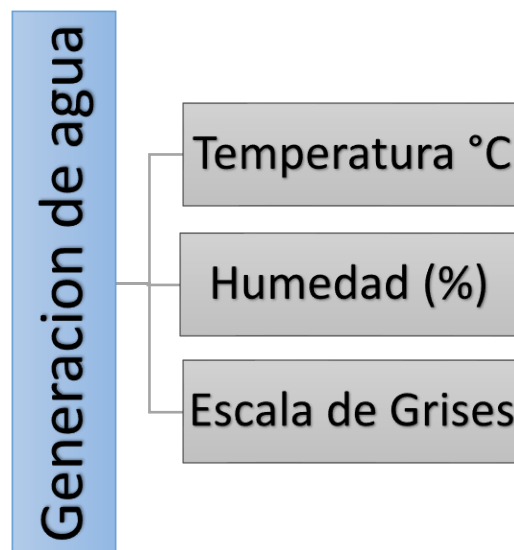
### 4.1 Enfoque

El enfoque dentro de esta investigación es de carácter mixto, en el cual se va a implementar la metodología en V. De la misma manera permitirá, mediante esta metodología, implementar un prototipo final capaz de generar agua potable. Con la implementación de un sistema de refrigeración vamos a obtener una demanda de generación de agua considerable y luego de su generación pasara por un proceso de filtrado por medio del método de carbón activado con el cual se puede garantizar que podrá ser utilizada como agua potable.

Título					
Generador de agua potable a base de un sistema de refrigeración					
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variables Dependientes
Escasez de agua potable a nivel mundial	Diseñar y fabricar un sistema haciendo uso del microcontrolador raspberry con visión artificial que tenga la función de producir agua potable de forma efectiva mediante un generador a base de un sistema de refrigeración.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuáles son los procesos más utilizados para la generación de agua potable?</li> <li>2. ¿Qué proceso de generación de agua potable es más viable para implementar en el país?</li> <li>3. ¿Qué microcontrolador es más adecuado para implementar en el generador de agua potable a base de un sistema de refrigeración?</li> <li>4. ¿Cuáles son las características específicas de los diferentes generadores de agua ya usados en la industria?</li> <li>5. ¿En qué beneficiara la visión artificial al sistema de control del generador de agua potable?</li> <li>6. ¿Cuáles son los procesos y componentes de filtrado de agua más utilizados?</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los procesos más utilizados para la generación de agua potable. Identificar el proceso más viable de generación de agua potable para implementar en el país.</li> <li>• Determinar cuál microcontrolador es más adecuado para implementar en el generador de agua potable.</li> <li>• Identificar los problemas y características específicas de los diferentes generadores de agua ya usados en la industria</li> <li>• Determinar los beneficios que aportara la implementación de la visión artificial al sistema de control del generador de agua potable.</li> <li>• Analizar los procesos y componentes de filtrado de agua más utilizados.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Temperatura</li> <li>2. Cantidad de Hielo</li> <li>3. Ciclos</li> </ol>	Generación de Agua Potable

## 4.2 Variables de Investigación

Las variables de investigación definen los diferentes parámetros que podrían presentar una variación dentro del proyecto. La variable dependiente es la generación de agua y por ende las variables independientes la Temperatura (°C), Cantidad de Hielo y Ciclos. Se obtendrá un patrón de funcionamiento en cuanto las variables independientes comiencen a presentar variaciones.



Para el diseño y creación del prototipo final de generación de agua potable. La temperatura se reflejara en la cantidad de hielo producido por el evaporador la cual es otra variable independiente que va enlazada con la tercer variable independiente la cual es la cantidad de ciclos y estas variables se controlaran implementando la visión artificial por medio del microcontrolador rapsberry PI 3b el cual procesara esta información y enviara un pulso al control ON/OFF del sistema.

## 4.3 Técnicas e instrumentos aplicados

El diseño del prototipo del generador de agua potable se realizara mediante el software SolidWorks para obtener un plano con más precisión. Se empleara el sensor DHT-22, sensores ultrasónicos JSN-SR04T, cámara con visión nocturna y el microcontrolador a utilizar será una Raspberry Pi 3b.

#### **4.4 Materiales**

Para la fabricación de ese proyecto se hará uso de los siguientes materiales:

1. Compresor: Es encargado de comprimir el gas refrigerante.
2. Evaporador: Es un intercambiador de calor, en esta parte el fluido pasa de estado líquido a gaseoso.
3. Condensador: Es un intercambiador de calor aquí es donde las moléculas de gas se condensan.
4. Ventilador extractor del calor del condensador: Servirá para mantener en equilibrio el sistema.
5. Ventilador de alto flujo para el evaporador: Sera utilizado para proporcionar una mayor velocidad de descongelamiento.
6. Válvula termostática: Se encargara de dar un mayor congelamiento en menos tiempo.
7. Electroválvula: Ayuda a que el compresor inicie a trabajar con la misma presión que se apagó, de esta forma no se va a forzar el compresor.
8. Sensor DHT-22: Servirá para medir la temperatura y humedad
9. Cámara con visión nocturna: Se realizara un control de la cantidad de hielo en el evaporador con la implementación de visión artificial.
10. Pantalla LCD: Servirá para mostrar las lecturas de los sensores.
11. Microcontrolador: Procesara la información obtenida de los sensores y dará ordenes de acuerdo a sus variaciones.

#### **4.5 Metodología de estudio**

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la metodología en "V" que nos sirve como alineamiento para el desarrollo del producto, garantizándonos crear un dispositivo funcional y eficiente que cumpla con todos los requisitos necesarios para solucionar el problema presentado.

#### **4.6 Requerimientos**

Para este proyecto es necesario definir los puntos críticos que nos llevaran a lograr la producción de agua potable sin causar daños. La implementación de este generador será de mucho beneficio en zonas áridas y daría una ventaja al área de producción alimenticia al igualmente las comunidades en las cuales se encuentran privadas del recurso hídrico.



## **4.7 Generador de agua potable a base de un sistema de refrigeración**

Para este proyecto se han definido tres sistemas que nos permitirán el control del sistema de obtención de agua potable, Sistema de control, sistema mecánico y sistema eléctrico.

### **4.7.1 Nivel de sistemas**

1. Sistema de control: Sistema encargado del ON/OFF del compresor, de la lectura y monitorización de nivel de agua, observar el nivel de congelamiento del evaporador.
2. Sistema eléctrico: Sistema encargado de garantizar el funcionamiento del compresor.
3. Sistema mecánico: Estructura y componentes del sistema.

### **4.7.2 Niveles de subsistemas**

#### ❖ Subsistema de lectura

Sensores de humedad, temperatura y nivel de agua con error mínimo y que los resultados a obtener sean de la magnitud presente en el sistema.

#### ❖ Subsistema de interfaz de usuario

LCD que esta nos permitirá leer las variables que el controlador nos entregue para monitorearlas, las cuales serán: humedad, temperatura, nivel de congelamiento del evaporador y nivel de agua generada.

#### ❖ Subsistema de programación

El código de programación de este proyecto consiste en monitorear las lecturas de los sensores por medio del microcontrolador y por medio de la visión artificial con una cámara verificar la cantidad de hielo en el evaporador y dependiendo de esto controlar el encendido y apagado del compresor.

#### ❖ Subsistema de detección de color y encendido/apagado

Cámara encargada de monitorear el nivel de congelamiento del evaporador, por medio de la escala de grises se determinará el nivel de congelamiento y el cual enviará una señal al controlador y permitirá modificar el estado del compresor.

- ❖ Subsistema de estructura

La estructura está diseñada en SolidWorks, para su fabricación se debe determinar el mejor material que permita que sea soportados todos sus componentes sin que presente ninguna deformación.

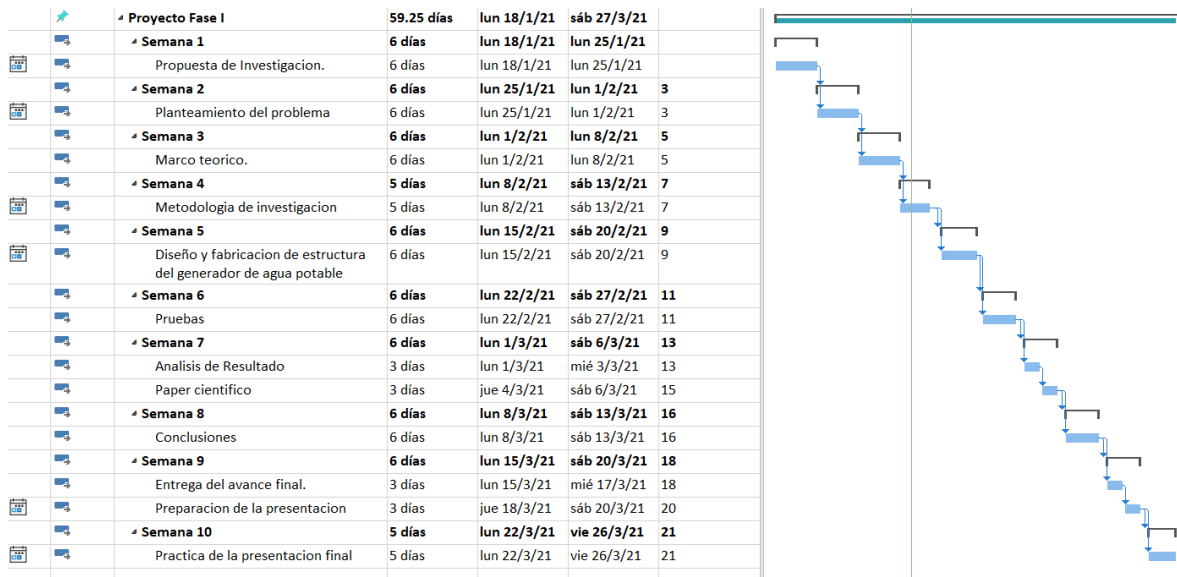
- ❖ Subsistema de tratamiento de agua

Se usan filtros de carbón activado necesarios para el tratamiento del agua producida por la condensación del evaporador.

- ❖ Subsistema de generación de agua

Evaporador capaz de generar agua en grandes cantidades para obtener agua potable la cual pueda ser usada cotidianamente.

## 4.8 Cronograma de actividades



## **V. Análisis y resultados**

### **5.1 Análisis de sustento del marco teórico**

Se decidió hacer uso del flujo de aire de bastante potencia dado que queremos hacer más corto el tiempo en cada ciclo, con la ayuda de un blower industrial que expulsa grandes cantidades de aire al momento que el sistema de refrigeración se apague entra en funcionamiento el flujo de aire el cual nos ayuda a descongelar el intercambiador de calor en tiempos más cortos en comparación a la forma natural.

En cuanto el ciclo de refrigeración consiste en el mismo principio como un sistema a escala y de este tamaño el cual es usando un sistema de tres toneladas, el cual consta de sus componentes como ser: condensador, evaporador, filtro secador, válvula termostática, válvula solenoide y compresor, se tiene como componente fundamental lo que es el gas refrigerante el cual entra al sistema en un estado y al moverse por el sistema su estado varia, lo cual se determina en la expansión que se hace en la válvula termostática aquí se concentra el gas en estado líquido en elevada temperatura y presión este dispositivo se encarga de modificar las cantidades a ingresar al evaporador el cual por eso es denominado intercambiador de calor porque ahí se reduce la temperatura cuando el refrigerante pasa en estado líquido y se evapora.

Con el uso de la energía necesaria para cambiar de fase del gas se cambia a la evaporización, dado que ocurre un alto nivel de calentamiento el refrigerante suministrado se evapora en el intercambiador de calor, y en cuanto a la funcionalidad del compresor se comprime obteniendo un vapor resultante que es succionado por la línea que conecta con el evaporador por ende la temperatura y presión en el compresor aumentara por su propia nivel de esfuerzo dado a la compresión este mismo vapor y alta presión fluye por la línea de descarga, el efecto de la condensación se genera que el vapor y presión mandados por el compresor se libera llegando al condensador y que el mismo es expulsado al exterior de forma que si el vapor es liberado de forma correcta el sistema será más eficiente, con los sistemas de refrigeración lo que se basa en remover el calor obtenido en la ubicación del intercambiador el cual es transmitido por el gasa hacia el condensador donde es expulsado al exterior.

Se empleo el control de temperatura on/off haciendo uso del microcontrolador Raspberry Pi 3b el cual es bastante estable para lecturas en tiempo real, dado al nivel de densidad que este la escarcha en el intercambiador de calor por medio de visión artificial y la detección de colores se usa una cámara la cual envía los datos al microcontrolador y este es donde decide tener el control on/off del mismo.

La generación de escarcha en el intercambiador de calor es un proceso el cual puede dividirse en fases y se caracterizan de esta forma: nucleación, crecimiento y densidad. La nucleación es cuando se da el primer paso antes de tenerse algo bien concreto y que se aglomera lo que es las moléculas del vapor de agua cuando estos alcanzan el subenfriamiento que necesite , cuando la aglomeración de vapor de agua se adhieren nuevas moléculas, lo cual genera una alteración de áreas lo que dicta a tener una mayor cantidad de energía para mantener el crecimiento de forma correcta, se produce una capa más densa en el momento que no se puede promover nuevos núcleos y estos generan un medio poroso el cual se va convirtiendo más denso.

Para determinar la mejor manera para realizar este prototipo generador de agua se analizaron muchas alternativas y se realizó una profunda investigación sobre esta temática para saber qué sistema era más conveniente, se tomaron en cuenta algunos aspectos de los generadores que se utilizan en la actualidad como ser sus características, beneficios, viabilidad y su productividad.

## **Visión Artificial**

Para el sistema de control se implementó la visión artificial que es una de las ramas de la inteligencia artificial que nos ayuda a que las maquinas puedan aprender de las diferentes situaciones a las que se presentan en su entorno y por ende pueda tomar sus propias decisiones basándose en los datos adquiridos. En esta área es donde se incluye lo que es denominado como "Machine Learning" que consiste en que las maquinas puedan mejorar sus comportamientos y modificar sus parámetros para que de esta manera pueda mejorar su desempeño.

Uno de los propósitos de que estas máquinas aprendan de su entorno es que se pueda reducir la mano de obra humana y obtener una mejor precisión y eficiencia en las plantas de producción. La visión artificial aporta una gran ventaja para los propósitos de la inteligencia

artificial ya que por medio de esta tecnología se pueden controlar procesos y tomar decisiones basadas en la transmisión de video en vivo de lo que este sucediendo en un determinado proceso.

Estas tecnologías de visión artificial continúan en desarrollo en lo que es el área de procesamiento de imágenes, es decir poder extraer información directamente de una imagen o un video ya sea pregrabado o en vivo.

La visión artificial es utilizada en muchos ámbitos de la industria como ser en la agricultura por medio de imágenes hiperspectrales que recolectan información y son procesadas para utilizar esa información en determinadas aplicaciones. Actualmente se está implementando en la detección de personas que sean posibles contagiados de COVID utilizando la temperatura como variable principal, o también en detección de objetos en condiciones meteorológicas adversas.

Para este proyecto se analizaron algunos de los sistemas que existen de la implementación de la visión artificial como ser el reconocimiento de objetos y rostros pero tras realizar pruebas se determinó que la mejor manera para que se pudiera utilizar una variable estable que no interfiriera con el correcto funcionamiento del compresor y el sistema completo era implementar la detección de colores para esto se utilizó la escala HSV y de esta manera fue posible determinar mediante parámetros preestablecidos si existe o no un nivel de hielo en el evaporador y dependiendo de su estado el compresor estará encendido o apagado.

Se muestran las lecturas utilizando una pantalla LCD de 7" y estos datos se envían a esta pantalla mediante una plataforma en la web en la cual se suben los datos. Esta plataforma está basada en IOT "Internet de las cosas" que consiste en conectar nuestros dispositivos a la red y que de esta manera estén interconectados y poder compartir esta información lo que se busca con esto es obtener el proceso llamada interacción M2M "Machine to Machine" que consiste en que 2 máquinas se puedan comunicar de forma remota para intercambiar datos.

## 5.2 Niveles de Subsistemas

### 5.2.1 Subsistema de Lectura

En este subsistema encontramos la parte de los sensores implementados para determinar diferentes variaciones de temperatura y humedad tanto dentro de la estructura del evaporador como fuera de esta así también se implementó un sensor para determinar la cantidad de agua producida. Para determinar que sensor era mejor para cada una de las aplicaciones se realizó una tabla comparativa con sus principales características:

#### Sensor de Temperatura y Humedad

Tabla 1: Tipos de sensores de temperatura y humedad

Fuente: Propia (2021)

Sensor	Rango	Alimentación	Precio
Sensor de temperatura y humedad I2C AM2315	-20 a 80 °C	3.5 a 5.5V DC	Lps. 526.42
Sensor de temperatura, humedad y presión BME280	-40 a 85 °C	1.8 a 3.3V DC	Lps. 364.05
Sensor MLX90614	-40 a 170 °C	5V	Lps. 300.00
Sensor MAX6675	0 a 1024 °C	3.3 a 5 V DC	Lps. 200.00
Sensor de humedad y temperatura AM2302 (DHT22)	-40 a 80 °C	3.3 a 5.5V DC	Lps. 180.00

Se opto por utilizar el sensor DHT-22 ya que nos ofrece un amplio rango de medición el cual es suficiente para la aplicación en la que vamos a utilizarlo, es más fácil de conseguir y además es más económico que sus alternativas

#### Sensor de Nivel

Tabla 2: Tipos de sensores de nivel

Fuente: Propia (2021)

Sensor	Rango	Alimentación	Precio
Sensor de nivel HW-038	0 a 4 cm	3.3 a 5V DC	Lps. 121.35
Sensor AJ-SR04M	25 a 450 cm	5V DC	Lps. 375.00
Sensor ultrasónico HC-SR04	2 a 520 cm	5V DC	Lps. 60.00

Para la medición de la cantidad de agua producida se optó por utilizar un sensor ultrasónico HC-SR04 el cual ofrece un rango y es el más económico y fácil de obtener. Mediante una formula colocada en su programación utiliza la distancia para medir la cantidad de agua que se encuentra en un recipiente por lo tanto así se determina la cantidad de agua producida.

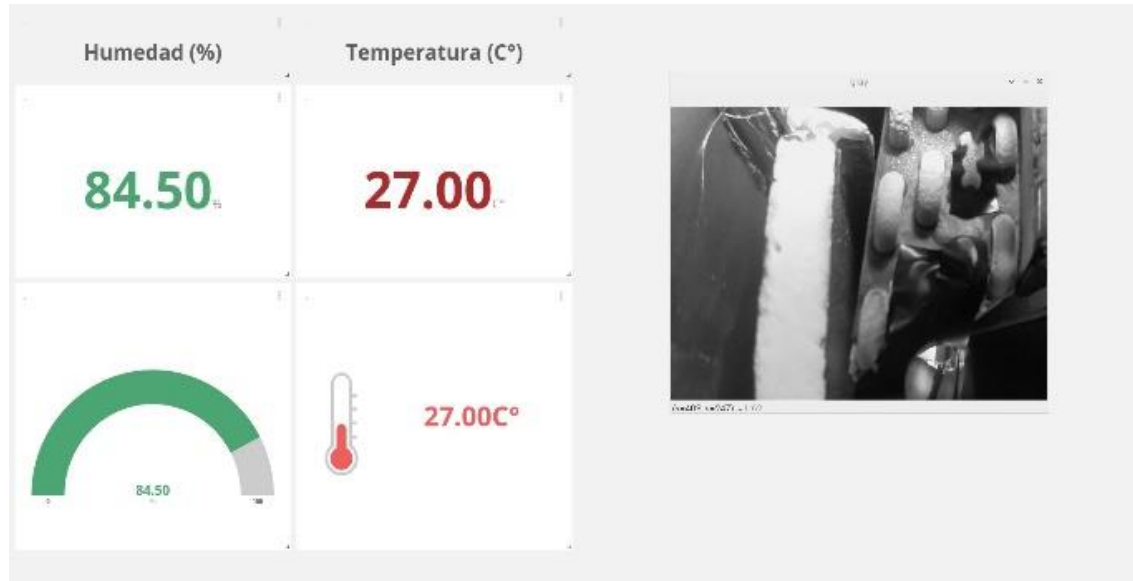
### 5.2.2 Subsistema de interfaz de usuario

Se emplea un subsistema de interfaz de usuario dado que en el se encuentra la información en tiempo real, que permite observar el nivel de escarcha del intercambiador de calor, este nos brinda la información de temperatura, humedad y cantidad de agua, por medio de Ubidots que usa IOT el cual nos brinda en tiempo real donde estemos los datos de los sensores

Tabla 3: Comparación de LCD

Fuente: Propia (2021)

Pantalla	conexión	Precio
Lcd para raspberry Pi 3B 3.5 pulgadas	HDMI	861.10
Lcd para raspberry Pi 3B 5 pulgadas	HDMI	1014.24
PANTALLA LCD 20X4	I2C	375
LCD táctil 5"	HDMI	1175
Lcd para raspberry Pi 3B 7 pulgadas	HDMI y VGA	1092.15



Decidimos hacer uso de la LCD de 7 pulgadas dado que se tiene una mejor visión de los datos necesarios, el precio es super accesible y su conexión puede ser de dos tipos HDMI y VGA.

### **Subsistema de programación**

En el subsistema de programación se establecieron los parámetros para el control on/off del compresor e igualmente en esta parte se obtienen todas las lecturas de los respectivos sensores que se implementaron en el desarrollo de este proyecto, estas lecturas son enviadas a una pantalla lcd. El sistema de encendido y apagado del compresor está controlado mediante visión artificial con una cámara conectada a la raspberry la cual está mostrando la imagen en tiempo real del evaporador y cuando este está congelado detecta el cambio de color y por lo tanto envía una señal para que se detenga el compresor. El proceso de descongelamiento del evaporador está controlado por un sensor de temperatura DHT-22 el cual está programado para que a una cierta temperatura del interior de la estructura donde se encuentra el evaporador se active un ventilador el cual ayudara a que el proceso de descongelamiento del evaporador se realice de una manera más rápida y eficiente.



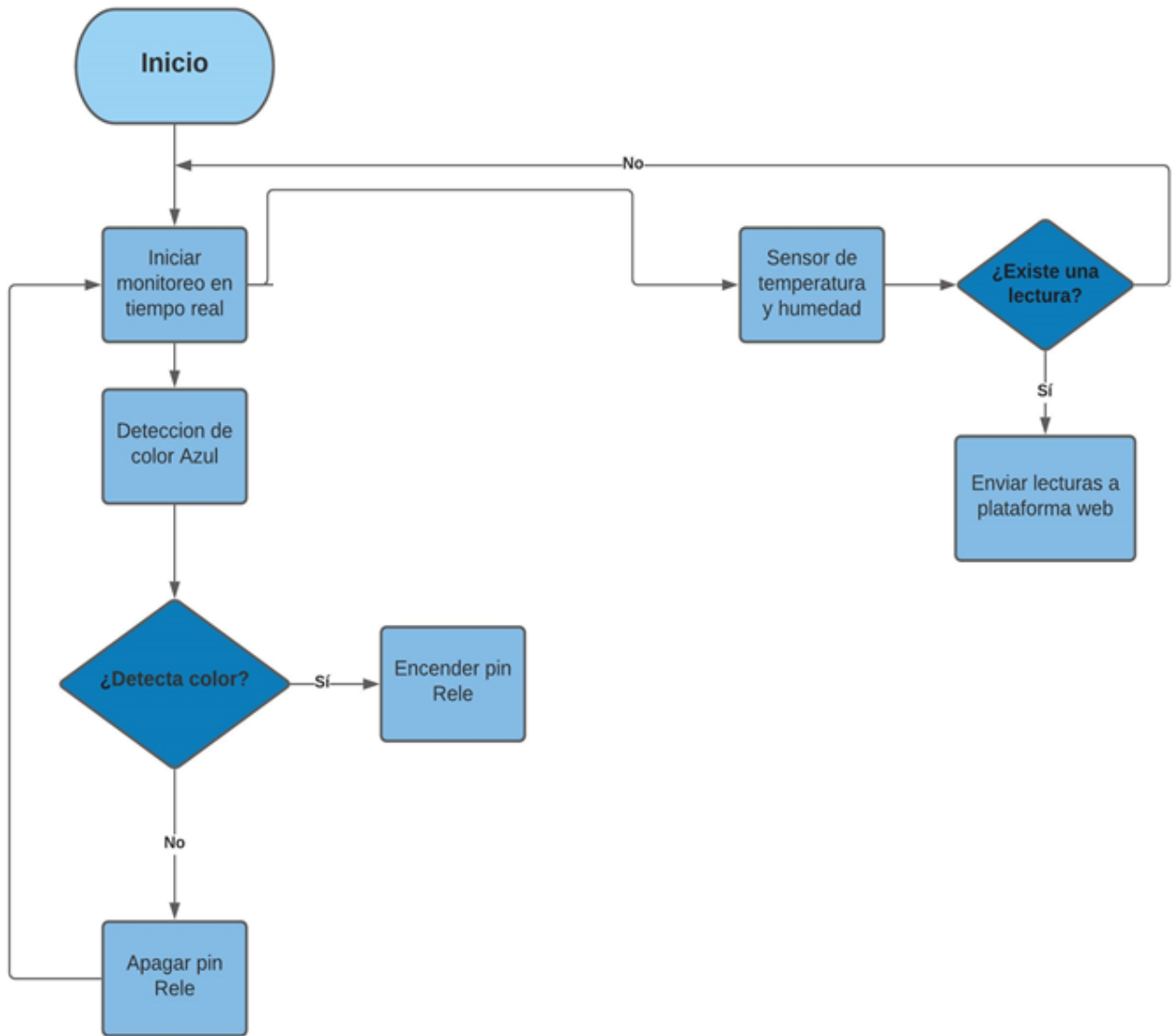


Ilustración 18 Diagrama de flujo código de programación

Fuente: Propia (2021)

## 5.2.4 Subsistema de nivel de congelamiento del evaporador

En este subsistema se determina el nivel de congelamiento del evaporador dado por el desplazamiento que el compresor nos brinda el cual se determina que es la clave para alcanzar resultados deseados y este es el encargado de comprimir el refrigerante que se va dando una compresión/descompresión para realizar la transferencia de calor en el circuito de frío, en este sistema se utilizó el refrigerante R22 con el cual se obtienen niveles de mayor eficiencia energética transformándola a una mayor capacidad frigorífica lo que significa que los compresores con este gas solo necesita un 60% de desplazamiento que con otro tipo de gas y cabe destacar que es un gas que tiene menos efecto en la capa de ozono porque es un hidrofluorocarbono.

Tabla 4: Comparación de gases

Fuente: Propia (2021)

Tipo de gas	Temperatura crítica °C	Temperatura ebullición °C	Eco-amigable
R134	101.1	-26.07	30%
R12	112	-29.75	10%
R22	96.14	-40.81	60%

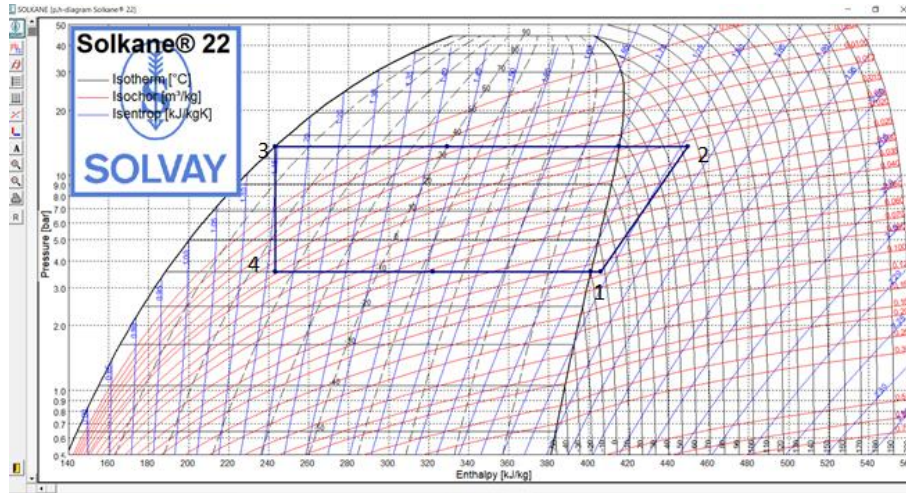


Ilustración 19 Carta psicrométrica gas R22

Fuente: Propia (2021)

Como se puede apreciar en el punto 1 tenemos la entrada del compresor el cual comprime el refrigerante de esta forma comprime y aumenta la temperatura y presión llevándolo hasta el punto 2 representado en la carta psicrométrica, la cual representa aproximadamente 60°, cuando sale del compresor mediante la descarga hacia el condensador, este refrigerante se enfría dado que venía de un sobrecalentamiento y se condensa en el condensador hasta alcanzar unos 33° y en el punto 3 donde sale del condensador hacia la válvula termostática donde se realiza la expansión y reduce presión y temperatura donde se evapora una parte del refrigerante donde se tiene en salida de la válvula un porcentaje de vapor y el resto estaría en líquido hasta que se termina de evaporar en el intercambiador de calor.

Tabla 5: Comparación de compresores

Fuente: Propia (2021)

Tipo de compresor	Voltaje V	Velocidad de rotación Rpm	Peso KG
Rotativo 36000 btu	115	3500	38
Scroll 36000 btu	220	3550	35
Reciprocante 36000 btu	220	3600	31

Tabla 6: Comparación de microcontroladores

Fuente: Propia (2021)

Controlador	Memoria	Frecuencia de reloj	Lenguajes de programación soportados
Raspberry Pi 3b	1 Gb	1,2GHz	JavaScript, Java, Python
Arduino Uno	32KB	16MHz	C++
PIC18F45K22	32KB	64MHz	C
ATmega	2KB	20MHz	GCC C y C ++
DAQ 779051-01	12B	20MHz	Visual

Decidimos utilizar la Raspberry Pi 3B dado que es de alto rendimiento la cual cuenta con 40 pines GPIO, 4 USB, entrada para cámara, ethernet y el enchufe para la LCD, este microcontrolador presenta tiempos de respuesta sensibles y de la misma forma son aceptables y convierte el trabajo en fluido, en cuanto a precio el Arduino uno es más bajo pero con ese microcontrolador no puede ser sometido a tanta carga de trabajo dado que no cuenta con suficiente memoria, solo tiene la entrada USB tipo B y solo cuenta con 14 pines por ende el microcontrolador Raspberry presenta mucho mayores beneficio al usarlo aunque sea un poco mas elevado el precio teniendo una variación de L. 712.34 pero se cuenta con muchos beneficios comenzando por las entradas y salidas hasta enfatizar en el uso de teclado y mouse directamente sin tener que estar cargando los programas y probándolos, en cambio con Raspberry Pi 3B se hace directamente.

### 5.2.5 Subsistema de Estructura

Para el desarrollo correcto de este generador de agua se decidió utilizar lámina de hierro y hierro ángulo los cuales presentan nivel de soporte de peso bastante elevado, el cual al interactuar con el medio ambiente funciona bien y pueden durar muchos años, uno de sus mayores beneficios al usar solo hierro es que no necesitamos crear ninguna aleación lo cual se pudo realizar soldaduras entre sí que garantizan la unión.

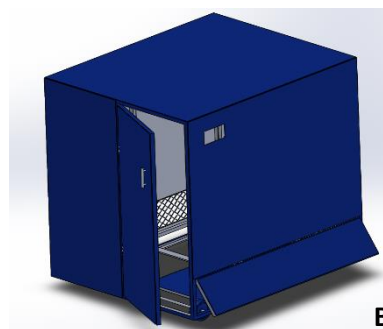
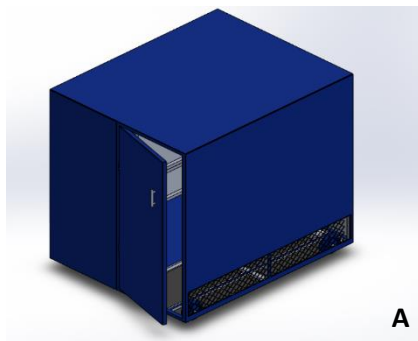
Entre sus propiedades tenemos la comparación de estos materiales

#### Materiales para Estructura

Tabla 7: Comparación de materiales estructura

Fuente: Propia (2021)

Material	Módulo de elasticidad $\gamma \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$	Tamaño	Precio
Aluminio	6.3-7.0	50 x 25 cm	Lps. 208.00
Acero	17	50 x 25 cm	Lps. 620.64
Hierro	19	100 x 100 cm	Lps. 578.61



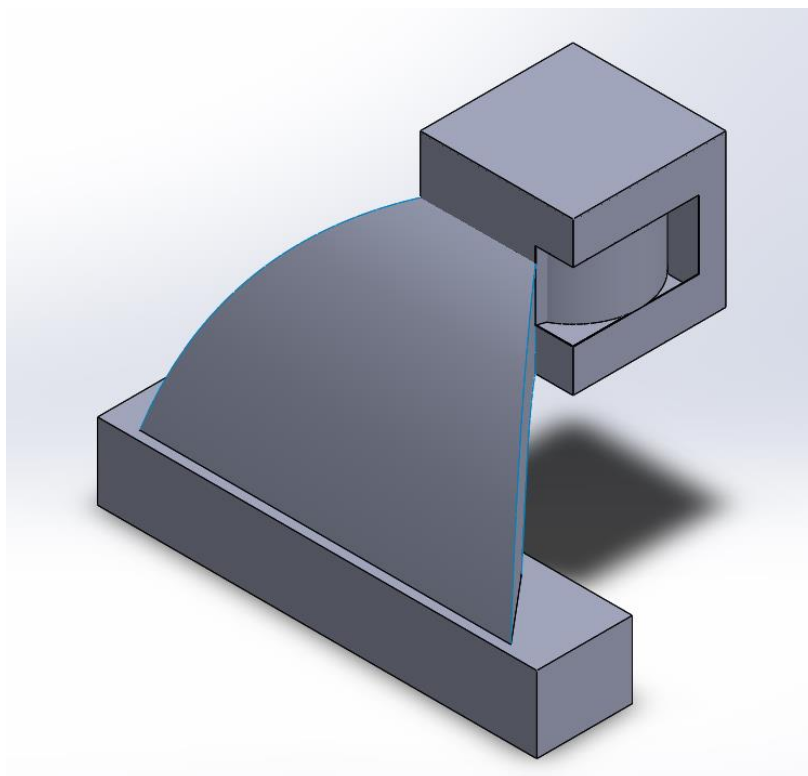
*Ilustración 20 (A) Lateral derecho estructura, (B) Lateral izquierdo estructura*

Fuente: Propia (2021).

Con la comparación de estos valores acerca de los materiales concluimos que el hierro es el mejor candidato de punto medio entre el aluminio y acero y que su módulo de elasticidad es alto y su precio es relativamente bajo.

Cabe destacar importante información acerca del hierro ya que este cuenta con magnificas propiedades como ser la relación en cuanto a resistencia y volumen, y este cuenta con una diversidad de aplicaciones, y con el cual podemos generar incluso moldes.

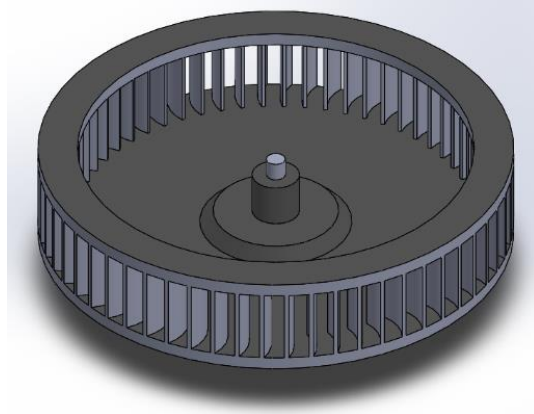
Estructura diseñada en el software de diseño en 3D SolidWorks en esta imagen se puede apreciar las puertas correspondientes de cada lado, así como también la compuerta del depósito del agua generada por el prototipo.



*Ilustración 21 Difusor de aire*

Fuente: Propia (2021).

Este difusor nos sirve para que por este ducto pase el flujo de aire creado por el ventilador de alto flujo el cual tiene como propósito principal ayudar al proceso de descongelamiento, aporta una mejora al proceso ya que hace que esté presente una reducción de tiempo al completar el ciclo de descongelamiento de una mejor manera y más efectiva.

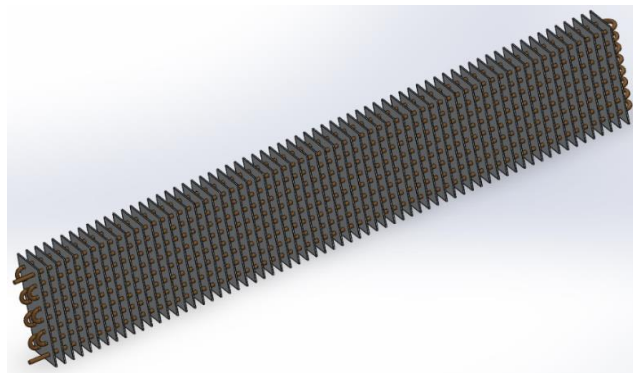


*Ilustración 22 Ventilador de alto flujo*

Fuente: Propia (2021).

Ventilador de alto flujo que genera el aire que pasa por el ducto del difusor y llega hasta el evaporador lo cual favorece a que el descongelamiento sea más rápido. Y el mismo aire que se genera regresa en un ciclo cerrado para ser reutilizado.

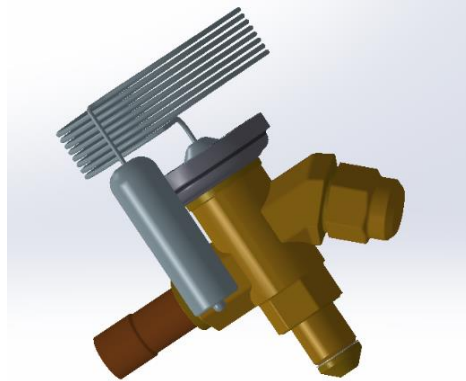
En el condensador lo que sucede es que el vapor de refrigerante ingresa luego de haber sido comprimido por el compresor, esto a una alta presión y temperatura, en este proceso de condensación lo que sucede es que el refrigerante cambia de estado, vapor a líquido saturado.



*Ilustración 23 Condensador*

Fuente: Propia (2021).

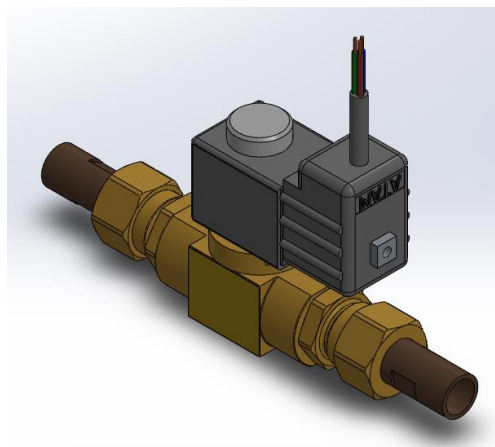
Es un intercambiador de calor donde se toma el calor existente en el receptáculo y este se encarga de transmitir este calor hacia el exterior condensándolo y posteriormente lo expulsa al aire.



*Ilustración 24 Válvula Termostática*

Fuente: Propia (2021).

Esta válvula nos sirve para regular el nivel de inyección de refrigerante al evaporador, esta regula la cantidad de gas por medio de un elemento termostático que se coloca en la tubería de la salida del evaporador en función del recalentamiento del refrigerante. Con el uso de esta válvula termostática el objetivo principal es obtener una máxima eficiencia utilizando el sobrecalentamiento necesario.



*Ilustración 25 Válvula Solenoide*

Fuente: Propia (2021).



Se utilizó la válvula solenoide para mantener la presión en el compresor cuando ocurre el ciclo de descarga se decidió emplear la válvula solenoide en algunos ciclos de descongelamiento el tiempo es bajo para no dañar directamente el compresor se mantiene la presión de arranque con la misma presión que se apagó y no presiones elevadas lo cual afectaría la vida útil del compresor.

En cuanto al uso del sensor de temperatura y Humedad DHT-22 utilizado para obtener las variaciones de la temperatura y humedad tanto dentro del ducto donde se encuentra el evaporador como afuera de él, es decir la temperatura y humedad del ambiente.

El sensor Ultrasónico está siendo utilizado para que por medio de una formula se pueda determinar la cantidad de agua producida.

### 5.2.6 Subsistema de tratamiento de agua

Con la necesidad exponencial de agua a nivel mundial el tratamiento debe considerarse de vital importancia, el tratamiento puede llevarse a cabo por cualquiera que sea la forma de generación de agua, por ejemplo en la generación de agua por condensación de los sistemas de aire acondicionado el cual es nuestro caso es una agua destilada que no contiene nutrientes y es de vital importancia la filtración dado que muchos de estos sistemas no se les brinda el mantenimiento necesario que debe de ser cada 3-4 meses porque en este caso esta agua recoge los residuos que estén presentes en la estructura que es nuestro caso, pueden quedar bacterias y sustancias que son nocivas cuando el equipo tiene bastante tiempo de uso.

*Tabla 8: Tipo de filtrado*

Fuente: Propia (2021)

Tipo de filtración	Precio	Tiempo necesario	Vida útil
Cloración	L. 1134.33	30 min	36 meses
Luz ultravioleta	L. 500	240 min	10 meses
Ozono	L. 1300	20 segundos	8 meses

Bomba de calor	L. 80325.00	30 min	180 meses
Carbón activado	L. 121	5	12 meses

Se decidió usar el tipo de filtración por carbón activado por sus amplias ventajas como ser que estos reducen el olor, sabor e impurezas de compuestos orgánicos como pueden ser: el cloro, radón, pesticidas y herbicidas, el cual su funcionamiento se basa en introducir el carbón activado de forma granulada y el agua sin ser potabilizada se introduce por la parte superior hasta llegar a la inferior cuando ya paso por el granulado esta lista para usos cotidianos en la casa como ser la limpieza de pisos, limpiar ventanas, llenar el tanque de parabrisas de los vehículos y en el radiador del mismo.

### 5.2.7 Subsistema de generación de agua

Tabla 9: Comparación de tipos de evaporadores

Fuente: Propia (2021)

Evaporadores	Material de tubería	Diámetro de tubería	Refrigerante
Enfriador Acorazado	Acero	5/8"	Amoniaco
Enfriador superficie de placa	Aluminio	1/4"	R12,R134,R290
Tubo aleteado	Serpentinas de aluminio y tubería de cobre	1/4"	Lps. 3,640.00

Se opto por utilizar el evaporador de tubo aleteado dado que se convierte en más compacto el metal usado es reducido lo que hace que sea un evaporador eficaz haciendo uso de pocos materiales, otra de sus mayores ventajas es que debido a su separación de sus aletas este alberga menos organismos que puedan afectar la salud directa o indirectamente y cabe destacar que ya que utiliza materiales como ser aluminio y cobre estos poseen muchas propiedades anticorrosivas, una alta estabilidad y una alta resistencia al rozamiento y desgaste que puede producir una fricción entre ellos mismos.

## 5.2.8 Integración de los subsistemas



*Ilustración 206: Unidad condensadora*

Fuente: Propia (2021)

En la ilustración anterior se puede observar lo que es el condensador y compresor usado en el proyecto, donde se puede ver la unidad condensadora de un sistema de aire acondicionado de 36,000 BTU, la cual se decidió usar por valores de su potencia y que se considera más eficiente.



*Ilustración 217: Integración de difusor y sistema mecánico*

Fuente: Propia (2021)

En la ilustración anterior se tiene la integración del difusor realizado con lamina para ductos denominada P3, la cual se decide usar por sus altas ventajas como ser liviana, muy flexible para realizar cualquier tipo de modificación y pueden ser sometidas a prácticas donde se requiere exactitud, y toma esa forma por la inyección de aire que se produce por el ventilador de alto flujo el cual retorna por el mismo difusor.



*Ilustración 228: Integración parte mecánica y estructural*

Fuente: Propia (2021)

En la ilustración anterior se puede ver el avance de la integración de sistema mecánico funcional y la parte estructural la cual se construyó con ángulo de hierro 1 ½" tomando en cuenta el peso de la estructura mecánica.



*Ilustración 239: Instalación de lámina a sistema estructural*

Fuente: Propia (2021)

En esta fase de la integración del sistema estructural es importante tanto en la parte estética como a la calidad del prototipo porque se le brinda una mayor protección al sistema mecánico, se determinó usar lámina galvanizada calibre 26 dado a sus altas propiedades como ser resistente a la corrosión, se convierte en aislante y la instalación es fácil puede ser soldada o remachada lo cual en este proyecto se aplicó el remachado de esta.



*Ilustración 30: Parte estructural finalizada*

Fuente: Propia (2021)

En la ilustración anterior se puede observar la parte estructural completamente terminada la cual se le aplico una pintura de tipo monocapa automotriz y base para que brindara una mayor protección a la misma.



*Ilustración 24: integración del sistema de control*

Fuente: Propia (2021)

En esta parte de la integración del sistema de control se puede notar en la ilustración, lo que es la instalación de la LCD en la parte frontal de la estructura que en ella podemos monitorear la temperatura, humedad y la cámara en tiempo real, y se instalaron los relés para poder controlar el compresor y el ventilador de alto flujo mediante la señal emitida por el microcontrolador, con la integración y prueba de este sistema el proyecto está completo.

En la siguiente tabla se detallará los materiales utilizados y el presupuesto para la creación del prototipo de generador de agua en base a sistema de refrigeración empleando la visión artificial, aquí se detalla desde los componentes electrónicos, hasta los mecánicos y estructurales.

#### Presupuesto

Componentes	Descripción	Cantidad	Precio
Electrónicos	Raspberry Pi 3B	1	\$51.97
	Sensor DTH22	1	\$7.48
	Relé estado solido	2	\$28.69
	LCD 7 pulgadas	1	\$40.54
	Cable para Cámara	1	\$11.19
	Accesorios	1	\$20.67
	Cámara de visión nocturna	1	\$19.75
Estructura	Remaches y brocas	1	\$8.23
	Angulo y tubo	1	\$27.03
	Electrodo	1	\$2.66
	Angulo 1 1/2	1	\$20.08
	Lamina lisa Cal 26 y tubo	1	\$56.34
	Pintura y base	1	\$62.37
	Marco para LCD	1	\$16.63
	Bisagras y agarraderas	1	\$7.48
Mecánica	Compresor 3 ton	1	\$436.59
	Evaporador	1	\$241.17

	Unidad condensadora	1	\$249.48
	Kit de arranque	1	\$46.31
	Gas R-22	1	\$54.05
	Válvula solenoide	1	\$155.93
	Válvula termostática	1	\$110.19
	Conexiones	1	\$62.27
Logística	Envíos y transporte		\$83.16
Honorarios profesionales	Asesoría en sistemas de enfriamiento	1	\$145.53
	construcción y pintura de estructura	1	\$187.11
<b>Total</b>			<b>\$2,142.90</b>

TIPO DE GASTO	FONDOS PROPIOS
MATERIALES E INSUMOS	\$371.11
BIENES Y EQUIPOS	\$1,356
VIATICOS	\$187.11
SERVICIOS TECNICOS	\$33.26
HONORARIOS PROFESIONALES	\$415.80
<b>TOTAL</b>	<b>\$2,363.28</b>

## Pruebas y validación de prototipo

Se realizaron las pruebas correspondientes para determinar y analizar los tiempos de cada ciclo y cuanto es la cantidad de agua que se logra generar por cada uno, para estas pruebas se definió llevar el control de la cantidad de agua generada cada 5 ciclos completos, es decir, el proceso de congelamiento y de descongelamiento del evaporador.

A continuación se muestra la tabla donde se documentaron las pruebas realizadas y algunos gráficos de las pruebas, en los respectivos gráficos se muestra temperatura, humedad y también los tiempos de congelamiento y descongelamiento por cada ciclo.



Tabla 10 Pruebas realizadas

Fuente: Propia (2021)

Temperatura Inicial (°C)	Humedad Inicial (%)	Temperatura Final (°C)	Humedad Final (%)	Tiempo Congelamiento	Tiempo Descongelamiento	Tiempo Total por ciclo (min)	Agua Generada	Prom Temp	Prom Hum	Tiempo	Punto de Rocio
24.8	88.9	25	85	189.6	69	4.31	32.2	24.9	86.95	4.31	32.56248843
23.7	90.4	24	88.5	64.8	56	2.01	32.2	23.85	89.45	2.01	31.99756467
23.8	90	24	90.3	53.11	62.83	1.93	32.2	23.9	90.15	1.93	32.17560087
23.5	90.1	23.9	91.2	52	46.8	1.65	32.2	23.7	90.65	1.65	32.06945428
23.4	89.9	23.8	90.1	61	63.6	2.08	32.2	23.6	90	2.08	31.85201519
24.5	90	26.4	87.9	146.4	56.78	3.39	30.5	25.45	88.95	3.39	32.81400074
25.4	86.2	25.9	88.9	82.8	53	2.26	30.5	25.65	87.55	2.26	33.41412644
25.2	86.5	25.5	89.1	84	63	2.45	30.5	25.35	87.8	2.45	33.16652735
25	86.6	25.2	90.6	69	58	2.12	30.5	25.1	88.6	2.12	33.07135045
24.9	86.3	25.1	90.8	66	59.57	2.09	30.5	25	88.55	2.09	32.96346958
25.9	89.5	26.2	88.5	132	59	3.18	25	26.05	89	3.18	34.08256115
25.5	85.2	25.9	83.2	72	51.3	2.06	25	25.7	84.2	2.06	32.81400074
25.4	86.2	25.8	83.3	58	57	1.92	25	25.6	84.75	1.92	32.82418289
25.2	85.9	25.5	85.1	43	50	1.55	25	25.35	85.5	1.55	32.72539437
25.3	85.7	25.8	84.5	55	51	1.77	25	25.55	85.1	1.77	32.84362467
26.2	88.1	28.4	81.4	94.8	46	2.35	29.6	27.3	84.75	2.35	34.48938282
26.7	81.8	26.7	81	40	28	1.13	29.6	26.7	81.4	1.13	33.2283242
25.7	83	25.4	84.3	42	32	1.23	29.6	25.55	83.65	1.23	32.55855617
25.2	83.5	25.2	87.4	34	58	1.53	29.6	25.2	85.45	1.53	32.56860918
25.4	85.5	25.6	84.6	33	61	1.57	29.6	25.5	85.05	1.57	32.78486762
25.9	90.9	26.5	89.9	112	32	2.40	31.8	26.2	90.4	2.40	34.49252938
26	90.7	26.1	91.1	64.2	54.35	1.98	31.8	26.05	90.9	1.98	34.4370678
24.3	89	25.4	90.2	68.4	64.8	2.22	31.8	24.85	89.6	2.22	33.0115799
24.5	90.5	25.1	90.8	64.8	47	1.86	31.8	24.8	90.65	1.86	33.15603917
24.8	91	25.7	91.5	60	54	1.90	31.8	25.25	91.25	1.90	33.71076789
26.1	90.8	26.9	90.5	73.8	38	1.86	27.8	26.5	90.65	1.86	34.83530673
25.2	86.7	25.9	91.5	64.8	36	1.68	27.8	25.55	89.1	1.68	33.60854512
24.8	87.5	25.1	92.1	58	50	1.80	27.8	24.95	89.8	1.80	33.1473205
23.9	87.8	24.3	93.2	53	51	1.73	27.8	24.1	90.5	1.73	32.4371573
23.6	90.1	24.3	90.2	55	35	1.50	27.8	23.95	90.15	1.50	32.22495696
23.8	92.7	27	90.8	88.2	36	2.07	27.2	25.4	91.75	2.07	33.95052604
26.1	86.3	26.2	91.2	52	41	1.55	27.2	26.15	88.75	1.55	34.13394288
24.5	88.5	25	92.5	56	38	1.57	27.2	24.75	90.5	1.57	33.07909729
24.1	89.4	24.4	93.1	47	49	1.60	27.2	24.25	91.25	1.60	32.72214853
23.6	89.8	24.2	93.5	55	42	1.62	27.2	23.9	91.65	1.62	32.44852789
25.1	92.7	26	89.7	61.2	32	1.55	25.2	25.55	91.2	1.55	33.99817291
24.8	87.4	25	90.6	52	31	1.38	25.2	24.9	89	1.38	32.94919147
22.1	92.9	23.8	93.1	50	36	1.43	25.2	22.95	93	1.43	31.74941947
22.7	90.6	23.1	92.3	53	37	1.50	25.2	22.9	91.45	1.50	31.42347451
22.4	90.3	22.7	92.5	54	35	1.48	25.2	22.55	91.4	1.48	31.06840262
22.3	91.7	21.4	93.6	45	38	1.38	27.6	21.85	92.65	1.38	30.59778528
22	91.8	22.5	92.7	45.7	36	1.36	27.6	22.25	92.25	1.36	30.92315956
22.8	92.2	23.3	92.7	50.51	32	1.38	27.6	23.05	92.45	1.38	31.75079465
23.1	88.9	23.3	91.4	41	31	1.20	27.6	23.2	90.15	1.20	31.48461566
23	89.5	23.6	92.6	40	33	1.22	27.6	23.3	91.05	1.22	31.74682055
24.4	93.2	25.8	91.2	93	39	2.20	29.4	25.1	92.2	2.20	33.73550259
25.6	91.6	25.5	90.4	52	48	1.67	29.4	25.55	91	1.67	33.96140566
25.5	91.3	24.3	92.4	50	58	1.80	29.4	24.9	91.85	1.80	33.47405194
23.8	89.5	24.5	92.5	53	48	1.68	29.4	24.15	91	1.68	32.57781313
23.4	91.4	24	91.8	48	41	1.48	29.4	23.7	91.6	1.48	32.241675
23.4	90.7	24.9	91	94.8	51	2.43	28.4	24.15	90.85	2.43	32.55047655
23.1	90.6	24.6	92	90	53	2.38	28.4	23.85	91.3	2.38	32.33576209
23.2	91	24.3	91.5	95	47	2.37	28.4	23.75	91.25	2.37	32.22783885
24.2	90.8	25.1	91.4	96.7	56	2.55	28.4	24.65	91.1	2.55	33.09022365
23.8	90.2	24.6	91.2	95.2	53	2.47	28.4	24.2	90.7	2.47	32.57249408
24.1	90.4	24.6	91.1	96.8	58	2.58	29	24.35	90.75	2.58	32.72981833
24.4	90.6	25	91.4	85	46	2.18	29	24.7	91	2.18	33.12136734
25.1	91	25.4	91.8	94.5	49	2.39	29	25.25	91.4	2.39	33.73822296
24.8	90.5	25.7	92	92.1	52	2.40	29	25.25	91.25	2.40	33.71076789

23.4	89.5	24.8	90.8	96	54	2.50	29	24.1	90.15	2.50	32.37302522
24.2	91	24.8	91.5	93	48	2.35	27.8	24.5	91.25	2.35	32.96930337
25.3	90.5	25.7	90.9	75	55	2.17	27.8	25.5	90.7	2.17	33.85672837
24.8	89.8	25.3	90.4	80	53	2.22	27.8	25.05	90.1	2.22	33.30154634
23.7	89.7	24.8	90.6	86	60	2.43	27.8	24.25	90.15	2.43	32.52109348
24.5	90.6	25.1	91.5	94.8	58	2.55	27.8	24.8	91.05	2.55	33.22934292
23.8	90.5	24.8	90.9	90	51	2.35	28.6	24.3	90.7	2.35	32.67128133
24.5	90.3	25.2	90.7	70	56	2.10	28.6	24.85	90.5	2.10	33.17785728
24.1	89.9	24.6	90.4	95.4	49	2.41	28.6	24.35	90.15	2.41	32.61980566
25.3	91.1	25.7	91.7	80	57	2.28	28.6	25.5	91.4	2.28	33.98542855
24.8	90.8	25.3	91.3	89.4	52	2.36	28.6	25.05	91.05	2.36	33.47642998
24.5	90.4	24.8	90.8	88.2	50	2.30	27	24.65	90.6	2.30	32.99869586
24.7	91.2	25	91.6	90.5	56	2.44	27	24.85	91.4	2.44	33.34269402
23.8	89.8	24.2	90.3	84	48	2.20	27	24	90.05	2.20	32.25596328
24.3	90.6	24.8	91.2	79	60	2.32	27	24.55	90.9	2.32	32.95485095
24.1	90.4	24.6	90.9	93.5	58	2.53	27	24.35	90.65	2.53	32.71152717
27.8	86.6	27.5	85.9	91	60	2.52	28	27.65	86.25	2.52	35.12823485
27.1	85.2	24.3	76.9	86	48	2.23	28	25.7	81.05	2.23	32.618250412
25.2	88.7	22.2	90.4	80	56	2.27	28	23.7	89.55	2.27	31.86805666
24.2	90.5	24.6	90.2	70	60	2.17	28	24.4	90.35	2.17	32.70591731
23.9	90.6	25.3	90.3	91	57	2.47	28	24.6	90.45	2.47	32.92177475
24	90	23.2	91.5	95	46	2.35	28.6	23.6	90.75	2.35	31.98886289
24.6	92.1	22.5	92.8	80	41	2.02	28.6	23.55	92.45	2.02	32.24591226
23.8	89.7	22.1	90.5	90.7	46	2.28	28.6	22.95	90.1	2.28	31.22873444
23.7	88.9	22	89.4	80	63	2.38	28.6	22.85	89.15	2.38	30.95639982
24.2	90.2	22.6	91.1	70	52	2.03	28.6	23.4	90.65	2.03	31.77311295
25.1	90.4	23.8	91.2	80	38	1.97	26.8	24.45	90.8	1.97	32.837575817
24.8	89.5	24.2	89.4	84	41	2.08	26.8	24.5	89.45	2.08	32.63856891
25.3	88.6	23.9	91.8	92	43	2.25	26.8	24.6	90.2	2.25	32.87579535
24.8	91.5	23.7	89.4	86	40	2.10	26.8	24.25	90.45	2.10	32.57613864
24.5	88.5	24.2	90.1	92	39	2.18	26.8	24.35	89.3	2.18	32.46285252
23.8	90.5	24.8	90.9	90	58	2.47	29.2	24.3	90.7	2.47	32.67128133
24.5	90.3	25.6	90.7	84	41	2.08	29.2	25.05	90.5	2.08	33.37537728
24.1	89.9	24.6	90.4	83	46	2.15	29.2	24.35	90.15	2.15	32.61980566
25.3	90.8	25.7	91.7	79	63	2.37	29.2	25.5	91.25	2.37	33.95792273
24.8	90.5	25.3	91.3	81	52	2.22	29.2	25.05	90.9	2.22	33.44892323
24.9	91.4	25.3	91.8	80.4	35	1.92	30.2	25.1	91.6	1.92	33.62640458
24	81.5	23.2	91.4	78	38	1.93	30.2	23.6	86.45	1.93	31.19040804
24.1	88.2	28.06	88.5	127.2	45	2.87	30.2	26.08	88.35	2.87	33.98930049
22.8	87.1	26	89.3	125.4	43	2.81	30.2	24.4	88.2	2.81	32.30700601
23	88.3	25.2	88.4	128.4	38	2.77	30.2	24.1	88.35	2.77	32.03972072
24.2	91.2	25.8	91.7	126	38	2.73	28.4	25	91.45	2.73	33.50014341
25.3	92.4	28.7	92.9	108	45	2.55	28.4	27	92.65	2.55	35.69887435
23.9	91.8	27.5	92.3	78	39	1.95	28.4	25.7	92.05	1.95	34.30210564
22.6	89.7	24.6	90.5	84	34	1.97	28.4	23.6	90.1	1.97	31.87031907
24.6	88.5	23.9	90.2	150	42	3.20	28.4	24.25	89.35	3.20	32.37351892
25	92	23.8	92.6	150	45	3.25	29.4	24.4	92.3	3.25	33.0606012
22.8	88.2	22.2	89.6	108	38	2.43	29.4	22.5	88.9	2.43	30.56554876
23.9	88.4	22	89.9	156	46	3.37	29.4	22.95	89.15	3.37	31.05497445
24.2	89.7	23.5	90.5	132	44	2.93	29.4	23.85	90.1	2.93	32.1170824
25.7	90.2	24.5	91.5	114	32	2.43	29.4	25.1	90.85	2.43	33.48914933
24	90	23.2	91.5	108	35	2.38	28.6	23.6	90.75	2.38	31.98886289
24.6	92.1	22.5	92.8	126	41	2.78	28.6	23.55	92.45	2.78	32.24591226
23.8	89.7	22.1	90.5	156	46	3.37	28.6	22.95	90.1	3.37	31.22873444
23.7	88.9	22	89.4	132	43	2.92	28.6	22.85	89.15	2.92	30.95639982
24.2	90.2	22.6	91.1	114	38	2.53	28.6	23.4	90.65	2.53	31.77311295
25	90.4	24.3	91.5	126	41	2.78	29	24.65	90.95	2.78	33.06281156
24.5	91	23.9	90.5	132	44	2.93	29	24.2	90.75	2.93	32.58162725
24.2	89.7	23.1	89.6	114	38	2.53	29	23.65	89.65	2.53	31.83713293
23.9	88.5	22.6	89.7	102	36	2.30	29	23.25	89.1	2.30	31.34148754
23.5	88.1	22.5	91.2	126	40	2.77	29	23	89.65	2.77	31.19594972

En la siguiente tabla se observan los promedio, máximos, mínimos y desviación estándar haciendo análisis de las principales variables en estudio

Tabla 11 Promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de ciclos realizados

Fuente: Propia (2021)

	Temperatura Inicial (°C)	Humedad Inicial (%)	Temperatura Final (°C)	Humedad Final (%)	Tiempo Congelamiento	Tiempo Descongelamiento	Tiempo Total por ciclo (min)	Agua Generada
Promedio	24.47590909	89.5077273	24.5273636	90.29	100.041	44.0046818	2.40076136	33.225
Max	27.8	93.2	28.7	93.6	189.6	69	4.31	49
Min	22	81.5	21.4	76.9	33	28	1.13333333	25
Desviación Est.	0.95267544	1.91632838	1.34404228	2.13859724	31.7085675	8.11345629	0.53322684	7.539640296

## Gráficos de Tiempos de ciclos, temperaturas y humedades registradas

### Temperaturas y Humedades Iniciales vs Finales

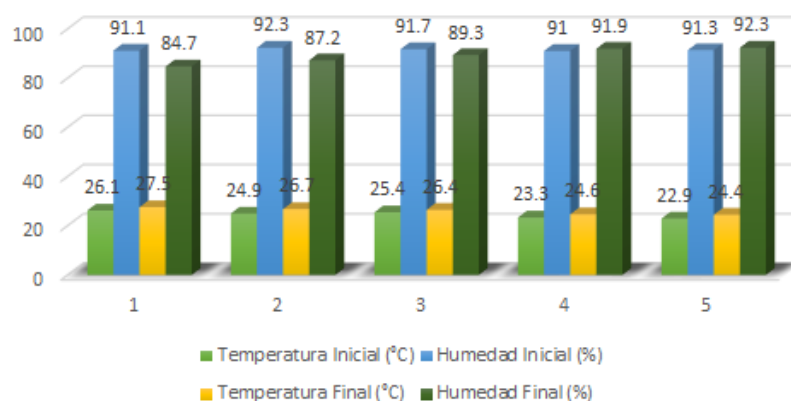


Ilustración 32: Grafico de 5 ciclos completos #1

Fuente: Propia (2021)

### Tiempos de Congelamiento y Descongelamiento

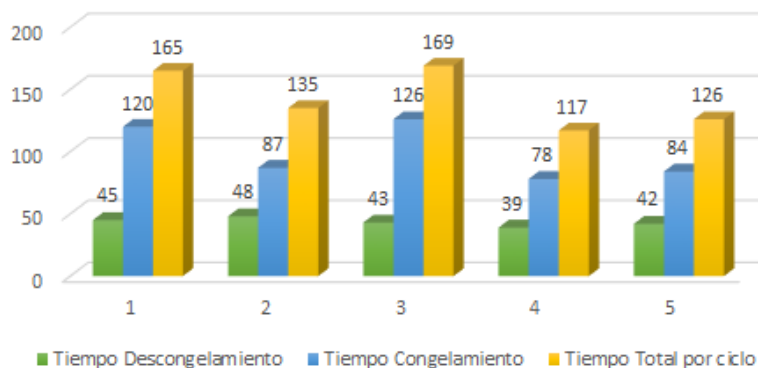


Ilustración 33: Grafico de 5 ciclos completos #1

Fuente: Propia (2021)

En estos gráficos se pueden observar 5 ciclos completos en los cuales se muestran los tiempos de congelamiento y de descongelamiento del evaporador al igual que la temperatura y humedad inicial y final del evaporador.

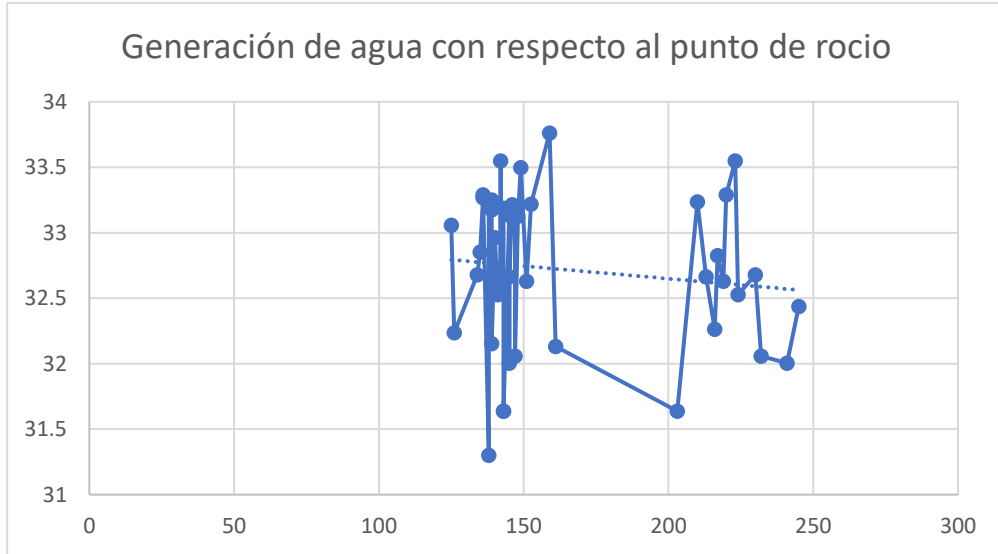


Ilustración 34: Grafico de generación de agua con respecto al punto de rocío

Fuente: Propia (2021)

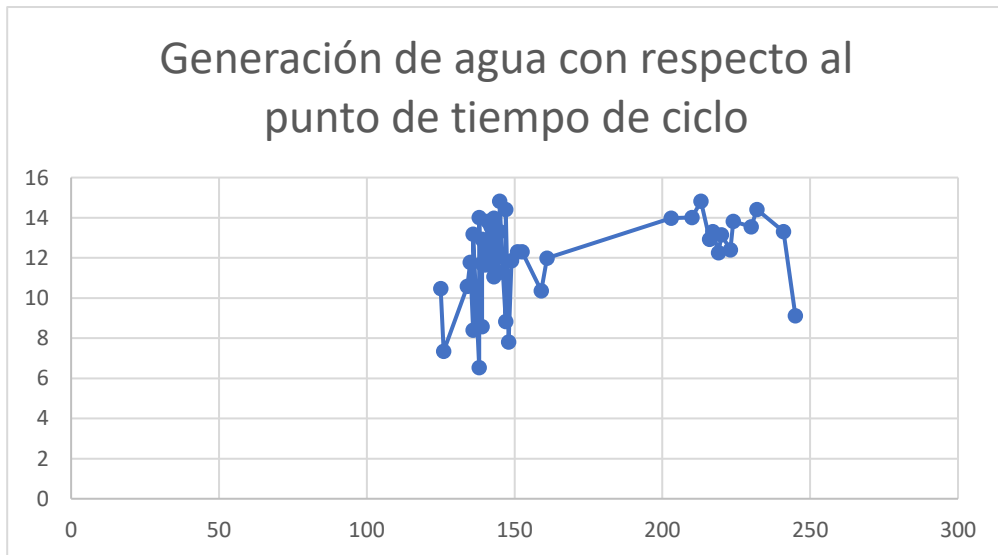


Ilustración 35: Grafico de generación de agua con respecto al punto de tiempo de ciclo

Fuente: Propia (2021)

## Temperaturas y Humedades Iniciales vs Finales

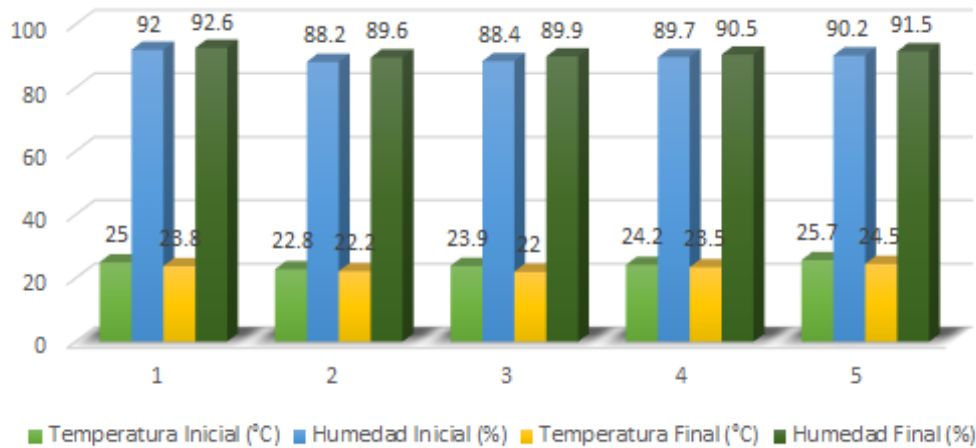


Ilustración 36: Grafico de 5 ciclos completos #5

Fuente: Propia (2021)

En el siguiente grafico se puede observar la cantidad total de agua generada 14 series de 5 ciclos completos en su total se generó la cantidad de 2.83 litros de agua en un tiempo total de 3 horas.

## Cantidad de agua producida cada 5 Ciclos completos

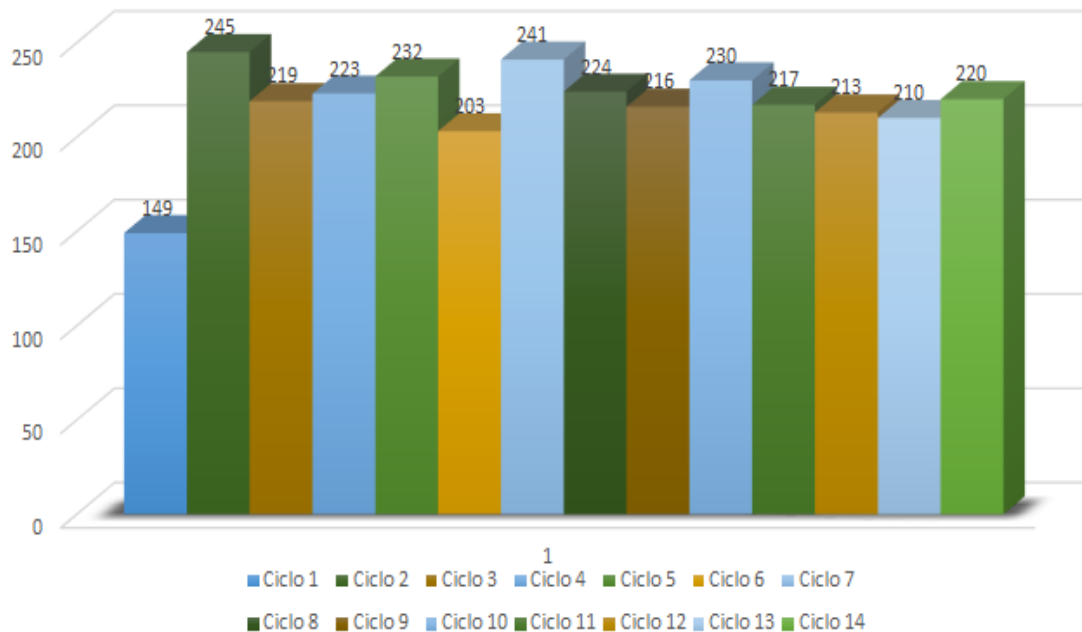


Ilustración 37: Grafico de 5 ciclos completos #5

Fuente: Propia (2021)

***Cantidad aproximada de agua producida en 24h***

***Agua total producida = 2.83 lt***

***Tiempo total de producción = 3 horas***

***Producción aproximada por hora = (2.83 lt)/(3 horas)***  
***= 0.94 lt/hora***

***Producción aproximada por 24 horas = 0.94 lt/hora \* 24***  
***= 22.6 lt***

***Precio de producción de 1 Lt de agua***

***Cosumo en Kwh = 3.6Kwh***

***Tarifa del Kwh en Honduras = Lps. 4.70 ≈ \$0.188***

***Costo de producción de 1Lt de agua = Lps. 16.92 ≈ \$0.7***



*Ilustración 38: Ciclo de congelamiento*

Fuente: Propia (2021)

En esta imagen se observa el evaporador en el ciclo de congelamiento mediante la visión artificial se marca la zona donde detecta el color establecido mediante los rangos. Cuando este ya no detecte el color enviara la señal para que se apague el compresor.



*Ilustración 39: Ciclo de descongelamiento*

Fuente: Propia (2021)

En esta imagen se aprecia el evaporador completamente congelado, se observa claramente el cambio respecto a cuando esta descongelado en esta parte ya no detecta el color

establecido mediante los rangos en la escala HSV y posteriormente ya descongelado por lo tanto la cámara vuelve a detectar el color establecido.

### Discusión

La Tabla presenta la cantidad de agua recolectada y la energía consumida en cada ciclo de prueba de 24 horas. La Tabla también incluye el promedio alto, bajo y ponderado de la temperatura y la humedad para esas 24 horas (Asiabanpour et al., 2019)

Day	Water (L)	Energy (KWH)	Avg. Temp (F)	High Temp	Low Temp	Avg. Hum. (%)	High Hum. (%)	Low Hum. (%)
1	4.385	6.26	83	98	68	50.5	88	22
2	5.88	7.38	82.1	97	65	49.1	78	28
3	11.34	12.67	82.5	98	68	63.4	93	25
4	11.25	10.54	84.85	98	77	68.8	94	39
5	11.85	11.63	84.7	98	73	65.9	96	37
6	11.75	10.97	85.7	98	77	65.7	90	33
7	11.625	10.91	81.7	97	75	73.5	94	35
8	11.6	10.75	83.6	96	74	70.3	94	41
9	11.075	10.8	86.25	97	78	64.6	90	36
10	13.8	10.68	80.4	92	73	81.3	100	53

*Ilustración 40: Datos recolectados*

Fuente: (Asiabanpour et al., 2019)

En cuanto al paper energía y generación de agua atmosférica consumo: un análisis empírico, cabe destacar que nuestro prototipo construido tiene la capacidad de brindar en cuanto a generación el doble de este prototipo que fue estudiado en este paper, dado que el sistema de refrigeración usado la capacidad es de tres toneladas y cuenta con un sistema de ventilación de alto flujo el cual los tiempos en ciclo de descongelamiento son reducidos.

La unidad probada, el AQ5000, como se ve en la fig. 3, era una unidad fabricada estándar que se modificó para incluir un medidor de agua adicional para medir la cantidad de agua y un

convertidor eléctrico para adaptarse a una fuente de alimentación de 60 Hz. Se entregó en un contenedor de envío estándar de 20 pies y se instaló en una pequeña losa de concreto en el sitio de prueba en Trinity University en San Antonio, Texas. El AQ5000 tiene ocho soportes para las patas y una alimentación trifásica de 460 V y 120 amperios para la unidad desde la red eléctrica. El personal de AWGTechnology™ ajustaría la configuración de la unidad para optimizar el rendimiento para las condiciones climáticas esperadas en San Antonio (Adeoye et al., 2016)

En comparación con el paper Atmospheric water generation que realizan el estudio de la unidad AQ500 la cual es completamente industrial la diferencia y dificultad que existe es que la unidad solo se puede alimentar con voltaje 460 por ende es trifásica esta requiere elevada cantidad de corriente para ponerla en funcionamiento y cabe destacar que el prototipo realizado en este estudio solo es necesario una conexión a 220 voltios, lo cual es más accesible porque la conexión trifásica no cualquier puede disponer de ella.

El diseño del programa se realiza en base al diagrama de flujo. Después de eso, el programa se carga en la placa Arduino para que el Arduino pueda servir como controlador de encendido y apagado. Además, en el diagrama de flujo hay una pantalla LCD para que la temperatura del punto de ajuste y la temperatura ambiente se puedan mostrar localmente (Erham & Samudra, 2020)

El paper de diseño de control on-off utilizando pantalla a través del internet con Arduino con aplicación a aire acondicionado de ventana en comparación al prototipo creado en este estudio tiene mayores ventajas porque se puede monitorear en tiempo real por medio de una LCD instalada en la estructura el congelamiento del evaporador lo cual indica si el compresor está en modo off/on, y dado que el controlador usado es de mayor estabilidad, por ende es más amigable a aplicaciones de IOT.

En el sistema propuesto, en primer lugar, necesitamos preprocesar nuestra imagen. La cámara capturará un fotograma y el fotograma se convertirá a escala de grises para aumentar la rapidez y precisión. Los objetos se detectan a través de un algoritmo de detección de bordes astuto. Se utiliza para detectar solo un objeto o varios objetos. Con la ayuda del detector de bordes astuto, se procesará la imagen convertida. El algoritmo de borde astuto escanea toda la



imagen. Después de eso, ejecute el algoritmo de dilatación y erosión para cerrar los agujeros entre los bordes en el marco del borde (OTHMAN et al., 2018).

En nuestro prototipo generador de agua se hizo un análisis de manera profunda en donde se evaluaron muchas ventajas y desventajas de las opciones que se tenían de control para el compresor utilizando la visión artificial, se realizaron algunas pruebas por medio de la detección de objetos pero se notó que para utilizar este método se necesitaba más procesamiento por parte del microcontrolador así como también más memoria por lo tanto se volvía un poco inconveniente implementar el método de detección de objetos por lo que se optó por utilizar una manera más sencilla y eficaz para nuestro caso que es la de detección de colores, en este solamente por medio del código de programación se establecen los rangos de color que se desean monitorear para que este detecte el cambio de color.

La etapa final del algoritmo del detector de bordes astutos es el umbral de histéresis. Esta etapa selecciona cuáles son todos los bordes seguramente son bordes y cuáles no son bordes. Los dos valores de umbral se seleccionan empíricamente y su definición dependerá del contenido de un marco dado. Esto se logra eligiendo valores de umbral grandes y pequeños. Si los píxeles del borde son más fuertes que el umbral grande, se marca como robusto. Los bordes fuertes se medirán como los últimos bordes. Además, el píxel de borde se suprimirá si un píxel de borde es más débil que el umbral pequeño, y se marcará como borde débil si es un píxel de borde entre los umbrales grande y pequeño(OTHMAN et al., 2018).



Fuente: (OTHMAN et al., 2018).

En la detección de bordes la variable a utilizar en el código de programación para realizar el control de un determinado dispositivo puede ser muy inestable ya que los bordes con la vibración de la cámara si no está muy bien fijada pueden variar esto lo mejoramos con la detección de colores ya que depende únicamente de que si detecta o no el color establecido en los rangos por lo tanto es una variable más estable para controlar nuestro compresor y de esta manera no causar daños al sistema o restarle vida útil.

La configuración del sistema utilizó un sistema de purificación de agua estándar. La configuración inicial fue un sistema de captación de agua incorporado que dependía de la gravedad para la recolección. El agua goteaba lentamente, lo que hacía que la recolección de agua potable fuera ineficaz (Anbarasu & Pavithra, 2011).

El sistema de recolección de agua en el prototipo realizado se notó que durante las pruebas en algunos ciclos variaba la producción de agua por lo tanto se realizó una revisión y se determinó que la parte para la recolección de agua estaba reteniendo una pequeña cantidad por ciclo por lo tanto se procedió a modificarla y colocarla con un pequeño ángulo de inclinación que permita que fácilmente el agua generada pueda salir hacia el recipiente contenedor de esta.

El agua se bombea por medio de un motor que conduce el agua hacia el filtro cerámico y hacia la radiación ultravioleta, lo que aceleraba el proceso de recolección y tratamiento de agua. El agua recogida se bombea del tanque de almacenamiento mediante una bomba sumergible. Esta bomba de agua es necesaria para proporcionar la presión mínima de 50 psi para hacer funcionar el filtro de cerámica con una tasa de flujo de producción de 750 ml por minuto. Aquí es donde se eliminan los sedimentos de agua. (Anbarasu & Pavithra, 2011).

Para el proceso de filtrado se utilizó el carbón activado ya que luego de realizar las investigaciones respectivas se determinó que este era una forma muy eficaz y económica para el proceso de filtrado del agua generada ya que el carbón activado ayuda a eliminar los agentes potencialmente contaminantes que pueda contener esta agua.

Alimentado por la red eléctrica, el compresor del automóvil licua el refrigerante tetrafluoroetano (R134a) a una presión de 200-250 por pulgada cuadrada (psi) y eleva la temperatura del serpentín a aproximadamente 80-89 grados Celsius (oC). Este líquido caliente pasa a través del filtro secador que elimina los sedimentos no deseados y absorbe la humedad. A continuación, pasa a través de una válvula de expansión que regula automáticamente el flujo de refrigerante con respecto a la temperatura de la bobina de succión fría del compresor. Este compresor funciona con un motor de CA y una batería de automóvil para habilitar su bobina magnética. El refrigerante se expande a una presión baja de 30 a 40 psi y a una temperatura del serpentín de 10 a 21 C. En este rango de temperatura, el vapor de agua del aire se condensa en líquido a un promedio de 763 mililitros por hora a un promedio de 70% de HR (Anbarasu & Pavithra, 2011).

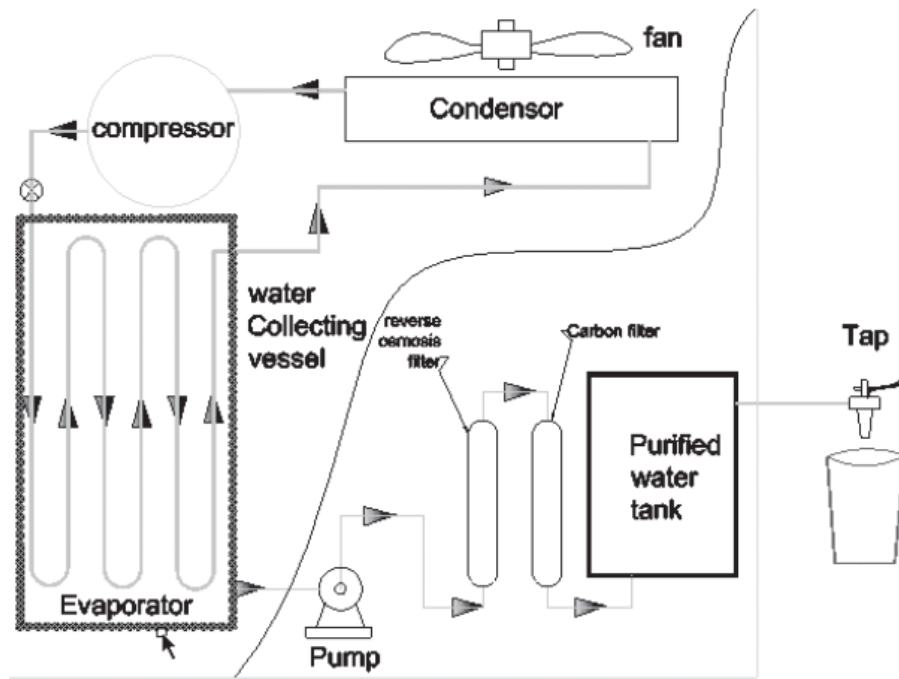


Ilustración 42: Sistema de generación de Agua

Fuente: (Anbarasu & Pavithra, 2011).

En nuestro prototipo en comparación con el antes mencionado se mejoró la parte del control del compresor ya que se colocó una válvula solenoide con el propósito de que se mantenga la misma presión en el compresor cuando ocurre el ciclo de descarga esto debido a

que se observó que en algunos ciclos de descongelamiento el tiempo es bajo y para no generar un daño al compresor se mantiene la presión de arranque con la misma presión que se apagó.

El siguiente paso es programar el sensor para recopilar lecturas atmosféricas y enviar los datos al PIC. El PIC se encarga de descomponer la información obtenida del sensor y enviarla a un dispositivo móvil mediante el módulo Bluetooth HC-05. El circuito diseñado se imprimió en la placa electrónica, seguido de la soldadura del componente, para desarrollar el circuito físico y para validar la integridad de este circuito, se realizaron pruebas de tensión y continuidad (Ordoñez et al., 2020).

En el proyecto realizado para el sistema de procesamiento de datos se utilizó la Raspberry Pi 3B el cual es más que solo un microprocesador es una computadora de placa reducida, en esta se pueden ejecutar diversas aplicaciones acepta varios lenguajes de programación, es más practica para cuando se necesita conectar una cámara o una pantalla en ella su interfaz es uy amigable y fácil de usar para el usuario.

Para el subsistema de procesamiento, solo se definió el microcontrolador, que tiene el control de hacer comprensibles los valores capturados por el BME280 y transmitir las señales para activar o desactivar el relé. Se realizaron pruebas sobre los componentes que se utilizaron en los subsistemas siguiendo los pasos explicados en la metodología. Para realizar las pruebas en el BME280 se realizó una programación en la que un módulo Bluetooth HC-05 nos enviaba las lecturas tomadas por el sensor a través de UART1. El protocolo de comunicación utilizado por el BME280 es I2C, correspondiente a los puertos RD0 (SCL) y RD1 (SDA). Utilizando datos en serie a través de I2C, se evaluaron estas lecturas. Con la ayuda de la hoja de datos del módulo, se creó una biblioteca para facilitar el uso del sensor y la conversión de datos a un formato más aceptable (flotante) (Ordoñez et al., 2020).

Para el sistema de control se optó por utilizar la visión artificial, ya que raspberry nos da la facilidad de conectar una cámara e interactuar con esta ya sea utilizando la visión artificial o en otras aplicaciones, nuestro sistema de control cosiste en la detección de colores, por medio de la cámara se puede monitorear en tiempo real el estado del evaporador, es decir si está congelado

o no y dependiendo de esto el código tiene preestablecidos las ordenes que debe dar dependiendo del estado del compresor.

En lugar de utilizar la comunicación por bluetooth decidimos emplear una plataforma en línea basada en IOT que nos permite enviar las lecturas en tiempo real de los sensores implementados en el prototipo y poder monitorearlos mediante una muy agradable interfaz de usuario en cualquier momento a través de la red.

## VI Conclusiones.

En el presente capítulo se exponen las conclusiones del proyecto actual a partir de los resultados obtenidos.

1. Se considera que esta no es una opción viable ya que para la implementación de este sistema se debe realizar una inversión de \$2,363.28, igual que su consumo energético es elevado 3.86kWh.
2. Se determinó que al implementar el sistema de control por medio de la Raspberry Pi 3B se ahorró un 160% en comparación de usar un logo Siemens.
3. Se logró comparar las características de funcionamiento empleadas en los sistemas industriales generadores de agua, como ser la implementación del evaporador de forma hermética y ventilador de alto flujo para el descongelamiento del mismo.
4. El punto de rocío con respecto a la generación se puede evidenciar que no tiene ninguna relación como en otros prototipos, la relación se ha roto dado que lo importante en este prototipo ha sido los momentos de congelamiento del evaporador, lo cual se puede notar que se obtuvo excelente estabilidad en cada ciclo con una desviación de 7ml, por ende podemos decir que con este sistema de control obtenemos una mayor estabilidad en la generación de agua.

## **VII Recomendaciones.**

1. Al utilizar un sistema de refrigeración de 3 toneladas se ve reflejado el consumo energético, por ende no se recomienda la implementación del mismo si será conectado al sistema energético público, recomendamos utilizarlo en sistemas de alimentación de energía renovables.

## VIII. Referencias

- Adeoye, O. O., Shephard, L. E., Wright, M., West, M., & Peters, S. (2016). Atmospheric Water Generation: A Path to Net-Zero. *2016 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)*, 45-50. <https://doi.org/10.1109/GreenTech.2016.16>
- Ahmed, H. M. (2019). The Amount of Fresh Water Wasted as by Product of Air Conditioning Systems: Case Study in the Kingdom of Bahrain. *2019 International Conference on Fourth Industrial Revolution (ICFIR)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICFIR.2019.8894782>
- Al-Azba, M., Cen, Z., & Ahzi, S. (2018). Air-Conditioner On-Off optimization Control under Variant Ambient Condition. *2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IRSEC.2018.8703001>
- Almohammed, O. A. M., Timerbaev, N. F., & Ahmad, B. I. (2019). Heat Pump Application for Water Distillation. *2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2019.8934168>
- Álvarez-Simón, L. C., & Gómez-Ramírez, E. (2019). CMOS temperature control circuit for MOX gas sensors. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 20(3). <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.036>
- Anbarasu, T., & Pavithra, S. (2011). Vapour compression Refrigeration system generating fresh water from humidity in the air. *International Conference on Sustainable Energy and Intelligent Systems (SEISCON 2011)*, 75-79. <https://doi.org/10.1049/cp.2011.0338>
- Angel Garcia. (2010). *Empresa municipal de servicio de agua*.
- Asiabanpour, B., Ownby, N., Summers, M., & Moghimi, F. (2019). *Atmospheric Water Generation and Energy Consumption: An Empirical Analysis*.



- Bunyard, P. P., Hodnett, M., Peña, C., & Burgos-Salcedo, J. D. (2019). Further experimental evidence that condensation is a major cause of airflow. *DYNA*, 86(209), 56-63. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.73288>
- Casierra-Martínez, H., Casalins-Blanco, J., Vargas-Ramírez, X., & Caselles-Osorio, A. (2016). Desinfección de agua residual doméstica mediante un sistema de tratamiento acoplado con fines de reúso. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(4), 97-111.
- Causas y consecuencias de la escasez de agua en el mundo. (2019, febrero 26). *ACNUR*. [https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc\\_alt45664n\\_o\\_pstn\\_o\\_pst/](https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/)
- Chesof, A., Panaudomsup, S. B. S., & Cheypoca, T. (2017). Evaluation of explicit model predictive temperature control for on-off air conditioner. *2017 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 621-624. <https://doi.org/10.23919/ICCAS.2017.8204304>
- Contreras, G. F. C., Dulcé-Moreno, H. J., & Melo, R. A. (2019). Arduino data-logger and artificial neural network to data analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1386, 012070. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1386/1/012070>
- Dai, B., Chen, R., & Chen, R. (2017). Temperature control with fuzzy neural network. *2017 IEEE 8th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST)*, 452-455. <https://doi.org/10.1109/ICAwST.2017.8256499>
- Deepa, K., Krishnaveni, M., & Meenakshi, R. (2018). Site evaluation for managed aquifer recharge. *2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2018.8376934>
- Ding, W., Kang, B., Zhou, Q., Lin, M., & Zhang, S. (2019). Grayscale-thermal Tracking via Canonical Correlation Analysis Based Inverse Sparse Representation. *ICASSP 2019 - 2019*

- IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 3985-3989. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2019.8682585>
- Dong, S., Xu, L., Dai, Z., Xu, B., Yu, Q., Yin, S., Zhang, X., Zhang, C., Zang, X., Zhou, X., & Zhang, Z. (2020). A novel fractal model for estimating permeability in low-permeable sandstone reservoirs. *Fractals*, 28(08), 2040005. <https://doi.org/10.1142/S0218348X20400058>
- Dongsheng, W., Yongjie, L., Lei, Z., & Songhao, Z. (2017). A case study on the IMC for ozone dosing process of drinking water treatment. *2017 36th Chinese Control Conference (CCC)*, 4430-4434. <https://doi.org/10.23919/ChiCC.2017.8028056>
- Doria, A. C. O. C., Liberato, G. S., Figueira, F. R., Carvalho, C. A., Lima, J. B. S., Pessoa, R. S., & Khouri, S. (2017). Disinfection Of Reverse Osmosis Water By Atmospheric Plasma Rich In Oh Radical. *2017 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/PLASMA.2017.8496093>
- Dumitran, L. M., Oancea, D. C., & Dumitran, G. E. (2017). Experimental study of air dehumidification in an electrostatic wire-cylinder condenser. *2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, 440-443. <https://doi.org/10.1109/ATEE.2017.7905182>
- Duque-Marín, A., Lopez, J. A., Navas, A. F., Duque-Marín, A., Lopez, J. A., & Navas, A. F. (2017). Auto-tuning of a PID controller implemented in a PLC using swarm intelligence. *Prospectiva*, 15(1), 35-41. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i1.679>
- Elgenedy, M. A., Massoud, A., Holliday, D., Ahmed, S., & Williams, B. W. (2019). High-voltage pulse generator using sequentially charged full-bridge modular multilevel converter Sub-

- modules, for water treatment applications. *The Journal of Engineering*, 2019(17), 4537-4544. <https://doi.org/10.1049/joe.2018.8054>
- El-Sayed, A. R., El Morsi, M., & Mahmoud, N. A. (2018). Experimental Investigation of a Walk-in Refrigerator Performance using R290 as a Retrofit for R22. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 26(04), 1850029. <https://doi.org/10.1142/S2010132518500293>
- Enteria, N., Yoshino, H., & Sataki, A. (2016). Exergoenvironmental Evaluation of the Desiccant Air-Conditioning System Subjected to Different Regeneration Temperatures. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 24(04), 1650023. <https://doi.org/10.1142/S2010132516500231>
- Erham, E., & Samudra, R. (2020). Design of an on-off control system and a new display via internet based on Arduino Uno with application to window A/C. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4), 042021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/4/042021>
- Feng, D.-Z., & Sun, J.-H. (2016). Study on strength of upper filter system of mechanical water treatment equipment. En *Mechanics and Architectural Design* (Vol. 1-0, pp. 361-366). WORLD SCIENTIFIC. [https://doi.org/10.1142/9789813149021\\_0049](https://doi.org/10.1142/9789813149021_0049)
- González Yero, G., Ramírez Mendoza, M., & Mayo Martí, L. (2017). Un nuevo método de control PI no lineal robusto. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 38(1), 1-16.
- Halder, S., Khan, A., Thakur, U. N., & Saha, S. (2018). Design and Analysis of Temperature Control System using Conventional PI and Advanced ANN Controllers. 2018 *International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, 4-8. <https://doi.org/10.1109/GUCON.2018.8675066>

- Harrou, F., Dairi, A., Sun, Y., & Senouci, M. (2018). Wastewater treatment plant monitoring via a deep learning approach. *2018 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 1544-1548. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2018.8352410>
- Ibrahim, G., & Ahmed, H. M. (2018). Theoretical modelling for experimental study of solar still with integrated built-in condenser. *2018 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICIRD.2018.8376318>
- Jaimes, A. S., Arroyo, E. H., Jaimes, Z. Y. R., Jaimes, A. S., Arroyo, E. H., & Jaimes, Z. Y. R. (2017). Experimental Evaluation of a Single Slope Solar Still. *Tecciencia*, *12*(22), 63-71. <https://doi.org/10.18180/tecciencia.2017.22.7>
- Jarudrungchawalit, P., Prammanasudh, P., Chandrasardula, P., Tuchinda, P., Pavarajarn, V., & Viphavakit, C. (2020). Development of UV-enhanced Photocatalytic Microchannel Optical Waveguide for Water Treatment. *2020 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 271-274. <https://doi.org/10.1109/ECTI-CON49241.2020.9158234>
- Karim, M. R., Khan, M. a. I., Chowdhury, O. S., & Niloy, R. R. (2018). *Assessment of various methods to remove pathogen from raw water to meet WHO standard for domestic consumption*. 11 (4 pp.)-11 (4 pp.). <https://doi.org/10.1049/cp.2018.1508>
- Keryakos, E., Clodic, D., Toubassy, J., & Descombes, G. (2017). Frost Growth Investigation and Temperature Glide Refrigerants in a Fin-and-Tube Heat Exchanger. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, *25*(01), 1750009. <https://doi.org/10.1142/S2010132517500092>
- Kodali, R. K. (2017). Smart waste water treatment. *2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2017.8070092>

- Li, M., Sang, J., & Yao, Y. (2017). Design of temperature control system of adaptive control algorithm based on characteristic model. *2017 32nd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC)*, 403-407. <https://doi.org/10.1109/YAC.2017.7967442>
- Li, Q., Sun, Y., Tang, X., Tang, W., & Li, K. (2017). Hybrid thermal-photovoltaics water distillation equipment design and its thermodynamic analysis. *2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS)*, 420-425. <https://doi.org/10.1109/ICTIS.2017.8047800>
- Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58-72.
- Mendoza Guerra, Y. I., Castro Echavez, F. L., Marín Leal, J. C., & Hedwig Behling, E. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 39(2), 071-079.
- Mushonnifah, S., Nurhadi, H., & Pramujati, B. (2017). Conceptual machine vision design for day and night based on experiment approach. *2017 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, 297-299. <https://doi.org/10.1109/ICAMIMIA.2017.8387605>
- Nakajima, A., & Masukawa, S. (2019). Water Production System with Peltier Element and Photovoltaic Cell. *2019 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, 218-223. <https://doi.org/10.1109/ICRERA47325.2019.8996609>

- Nazifa, T. H., Islam, R., Salmiati, Uddin, A. S. M. S., Hadibarata, T., & Aris, A. (2018). Fast and Efficient Removal of Oil from Water Surface Through Activated Carbon and Iron Oxide-Magnetic Nanocomposite. *2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)*, 263-267. <https://doi.org/10.1109/ICGEA.2018.8356276>
- Ning, M., & Zaheeruddin, M. (2019). Neural Network Model-Based Adaptive Control of a VAV-HVAC&R System. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 27(01), 1950006. <https://doi.org/10.1142/S2010132519500068>
- Ordoñez, J., Trejo, L., Sanchez, E., Lizardo, N., & Luque, D. (2020). *Study Case: Data Acquisition System to Evaluate the Water Generation of an Evaporator.*
- OTHMAN, N. A., SALUR, M. U., KARAKOSE, M., & AYDIN, I. (2018). An Embedded Real-Time Object Detection and Measurement of its Size. *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/IDAP.2018.8620812>
- Pino V., E., & Pino V., E. (2019). El acuífero costero La Yarada, después de 100 años de explotación como sustento de una agricultura en zonas áridas: Una revisión histórica. *Idesia (Arica)*, 37(3), 39-45. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000300039>
- Pontious, K., Weidner, B., Guerin, N., Dates, A., Pierrakos, O., & Altaï, K. (2016). Design of an atmospheric water generator: Harvesting water out of thin air. *2016 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*, 6-11. <https://doi.org/10.1109/SIEDS.2016.7489327>
- Price, J. I., & Heberling, M. T. (2020). The Effects of Agricultural and Urban Land Use on Drinking Water Treatment Costs: An Analysis of United States Community Water

- Systems. *Water Economics and Policy*, 06(04), 2050008.  
<https://doi.org/10.1142/S2382624X20500083>
- PUNGARU, L. E., MORARU, G. A., & ISTRATE, M. (2019). Energy Management on Water Supply Systems. *2019 8th International Conference on Modern Power Systems (MPS)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/MPS.2019.8759733>
- Putra, I. D. G. A. T., Sunu, P. W., Temaja, I. W., Sugiarta, N., Sugina, I. M., & Suirya, I. W. (2020). Investigation on application of ultrasonic humidifier for air conditioning system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1450, 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1450/1/012050>
- Rymarczyk, T., & Kłosowski, G. (2018). The use of a neural controller to disinfect water with ultraviolet light. *2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPHDW)*, 177-181. <https://doi.org/10.1109/IIPHDW.2018.8388352>
- Saha, A. K., Saha, J., Ray, R., Sircar, S., Dutta, S., Chattopadhyay, S. P., & Saha, H. N. (2018). IOT-based drone for improvement of crop quality in agricultural field. *2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 612-615. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2018.8301662>
- Santos, D., Dallos, L., Gaona-García, P. A., Santos, D., Dallos, L., & Gaona-García, P. A. (2020). Algoritmos de rastreo de movimiento utilizando técnicas de inteligencia artificial y machine learning. *Información tecnológica*, 31(3), 23-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000300023>
- Sarkar, M. (2018). Theoretical Parametric Study of Wrap-Around Heat Pipe (WAHP) in Air Conditioning Systems. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 27(01), 1950004. <https://doi.org/10.1142/S2010132519500044>

- Sarkar, M. (2019). On Climatic Control of Wrap-Around Heat Pipe (WAHP) Enhanced Dehumidifier in Outdoor Air Systems. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 27(02), 1950013. <https://doi.org/10.1142/S2010132519500135>
- Shafiudin, S., & Kholis, N. (2018). Monitoring System and Temperature Controlling on PID Based Poultry Hatching Incubator. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 336, 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/336/1/012007>
- Shang, J., Chua, Z., Peh, H., & Zhao, Z. (2018). A preliminary study of the economic dimension of underground rock caverns for water storage at Singapore. *2018 World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC.2018.8629647>
- Sondergeld, A., Wang, G., & Dutta, A. (2019). Modeling the Viability of a Refrigeration-Based Atmospheric Water Generator under the Present-Day Climate. *2019 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/GHTC46095.2019.9033111>
- Stratton, G. R., Thagard, S. M., Dai, F., Holsen, T. M., & Bellona, C. L. (2016). Plasma based water treatment: Design guidelines for controlling interface dynamics. *2016 IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/PLASMA.2016.7534175>
- Talib, A. J., Khalifa, A. H. N., & Mohammed, A. Q. (2019). Performance Study of Water Harvesting Unit Working Under Iraqi Conditions. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 27(01), 1950011. <https://doi.org/10.1142/S2010132519500111>



- Umchid, S., Samae, P., Sangkarak, S., & Wangkram, T. (2019). Design and Development of a Temperature Controlled Blood Bank Transport Cooler. *2019 12th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/BMEiCON47515.2019.8990203>
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*.
- UNICEF. (2016). *Impacto de la sequía en las niñas, niños y adolescentes del corredor seco de Honduras*.
- UN-Water Technical. (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua*.
- Valtr, P., Pechac, P., & Grabner, M. (2017). Water vapor density profile statistics in the atmospheric boundary layer. *2017 11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, 2093-2095. <https://doi.org/10.23919/EuCAP.2017.7928173>
- Velasteguí, A. X. H., Limáico Nieto, C. T., Cahueñas, N. P. P., Parra, M. I. F., Velasteguí, A. X. H., Limáico Nieto, C. T., Cahueñas, N. P. P., & Parra, M. I. F. (2018). Evaluación de la Estabilidad Atmosférica Bajo Condiciones Físicas y Meteorológicas del Altiplano Ecuatoriano. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(2), 336-343. <https://doi.org/10.1590/0102-7786332015>
- Villar, P. C., & Villar, P. C. (2016). Groundwater and the Right to Water in a Context of Crisis. *Ambiente & Sociedade*, 19(1), 85-102. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc150126r1v1912016>

- Wang, D., & Xiang, H. (2019). Composite Control of Post-Chlorine Dosage During Drinking Water Treatment. *IEEE Access*, 7, 27893-27898. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2901059>
- Warziniack, T., Sham, C. H., Morgan, R., & Feferholtz, Y. (2017). Effect of Forest Cover on Water Treatment Costs. *Water Economics and Policy*, 03(04), 1750006. <https://doi.org/10.1142/S2382624X17500060>
- Xueqin, B., Liguang, Z., & Xiaohui, M. (2017). Design of Multi-channel Temperature Control Inspection System Based on PLC. *2017 International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNEA)*, 422-425. <https://doi.org/10.1109/ICCNEA.2017.25>
- Younas, T., Bano, N., Zafar, W., & Qadir, U. (2018). Wastewater Treatment Method Selection for Pulp and Paper Industry. *2018 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)*, 350-354. <https://doi.org/10.1109/FIT.2018.00068>
- Yu, E., & Hu, Y. (2016). A novel modified PID controller applied to temperature control with self-tuning ability. *2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 7025-7029. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2016.7532263>
- Yucra, R. C., Acero, J. F. C., Mena, M. A. S., & Pareja, W. O. P. (2019). Application of Solar Photovoltaic Technology in the Extraction of Water for Consumption in Rural Communities in the Highlands of Puno. *2019 IEEE XXVI International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2019.8853637>
- Zhang, J., Li, H., Ma, K., Xue, L., Han, B., Dong, Y., Tan, Y., & Gu, C. (2018). Design of PID temperature control system based on STM32. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 322, 072020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/322/7/072020>

- Zhang, Z., & Jin, Y. (2020). Design of Temperature Remote Monitoring System Based on STM32. *2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)*, 757-759. <https://doi.org/10.1109/ICAICA50127.2020.9182397>
- Zhao, L., Wang, P., Zhang, Q., & Zhang, L. (2020). Multichannel Temperature Acquisition and Monitoring System Based on Internet of Things. *2020 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 1415-1419. <https://doi.org/10.1109/CCDC49329.2020.9164086>
- Zribi, A., Chtourou, M., & Djemel, M. (2017). A New PID Neural Network Controller Design for Nonlinear Processes. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 27(04), 1850065. <https://doi.org/10.1142/S0218126618500652>