



**UNIVERSIDAD EAN**

**PROYECTO DE GRADO**

**“OBTENCION DE AGUA POTABLE POR MEDIO DE REFRIGERACION CON  
CELDAS PELTIER A PARTIR DE CONDESACION DE AIRE ATMOSFERICO”**

**AUTORES**

**DAVID ALBA HERNANDEZ**

**JULIAN ESTEBAN TORRES GARCÍA**

**JUAN ALEJANDRO MESA CAÑÓN**

**PROFESORA**

**LINA MARIA CHACÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**BOGOTÁ, 2023**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....</b>	<b>9</b>
<b>7.</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>11</b>
<b>7.1</b>	<b>CONDENSACIÓN DE AGUA.....</b>	<b>11</b>
<b>7.2</b>	<b>TENSION DE VAPOR .....</b>	<b>11</b>
<b>7.3</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA.....</b>	<b>11</b>
<b>7.4</b>	<b>CELDA PELTIER .....</b>	<b>12</b>
<b>7.4.1</b>	<b>Efecto Seebeck.....</b>	<b>12</b>
<b>7.4.2</b>	<b>Efecto Peltier .....</b>	<b>13</b>
<b>7.4.3</b>	<b>Efecto Thomson .....</b>	<b>13</b>
<b>7.4.4</b>	<b>Módulos existentes y su funcionamiento .....</b>	<b>14</b>
<b>7.5</b>	<b>ENERGIAS.....</b>	<b>15</b>
<b>7.5.1</b>	<b>energías renovables.....</b>	<b>16</b>
<b>7.5.2</b>	<b>La energía eólica. ....</b>	<b>16</b>
<b>7.5.3</b>	<b>La energía solar fotovoltaica .....</b>	<b>17</b>
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESTRICCIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>8.1</b>	<b>AMBIENTALES .....</b>	<b>18</b>
<b>8.2</b>	<b>ECONOMICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>8.3</b>	<b>LEGALES.....</b>	<b>19</b>
<b>8.4</b>	<b>SALUD Y SEGURIDAD .....</b>	<b>20</b>
<b>8.5</b>	<b>SOCIOCULTURALES.....</b>	<b>20</b>
<b>9.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
<b>9.1</b>	<b>CARATERIZACION DE GRADO DE HUMEDAD (Higrometría) .....</b>	<b>21</b>

<b>9.2</b>	<b>MODELADO PROTOTIPO</b> .....	<b>21</b>
<b>9.3</b>	<b>OBTENCIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA (ensayos)</b> .....	<b>24</b>
<b>9.4</b>	<b>ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA</b> .....	<b>26</b>
<b>9.4.1</b>	<b>determinación de pH</b> .....	<b>26</b>
<b>9.4.2</b>	<b>determinación de alcalinidad</b> .....	<b>27</b>
<b>9.4.3</b>	<b>determinación de cloruros</b> .....	<b>28</b>
<b>9.4.4</b>	<b>determinación de dureza</b> .....	<b>29</b>
<b>10.</b>	<b>SOLUCION DESDE LA RAMA DE INGENIRIA</b> .....	<b>30</b>
<b>10.1</b>	<b>generación de energía solar fotovoltaica</b> .....	<b>30</b>
<b>10.2</b>	<b>sistema hidráulico o ventilador</b> .....	<b>32</b>
<b>11.</b>	<b>ANALISIS DE COSTOS</b> .....	<b>33</b>
<b>11.1</b>	<b>COSTOS</b> .....	<b>33</b>
<b>11.1.1</b>	<b>COSTOS PRIMARIOS</b> .....	<b>33</b>
<b>11.1.2</b>	<b>COSTOS DIRECTOS Y DE MATERIALES A MODELO ESCALA</b> .....	<b>33</b>
<b>11.1.3</b>	<b>COSTOS FIJOS</b> .....	<b>34</b>
<b>12.</b>	<b>ANALISIS DE REQUERIMIENTOS</b> .....	<b>35</b>
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>36</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>37</b>
<b>1.</b>	<b>SIMULACION ARCHIVO .PDF</b> .....	<b>37</b>
<b>2.</b>	<b>SIMULACION ARCHIVO PVPRJ</b> .....	<b>37</b>
<b>3.</b>	<b>ARCHIVO DE REGISTROS ESTIMADOS POR SIMULACIÓN – FRECUENCIA MINUTAL CVS</b> .....	<b>37</b>
	<b>LISTA DE REFERENCIAS</b> .....	<b>38</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La obtención de agua y energía en los contextos históricos y mundiales han sido las dos resoluciones más buscadas por lo esenciales en la vida cotidiana, pues son recursos vitales para la supervivencia actual, tanto en salud como en comodidad. Según el informe mundial de las naciones sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2023, no todas las partes tienen acceso fácil y adecuado a estos recursos, en el planeta persiste un 10% de la población, que vive en lugares con estrés hídrico de niveles medio o máximo, con poca disponibilidad de agua. Si bien por cuestiones geográficas, América Latina es técnicamente acomodada en agua, este recurso se procesa de forma desigual incluso para sociedades en gran riesgo de poder hacer frente a esta escasez, aproximadamente 28 ciudades en Latinoamérica podrían llegar a presentar el riesgo de padecer déficit de sistema hídrico, por ejemplo, en Colombia, presenta un esquema hidrográfico con relativa abundancia, pero esta no llega a toda su población, a pesar de ser es una de las nueve zonas más ricas en agua del mundo, una tercera parte de su población, aun sufre por estrés hídrico. Un caso nacional es la zona de Bogotá la capital de país, específicamente en la localidad de Chapinero que presenta un índice de estrés hídrico tanto en condiciones hidrológicas anuales promedio o de año seco. Según el IDEAM, la oferta hídrica en el país experimenta una disminución progresiva a causa de las limitaciones de uso por la calidad del agua, afectada por la contaminación producto de las actividades socioeconómicas e industriales, por los aportes de sedimentos provenientes de fenómenos erosivos y por los procesos de degradación de las cuencas. De no tomarse medidas de conservación y manejo adecuadas, para 2015 y 2025, respectivamente el 66% y el 69% de los colombianos podrían estar en riesgo alto de desabastecimiento en condiciones hidrológicas secas (Zamudio R., 2012).

Estas dificultades pueden ser tratadas por medio de procesos que no requieren de tantas modificaciones estructurales y pueden llegar a ser de gran impacto, uno de estos es las celdas peltier, unas celdas que cumplen la función de calentamiento y refrigeración (casos más comunes de aplicación), y que permitan mediante la condensación del aire la obtención de agua potable, debido a la formación de los núcleos de partículas de agua por la disminución de la velocidad y temperatura de dichas partículas para la recolecta de agua.

Por otra parte, esta condensación de agua requiere un gasto energético considerable en términos de potencia para suministrar energía eléctrica a las celdas Peltier, lo cual nos lleva a la implementación de energías alternativas no convencionales teniendo en cuenta las características geográficas, hidrográficas, climatológicas para la implementación de un sistema de generación viable que supla con el concepto de sostenibilidad y recursividad para estos lugares del país.

Palabras clave: Condensación, energías renovables, eficiencia energética, celdas peltier, disipador de calor, geografía.

## 2. RESUMEN

El desarrollo mundial histórico ha provocado un impacto general con respecto a las condiciones meteorológicas con las que se vive hoy en día, a nivel americano en países como EEUU se presenta un avance industrial mucho mayor que en las demás naciones latinoamericanas, por ejemplo, en Colombia a pesar de que su avance industrial es bajo el impacto negativo de las emisiones de efecto invernadero (GEI), no es ajeno. Se han presentado complejidades con respecto al acceso de recursos primarios como es el agua o la energía y que son de vital ayuda y requerimiento para cada ciudadano del país.

Por esto, la implementación de sistemas que faciliten el acceso a los recursos vitales para la supervivencia es de gran impacto tanto para las comunidades como para el ambiente. Teniendo en cuenta esto, las condiciones meteorológicas de las zonas pueden ser aprovechadas para generar recursos primarios como energía y agua. La energía se puede obtener por medio de sistema de energías no convencionales como puede ser la energía solar o la energía eólica que suministren la demanda de energía de un sistema de enfriamiento del aire que permita formar los núcleos de agua y capturar la humedad del aire para la obtención de H<sub>2</sub>O, un sistema puede ser un impulso de aire que implemente celdas peltier de logren bajar la temperatura del aire encapsulado para facilitar la formación de estos núcleos.

El desarrollo de este proyecto debe evaluarse técnicamente, ambiental, económica y social que permita determinar su viabilidad y aplicación a futuro.

### 3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente, el cambio climático y el crecimiento de la población están creando una crisis mundial del agua. El estrés hídrico se refiere a la escasez y el uso limitado del agua en una variedad de entornos que afectan a millones de personas en todo el mundo. La escasez de agua, además, impulsa el consumo de agua no apta para beber o en malas condiciones, lo que se convierte en un Riesgo de enfermedad gastrointestinal e intoxicación por agua contaminada con metales pesados o material particulado, no apropiado. En el mundo no es un secreto esta situación que empeora, enfatizando la producción y manufactura y dejando de lado por ignorancia o desconocimiento, que el agua es una materia prima, y como toda materia prima, puede acabarse y con la idea de no ser remplazada.

Este problema básicamente es un desentendimiento por medio de las limitaciones poblaciones en cada país y el interés que se le a nivel político y social. En Latinoamérica se evidencia que solo el 65% de la población presentan el servicio de agua potable y el 22% se agua de saneamiento, donde Colombia hay aproximadamente 391 municipios en estado de escasas de agua. Una de las principales consecuencias de este factor es el cambio climático a nivel mundial, pues altera el parámetro de lluvia y aumento de sequias, poniendo en desequilibrio varias de las comunidades que dependen del agua-lluvia, lugares como, La Guajira, Guainía, Vaupés, San Andrés, Vichada, Amazonas, Chocó, Guaviare y Putumayo., y por otro lado se establece un crecimiento poblacional, en estas comunidades.

La economía es la causa de este estrés hídrico, donde solo la ganadería es uno de los consumidores de agua más probables, ya que los cultivos requieren mucha cantidad, que, en mayor parte, ni los embalses o fuentes hídricas no potables pueden solventar dicha dependencia económica. Sin embargo, antes de considerar una administración más rigurosa en términos de conservación hídrica, se debe fomentar mayor conciencia pública sobre esta situación, pues un claro ejemplo es el desinterés que hay en la desaparición glacial.

¿se puede llegar implementar un sistema piloto para la generación de agua por medios naturales y sostenibles y a su vez, nos permita a partir de la caracterización, ver la viabilidad del agua para consumo y aprovechamiento humano?

#### **4. OBJETIVO GENERAL**

Modelar un prototipo de condensación de agua por medio de celdas Peltier optimizando el gasto de energía por medio de energías renovables

##### **4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Estudiar las condiciones meteorológicas con las cuales se pondrán a funcionar las celdas peltier con el fin de estimar la cantidad de agua obtenida por condensación.
- Desarrollar un modelo base que justifique la aplicación de los conceptos de generación de energía alternativa y la condensación de agua
- Realizar una evaluación económica para determinar la viabilidad del proyecto en el tiempo.
- Presentar la hoja de ruta para implementar el proyecto en el contexto determinado.

## 5. JUSTIFICACIÓN

La presente justificación radica en el entendimiento de como la ciencia ha favorecido en términos sostenibles la posibilidad de generar agua potable, a partir de modelos atmosféricos posiblemente desconocidos para poblaciones carentes del servicio., basándose en la identificación de beneficios al ejecutar la idea en fusión de solución.

La solución a esta problemática afronta el conocimiento, en una gestión que cambia los patrones de consumo y los estilos de vida, y combatir el convencionalismo desde el uso personal hasta las grandes empresas, donde sabemos que la materia prima fundamental es el agua, desarrollando nuevas prácticas para conservar y almacenarlo desde los avances y la tecnología. Las innovaciones en los sistemas de conservación y almacenamiento son necesarias en regiones donde los acuíferos se agotan y el desarrollo de tecnologías no identifica un mecanismo de ahorro de energía coordinado con la reducción del consumo de esta.

Otro beneficio frente a la solución de la problemática hídrica es que la implementación de un nuevo sistema acuífero, Mejorar en términos agricultores y manufactureros la producción, puesto que la industria utiliza 70% de agua dulce, en ejemplo está el riego y las partes agrícolas, de lo cual reducir la brecha oferta y la demanda, puesto que parte económica, también es un punto central en la triada de esta solución, pues nivelando los precios de un servicio que debería ser gratuito, se podrá incluso llegar a la idea de reducir los desechos y la contaminación, indicando el desarrollo e implementación de mejores políticas y nuevas regulaciones. Sabemos que el estrés hídrico, pone un muro en función de desafíos de contaminación, por lo que los gobiernos deben expandir temas de servicios hídricos limpios y mejores.

No es un secreto, que estamos lejos de la idea de la igualdad de servicios sin importar las limitaciones terrestres o marítimas, el idioma o las costumbres, pero también sabemos que la Agenda 2030 es una oportunidad vital para asegurar el agua potable y apoyar el desarrollo económico en sentido de comunidades públicas y privadas

## 6. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

El propósito del producto se basa en la condensación de la humedad y el aire atmosférico para obtener agua, lo cual se realiza por enfriamiento con la ayuda de celdas peltier y energía solar fotovoltaica, con la finalidad de ver aprovechamiento de energía sostenible y a condiciones climáticas. De esta forma se podría solucionar la falta de agua potable en las zonas periféricas del país, donde no existe infraestructura para transportar y distribuir este recurso.

**Humedad Atmosférica,** debe estar en condiciones, bajo las cuales, las moléculas de vapor de agua se deben encontrar en cada metro cúbico de la atmósfera y constituya aproximadamente el 4% de la mezcla de gases atmosféricos (Wahlgren, 2000). Parte de la materia prima que se debe considerar es el aire atmosférico y sus condiciones, pues se debe determinar el contenido de humedad del aire con la posibilidad de condensación (aire/agua.), el valor de la calidad del aire real en barranquilla es de  $4.192 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se ha calculado en base a las Partículas finas (PM2.5) que es el central contaminante, según estadísticas del ICA en Colombia. La atmósfera contiene  $12.900 \text{ km}^3$  de agua dulce, donde el 98% es del vapor de agua dulce y el otro 2% agua condensada en forma nebulosa, comparable al suministro de agua dulce renovable de la Tierra habitada (Beysens et al, 2000), sin embargo, se debe tener en cuenta la presentación de contaminación que se puede albergar en la atmósfera, que al momento de condensar será parte de los análisis de caracterización del agua. Se debe tener en cuenta la temperatura media diaria en términos de humedad relativa, bajo estaciones climatológicas en el área de Barranquilla, tomado como base la calidad del aire como Moderada.

**Caracterización del Agua,** Una vez obtenida el agua, se debe verificar su calidad, bajo normativa, los parámetros fisicoquímicos a caracterizar son, carbono orgánico, turbidez, hierro, turbiedad, pH, conductividad o salinidad y demanda química de oxígeno, Las normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua consumible establecidas en el presente decreto rigen para todo el territorio nacional la Resolución 2115 de 2007.

## **7. MARCO DE REFERENCIA**

### **7.1 CONDENSACIÓN DE AGUA**

La condensación de aire atmosférico a agua es un proceso característico que ocurre en el ciclo ordinario del agua cuando la temperatura del aire a determinada condición de ambiente ha llegado a condiciones por debajo de temperatura de condensación del agua. La condensación del agua ocurre en menor cantidad dependiendo del contenido de esta en el aire o saturación, La saturación o contenido de humedad de agua en el aire mayor si la zona está rodeada de fuentes de agua como ríos, termales, pozos, zonas tropicales o territorios de lluvias constante. Con mucha humedad en el aire, el agua se puede condensar con mecanismos diseñados por el hombre, ya que la atmósfera contiene 12.900 km<sup>3</sup> de agua dulce, de los cuales el 98 % es vapor de agua y el 2 % agua condensada (nubes), comparable con los recursos renovables de agua líquida dulce de la tierra. (Beysens et al, 2000).

### **7.2 TENSION DE VAPOR**

El aire está conformado por aire seco y cantidades variables de agua, en forma de vapor. La tensión de vapor es la presión ejercida por el vapor de agua contenido en un volumen de aire húmedo. Se expresa en milibares (mb) o hectoPascuales (hPa). (Ideam, 2023).

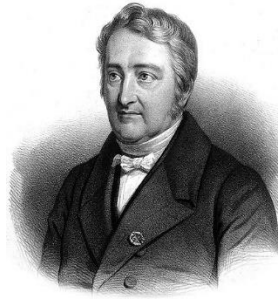
### **7.3 HUMEDAD RELATIVA**

El aire está conformado por aire seco y cantidades variables de agua, en forma de vapor. La humedad relativa describe la cantidad de agua que es transportada por el aire y es importante para determinar el desarrollo de la nubosidad y las lluvias. La atmósfera transporta la humedad en dirección horizontal y en vertical. La Humedad relativa, se expresa en porcentaje: 0% corresponde al aire totalmente seco y 100%, al aire saturado. (Ideam, 2023).

## 7.4 CELDAS PELTIER

En la búsqueda de soluciones para el proceso del cambio de temperatura en ambientes cerrados para crear humedad o convertirlo en un ambiente seco encontramos las celdas peltier que fueron creadas aproximadamente en 1834 por el científico francés Jean Peltier quien desarrollo un estudio a fondo del científico alemán Thomas Seebeck, que se especializo en todo el arco de la termoelectricidad que básicamente descubrió que manteniendo dos alambres por sus extremos hacen tensión que por consecuencia hace el cambio de temperatura en el aire.

*Figura 1: Jean Peltier*



Fuente: (Biografías y Vidas, 2004)

Después de varios años de investigación por parte de varios científicos para dar algún aporte a a desempeño de estas celdas su versión final se empezó a comercializar desde los años 60 en la industria de termoelectricidad.

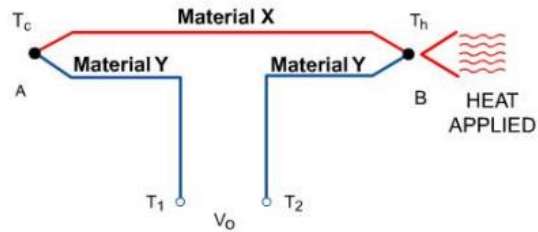
### 7.4.1 Efecto Seebeck.

Es el resultado de la conversión de fórmulas para hablar con términos matemáticos este fenómeno en el cambio de temperatura en el aire:

- Conductores distintos, con puntos de línea de material X y material Y unidos en un circuito abierto

*Figura 2: Circuito efecto Seebeck*

$$V_o = \int_{T_c}^{T_h} \alpha_{XY} \cdot dT$$



Fuente: (FerroTec, 2017)

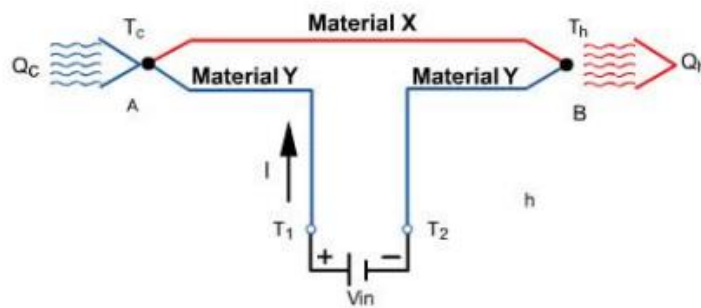
**7.4.2 Efecto Peltier:** Define el proceso como tal en ese momento de cambio por absorción de calor o frío para generar a largo plazo ese cambio de temperatura esperado, por el uso en conjunto de dos materiales de conductores distintos, Su condición de operación es:

- Un conductor no homogéneo por el que circula una intensidad de corriente  $I$  generada por

$$q_p = -I \cdot T(\alpha_X - \alpha_Y)$$

la aplicación de una tensión  $V_{in}$ .

*Figura 3: Circuito efecto Peltier*

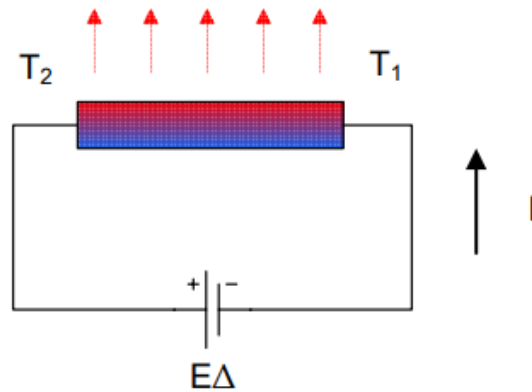


Fuente: (FerroTec, 2017)

**7.4.3 Efecto Thomson:** Esta teoría se refiere a la cesión de calor que pasa después de que circula una corriente eléctrica a lo largo de un conductor no homogéneo sometido de esquina a esquina a temperaturas diferentes, pero a la vez este es reversible dependiendo del flujo de calor que entre

por uno u otro sentido.

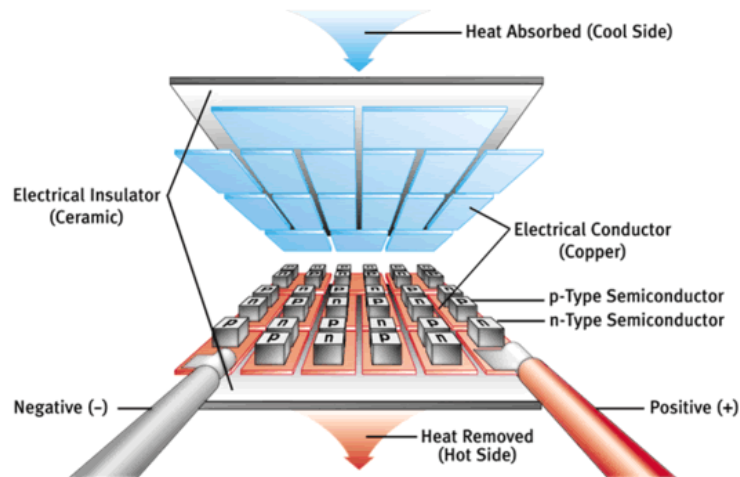
*Figura 4: Esquema del efecto Thomson*



Fuente: (FerroTec, 2017)

**7.4.4 Módulos existentes y su funcionamiento:** Existen dos tipos de módulos o elementos en el mercado: Celdas de efecto Peltier que se utilizan para refrigeración o calefacción y los módulos de efecto Seebeck para la generación de energía. Las celdas Peltier se están convirtiendo en las más utilizadas a medida que los costos caen y las aplicaciones del mercado de consumo aumentan día a día. Los paneles de efecto Seebeck son los más caros. Los módulos termoeléctricos disponibles en el mercado consisten en una combinación de varios pares de semiconductores de tipo p (vacante) y tipo n (carga libre), conectados térmicamente en paralelo y eléctricamente en serie, lo que aumentará la tensión eléctrica de funcionamiento del módulo. Los buenos conductores, como el cobre y los semiconductores, se unen mediante soldaduras de materiales de bajo punto de fusión para no dañar el termopar durante el proceso de soldadura. Estos puentes eléctricos deben estar aislados eléctricamente de lo que se está enfriando para evitar cortocircuitos. Sin embargo, este material aislante eléctrico debe ser un buen conductor de calor para minimizar los saltos térmicos entre el termopar y el objeto. Así es como funcionan estos elementos termoeléctricos: Cuando se aplica calor a la soldadura que une un par de semiconductores, manteniendo un extremo caliente y el otro frío, se genera una fuerza electromotriz que produce electricidad.

*Figura 5: Estructura interior celda Peltier*



Fuente: (Profesionalreview, 2018)

## 7.5 ENERGÍAS.

El gasto de energía en el mundo es una necesidad para la cotidianidad de las comunidades y sociedades, sin embargo, este recurso y su mala explotación es la causa del deterioro del medio ambiente. El desarrollo de la industria a lo largo de la historia a requerido un gasto de energía mucho mayor, haciendo énfasis en aquellos países primermundistas o desarrollados que han explotados los procesos de manufactura a tal punto de necesitar explotar cada vez el recurso energético. Un análisis realizado por Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 1990). Este estudio expuso que para los años 90 los países pobres o sub-desarrollados utilizaban 330Kg de petróleo al año, Sin embargo, los países industrializados ocupaban 4867 Kg. (informe mundial PNUMA, 1990).

La necesidad del recurso energético va a seguir aumentando debido al desarrollo tecnológico y avance de los diferentes sectores de la economía y sus alcances a nivel global. No obstante, esto no quiere decir que el gasto de energía deba incurrir en la explotación masiva de los recursos no renovables (petróleo y derivados), cuando se puede tener en cuenta principalmente que la energía no se crea ni se destruye, siempre está presente y se puede manifestar por medio de

recursos ilimitados o de una durabilidad de miles de millones de años que además no producen emisiones que afecten los ecosistemas.

**7.5.1 energías renovables:** la energía se manifiesta en cualquier lugar y se puede extraer de diferentes formas por medio del movimiento o el calor y esto se puede producir de manera natural o por medio manipulaciones auxiliares que efectúen una transformación de energía, algunas de las maneras más aplicadas en la cotidianidad para la obtención del recurso de energía se muestran en la *tabla 1*.

MOVIMIENTO	CALOR
HIDRAULICA	SOLAR TERMICA
EÓLICA	SOLAR FOTOVOLTAICA
OLAS	BIOMASA
MAREAS	GEOTÉRMICA
	RESIDUOS SOLIDOS URBANOS (RSU)

*Tabla 1. Maneras de obtención de energía por medio a factores principales como es el movimiento y el calor*

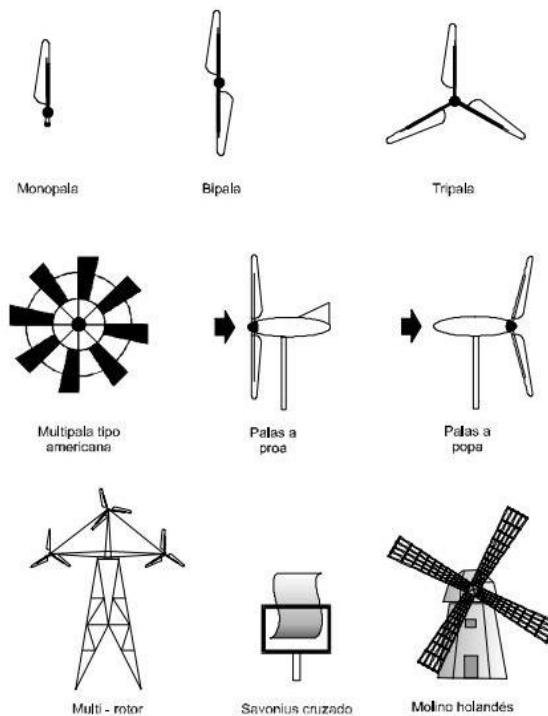
El uso de energía es necesario para el desarrollo de la humanidad, pero también es necesario saberlo utilizar para mantener el ciclo natural, por esta razón las energías renovables son la innovación y la proyección de los diferentes procesos que requieren electricidad porque su transformación es por medio de los recursos presentes en la cotidianidad como es el viento (energía eólica) o la radiación solar (energía fotovoltaica) en algunos periodos del día, siendo estos las principales opciones a explorar.

**7.5.2 La energía eólica:** Este tipo de energía proviene de la energía cinética generada por viento que a su vez se puede transformar en energía mecánica. Para captar la energía eólica se realiza mediante el choque del viento en superficies que generen un impulso sobre ellas, por ejemplo, en la actualidad vemos las turbinas eólicas, aquellas que reciben la acción del viento sobre las palas, provocan que gire el rotor. Este principio surge de que

el viento produce una diferencia de presiones originando una fuerza resultante o fuerza de sustentación (S) de dirección paralela al viento y la fuerza de arrastre (A). La suma de estas fuerzas favorece a la circulación del aire sobre las palas, es decir, favorecen al movimiento del rotor y transformación de energía.

La transformación de esta energía se puede realizar por medio de dos tipos de molinos o turbinas eólicas, los molinos de eje horizontal y los de eje vertical, en este estudio se hace énfasis en aquellos que han permitido la mayor eficiencia de conversión.

*Figura 6: Tipos de Molinos*

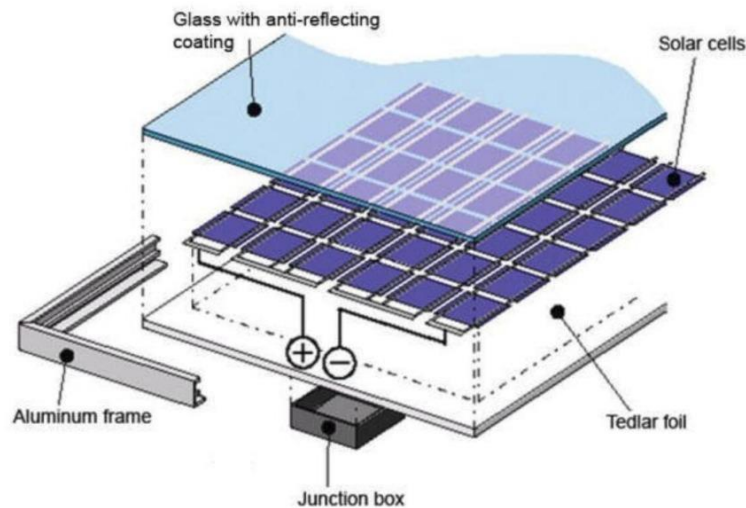


*Fuente: Energía Eólica, 2003*

**7.5.3 La energía solar fotovoltaica:** El sol es un recurso que además de ser renovable es uno que ofrece una generación de energía por medio del calor que produce como de la radiación solar que presenta. Esta última es dada por la relación entre tamaño y distancia que se tiene entre la tierra y el sol, Además es un recurso que se denomina como constante en su representación en el día a día y que se puede considerar como una constante de irradiancia solar  $B_0 = 1367 \text{ W/m}^2$  (*Organización Meteorológica Mundial*).

Esta constante irradiancia que emite el sol transporta fotones, aquellas partículas mínimas de luminosidad que llegan a la superficie terrestre y se absorben. Hoy en día con el desarrollo de la tecnología se presentan las celdas fotovoltaicas o paneles solares que reciben estos fotones y debida a la diferencia de potencial que generan placas que conforman las celdas fotovoltaicas se realiza una transformación directa de energía luminosa a energía eléctrica aprovechable. Un panel solar se conforma:

*Figura 7: Estructura panel solar*



Fuente: Implementos que posee una celda solar.

## 8. ANALISIS DE RESTRICCIONES

### 8.1 AMBIENTALES

Debido al suministro de energía que se requiere para alimentar las celdas peltier se requiere del uso de subestaciones de energía interconectadas la red de energía nacional que en caso de presentarse a gran escala puede presentar el uso de transformadores e instrumentaciones eléctricas y del recurso eléctrico en sí, ya que se realiza la especificación del uso de energías alternativas, se cumplirá debidamente con la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la ciudad. Sin embargo, el uso

de implementos eléctricos de alta tensión y que requieren un mantenimiento periódico y preventivo pueden afectar al medio ambiente con respecto a la fauna y la flora que pueden ser prioridades de la localidad o que se genere un incendio de impacto gradual que afecte negativamente a la fauna de la ciudad o sus alrededores.

Además, el uso de las celdas peltier es para la refrigeración del aire para facilitar la formación de los núcleos de agua para recolectarla por medio del aire y las mallas recolectoras lo cual puede afectar a las condiciones de velocidad del viento o intervenga a la fauna y flora que se presente en la zona en su crecimiento o presencia cotidiana.

## **8.2 ECONOMICOS**

La implementación de un sistema que condense el agua o medio de energías renovables requiere de varios implementos tanto eléctricos como de mecanismos que impulsen el viento y lo dirijan hacia la malla recolectora, en la parte económica se encuentran la mayor parte de impedimentos ya que la inversión provendría en la parte energética de una planta de energía que esté dispuesta a suministrar la Energía Disponible Adicional (EDA).

Adicionalmente por la parte de los implementos electrónicos y eléctricos necesarios sería bajo el permiso de conexión gubernamental y de las entidades relacionadas con este tema que serían la UPME y la CREG, además de entidades dispuestas a invertir en las celdas peltier ya que los temas de mantenimiento se pueden desarrollar por entidades educativas que deseen hacer parte del proyecto y trabajar en pro de una generación de valor compartido empresarial.

## **8.3 LEGALES**

Debido al uso de energías alternativas se requieren de los permisos de conexión a la red emitidos por la UPME y que se rigen bajo las leyes 142 y 143 de 1994 y las normas expedidas por la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) como es la LEY 1715 DE 2014. (mayo 13). Por medio de la cual se regula la integración de las

energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Por otra parte, se requiere el cumplimiento de las leyes presentadas y publicadas por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible colombiano, tales como Ley 1972 de 2019 (Julio 18 de 2019) "Por medio de la cual se establece la protección de los derechos a la salud y el medio ambiente sano estableciendo medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles y se dictan otras disposiciones." Y la Ley 2111 de 2021 (Julio 29 de 2021), "Por medio del cual se sustituye el título XI "de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente" de la ley 599 de 2000, se modifica la ley 906 de 2004 y se dictan otras disposiciones".

#### **8.4 SALUD Y SEGURIDAD**

Debido a los requerimientos de instrumentación se pueden ocasionar afectaciones a la salud debido a que un transformador, inversor o implemento que requiere o presente alta tensión de energía genera ruido que puede ocasionar estrés, irritabilidad e hipertensión arterial promoviendo a la pérdida gradual del oído y la escucha.

Por otra parte, en la formación de los núcleos de agua pues se requiere un enfriamiento del aire que puede afectar a la salud debido al cambio de las condiciones o bajas de temperatura provocadas por los impulsores de aire que direccionaran el viento a las mallas de recolección.

#### **8.5 SOCIOCULTURALES**

Teniendo en cuenta las comunidades que se desea impactar vive gente de escasos recursos. Además, poseen un panorama contexto y periodo histórico cultural diferente, ya que pueden denominar por su cultura que la obtención de los recursos naturales como la luz y el agua son de manera espontánea y sin intervención ingenieril, científica o de cualquier ciencia o tecnología que intervenga en estos procesos.

## 9. METODOLOGIA

Los datos adquiridos fueron de acuerdo con pruebas realizadas en la ciudad de Bogotá., tanto experimentales como teóricos.

### 9.1 CARATERIZACION DE GRADO DE HUMEDAD (Higrometría)

A partir de los boletines del IDEAM (2023) la temperatura media mensual para el mes de marzo, fecha en las que se iniciaron las pruebas en Bogotá, varía entre los 12 y 16°C para la zona urbana, con una media máxima anual del año 2022, de los 20°C, y una media mínima alrededor de los 8°C (IDEAM, 2022). La humedad relativa media anual, oscila entre 80 a 85%, y una evaporación anual de 900 - 1100 mm, para el año 2022.

Estos datos de humedad y temperatura representan un aspecto de normalidad frente a la situación de clima en la ciudad pues los valores se encuentran dentro de los parámetros para inferir que a una disminución de temperatura se evidencia el aumento de humedad relativa y por ende un aumento de masa de agua en el aire atmosférico, lo cual puede presentarse por diferentes situaciones o fenómenos climatológicos del país, como por ejemplo el fenómeno del Niño, donde el aumento de aire atmosférico está dentro del punto de rocío y de burbuja.

### 9.2 MODELADO PROTOTIPO

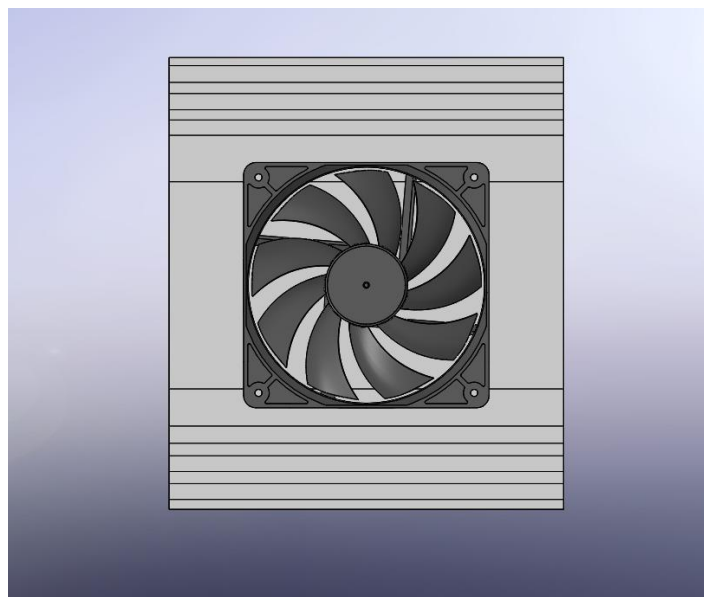
Para las referencias de modelado se determinaron a partir de las variables del modelo delta AFB0712HHD de disipador, con las siguientes especificaciones de trabajo para los ensayos y pruebas.

*Figura 8. Dimensiones Ventilador (turbina).*

ITEM	DESCRIPTION
RATED VOLTAGE	12 VDC
OPERATION VOLTAGE	5.0 - 13.8 VDC
START VOLTAGE (ENVIRONMENT TEMPERATURE 25°C)	≤ 5.0 VDC
INPUT CURRENT	0.25 (MAX. 0.30) A
INPUT POWER	3.00 (MAX. 3.60) W
SPEED	4400 R.P.M. REF.
MAX. AIR FLOW (AT ZERO STATIC PRESSURE)	1.145 (MIN. 1.031 ) M <sup>3</sup> /MIN. 40.43 (MIN. 36.41 ) CFM
MAX. AIR PRESSURE (AT ZERO AIRFLOW)	5.64 (MIN. 4.57 ) mmH <sub>2</sub> O 0.222 (MIN. 0.180 ) inchH <sub>2</sub> O
ACOUSTICAL NOISE (AVG.)	40.5 dBA ( 44.5 MAX)
INSULATION TYPE	UL: CLASS A

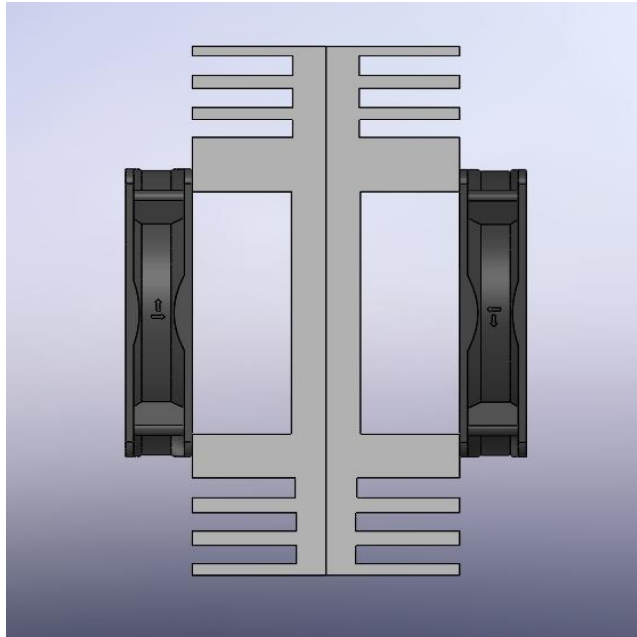
Fuente (Delta Electronics. inc, 2020)

*Figura 9. Detalle 3D del módulo Disipador de Aluminio y Ventilador (turbina) frontal.*



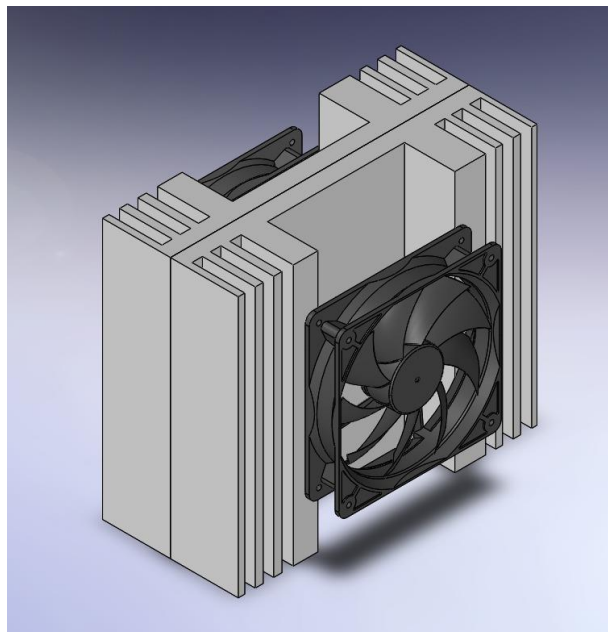
Fuente: Propia

*Figura 10. Detalle 3D del módulo Disipador de Aluminio y Ventilador (turbina) lateral.*



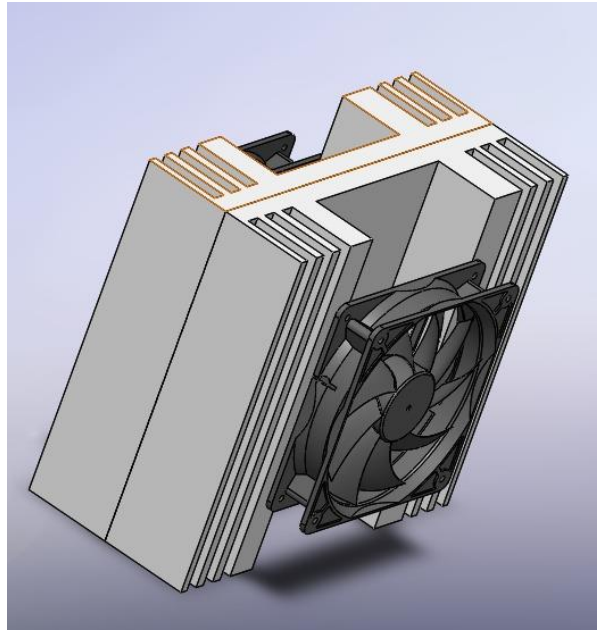
Fuente: Propia

*Figura 11. Detalle 3D del módulo Disipador de Aluminio y Ventilador (turbina) lateral superior.*



Fuente: Propia

*Figura 12. Detalle 3D del módulo Disipador de Aluminio y Ventilador (turbina) lateral derecha.*



Fuente: Propia

### 9.3 OBTENCIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA (ensayos)

Durante los primeros ensayos se determina un registro de temperatura de la celda peltier cada 10 minutos, con el fin de analizar el rendimiento en escalas de tiempo. En los primeros 5 minutos de funcionamiento la celda registro su valor mínimo entre los  $-3,5$  y los  $-6,5^{\circ}\text{C}$ , este registro continuo en un crecimiento exponencial hasta llegar a una temperatura de  $0,0$  donde descendió de nuevo a su valor mínimo de inicio, con pequeñas oscilaciones en 40 minutos de prueba, mostrando un comportamiento estable con fluctuaciones entre los  $-2,0$  y los  $1,0^{\circ}\text{C}$  hasta concluir. Los cambios de temperatura se pueden razonar frente al gradiente de las dos caras de la celda peltier y a la eficiencia del disipador. en la figura 13 se puede observar el ingreso de aire por la turbina y como este llega al disipador, el cual se encuentra a temperatura ambiente, con la finalidad para disipar el calor.

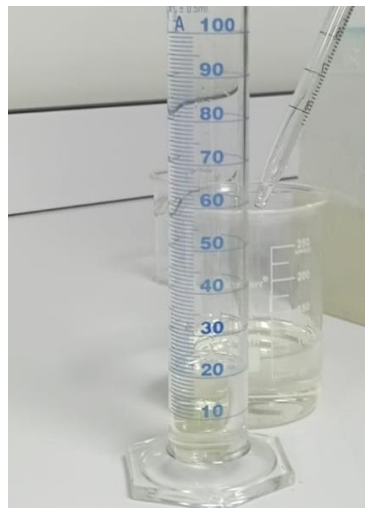
*Figura 13: Ingreso flujo de aire por turbina*



Fuente: propia

Para la recolección de agua se hizo por malla, donde se evidencio una eficiencia de 0,020 ml/min, obteniendo aproximadamente 0.5 ml durante todo el ensayo desde el punto en que se evidencio la presencia de agua. La figura 14, nos muestra la recolección del agua.

***Figura 14: almacenamiento de agua***



Fuente: propia

La obtención de agua, como se puede observar en la figura 15 se pudo realizar aproximadamente

en 5 secciones de laboratorio hasta obtener un volumen considerable de 15 ml aproximadamente.

*Figura 15: almacenamiento total de agua*



Fuente: propia

## 9.4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

La Tabla 2 representa los resultados de análisis del agua obtenida, comparada también con los que se pueden evidenciar la Resolución 2115 del 2017, que reglamenta la calidad de agua para consumo humano, y su cumplimiento o incumplimiento respecto a estos valores de referencia.

PARÁMETRO	RESULTADO	RESOLUCIÓN 2115 DEL 2017
Ph	7,04	6,5 – 9,0
Conductividad (us/cm)	37,85	1000
Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	1830,00	200
Cloruros (Cl-/L)	9.32	250
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	710	300

*Tabla 2. los análisis de calidad del agua*

**9.4.1 determinación de pH:** Para la determinación de pH de la muestra, se utilizó un

potenciómetro previamente calibrado, este potenciómetro contaba con un electrodo y un conductivímetro, el cual determinaba a su vez la conductividad del analito. El método consiste en sumergir el electrodo en la muestra y se espera a que este se estabilice, puesto que el electrodo trabaja bajo un potencial conocido y verificado.

*Figura 16. Medición del pH por potenciometría*



Fuente: propia

**9.4.2 determinación de alcalinidad:** La determinación de alcalinidad se hizo a partir del procedimiento registrado en el libro METODOS NORMALIZADOS PARA AGUAS, (Díaz, S. 1992) donde la determinación se hace mediante la preparación de las soluciones de ácido y base necesarias para la titulación. El ácido más comúnmente utilizado es el ácido clorhídrico (HCl), y la base utilizada para la titulación es una solución de hidróxido de sodio (NaOH) de concentración conocida, el indicador es la Fenolftaleína. Se añade gradualmente el ácido (HCl) a la muestra de agua mientras se registra el pH. A medida que se añade el ácido, el pH disminuirá.

Se continúa añadiendo el ácido hasta que se alcance un punto de inflexión en el pH, que indica que se ha neutralizado la alcalinidad presente en el agua., lo que indica un viraje a verde para culminar la titulación como se observa en la figura 17. se calcula la alcalinidad del agua en

términos de concentración de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) equivalente.

*Figura 17. Medición de alcalinidad*



Fuente: propia

**9.4.2 determinación de cloruros:** La determinación de cloruros se hizo a partir del procedimiento registrado en el libro METODOS NORMALIZADOS PARA AGUAS, (Díaz, S. 1992). La determinación de cloruros mediante volumetría se basa en la reacción de los cloruros presentes en la muestra con una solución estándar de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ). La titulación se realiza hasta que se alcanza el punto final de la reacción, que se detecta mediante un indicador Metil-naranja

se añade gradualmente la solución de  $\text{AgNO}_3$  a la muestra mientras se agita suavemente. La adición de  $\text{AgNO}_3$  produce la formación de un precipitado blanco de cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ). A medida que se añade más  $\text{AgNO}_3$ , el precipitado se forma y luego se disuelve a medida que los cloruros se consumen formando un precipitado rojo, equivalente al punto final, según se observa en la figura 18. El Cálculo de los cloruros se hace utilizando la concentración conocida de la solución de  $\text{AgNO}_3$  y el volumen utilizado en la titulación, como iones de  $\text{Cl}$ .

*Figura 18. Medición de alcalinidad*



Fuente: propia

**9.4.3 determinación de dureza:** La determinación de cloruros se hizo a partir del procedimiento registrado en el libro METODOS NORMALIZADOS PARA AGUAS, (Díaz, S. 1992). La determinación de la dureza cálcica en el agua se puede realizar mediante un análisis químico que cuantifica la concentración de iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) presentes en la muestra de agua, usando titulación con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), el indicador en este caso es el negro de eriocromo T (EBT) o el negro de eriocromo negro T (EBNT).

En la titulación se añade la solución de EDTA gota a gota a la muestra mientras se agita suavemente. El EDTA se une a los iones de calcio, formando un complejo soluble en agua. Donde el punto final que se detecta por un cambio de color en el indicador de rosado a azul como se puede observar en la figura 19. Este cambio de color indica que se ha completado la reacción de los iones de calcio con el EDTA. El cálculo se hace a partir de la concentración conocida de la solución de EDTA y el volumen utilizado en la titulación, se calcula la concentración de iones de calcio y se expresa en términos de dureza cálcica en unidades de ppm (partes por millón) de

carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) equivalente.

*Figura 19. Medición de alcalinidad*



Fuente: propia

## **10. SOLUCION DESDE LA RAMA DE INGENIRIA**

Para el desarrollo del proyecto se basa en la ejecución de sistemas y su aplicación en diferentes zonas del planeta, cuyo factor es la selección de los recursos y tecnología propios del entorno y la manera en que estos pueden presentar una generación de energía solar fotovoltaica para la obtención de agua en las diferentes zonas del país.

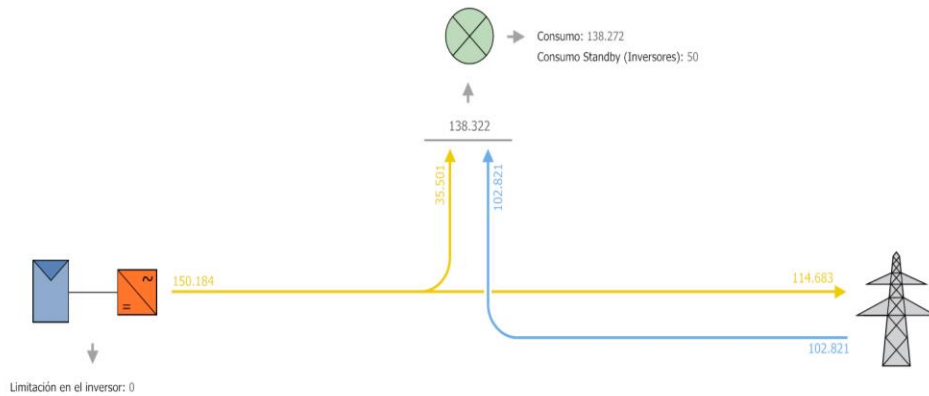
**10.1 generación de energía solar fotovoltaica: Para este proyecto se ha desarrollado un estudio de simulación con datos meteorológicos de líneas de tiempo anteriores, el desarrollo de esta simulación se realiza mediante software de PVSOL, que contempla la generación de energía y el consumo requerido para el sistema de ventiladores para condensar agua, además, se realizará inyección de la energía excedente del proyecto.**

Para el retorno de la inversión según tarifas colombianas, según el EPI con un porcentaje de 12,82% de la devaluación anual de la moneda en el tiempo, se estima un retorno de

cinco años con un proyecto solar que posea sistemas tracker de dos ejes y doscientos módulos fotovoltaicos. El diagrama de suministros y flujo del sistema se muestra a continuación. Figura 21.

**Figura 20. Gráfico flujo de energía según simulación PVSOL**

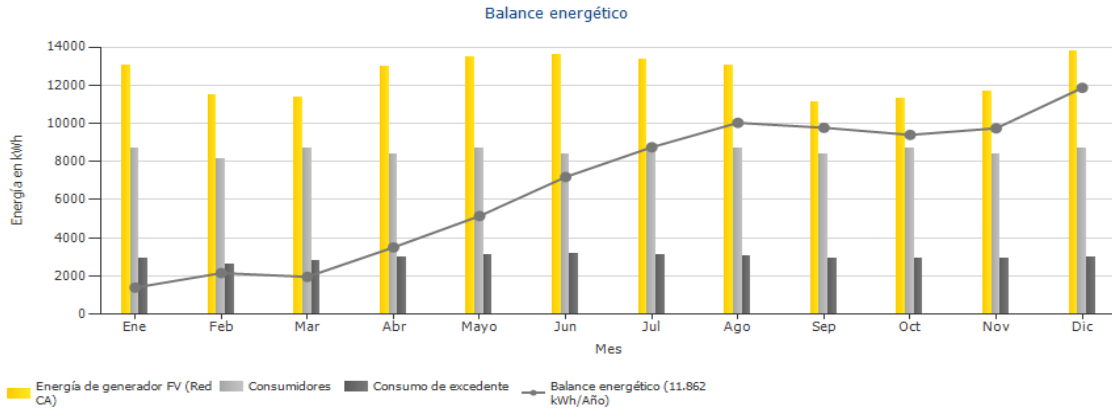
Gráfico de flujo de energía  
 Proyecto: PVF CONCEN BOGOTÁ



**Fuente: Propio**

Podemos evidenciar que el proyecto cumplirá con el 100 por ciento de la demanda, inyectando un excedente a la red del SIN que en si dará un retorno en un periodo estimado de 9 – 10 años. Además, se muestra a continuación la actividad de generación del sistema fotovoltaico con respecto al consumo y los excedentes que bien son una estimación, pero pueden ser una cantidad que se le puede dar a la red de igual manera, esto se evidencia en el siguiente gráfico, figura 21, del balance energético de la planta.

**Figura 21. Balance Energético**

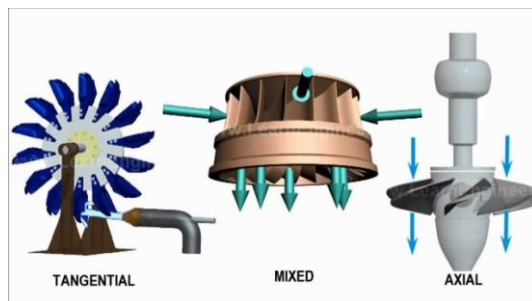


**Fuente: PROPIO**

Finalmente, se puede evaluar una generación del proyecto solar, que supera el consumo y aun así puede suministrar excedentes a la red. Para mayores detalles de la simulación visualizar el ANEXO 1 en la parte final del presente documento.

**10.2 sistema hidráulico o ventilador:** Para el sistema hidráulico o ventilador, se toma como referencia algunos modelos de turbinas ya existentes, cuyas ventajas seas la eficiencia frente en caudales de vientos fuertes., adoptando el modelo turbina FRANCIS o MIXED. La clasificación de turbinas hidráulicas se aprecia en la figura 22. La aplicación de turbina FRANCIS o ventilador en sentido de flujo axial, permite que la transferencia de aire sea más rápida desde la placa hacia el aire y que elimine el calor generado en las placas del disipador. También se recomienda que el material del disipador sea de un material de conductividad resistente, aluminio en este caso.

*Figura 22: Turbina Francis*



Fuente: (TECNOLOGÍA, 2016)

## 11. ANALISIS DE COSTOS

### 11.1 COSTOS

Teniendo en cuenta que el sistema de condensación de este proyecto está pensado en un prototipo pues así mismo se manejarán los recursos tales como los costos de material y costos de ingeniería.

#### 11.1.1 COSTOS PRIMARIOS

En la **Tabla 3** se encuentran los costos de ingeniería que tienen que ver con el talento humano para la realización de este proyecto, en horas y costo por hora del trabajo.

Trabajo humano	Cantidad de personas	Horas (Individual)	Precio (Hora)	Valor Total
<b>Ingenieros (Diferentes ramas)</b>	3	795	12,000	\$28,620,000
Total, trabajo				<b>\$28,620,000</b>

*Tabla 3. Costos de ingeniería.*

#### 11.1.2 COSTOS DIRECTOS Y DE MATERIALES A MODELO ESCALA

En la **Tabla 4** se presentan todos los costos de materiales requeridos para este proyecto que son necesarios en el proceso de condensación del aire para la obtención de agua esta parte del país es importante resaltar que estos valores también son los directos del proyecto ya que se tienen que comprar una sola vez, los valores están en pesos colombianos a valores de 24/05/2023

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>Módulo FV</b>	Solar Holdings JA	200	\$ 492,810	\$98,562,000
<b>Inversores</b>	Huawei Technologies	2	\$20,641,791	\$41,283,582
<b>Batería</b>	SPH 10000TL3	4	\$ 7.955.817	\$ 31.823.268
<b>Contador de inyección</b>	JDM11-6/5	1	\$ 1.116.500	\$ 1,116.500
<b>Contador reversible</b>	LA8N-BF	1	\$ 1.324,000	\$ 1,324,000
<b>Protección de la red y el sistema</b>	LA8N-BF	1	\$ 800,000	\$ 800,000
<b>Protección contra sobretensiones con conexión a tierra</b>	A9L16482 SCHNEIDER ELECTRIC	6	\$ 1.080,160	\$6,480,960
<b>Celda peltier</b>	TEC1-12706	200	\$ 18,130	\$3,626,000
<b>Disyuntor</b>	ZGQ5-100/4P	4	\$ 183,640	\$ 734,560
<b>TOTAL, DE COSTOS</b>				<b>\$185,750,870</b>

*Tabla 4. Costos de materiales.*

### 11.1.3 COSTOS FIJOS

Mantenimiento O&M	Se hacen mantenimiento	\$3.000.000
-------------------	------------------------	-------------

	preventivo y limpieza a los ventiladores y se revisa caga de baterías	
Bodegaje	Bodega en arriendo para guardar los insumos	\$300.000
Logística	Contrato con empresa de logística para la descarga y carga de insumos	\$10.400.000
<b>Costo total:</b>		<b>\$13,700,000</b>

## 12. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

En el desarrollo de un proyecto la vida útil de los implementos pues es limitada, por ende, es necesario tener en cuenta las medidas necesarias para la recirculación de los instrumentos como son los paneles solares, las placas peltier y los materiales utilizados en la fabricación de protectores, cableado y demás elementos del sistema.

Teniendo en cuenta esto es necesario la aplicación práctica de la economía circular y el Creadle To Creadle (C2C) que se implementa con la ideología que devolver a sus estados iniciales o recircular en un gran porcentaje las materias primas recolectadas y utilizadas para el desarrollo tecnológico e industrial del día a día. Entonces, tomando principalmente el impacto que pueden generar los módulos fotovoltaicos ya que están contruidos con vidrio, placas metálicas, plásticos, entre otros, estos deben desmantelarse de tal manera que permitan aprovechar sus componentes bien sea para la producción de nuevos módulos o de otros productos que los requieran.

Por otra parte, los implementos tecnológicos de cableado que presentan conductores como el cobre pueden ser aprovechados nuevamente ya que se pueden someter a Prefabricación del material con el fin de pulir nuevamente sus características. Finalmente, el impacto en el tiempo

de vida útil del proyecto es mayor con respecto a los impactos negativos que se podrían presentar, un ejemplo es la estimación de reducción de 17 toneladas de CO<sub>2</sub> por año evitada con el desarrollo de un proyecto solar que alimenta el sistema de condensación.

### 13. CONCLUSIONES

- Se realiza un prototipo que condense agua a pequeña escala, esto permitió estimar el el gasto energético para la aplicación real y a gran escala del proyecto y la cantidad de agua que se puede condensar.
- Se aplico una simulación por medio del software PVSOL, este permite evaluar los promedios de mediciones de variables meteorológicas del sitio de interés con el fin de determinar la cantidad de energía a suplir para el buen funcionamiento del sistema y para contribuir al retorno de la inversión. Además de facilitar un análisis para escalar la cantidad de agua producida por el sistema de condensación.
- Se desarrolla y se pone en funcionamiento el modelo escala para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.
- La evaluación económica del proyecto presenta un plan de retorno de la inversión en un total de 9 años teniendo en cuenta las tarifas del mercado energético y el porcentaje de devaluación de la moneda anualmente. Sin embargo, el proyecto presenta altos índices de viabilidad solo en la parte energética ya que la cantidad de agua generada es baja con respecto al consumo de energía necesario para el funcionamiento del sistema de condensación.
- La implementación de este proyecto debe ser regido por las normativas 1715 de 2014, ley

que rige las energías renovables en Colombia, CREG 025 de 1994 la cual expone el Reglamento de operación para permitir la conexión de plantas solares y eólicas al SIN (sistema interconectado nacional) y la CREG 060 de 2019 que presenta las modificaciones y adiciones transitorias para la CREG 025 de 1994. Debido a su implementación de energías alternativas, sin embargo. No se logra estipular la hoja de desarrollo debido a la baja producción de agua que se obtiene.

## **ANEXOS**

### **1. SIMULACION ARCHIVO .PDF**

[https://drive.google.com/file/d/1D-UAjuw5wbf2RYiua3V7qDI1PoxLWng2/view?usp=drive link](https://drive.google.com/file/d/1D-UAjuw5wbf2RYiua3V7qDI1PoxLWng2/view?usp=drive_link)

### **2. SIMULACION ARCHIVO PVPRJ**

[https://drive.google.com/file/d/1CyVZnph6b731yccmenDgxb61ppGO8xRP/view?usp=drive link](https://drive.google.com/file/d/1CyVZnph6b731yccmenDgxb61ppGO8xRP/view?usp=drive_link)

### **3. ARCHIVO DE REGISTROS ESTIMADOS POR SIMULACIÓN – FRECUENCIA MINUTAL CVS**

## LISTA DE REFERENCIAS

1. Agencia EFE (2021) La escasez de agua amenaza a Latinoamérica (elheraldo.co) [internet] 23 de marzo
2. González, H. (2021) Escasez de agua en Colombia | EL ESPECTADOR, “*estrés hídrico del agua en Colombia*” [internet] 28 de octubre.
3. Rivas, J. 2023. Estrés hídrico: Definición, causas, consecuencias y más (infomontevideo.com) “causas del estrés hídrico mundial”
4. Wahlgren, R. (2000). *Atmospheric water vapour processor designs for potable water production: a review*. Pergamon. Canadá
5. Beysens, D. & Milimouk, I. (2000). The case for alternative fresh water sources
6. Peñuela, A. F (2017). *evaluación de la viabilidad técnica de la captación de agua atmosférica por congelamiento empleando celdas peltier*: Seminario de investigación no publicado. Universidad Sergio arboleda, Bogotá, Colombia
7. Moragues, J., & Rapallini, A. (2003). *Energía eólica*. Buenos Aires: Instituto Argentino de la Energía General Mosconi.

8. Blanco, N., Salazar, O., & Salazar, E. (2009). Modelo de administración de proyectos de electrificación rural en Nicaragua incluyendo la generación en sistemas aislados. *Nexo revista científica*, 22(1), 10-14.
9. Delgado, J. R., Monge, S. B., & Farrerons, J. B. (2011). Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable. *Memorias de las XVII Jornadas de Conferencias de Ingeniería Electrónica*, Universidad Politécnica de Cataluña, Terrassa, España. 2s
10. García, M. C., Piñeros Botero, A., Bernal Quiroga, F. A., & Ardila Robles, E. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de Ingeniería*, (36), 60-64.
11. Escobar, Y. C. (2011). Efectos de la variabilidad climática (vc) y el cambio climático (cc) en los recursos hídricos de Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 5(9), 33-61.
12. Posso, F. (2002). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: Sistema energético basado en energías alternativas. *Geoenseñanza*, 7(1-2), 54-73.
13. Cabello Quiñones, A. M. (2006). Energías Alternativas: Solución para el desarrollo sustentable.
14. Cruz-Ardila, J. C., Cardona-Gómez, J. C., & Hernández-Porras, D. M. (2013). Aplicación electrónica para el ahorro de energía eléctrica utilizando una energía alternativa. *Entramado*, 9(2), 234-248.
15. ORTIZ MOTTA, D. C., SABOGAL AGUILAR, J. A. V. I. E. R., & HURTADO AGUIRRE, E. N. R. I. Q. U. E. (2012). Una revisión a la reglamentación e incentivos de las energías renovables en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 20(2), 55-67.
16. Tecnología, Á. (2016). Area Tecnología. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinashidraulicas.html>
17. González, J. F. B., Sepúlveda, A. L., & Aponte, K. T. (2014). Zonas no interconectadas eléctricamente en Colombia: problemas y perspectiva. Universidad Nacional de Colombia-FCE-CID.

18. Fernández, Tomás y Tamaro, Elena. «Biografía de Jean Charles Peltier». En *Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea* [Internet]. Barcelona, España, 2004.
19. Díaz, S. (1992). *Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales (APHA-AWWA-WPCF)*.
20. Ideam (2017). *El Medio Ambiente en Colombia*. Bogotá, Colombia: Autor. Ideam (2023).
21. Delta Electronics, inc (2020). *Ficha técnica de ventiladores AFBO712HD*
22. IDEAM- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2023). *Cambio climático - Cifras y estadísticas ambientales*.
23. INAMBIENTE. (2021). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Departamento Nacional de Planeación. Colombia.