

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO  
CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**ANÁLISIS DE UN ENFRIADOR PARA PANELES SOLARES POR MEDIO DE  
REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN DE CALOR EN LA ZONA SUR DE  
HONDURAS**

**SUSTENTADO POR**

**MOISÉS SABILLÓN ZELAYA, 31711016**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**MARZO, 2022**

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ**

**DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**MARZO, 2022**

**ANÁLISIS DE UN ENFRIADOR PARA PANELES SOLARES POR MEDIO  
DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN DE CALOR EN LA ZONA SUR  
DE HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS**

**EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**ASESOR:**

**KARIO ALEXANDRO VILAFRANCA REYES**

**TERNA EXAMINADORA:**

**ING. ELMER HERNÁN CRUZ ÁVILA (COORDINADOR)  
ING. DARIN RUBY ARGUETA MURILLO**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**MARZO, 2022**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se centra en analizar un sistema de refrigeración por absorción de calor para paneles solares delimitados a la zona sur de Honduras, donde estaremos viendo los principales daños que causa el excedente de calor en los sistemas de generación de energía por paneles solares, pérdidas en la eficiencia de los paneles solares a causa del calor, así como el funcionamiento de un sistema de refrigeración, tipos de conductividad térmica en los materiales. Esta forma de generación de energía por medio de Paneles solares es relativamente nueva en Honduras por lo que es difícil encontrar información para sistemas de climatización o enfriamiento a estos montajes, con ayuda de expertos en producción de energía eléctrica por paneles solares determinamos los beneficios que un sistema de refrigeración nos aportaría a una planta solar.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Definición del Problema.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Preguntas de investigación .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Hipótesis y variables de investigación .....</b>	<b>8</b>
2.4.1 Variables de Investigación.....	8
2.4.2 Hipótesis.....	9
<b>2.5 Justificación .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO III. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Objetivo general .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Refrigeración por absorción de Calor .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Historia de la Refrigeración .....</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Tipo de Paneles Solares.....</b>	<b>14</b>
4.3.1 Paneles Solares Monocristalinos.....	14
4.3.2 Paneles Solares Policristalinos .....	15
4.3.3 Paneles Solares Amorfos.....	16
<b>4.4 Efecto de la temperatura al rendimiento de las placas solares .....</b>	<b>17</b>
4.4.1 Pérdida de rendimiento de los paneles solares por calor.....	17
4.4.2 Máxima eficiencia y rendimiento de las placas solares .....	19
<b>4.5 Conductividad del Calor.....</b>	<b>20</b>
4.5.1 Métodos de conducción térmica .....	21
4.5.2 Unidad de Medida.....	21
4.5.3 Ejemplo de Conductividad Térmica.....	22
<b>4.6 Propiedades de Refrigerante y Absorbente .....</b>	<b>23</b>
4.6.1 Refrigerante.....	24
4.6.2 Absorbente.....	25
<b>4.7 Funcionamiento del ciclo de absorción de simple efecto con bromuro de litio y agua .....</b>	<b>26</b>
<b>4.8 Componentes del ciclo de absorción .....</b>	<b>29</b>
4.8.1 Absorbedor.....	29

4.8.2	Bomba de la solución .....	29
4.8.3	Generador .....	29
4.8.4	Condensador .....	29
4.8.5	Válvula de expansión.....	30
4.8.6	Evaporador .....	30
4.8.7	Intercambiador de calor de la solución.....	30
<b>4.9</b>	<b>Ventajas de la aplicación.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO V. METODOLOGÍA.....</b>		<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Enfoque y Métodos.....</b>	<b>33</b>
5.1.1	Enfoque .....	33
5.1.2	Método.....	33
<b>5.2</b>	<b>Población y Muestra.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3</b>	<b>Unidad de análisis y respuesta .....</b>	<b>33</b>
<b>5.4</b>	<b>Técnicas e instrumentos aplicados.....</b>	<b>33</b>
<b>5.5</b>	<b>Fuentes de información.....</b>	<b>34</b>
5.5.1	Primarias.....	34
5.5.2	Secundarias.....	34
<b>5.6</b>	<b>Cronología de trabajo.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>		<b>35</b>
<b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES .....</b>		<b>39</b>
<b>CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES .....</b>		<b>40</b>
<b>CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>41</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>41</b>
<b>CAPÍTULO X. ANEXOS.....</b>		<b>42</b>

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En Honduras, a partir del año 2015, varias empresas optaron por invertir en parques solares, las más conocidas como el parque solar Nacaome-Valle de 125 MW, ENERBASA de 24 MW y AURORAII de 61MW todas ubicadas en la Zona sur de Honduras. Los niveles de irradiancia en esta zona del país son elevados y más en ciertos meses del año, el calor va dañando gradualmente los componentes electrónicos, dentro de ellos los paneles solares, inversores entre otros.

Como propuesta de solución ante la problemática del excedente de calor para estos parques solares tenemos un sistema de refrigeración por absorción de calor, el cual pretende bajar la temperatura de estos dispositivos que interactúan directa o indirectamente con las altas temperaturas. Para ello, es necesario conocer varios conceptos que nos brindarán una idea del funcionamiento del sistema de refrigeración, así mismo conocer los diferentes tipos de paneles solares que se comercializa para la instalación de estos parques solares, también el conocer los daños y como ha afectado el calor en un parque solar nos permitirá saber las áreas que más atención habrá que prestarle.

## CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Antecedentes

El proceso de absorción para la producción de frío fue descubierto por Michael Faraday en 1824. Faraday observó que el cloruro de plata absorbía vapor de amoníaco y al mismo tiempo el recipiente del amoníaco se enfriaba. Posteriormente, se reveló que el hielo podía producirse por la evaporación de agua pura de un recipiente dentro de un contenedor en presencia de ácido sulfúrico; éste ácido, absorbía vapor de agua causando una reducción de la temperatura y la aparición de escarcha en la superficie del agua.

En 1859 Ferdinand Carre introdujo en Estados Unidos el primer refrigerador. Una máquina usando agua y amoníaco como fluido de operación, la cual fue empleada para almacenar alimentos y crear hielo.

Los estudios sobre la refrigeración con energía solar iniciaron años atrás. Trombe y Foex (1957) produjeron 9 kilogramos de hielo usando un ciclo de refrigeración directamente calentado con energía solar.

El sistema de refrigeración con  $H_2O/LiBr$  resulta ser el ideal para probar la viabilidad del enfriamiento solar debido a sus propiedades de alta estabilidad química, fácilmente separable y de baja toxicidad.

La generación de energía eléctrica por medio de Paneles solares en Honduras es relativamente nueva, a partir del 2015 encontramos el interés de varias empresas en la zona sur de Honduras que se animaron a instalar sus sistemas, entre ellas encontramos empresas como ENERBASA como una de las primeras empresas en Honduras en montar su parque solar, noticia que da lugar en 2014 por el periódico local La Prensa (La Prensa, 2014), que nos compartía en aquel entonces que la Empresa de Energía Básica SA (ENERBASA) contaría con

una capacidad de 24MW con un costo de inversión de aproximadamente 72 millones de dólares contando con alrededor de 80 000 paneles policristalinos de 72 células.

Posteriormente entraría el parque solar Nacaome Valle, National Geographics nos indica que este enorme proyecto tuvo un costo de inversión aproximado de 240 millones de dólares inaugurando en tiempo récord el parque solar más grande de América Latina, con una capacidad de producción de 125MW (National Geographic, 2018), otro parque solar que se construyó también en la zona sur fue el parque solar AURORA II con una potencia de 61.20MW (EUROFINSA, 2022).

## 2.2 Definición del Problema

Los dispositivos electrónicos al exponerse a altas temperaturas constantemente reducen su capacidad, su vida útil y por lo tanto su eficiencia al trabajar correctamente. Así mismo se ve afectado el rendimiento de un panel solar expuesto a temperaturas por encima de su umbral de trabajo, usualmente las estructuras en las que están puestos estos paneles solares suele ser de metales como aluminio, el cual no suele liberar el calor de los paneles como en otras aplicaciones electrónicas.

Los paneles solares pueden aprovechar muy bien la radiación para la producción de energía eléctrica, sin embargo, el calor excedente nos hace pensar en formas para disminuir la temperatura para alcanzar el óptimo rendimiento de estos dispositivos.

Esta problemática de la temperatura se encuentra presente principalmente en las empresas de generación de energía eléctrica de parques solares de la zona sur de Honduras.

## 2.3 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son los principales problemas que causa la temperatura en un sistema de Paneles Solares?
2. ¿Cómo afecta la temperatura a los paneles solares?
3. ¿Cuánto calor puede disminuir la temperatura un sistema de enfriamiento por absorción de calor de un sistema de paneles solares?

## 2.4 Hipótesis y variables de investigación

### 2.4.1 Variables de Investigación

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
<b>Calor</b>	Transferencia de Energía de un sistema a Otro vinculada al movimiento de átomos y otras partículas (Julian Perez, 2009)	La energía térmica se transfiere a otro cuerpo por medio de reacción química o disipación
<b>Refrigerante</b>	Los refrigerantes son fluidos naturales o sintéticos de bajo punto de ebullición, que se utilizan en tecnología de refrigeración y bombas de calor y que transportan energía térmica. (Villant, 2022)	El Agua tiene punto de ebullición a presión atmosférica es 100° C, y su punto de congelación es de 0° C y al estar en cambios de temperatura lo hace un óptimo refrigerante
<b>Panel Solar</b>	Es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para generación de energía eléctrica. (ENDESA, 2020)	Cuando la celda solar se expone al sol, los fotones consiguen mover los electrones de la parte donde sobra carga negativa hacia la parte en la que falta.
<b>Conductividad Térmica</b>	Es una propiedad de ciertos	El al calentarse un

	<p>materiales capaces de transmitir el calor, es decir, permitir el paso de la energía cinética de sus moléculas a otras sustancias adyacentes.</p> <p>(Leskow, 2021)</p>	<p>material, sus moléculas aumentan su energía cinética, es decir, incrementan su agitación.</p>
--	---	--

Operacionalización de las variables

#### 2.4.2 Hipótesis

H- El calor que puede enfriar el sistema de refrigeración por absorción de calor con su refrigerante es suficiente para mantener los dispositivos en su temperatura de operación ideal

H- El sistema de refrigeración por absorción de calor puede aprovecharse para enfriar otros elementos importantes del parque solar como los inversores.

Ho- El sistema de refrigeración por absorción de calor no es suficiente para bajar la temperatura a los paneles solares de un parque solar.

## 2.5 Justificación

Cuando pensamos en instalación de paneles solares para producción de energía eléctrica en gran escala debemos analizar el lugar donde se instalará el parque solar, sin embargo, es de considerar que ciertos lugares pueden llegar a producir un excedente de calor haciendo que disminuya la eficiencia de todo el sistema de producción eléctrica.

Considerando principalmente la Zona sur de Honduras como el lugar de estudio de esta investigación podemos analizar cómo afecta el calor a estos generadores eléctricos. No obstante, este problema puede presentarse en otros lugares de Honduras y el mundo. Actualmente estos parques solares no cuentan con un sistema de refrigeración el cual hace que esta investigación llegase a ser de interés a los propietarios de dichas plantas solares.

Podemos aprovechar las estructuras donde están Instalados los paneles solares para distribuir el calor y mantener la temperatura deseada, así mismo entra la posibilidad de idear y estructurar un sistema que pueda refrigerar adaptándose a cualquier sistema de Generación de energía eléctrica por paneles solares.

## **CAPÍTULO III. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Analizar la refrigeración para paneles solares por medio de la absorción de calor en paneles solares de la zona sur de Honduras.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Conocer la eficiencia y rendimiento de un panel solar en temperaturas óptimas
- Comprender el funcionamiento del sistema de refrigeración por absorción de calor, así como sus componentes
- Conocer las propiedades del refrigerante y absorbente Bromuro de Litio y las ventajas de su aplicación

## CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Refrigeración por absorción de Calor

Refrigerar consiste en conseguir una temperatura más baja que la del medio inmediato. En cualquier sistema práctico de refrigeración, la obtención y el mantenimiento de la baja temperatura requiere de extracción de calor del cuerpo a refrigerar cediendo este calor a un medio de mayor temperatura. Una fuente renovable de energía es la solar. El sol proporciona energía al planeta Tierra desde el inicio de su formación y recientemente se han intensificado los esfuerzos por utilizarla de un modo más generalizado. Los colectores solares pueden alimentar energía térmica a un sistema de refrigeración por absorción.

Tal como nos comparte Fátima Espinosa en su investigación “La refrigeración por absorción utiliza una mezcla binaria de dos sustancias homogéneas; las más utilizadas son las mezclas de Amoníaco/Agua y Agua/ Bromuro de Litio. En la primera, el refrigerante es el amoníaco; un compuesto que tiene elevado calor latente de vaporización y permite presiones de evaporación para favorecer la transferencia de calor.” (Espinosa, 2007)

Desafortunadamente, el amoníaco es un irritante fuerte, ligeramente tóxico y es volátil. Por estas características, la mezcla de Agua/ Bromuro de Litio es más confiable y segura en aplicaciones de gran escala con la limitante para enfriar a temperaturas no menores de 3° C a la cual el refrigerante, en este caso agua, inicia su congelamiento.

## 4.2 Historia de la Refrigeración

La primera máquina de refrigeración por absorción fue patentada y comercializada por primera vez en 1859 por el francés Ferdinand Carré, la cual fue usada principalmente para la fabricación de hielo. Esta máquina utilizaba una mezcla de amoníaco (refrigerante) y agua (absorbente) para obtener temperaturas bajo cero en una cámara frigorífica a partir del calor generado por la combustión de carbón en una caldera.

En 1875 el buque Paraguay, equipado con máquinas de Carré, que se utilizaban para producir frío a partir del calor generado por la quema de carbón, transportó por primera vez carne congelada desde Buenos Aires hasta el puerto de Le Havre. (Therminer, 2019)

Así como Therminer nos comparte, los principios aplicados para la refrigeración datan desde hace más de un siglo, aun siendo información de antaño podemos seguir aplicando sus usos para tiempos más modernos, distintas máquinas y diferentes objetivos, pero todas basados bajo el mismo principio de refrigeración por absorción de calor.

## 4.3 Tipo de Paneles Solares

### 4.3.1 Paneles Solares Monocristalinos

Paneles solares monocristalinos, son unos de los más frecuentemente instalados. El nombre de monocristalino hace referencia al tipo de células con las que están fabricadas, llamadas células monocristalinas. Para diferenciar este tipo de paneles solares tan solo bastará con fijarnos en su tono negro y en las esquinas recortadas. Además, los paneles solares monocristalinos son los más eficientes que podemos encontrar. El rendimiento de sus células es superior a los otros tipos de paneles solares fotovoltaicos.

Los paneles solares fotovoltaicos de este tipo están fabricados predominantemente por silicio monocristalino (sc-Si). Para fabricarlas, el método utilizado se trata en obtener, mediante técnicas de corte, un lingote de sólo un cristal de silicio. Los métodos que se utilizan para la obtención de estos cristales son el de Czochralski o zona flotante. El corte resultante quedará con forma de oblea, la que una vez obtenida se trabaja hasta finalizar el resto de la transformación. (AutoSolar, 2021)

#### 4.3.2 Paneles Solares Policristalinos

En este tipo de paneles solares, el conjunto de células por el que está formado es, como su nombre indica, células policristalinas. Sus ángulos no tienen forma de chaflán. El color del panel solar policristalino es de un color más azulado (mucho más claros que los monocristalino). En el proceso de fabricación de este tipo de paneles fotovoltaicos, también se emplean obleas de silicio para la obtención de la base en la fabricación de células de silicio policristalino (mc-Si).

Por otro lado, como diferencia, este tipo de paneles se consigue tras haber cortado el silicio previamente solidificado en un crisol. Esta transformación se realiza de forma muy pausada, y gracias a ello resultan pequeños cristales de silicio. La eficiencia también es una de las diferencias entre estos dos tipos de paneles solares ya que los policristalinos son menos eficientes que los monocristalinos. (AutoSolar, 2021)

#### 4.3.3 Paneles Solares Amorfos

De los diferentes tipos paneles solares que encontramos, los amorfos, son los que encontramos en menor medida en el mercado en comparación con las dos anteriores. Las instalaciones realizadas con este tipo de paneles solares fotovoltaicos funcionan igual que las cristalinas, y su principal diferencia se encuentra en el proceso de fabricación.

El coste para fabricar este tipo de panel es inferior al de los otros dos. Aunque en la actualidad han dejado de producirse ya que los costes de los otros dos tipos de paneles se han reducido notablemente. Si a esto le unimos la baja eficiencia de los paneles amorfos nos encontramos con una baja rentabilidad.

El precio de estos paneles solares fotovoltaicos, es sensiblemente más baja que los anteriores y solamente suelen utilizarse para dispositivos menores como calculadoras.

(AutoSolar, 2021)

## 4.4 Efecto de la temperatura al rendimiento de las placas solares

La temperatura óptima de funcionamiento de los paneles solares se sitúa entre los 20 y los 25 grados. Por encima de esta temperatura, el rendimiento de las placas solares se reduce ligeramente. De hecho, según la mayoría de los fabricantes, a 40°C el rendimiento se sitúa en torno al 80%. Así es cómo afecta la temperatura al rendimiento de las placas solares.

El punto máximo de rendimiento de un panel solar es, por tanto, cuando el ambiente está más templado, incluso si está nublado. Al contrario de lo que se suele pensar, las placas solares sí producen electricidad en los días nublados. Las nubes afectan a la radiación de tres maneras distintas: la reflejan, la absorben y la difuminan, pero no impiden que esa radiación alcance el panel fotovoltaico. Por lo tanto, incluso en los días de mayor nubosidad, la instalación puede rendir al 10% o 15%. (EnchufeSolar, 2020)

### 4.4.1 Pérdida de rendimiento de los paneles solares por calor

La potencia pico de una placa solar, es decir, el rendimiento total, se alcanza en el momento en el que el sol produce 1000W en 1m<sup>2</sup> a 25°C, lo que se conoce como Hora Solar Pico.

$A_{t^{\circ}} = 0.034 \times I - 4$  (siendo I la potencia en w/m<sup>2</sup> que produce el sol).

Ejemplo:

$$A_{t^{\circ}} = 0.034 \times 845 - 4 = 24,73^{\circ}\text{C}.$$

Sumando la temperatura ambiente en el momento del análisis, tendríamos:

$$24,73 + 38 = 62,73^{\circ}\text{C} \text{ alcanzaría la célula fotovoltaica.}$$

Si el fabricante indica que la potencia del panel baja un -0,35%/°C, por ejemplo, una vez superados los 25°C obtendríamos el siguiente resultado:

$$-0,35 \times (62,73 - 25) = -13,20\%.$$

Por lo tanto, si la placa solar es de 400 wp, su potencia en esas condiciones sería de:

$$400/1,320 = 303 \text{ wp}$$

Lo que ocurre es que este efecto negativo del calor sobre el rendimiento de las placas solares se ve compensado con creces por el aumento de horas solares en verano. Es decir, en los meses de calor la placa solar tiene menos eficiencia instantánea, pero a lo largo del día la producción solar es mayor que en los días de invierno. A todo esto, además, hay que sumar la bajada de rendimiento en el transporte, por el sobrecalentamiento de los conductores, así como en la eficiencia del inversor, que también baja conforme sube la temperatura. Asimismo, conforme avanza el verano, suelen ser significativas las pérdidas por suciedad debidas a la acumulación de polvo, al no haber lluvias que vayan limpiando los paneles.

#### 4.4.2 Máxima eficiencia y rendimiento de las placas solares

Es muy difícil encontrar las condiciones climatológicas ideales. Sin embargo, tampoco es necesario para que una instalación fotovoltaica resulte rentable, ya que las placas solares están pensadas para adaptarse a un amplio rango de temperaturas, que van desde  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $+85^{\circ}\text{C}$ . Los módulos fotovoltaicos están fabricados generalmente en silicio, un material semiconductor que cambia sus propiedades a medida que lo hace la temperatura ambiente. Bajo la influencia solar intensa y la alta temperatura ambiental, el silicio se calienta, provocando una caída de tensión en los módulos y, por tanto, una disminución de la energía generada. La mayoría de los paneles tienen un coeficiente de entre  $-0,2\%^{\circ}\text{C}$  y  $-0,5\%^{\circ}\text{C}$ . Cuanto más cercano a 0 se sitúe este coeficiente, mayor eficiencia tendrá el panel solar.

## 4.5 Conductividad del Calor

Debido a los materiales de construcción de los paneles solares, es necesario conocer la conductividad térmica de los materiales para su comportamiento al momento que los paneles estén generando.

La conductividad térmica es una propiedad de ciertos materiales capaces de transmitir el calor, es decir, permitir el paso de la energía cinética de sus moléculas a otras sustancias adyacentes. Se trata de una magnitud intensiva, inversa a la resistividad térmica (que es la resistencia de ciertos materiales a la transmisión del calor por sus moléculas). Las moléculas, son capaces de compartir ese extra de energía sin ocasionar movimientos globales de la materia (en eso se distingue de la convección térmica de los líquidos y gases), siendo esta capacidad muy elevada en los metales y en los cuerpos continuos, por lo general, y muy baja en los polímeros y otros materiales aislantes como la fibra de vidrio.

La conductividad térmica de un material se calcula a partir de un coeficiente (referido como  $\lambda$ ) y es distinta dependiendo de su naturaleza molecular. Este cálculo se realiza en base a la siguiente fórmula:

$$\lambda = q/\text{grad. } T$$

donde  $q$  es el flujo de calor por unidad de tiempo y área, y  $\text{grad. } T$  es el gradiente de temperatura.

Cuanto mayor sea la conductividad térmica de un material, mejor conductor del calor resultará, y cuanto menor sea aquel, el material será más aislante. La temperatura, la convección, la conductividad eléctrica y los cambios de fase del material influyen todos en el resultado del coeficiente de conductividad térmica. (Leskow, 2021)

#### 4.5.1 Métodos de conducción térmica

Existen tres métodos de transmisión de calor en la naturaleza: conducción, convección y radiación.

La conducción. Ocurre cuando el calor se transmite de un cuerpo a otro con diferente temperatura a través del mero contacto, sin que ocurra un desplazamiento de materia.

La convección. Se produce a través del movimiento de partículas de la sustancia que transmite el calor, por lo que deberá tratarse siempre de un fluido (líquido o gas), ya sea por movimiento natural o forzado.

La radiación. Ocurre cuando el calor se transmite entre dos sólidos de distinta temperatura sin que exista entre ellos ningún punto de contacto ni un sólido conductor. El calor se transmite en emisión de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz.

#### 4.5.2 Unidad de Medida

La conducción térmica se mide, de acuerdo al Sistema Internacional, a partir de la relación  $W/(K.m)$ , donde W son watts, K kelvin y m, metros. Esta unidad es equivalente a Joules sobre metro por segundo por Kelvin ( $J/m.s.K$ ). (Leskow, 2021)

Una conductividad térmica de 1 vatio por metro por kelvin significa que un Julio (J) de calor se propaga a través de un material de  $1m^2$  de superficie y un grosor de 1m, en 1 segundo, cuando la diferencia entre ambas sustancias sea de 1K.

#### 4.5.3 Ejemplo de Conductividad Térmica

El acero. Con una conductividad de 47 a 58 W/(K.m).

El agua. Con una conductividad de 0,58 W/(K.m).

El alcohol. Con una conductividad de 0,16 W/(K.m).

El bronce. Con una conductividad de 116 a 140 W/(K.m).

La madera. Con una conductividad de 0,13 W/(K.m).

El titanio. Con una conductividad de 21,9 W/(K.m).

El mercurio. Con una conductividad de 83,7 W/(K.m).

La glicerina. Con una conductividad de 0,29 W/(K.m).

El corcho. Con una conductividad de 0,03 a 0,04 W/(K.m).

El oro. Con una conductividad de 308,2 W/(K.m).

El plomo. Con una conductividad de 35 W/(K.m).

El diamante. Con una conductividad de 2300 W/(K.m).

El vidrio. Con una conductividad de 0,6 a 1,0 W/(K.m).

El litio. Con una conductividad de 301,2 W/(K.m).

La tierra húmeda. Con una conductividad de 0,8 W/(K.m).

## 4.6 Propiedades de Refrigerante y Absorbente

Algunos pares de sustancias tienen una afinidad tal, que cuando hacen contacto una absorbe completamente a la otra: la sustancia que absorbe se llama absorbente, puede ser sólida, líquida o gaseosa, y el fluido que es absorbido es el sustrato. En las máquinas de absorción éstos dos fluidos que deben cumplir ciertas características para una operación óptima. Entre las más importantes destacan:

- Miscibilidad de la combinación absorbente/refrigerante dentro de un rango de temperaturas establecido.
- Una diferencia significativa entre el punto de ebullición del refrigerante puro y la mezcla a la misma presión.
- El refrigerante debe tener un calor latente alto para mantener la razón de circulación del refrigerante y el absorbente al mínimo.
- El refrigerante debe ser más volátil que el absorbente de manera que sea fácilmente separable por calentamiento.
- El refrigerante y el absorbente no pueden ser corrosivos, tóxicos, de alto costo ni formar una mezcla químicamente inestable. (HEROLD E.K, 1996)

Aunque existen 40 compuestos refrigerantes y 200 absorbentes; los fluidos de trabajo más comunes son  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$  (Amoníaco/Agua) y  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$  (Agua/Bromuro de Litio).

#### 4.6.1 Refrigerante

La Asociación Americana de Ingenieros de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés) ha adoptado un sistema específico para nombrar los refrigerantes. Los números para los refrigerantes inorgánicos se designan sumando 700 al peso molecular del compuesto; de este modo el amoníaco es el refrigerante 717, mientras que el agua es el refrigerante 718. Cabe destacar que el sistema Agua/Bromuro es la única aplicación en la que el agua se usa como refrigerante ya que su temperatura de congelación ( $0^{\circ}\text{C}$ ) limita su uso en sistemas de compresión mecánica.

El agua es el fluido universal; no tiene color, olor ni sabor. Su punto de ebullición a presión atmosférica es  $100^{\circ}\text{C}$ , y su punto de congelación es de  $0^{\circ}\text{C}$ . La densidad máxima del agua líquida es  $1\text{ g/cm}^3$ , alcanzándose este valor a una temperatura de  $3.8^{\circ}\text{C}$ ; la densidad del agua sólida es menor que la del agua líquida a la misma temperatura, es de  $0.917\text{ g/cm}^3$ . El calor específico del agua líquida a  $25^{\circ}\text{C}$  es de  $4.18\text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ . El calor latente de fusión del hielo a  $0^{\circ}\text{C}$  es  $335\text{ kJ/kg}$  y el calor latente de evaporación del agua a  $100^{\circ}\text{C}$  es  $2260\text{ kJ/kg}$ .

#### 4.6.2 Absorbente

Un absorbente es una sustancia que atrae y retiene otros líquidos. Para el sistema de interés; una solución acuosa de Bromuro de Litio es el absorbente y su concentración (X) es una relación entre una masa de un constituyente y la masa de la mezcla:

$$X = \frac{\text{masa de LiBr}}{\text{masa total de solución}}$$

El Bromuro de Litio es un compuesto químico de Litio y Bromo que es higroscópico y se usa frecuentemente como desecante. Causa irritación al contacto con los ojos y puede causar depresión del sistema nervioso central si se consume en grandes dosis. Su estructura molecular es cúbica similar a la de la sal común (NaCl). Su peso molecular es 86.85 gramos, su densidad en estado sólido es 3.464 g/cm<sup>3</sup>, su punto de fusión a presión atmosférica es a los 552° C y su punto de ebullición ocurre a los 1265° C. Su solubilidad en agua es de 177 g/100 ml y tiene la apariencia de un polvo cristalino blanco. Su propiedad para atraer moléculas de agua se encuentra presente aun cuando se diluye en agua, esto hace posible su aplicación en sistemas de absorción. (Espinosa, 2007)

#### **4.7 Funcionamiento del ciclo de absorción de simple efecto con bromuro de litio y agua**

El ciclo que se describe a continuación es el empleado por las unidades de la marca YAZAKI que utilizan como fuente de energía el calor contenido en un circuito de agua caliente procedente de un campo de paneles de captación solar térmica, del calor residual de una planta de cogeneración por motor térmico o turbina, o de cualquier otro sistema de recuperación de calor gratuito o residual. Si bien utilizamos el diseño esta marca representada por ABSORSISTEM, la tecnología es la misma en todos los equipos por ciclo de absorción de simple efecto.

Estas unidades inician recolectando el agua para el circuito caliente a unas temperaturas entre 70°C y 90°C, lo que posteriormente del ciclo de enfriamiento nos entregan agua a 12.5°C y 7°C por el ciclo de agua refrigerada

El fluido utilizado en el ciclo de refrigeración, es una solución de agua y Bromuro de litio (LiBr), siendo el agua el refrigerante y el LiBr el absorbente. Una primera ventaja es que los agentes utilizados son totalmente inocuos para el medio ambiente. El LiBr es una sal similar a la sal común (NaCl) que como ella tiene una gran afinidad con el agua, absorbiéndola fácilmente. El otro aspecto importante para entender cómo puede utilizarse el agua como refrigerante, es saber que ésta, cuando se encuentra en un espacio en el que la presión absoluta está muy por debajo de la atmosférica y que en este caso es de únicamente de 0,9 kPa (9 mbar en vez de 1013 que es la presión atmosférica nominal), el agua se evapora (hierve) a tan solo 3°C. (Absorsistem, 2020)

Para explicar el funcionamiento seguiremos el esquema simplificado de la Figura 1. Empezamos en el generador que está situado en la parte superior izquierda del gráfico, donde la solución acuosa (denominada solución diluida) contiene un 52% de LiBr. Por el circuito primario del generador circula el agua caliente que aporta la energía necesaria para hacer funcionar el sistema. Esta agua caliente entra nominalmente a una temperatura de 88°C en el circuito primario del generador saliendo de él a 83°C. Mientras, en el circuito secundario del generador, o sea en el circuito de refrigeración, la presión absoluta es de 13 kPa. Como efecto del calor aportado por el circuito primario de agua caliente, el agua de la solución diluida entra en ebullición y el vapor formado se encamina hacia el recipiente contiguo que es el condensador. Debido a esta separación de vapor, la solución restante, denominada solución concentrada, se concentra hasta un 56% de LiBr dirigiéndose en estas condiciones hacia el intercambiador de calor situado en la parte inferior del esquema. Mientras, en el condensador, el vapor de agua es enfriado hasta 36°C gracias al circuito de agua procedente, por ejemplo, de una torre de enfriamiento y que entra a la máquina a una temperatura de 31°C, condensando el vapor de agua y convirtiéndolo en líquido. Este líquido refrigerante, es introducido por diferencia de presión en el evaporador donde se mantiene una presión absoluta de 0,9 kPa, por lo que se evapora a 3°C adquiriendo el calor necesario para ello del circuito de agua a refrigerar, rebajando su temperatura a 7°C suponiendo que ha entrado de la instalación a 12°C. Al mismo tiempo, la solución concentrada al 56% de LiBr procedente del generador fluye en el absorbedor que comparte espacio y presión con el evaporador, siendo el vapor de agua contenido en este absorbido por el LiBr debido a su afinidad con el agua, diluyendo la concentración de LiBr de nuevo al 52%. Ello permite eliminar el vapor a medida que se produce y continuar manteniendo la presión de 0,9 kPa en el espacio compartido por el evaporador y el absorbedor. El fenómeno de la

absorción produce calor que a su vez es eliminado por el mismo circuito de enfriamiento antes de dirigirse al condensador.

Finalmente, la solución diluida al 52% de LiBr por la absorción del vapor, es aspirada por la bomba de solución (SP) para enviarla de nuevo al generador donde se reinicia el proceso, pasando previamente por un intercambiador de calor que permite aumentar el rendimiento del ciclo.

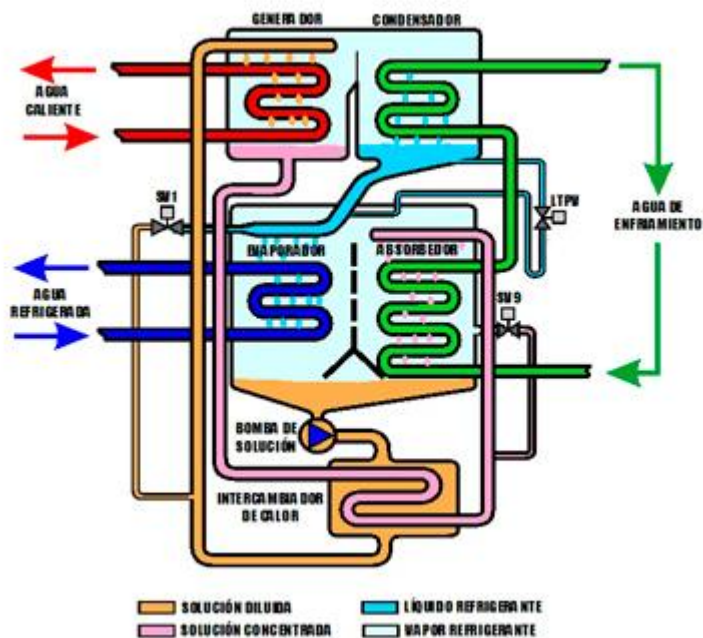


Figura 1 Ciclo de absorción LiBr-H<sub>2</sub>O de simple efecto

Aunque es necesario realizar un cálculo preciso en función de la ubicación del campo solar y las características de los paneles utilizados, para una primera aproximación, utilizando agua caliente a 88°C, puede considerarse que se necesitan en torno a 2,5 – 3 m<sup>2</sup> de superficie de captación por cada kW de capacidad frigorífica de la enfriadora de absorción.

## 4.8 Componentes del ciclo de absorción

### 4.8.1 Absorbedor

En el absorbedor, el vapor de baja presión es condensado y absorbido por la solución concentrada. El mezclado entre ambos es posible debido a la afinidad entre las moléculas del absorbente y del refrigerante. El calor de condensación y el calor de absorción deben ser removidos por un sistema de eyección o de enfriamiento. Después de que el refrigerante vapor y la solución fuerte se combinan, la solución se convierte en una solución débil y es bombeada al generador.

### 4.8.2 Bomba de la solución

Esta bomba se utiliza para trasladar la solución débil del absorbedor al generador. Es un punto donde la solución se transporta de un estado de baja presión a uno de alta presión.

### Válvula de regulación

Su función es regular la presión de entrada de la solución fuerte al absorbedor.

### 4.8.3 Generador

También llamado desorbedor. En el generador, la energía térmica es introducida para separar el refrigerante del absorbente mediante un proceso de ebullición. La solución queda entonces más concentrada y se regresa al absorbedor para repetir el proceso del ciclo. Las formas más comunes de administrar la energía requerida para la separación son el intercambio de calor con vapor o por agua caliente.

### 4.8.4 Condensador

Una vez que el refrigerante cambió a fase vapor, fluye hacia el condensador, donde cambia su fase a líquido y se expulsa calor. Una forma de retirar este calor es por medio del intercambio con agua fría proporcionada por una torre de enfriamiento o un sistema

similar al utilizado por el absorbedor. Los condensadores que usan enfriamiento por agua son los más comunes.

#### 4.8.5 Válvula de expansión

El refrigerante líquido caliente es expandido isoentrópicamente a través de este orificio a una presión más baja.

#### 4.8.6 Evaporador

El refrigerante líquido se vaporiza a una temperatura baja, al tiempo que extrae calor por el cambio de fase. El refrigerante se recircula continuamente mediante una bomba para asegurar la evaporación completa. El calor procedente del agua de la corriente externa evapora el agua refrigerante enfriándose a sí misma.

#### 4.8.7 Intercambiador de calor de la solución

Realiza el intercambio de calor entre las corrientes de solución débil que se dirige al generador y solución fuerte que retorna al absorbedor. Evita el choque térmico en el generador y reduce la cantidad de energía que se debería invertir en la separación del refrigerante.

Al comparar los elementos que forman un ciclo de absorción con las partes del ciclo de compresión de vapor, se observa que el condensador, el evaporador y la válvula de expansión son los mismos; en tanto, el absorbedor y el generador se combinan para funcionar como un compresor. (Espinosa, 2007)

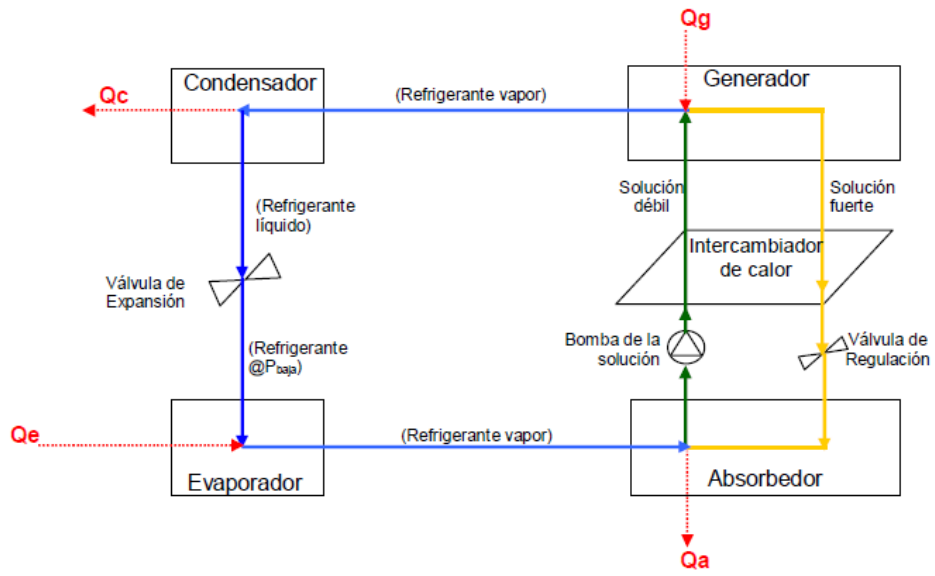


Fig. 2 Esquema del ciclo de refrigeración por absorción

## **4.9 Ventajas de la aplicación.**

Entre las ventajas de usar unidades de absorción se tienen las siguientes:

1. Entorno: Las unidades de absorción utilizan refrigerantes que tienen un factor de destrucción del ozono nulo.
2. Energía: Utilizan calor en vez de energía eléctrica.
3. Servicio: Tienen pocas partes en movimiento. Requieren un mínimo de servicio y mantenimiento. Su vida normal es más larga que la de unidades eléctricas.
4. Costo de operación: Según se favorezca la relación entre el costo de la energía térmica con la eléctrica o la inversión de colectores solares.

Las características que deben minimizarse son obviamente el costo de la inversión que requiere su adquisición al compararse con el uso de energía térmica barata; indagar las posibilidades de reducir o aumentar la capacidad de enfriamiento de una misma unidad para hacerla más versátil y analizar el espacio donde se instalará el equipo.

## **CAPÍTULO V. METODOLOGÍA**

### **5.1 Enfoque y Métodos**

#### **5.1.1 Enfoque**

Esta investigación se realizó con un enfoque cuantitativo que nos proporciona un análisis del método de refrigeración para los paneles solares de la zona sur de Honduras.

#### **5.1.2 Método**

La metodología usada es en base de recopilar información de expertos con preguntas cerradas o abiertas, pero con respuestas medibles que pueden consistir en escalas de medición.

### **5.2 Población y Muestra**

Para la población se pretendió analizar parques solares instalados en el departamento de Choluteca en la zona Sur de Honduras. La muestra fue tomada de una Empresa de Generación de energía Fotovoltaica del sur de Honduras de manera dirigida por facilidad de acceso para una entrevista con los operadores de la misma.

### **5.3 Unidad de análisis y respuesta**

La unidad de análisis de esta investigación de basa en los paneles solares instalados en una Empresa de Generación de energía Fotovoltaica del sur de Honduras donde obtenemos respuestas de la información brindada por los expertos del área.

### **5.4 Técnicas e instrumentos aplicados**

La técnica aplicada en esta investigación será el análisis cuantitativo de los datos obtenidos de una entrevista a expertos de generación de energía fotovoltaica al sur de Honduras de dirigida, donde cada muestra fue tomada a base del criterio del investigador.

## 5.5 Fuentes de información

### 5.5.1 Primarias

Fátima Espinoza (2007) Diseño de enfriador con sistema de absorción por Br/Li

Absorsistem (2020) Funcionamiento de Ciclo de Absorción

### 5.5.2 Secundarias

Therminer (2020) Equipo de refrigeración por absorción de calor

## 5.6 Cronología de trabajo

Tareas	Fecha de inicio	Fecha de inicio									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Actividades</b>											
Lineamientos	20/01	■									
Primer avance	06/02		■								
Asesoría 1	10/02			■							
Segundo Avance	27/02				■						
Asesoría 2	03/03					■					
Tercer Avance	20/03							■			
Asesoría 3	23/03									■	
Entrega Final	27/03										■

Tabla 5.1 Cronograma de Trabajo (Autoría Propia,2022)

## CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como afecta el calor en la planta Solar

Los paneles solares están garantizados por potencia en condiciones estándar de 1000/m<sup>2</sup> de irradiancia, 1.5 % de humedad y 25 grados Celsius de temperatura ambiente, debe cumplir estas condiciones para generar la potencia máxima del panel solar

Por cada grado de temperatura por encima del estándar el panel solar pierde un aproximado de 0.3% de potencia dando pérdidas considerables de potencia en hora pico que la temperatura ronda los 35 a 40 grados.

- El calor afecta directamente a la eficiencia de los paneles, una mesa cuenta con un arreglo de 90 paneles, suponiendo que los paneles solares son de 400W nominal, esta mesa entrega una potencia de 36,000W en su máximo rendimiento, ahora si agregamos solamente las pérdidas por temperatura ambiente de 40 grados tenemos que:  
15 grados por encima de condición estándar; ( $15 \times 0.3\% = 4.5\%$  de pérdida en total)  
Este porcentaje representa 1,620W de pérdidas de potencia por calor, es decir que nuestra mesa está generando 34,380W en su máximo rendimiento.

## Relación temperatura irradiancia en Choluteca

En el tiempo de producción casi no suele alcanzar los 1000/m<sup>2</sup> de irradiancia por lo que el panel no ha generado tu total potencial, pero existe una compensación de irradiancia la cual suele darse en verano entre marzo y abril alcanzan irradiancia de hasta 1200watts la cual compensa la alta temperatura para compensar la potencia que genera el panel.

El equipo de medición hace una comparativa, mide la corriente y voltaje del panel mientras mide la irradiancia, temperatura del módulo, velocidad del viento como refrigerante

- La Compensación de irradiancia suele darse principalmente en 2 meses de los 12 meses que contiene el año, por tanto, los 10 meses restantes están por debajo de la potencia que deben entregar estando mayormente en aproximado del 83.33% del tiempo con pérdidas de potencia.

## Principales daños del calor a un sistema de energía Solar

Uno de los principales daños es en el Inversor de voltaje DC-AC la cual daña las placas electrónicas y varios componentes de las mismas, mostrando puntos altos de temperatura, los cuales cuando están en Generación puede alcanzar temperaturas de más de 100 grados

El vidrio se calienta más que el marco de Aluminio, el cambio de temperatura brusco (por una lluvia) puede provocar ruptura del mismo

- Nos presentaron dos principales daños que causa el exceso de calor en estos Sistemas de energía solar, aunque los Inversores cuentan con un sistema de refrigeración por ventilación, no es suficiente para disminuir la temperatura de los mismo y los posteriores daños. Cada inversor está conectado a 5 mesas que juntas contienen 450 paneles generando 180 000w los cuales quedan fuera de servicio al presentar fallas el Inversor, esta potencia se pierde la cual representa un porcentaje considerable de la generación de energía total de la Empresa.

## Consideración del sistema de refrigeración por absorción de calor

La transferencia de calor es mejor que la estructura transmita el calor desde el marco y no desde el vidrio para evitar daños por alta irradiancia que provoque algún choque térmico. Sin embargo, mientras disminuya la temperatura al sistema de energía solar este sistema de refrigeración si podría aumentar la eficiencia de producción de los paneles solares.

- Mientras el sistema de refrigeración mantenga la temperatura de los dispositivos fuera de peligro en base a las condiciones climáticas de la zona es posible considerar este sistema como una opción, la cual aportaría más beneficios la climatización de estos sistemas de generación de energía solar.

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

- Es ideal que todo dispositivo electrónico pueda desenvolverse a su máximo potencial para entregar la mayor eficiencia posible de sus operaciones. Cuando pensamos en una instalación de un sistema de energía solar no se suelen tomar en consideración ciertos factores que con el paso del tiempo pueden ser determinantes en inversiones mayores.
- Puede adaptarse para enfriar los inversores que radican directamente en costos a la empresa cuando estos se dañan.
- La eficiencia por panel solar refrigerado aumentaría, y la potencia total se ve reflejada en un aumento aún en los meses donde no ocurre la compensación por irradiancia.
- La refrigeración de este sistema enfría el agua de 90°C a 12 °C sin embargo, el intercambio térmico absorbe calor de 90 °C a 36 °C el cual sigue estando por arriba de la temperatura ideal de operación por lo cual el sistema no logra mantener al panel solar en su respectiva temperatura, no obstante, esa disminución de temperatura es considerablemente positiva para reducir en gran medida los daños de los dispositivos a causa de calor disminuyendo así los daños abruptos del intercambio térmico.

## CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES

1. Es importante investigar cuales son los materiales se adaptan mejor a la conducción térmica porque esto impacta directamente en los costos de materiales, los cuales deberán estar bajo un diseño personalizado según la demanda y necesidad de cada empresa.
2. Siempre es bueno pensar en sistemas reductores de humedad como medio de protección, ya que una empresa de generación de energía eléctrica por paneles solares trabaja con altos voltajes puesto que se mueven por las torres de transmisión una vez convertido y rectificado el voltaje generado.
3. Aunque ABSORSISTEM es una empresa dedicada a Sistemas de refrigeración, esta perteneciente a España con alianza de otros países, es ideal que se investigue siempre la forma de reducción de costos por material y diseño, existen formas de ingresar mayora calor con colectores solares los cuales pueden adaptarse a un montaje de paneles solares en conjunto.
4. Un estudio de irradiancia del terreno donde se hará una instalación de un parque solar nos brindará información para saber si un sistema de refrigeración será necesario o no en un futuro para protección de los dispositivos.

## CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- Absorsistem. (2020 de Enero de 2020). Obtenido de <https://www.absorsistem.com/tecnologias/absorcion/?menu=3>
- AutoSolar. (2 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/tipos-paneles-solares-cuales-son>
- EnchufeSolar. (2020). Obtenido de <https://enchufesolar.com/blog/como-afecta-la-temperatura-al-rendimiento-de-las-placas-solares/#:~:text=Temperatura%20ideal,se%20sit%C3%BAa%20entorno%20al%2080%25.>
- ENDESA. (qq de Diciembre de 2020). Obtenido de <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-funcionan-los-paneles-solares>
- Espinosa, F. (Diciembre de 2007). Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/568202>
- EUROFINSA. (Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.eurofinsa.com/es/parque-solar-en-choluteca-aura-ii>
- HEROLD E.K. (1996). Absorption Chillers and Heat Pumps. CRS Press.
- Julian Perez. (2009). Obtenido de <https://definicion.de/calor/#:~:text=El%20calor%20es%20aquello%20que,mol%C3%A9culas%2C%20%C3%A1tomos%20y%20otras%20part%C3%ADculas>
- La Prensa. (16 de Octubre de 2014). Obtenido de <https://www.laprensa.hn/economia/instalaran-primer-parque-solar-en-honduras-FFLP758368>
- Leskow, E. (15 de Julio de 2021). Obtenido de <https://concepto.de/conductividad-termica/>
- National Geographic. (9 de Agosto de 2018). Obtenido de <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/planta-solar-mas-grande-de-america-latina/>
- Renewable Energy Magazine. (15 de Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/por-que-la-tecnologia-perc-se-20180306>
- Therminer. (20 de Febrero de 2019). Obtenido de <https://therminer.com/climatizacion-solar>
- Villant. (2022). Obtenido de <https://www.vaillant.es/usuarios/servicios/glosario/refrigerante/>

## CAPÍTULO X. ANEXOS

### Estimación de costos de los equipos

I. DATOS DEL INTERCAMBIADOR NECESARIOS PARA LA ESTIMACION DE COSTO.			
Clasificación TEMA:	AES	Presión de diseño del lado de la coraza, psig:	1.35
Diámetro interior de la coraza, pulgadas:	38	Presión de diseño para los tubos, psig:	14.7
Longitud nominal de la tubería, pies:	10	Materiales:	
Diámetro exterior del tubo, pulgadas:	1	Tubos:	Cobre
Distancia entre tubos, pulgadas:	1.25	Coraza:	304 Acero inoxidable
Arreglo de tubos, grados:	60	Area de transferencia, ft <sup>2</sup> :	1781.4
Tubo de construcción:	12 BWG		
Número de pasos:	2		

II. CALCULOS DE COSTOS			
1.	Precio base,	$C_{base} = \left[ \frac{6.6}{1 - \exp\left(\frac{7-D_{ci}}{27}\right)} \right]^{pq \times ft \times rc}$	= 9.67 x 0.98 x 1.03 x 1.00 = 9.76 \$/ft <sup>2</sup>
2.	Correcciones para las alternativas de la fracción del precio bajo		
	Corrección por el tipo de coraza	Cs=	0.00
	Corrección por la longitud de tubo	CL=	0.70
	Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	0.01
	Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	-0.11
	Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	-0.04
	Corrección de materiales		
	Tubos	Cmt=	1.03
	Coraza	Cms=	0.32
	Canales	Cmc=	0.19
	Hoja del tubo	Cmts=	0.13
	Corrección de ancho de tubo	Cg=	0.05
		Corrección total CT=	2.43
3.	Costo del intercambiador de calor Eb.		
	CEb=[C <sub>base</sub> (1+C <sub>T</sub> )xAtxN]=	[ 9.76 x ( 1 + 2.43 ) x 1781.4 x 1 ] =	\$59,656.07
4.	Costo actual del intercambiador Ec.		
	CEc= CEbxC <sub>Ei</sub> =	\$59,656.07 x 1.850 =	\$110,340.75

Resultados de la estimación de costo del condensador (en dólares)

I. DATOS DEL INTERCAMBIADOR NECESARIOS PARA LA ESTIMACION DE COSTO.			
Clasificación TEMA:	AES	Presión de diseño del lado de la coraza, psig:	1.35
Diámetro interior de la coraza, pulgadas:	8.26	Presión de diseño para los tubos, psig:	14.7
Longitud nominal de la tubería, pies:	12	Materiales:	
Diámetro exterior del tubo, pulgadas:	1.25	Tubos:	304 Acero inoxidable
Distancia entre tubos, pulgadas:	1.66	Coraza:	304 Acero inoxidable
Arreglo de tubos, grados:	30		
Tubo de construcción:	12 BWG	Area de transferencia, ft <sup>2</sup> :	34.94
Número de pasos:	1		

II. CALCULOS DE COSTOS																																					
1.	<p>Precio base, <math>C_{base} = \left[ \frac{6.6}{1 - \exp\left(\frac{7-Dci}{27}\right)} \right]^{pq \times ft \times rc} = 144.75 \times 1.23 \times 1.03 \times 1.00 = 183.39 \text{ \\$/ft}^2</math></p>																																				
2.	<p>Correcciones para las alternativas de la fracción del precio bajo</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por el tipo de coraza</td> <td style="text-align: right;">Cs=</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por la longitud de tubo</td> <td style="text-align: right;">CL=</td> <td style="text-align: right;">0.61</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por el número de pasos de tubo</td> <td style="text-align: right;">CNtp=</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por presión de diseño de lado de la coraza</td> <td style="text-align: right;">Cps=</td> <td style="text-align: right;">-0.06</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por presión de diseño del lado de los tubos</td> <td style="text-align: right;">CPT=</td> <td style="text-align: right;">-0.03</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección de materiales</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Tubos</td> <td style="text-align: right;">Cmt=</td> <td style="text-align: right;">0.58</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Coraza</td> <td style="text-align: right;">Cms=</td> <td style="text-align: right;">0.27</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Canales</td> <td style="text-align: right;">Cmc=</td> <td style="text-align: right;">0.16</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Hoja del tubo</td> <td style="text-align: right;">Cmts=</td> <td style="text-align: right;">0.11</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección de ancho de tubo</td> <td style="text-align: right;">Cg=</td> <td style="text-align: right;">0.03</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Corrección total CT=</td> <td style="text-align: right;">1.76</td> </tr> </table>	Corrección por el tipo de coraza	Cs=	0.00	Corrección por la longitud de tubo	CL=	0.61	Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	0.00	Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	-0.06	Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	-0.03	Corrección de materiales			Tubos	Cmt=	0.58	Coraza	Cms=	0.27	Canales	Cmc=	0.16	Hoja del tubo	Cmts=	0.11	Corrección de ancho de tubo	Cg=	0.03		Corrección total CT=	1.76
Corrección por el tipo de coraza	Cs=	0.00																																			
Corrección por la longitud de tubo	CL=	0.61																																			
Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	0.00																																			
Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	-0.06																																			
Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	-0.03																																			
Corrección de materiales																																					
Tubos	Cmt=	0.58																																			
Coraza	Cms=	0.27																																			
Canales	Cmc=	0.16																																			
Hoja del tubo	Cmts=	0.11																																			
Corrección de ancho de tubo	Cg=	0.03																																			
	Corrección total CT=	1.76																																			
3.	<p>Costo del intercambiador de calor Eb.</p> $CEb = [C_{base}(1+Cr) \times At \times N] = [ 183.39 \times ( 1 + 1.76 ) \times 34.94 \times 1 ] = \$17,661.16$																																				
4.	<p>Costo actual del intercambiador Ec.</p> $CEc = CEb \times CEi = 17,661.16 \times 1.850 = \$32,666.34$																																				

Resultados de la estimación de costo del generador (en dólares)

I. DATOS DEL INTERCAMBIADOR NECESARIOS PARA LA ESTIMACION DE COSTO.			
Clasificación TEMA:	AES	Presión de diseño del lado de la coraza, psig:	1.35
Diámetro interior de la coraza, pulgadas:	7.48	Presión de diseño para los tubos, psig:	1.35
Longitud nominal de la tubería, pies:	4.8	Materiales:	
Diámetro exterior del tubo, pulgadas:	1	Tubos:	Monel 456
Distancia entre tubos, pulgadas:	1.5	Coraza:	Monel 456
Arreglo de tubos, grados:	30	Area de transferencia, ft <sup>2</sup> :	33.35
Tubo de construcción:	12 BWG		
Número de pasos:	1		

II. CALCULOS DE COSTOS																																					
1.	Precio base, $C_{ba} = \left[ \frac{6.6}{1 - \exp\left(\frac{7-Dci}{27}\right)} \right]^{pq \times ft \times rc} = 374.56 \times 0.98 \times 1.03 \times 1.00 = 378.08 \text{ \$/ft}^2$																																				
2.	Correcciones para las alternativas de la fracción del precio bajo <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 70%;">Corrección por el tipo de coraza</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">C<sub>s</sub>=</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td>Corrección por la longitud de tubo</td> <td style="text-align: right;">CL=</td> <td style="text-align: right;">1.15</td> </tr> <tr> <td>Corrección por el número de pasos de tubo</td> <td style="text-align: right;">CN<sub>tp</sub>=</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> <tr> <td>Corrección por presión de diseño de lado de la coraza</td> <td style="text-align: right;">C<sub>ps</sub>=</td> <td style="text-align: right;">-0.06</td> </tr> <tr> <td>Corrección por presión de diseño del lado de los tubos</td> <td style="text-align: right;">CPT=</td> <td style="text-align: right;">-0.03</td> </tr> <tr> <td>Corrección de materiales</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Tubos</td> <td style="text-align: right;">C<sub>mt</sub>=</td> <td style="text-align: right;">1.60</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Coraza</td> <td style="text-align: right;">C<sub>ms</sub>=</td> <td style="text-align: right;">1.35</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Canales</td> <td style="text-align: right;">C<sub>mc</sub>=</td> <td style="text-align: right;">0.81</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Hoja del tubo</td> <td style="text-align: right;">C<sub>mts</sub>=</td> <td style="text-align: right;">0.54</td> </tr> <tr> <td>Corrección de ancho de tubo</td> <td style="text-align: right;">C<sub>w</sub>=</td> <td style="text-align: right;">0.03</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Corrección total CT=</td> <td style="text-align: right;">5.48</td> </tr> </table>	Corrección por el tipo de coraza	C <sub>s</sub> =	0.00	Corrección por la longitud de tubo	CL=	1.15	Corrección por el número de pasos de tubo	CN <sub>tp</sub> =	0.00	Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	C <sub>ps</sub> =	-0.06	Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	-0.03	Corrección de materiales			Tubos	C <sub>mt</sub> =	1.60	Coraza	C <sub>ms</sub> =	1.35	Canales	C <sub>mc</sub> =	0.81	Hoja del tubo	C <sub>mts</sub> =	0.54	Corrección de ancho de tubo	C <sub>w</sub> =	0.03		Corrección total CT=	5.48
Corrección por el tipo de coraza	C <sub>s</sub> =	0.00																																			
Corrección por la longitud de tubo	CL=	1.15																																			
Corrección por el número de pasos de tubo	CN <sub>tp</sub> =	0.00																																			
Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	C <sub>ps</sub> =	-0.06																																			
Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	-0.03																																			
Corrección de materiales																																					
Tubos	C <sub>mt</sub> =	1.60																																			
Coraza	C <sub>ms</sub> =	1.35																																			
Canales	C <sub>mc</sub> =	0.81																																			
Hoja del tubo	C <sub>mts</sub> =	0.54																																			
Corrección de ancho de tubo	C <sub>w</sub> =	0.03																																			
	Corrección total CT=	5.48																																			
3.	Costo del intercambiador de calor Eb. $CEb = [C_{ba}(1+C_r) \times A \times N] = [ 378.08 \times ( 1 + 5.48 ) \times 33.35 \times 1 ] = \$81,722.10$																																				
4.	Costo actual del intercambiador Ec. $CEc = CEb \times CEi = 81,722.10 \times 1.850 = \$151,154.41$																																				

Resultados de la estimación de costos del intercambiador de la solución (en dólares)

I. DATOS DEL INTERCAMBIADOR NECESARIOS PARA LA ESTIMACION DE COSTO.			
Clasificación TEMA:	BXM	Presión de diseño del lado de la coraza, psig:	0.116
Diámetro interior de la coraza, pulgadas:	9.84	Presión de diseño para los tubos, psig:	14.7
Longitud nominal de la tubería, pies:	5.74	Materiales:	
Diámetro exterior del tubo, pulgadas:	0.375	Tubos:	70-30 Cobre-Niquel
Distancia entre tubos, pulgadas:	0.4687	Coraza:	304 Acero inoxidable
Arreglo de tubos, grados:	45	Area de transferencia, ft <sup>2</sup> :	95.3
Tubo de construcción:	14 BWG		
Número de pasos:	2		

II. CALCULOS DE COSTOS																																					
1.	$\text{Precio base, } C_{\text{base}} = \left[ \frac{6.6}{1 - \exp\left(\frac{7 - D_{\text{ci}}}{27}\right)} \right] \rho q \times \beta \times r_c = 66.10 \times 0.62 \times 1.00 \times 0.80 = 32.79 \text{ \$/ft}^2$																																				
2.	<p>Correcciones para las alternativas de la fracción del precio bajo</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por el tipo de coraza</td> <td style="text-align: right;">Cs=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.00</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por la longitud de tubo</td> <td style="text-align: right;">CL=</td> <td style="text-align: right;"><u>1.07</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por el número de pasos de tubo</td> <td style="text-align: right;">CNtp=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.01</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por presión de diseño de lado de la coraza</td> <td style="text-align: right;">Cps=</td> <td style="text-align: right;"><u>-0.07</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por presión de diseño del lado de los tubos</td> <td style="text-align: right;">CPT=</td> <td style="text-align: right;"><u>-0.03</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección de materiales</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Tubos</td> <td style="text-align: right;">Cmt=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.58</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Coraza</td> <td style="text-align: right;">Cms=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.45</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Canales</td> <td style="text-align: right;">Cmc=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.27</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Hoja del tubo</td> <td style="text-align: right;">Cmts=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.18</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección de ancho de tubo</td> <td style="text-align: right;">Cg=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.01</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Corrección total CT=</td> <td style="text-align: right;"><u>2.57</u></td> </tr> </table>	Corrección por el tipo de coraza	Cs=	<u>0.00</u>	Corrección por la longitud de tubo	CL=	<u>1.07</u>	Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	<u>0.01</u>	Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	<u>-0.07</u>	Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	<u>-0.03</u>	Corrección de materiales			Tubos	Cmt=	<u>0.58</u>	Coraza	Cms=	<u>0.45</u>	Canales	Cmc=	<u>0.27</u>	Hoja del tubo	Cmts=	<u>0.18</u>	Corrección de ancho de tubo	Cg=	<u>0.01</u>		Corrección total CT=	<u>2.57</u>
Corrección por el tipo de coraza	Cs=	<u>0.00</u>																																			
Corrección por la longitud de tubo	CL=	<u>1.07</u>																																			
Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	<u>0.01</u>																																			
Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	<u>-0.07</u>																																			
Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	<u>-0.03</u>																																			
Corrección de materiales																																					
Tubos	Cmt=	<u>0.58</u>																																			
Coraza	Cms=	<u>0.45</u>																																			
Canales	Cmc=	<u>0.27</u>																																			
Hoja del tubo	Cmts=	<u>0.18</u>																																			
Corrección de ancho de tubo	Cg=	<u>0.01</u>																																			
	Corrección total CT=	<u>2.57</u>																																			
3.	<p>Costo del intercambiador de calor Eb.</p> $CEb = [C_{\text{base}}(1 + C_T) \times A_{\text{tx}} \times N] = [ 32.79 \times ( 1 + 2.57 ) \times 95.3 \times 1 ] = \$11,153.46$																																				
4.	<p>Costo actual del intercambiador Ec.</p> $CEc = CEb \times CEi = 11,153.46 \times 1.850 = \$20,629.60$																																				

Resultados de la estimación de costos del evaporador (en dólares)

I. DATOS DEL INTERCAMBIADOR NECESARIOS PARA LA ESTIMACION DE COSTO.			
Clasificación TEMA:	AES	Presión de diseño del lado de la coraza, psig:	0.116
Diámetro interior de la coraza, pulgadas:	39.4	Presión de diseño para los tubos, psig:	14.7
Longitud nominal de la tubería, pies:	16.4	Materiales:	
Diámetro exterior del tubo, pulgadas:	1.5	Tubos:	70-30 Nobre-Niquel
Distancia entre tubos, pulgadas:	1.875	Coraza:	304 Acero inoxidable
Arreglo de tubos, grados:	90		
Tubo de construcción:	18 BWG	Area de transferencia, ft <sup>2</sup> :	15.65
Número de pasos:	1		

II. CALCULOS DE COSTOS																																					
1.	$\text{Precio base, } C_{\text{base}} = \left[ \frac{6.6}{1 - \exp\left(\frac{7-DG}{27}\right)} \right] \text{psig} \times \text{ft} \times \text{rc} = 9.44 \times 1.47 \times 1.03 \times 1.00 = 14.30 \text{ \$/ft}^2$																																				
2.	<p>Correcciones para las alternativas de la fracción del precio bajo</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por el tipo de coraza</td> <td style="text-align: right;">Cs=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.00</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por la longitud de tubo</td> <td style="text-align: right;">CL=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.21</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por el número de pasos de tubo</td> <td style="text-align: right;">CNtp=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.00</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por presión de diseño de lado de la coraza</td> <td style="text-align: right;">Cps=</td> <td style="text-align: right;"><u>-0.11</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección por presión de diseño del lado de los tubos</td> <td style="text-align: right;">CPT=</td> <td style="text-align: right;"><u>-0.05</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección de materiales</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Tubos</td> <td style="text-align: right;">Cmt=</td> <td style="text-align: right;"><u>1.99</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Coraza</td> <td style="text-align: right;">Cms=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.45</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Canales</td> <td style="text-align: right;">Cmc=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.27</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 60px;">Hoja del tubo</td> <td style="text-align: right;">Cmts=</td> <td style="text-align: right;"><u>0.18</u></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Corrección de ancho de tubo</td> <td style="text-align: right;">Cg=</td> <td style="text-align: right;"><u>-0.12</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">Corrección total CT=</td> <td style="text-align: right;"><u>2.99</u></td> </tr> </table>	Corrección por el tipo de coraza	Cs=	<u>0.00</u>	Corrección por la longitud de tubo	CL=	<u>0.21</u>	Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	<u>0.00</u>	Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	<u>-0.11</u>	Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	<u>-0.05</u>	Corrección de materiales			Tubos	Cmt=	<u>1.99</u>	Coraza	Cms=	<u>0.45</u>	Canales	Cmc=	<u>0.27</u>	Hoja del tubo	Cmts=	<u>0.18</u>	Corrección de ancho de tubo	Cg=	<u>-0.12</u>		Corrección total CT=	<u>2.99</u>
Corrección por el tipo de coraza	Cs=	<u>0.00</u>																																			
Corrección por la longitud de tubo	CL=	<u>0.21</u>																																			
Corrección por el número de pasos de tubo	CNtp=	<u>0.00</u>																																			
Corrección por presión de diseño de lado de la coraza	Cps=	<u>-0.11</u>																																			
Corrección por presión de diseño del lado de los tubos	CPT=	<u>-0.05</u>																																			
Corrección de materiales																																					
Tubos	Cmt=	<u>1.99</u>																																			
Coraza	Cms=	<u>0.45</u>																																			
Canales	Cmc=	<u>0.27</u>																																			
Hoja del tubo	Cmts=	<u>0.18</u>																																			
Corrección de ancho de tubo	Cg=	<u>-0.12</u>																																			
	Corrección total CT=	<u>2.99</u>																																			
3.	<p>Costo del intercambiador de calor Eb.</p> $CEb = [C_{\text{base}}(1+C_T) \times A \times N] = [14.30 \times (1 + 2.99) \times 15.65 \times 1] = \$892.91$																																				
4.	<p>Costo actual del intercambiador Ec.</p> $CEc = CEb \times CEI = 892.91 \times 1.850 = \$1,651.53$																																				

Resultados de la estimación de costos del absorbedor (en dólares)

Si a los cinco equipos principales se le agrega el costo de una torre de enfriamiento modelo HD-1204-GRT-I marca HD, con un costo aproximado de \$4,500.00 dólares; la inversión estimada para el equipo de absorción es de \$320,942.63 dólares sin considerar equipo auxiliar.

Para el costo de mano de obra se tomaría entre el 3% y 4% del costo de inversión, es decir entre \$9,628 a \$12,838.

Existe una nueva tecnología en la fabricación de paneles solares conocida como PERC (Passivated Emitter Rear Cell). O lo que es lo mismo, colocar una capa reflectante (Dielectric Layer) para aprovechar al máximo la radiación.

¿Cómo es una célula fotovoltaica PERC?

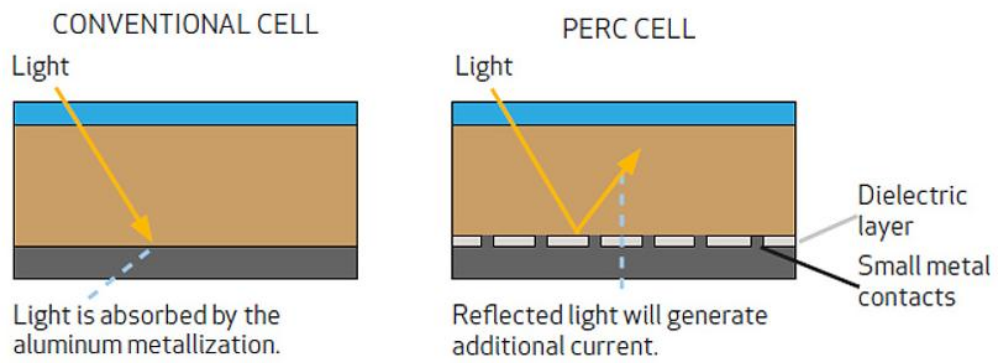
Si colocamos un material dieléctrico pasivo entre la capa de aluminio y la capa base de silicio, podemos conseguir que estos electrones de la luz infrarroja no penetren hasta la capa de aluminio, sino que sean reflejados y permitan generar corriente entre la capa base y la emisora. Este aprovechamiento de la luz infrarroja le proporciona a la célula PERC una mayor “sensibilidad” ante longitudes de onda larga.

Normalmente estas longitudes de onda están más presentes cuando el sol incide con cierta inclinación, es decir, durante las primeras y últimas horas del día o durante los días nublados con radiación baja. Esto permite que los módulos con tecnología PERC presenten una eficiencia superior al resto de módulos convencionales (tanto monocristalinos como policristalinos). (Renewable Energy Magazine, 2022)

No queda aquí la cosa. Longitudes de onda superiores a la infrarroja no pueden penetrar en las células fotovoltaicas, bueno, más bien no pueden generar energía, pero estas ondas llegan directamente a la capa de aluminio inferior en las células convencionales, siendo absorbidas por ésta y aumentando la temperatura del módulo. Y ese aumento de temperatura genera un efecto negativo sobre la producción. Sin embargo, en las células PERC, estas ondas son reflejadas enviándolas fuera del panel y consiguiendo, por tanto, una temperatura menor. Por último, la pasivación del material dieléctrico evita que los electrones puedan “escaparse” hacia la capa de aluminio, permitiendo de este modo una mejor circulación entre las capas base y emisora de

silicio. En resumen, la tecnología PERC ofrece dos ventajas significativas:

- Mayor producción con irradiación baja.
- Menor coeficiente de temperatura.



Representación de las distintas capas de una célula convencional y PERC



Tercera semana de marzo 2022, realización de entrevista con los expertos de uno de los parques solares en Choluteca Honduras