

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA VACUNAS  
MEDIANTE CELDAS DE PELTIER PARA EL LABORATORIO CLÍNICO  
“REINA DEL CISNE”**

**AUTOR:**

**PÉREZ LLERENA CRISTIAN JAVIER**

**TUTOR:**

**EDUARDO RODRIGO TORRES SANTOS**


**Quito, marzo del 2020**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Cristian Javier Pérez Llerena con documento de identificación N° 1718655648, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado/titulación intitulado: “Desarrollo de un sistema de refrigeración para vacunas mediante de celdas de Peltier para el laboratorio clínico Reina Del Cisne”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservó los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, marzo del 2020



Cristian Javier Pérez Llerena

CI: 1718655648

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto técnico “Desarrollo de un sistema de refrigeración para vacunas mediante de celdas de Peltier para el laboratorio clínico Reina Del Cisne.” realizado por Cristian Javier Pérez Llerena, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2020



Eduardo Rodrigo Torres Santos

CI: 1713654604

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis Padres que han sido un pilar fundamental en la culminación de mis metas como Ingenieros, gracias a ellos nunca el resignado y a su esfuerzo me encuentro hoy por hoy culminando mis aspiraciones. Siempre se los agradeceré y a futuro hare ver mis frutos de toda su perseverancia conmigo hacia ellos.

A mis hermanos que siempre nos hemos apoyado en las buenas y en las malas nunca me han soltado de la mano y ellos ahora como buenos profesionales que son me da el agrado de unirme a ellos gracias a la educación inculcada por mis padres.

## **AGRADECIMIENTO**

A toda la familia Pérez, y a toda la familia Llerena que siempre han estado al tanto de mis avances y siempre me han apoyado para culminar mis metas; gracias por ser siempre unidos.

A mi abuelita por ser la aun la base y la fuente principal de alegría de toda mi familia gracias a su cariño y cuidado que me ha dado en toda la vida que eh compartido con ella.

A mis todos mis amigos que me acompañaron hasta este punto de culminación, por su amistad y ayuda durante todo este tiempo; que se siga manteniendo eso lazos de amistad con todos, siempre alegres.

Agradecerle a mi Tutor el Ingeniero Eduardo Torres por la paciencia, la acogida y el trato recibido en el desarrollo de trabajo de titulación y por sus conocimientos recibidos que eh adquirido mediante su tutela hasta llegar a la culminación de mis metas como ingeniero.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |     |
|--|-----|
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....                 | i   |
| DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR..... | ii  |
| DEDICATORIA .....                                | iii |
| AGRADECIMIENTO .....                             | iv  |
| INDICE DE CONTENIDOS .....                       | v   |
| INDICE DE FIGURAS.....                           | vii |
| INDICE DE TABLAS .....                           | ix  |
| RESUMEN.....                                     | x   |
| ABSTRACT .....                                   | xi  |
| CAPÍTULO 1 .....                                 | 1   |
| ANTECEDENTES.....                                | 1   |
| 1.1 PROBLEMA DE ESTUDIO.....                     | 1   |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN .....                          | 2   |
| 1.3 OBJETIVOS.....                               | 3   |
| 1.3.1 Objetivo General .....                     | 3   |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                 | 3   |
| CÁPITULO 2 .....                                 | 4   |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....                      | 4   |
| 2.1 INTRODUCCIÓN AL EFECTO TERMOELÉCTRICO .....  | 4   |
| 2.1.1 Efecto Joule .....                         | 4   |
| 2.1.2 Efecto Seebeck.....                        | 5   |
| 2.1.3 Efecto de Peltier.....                     | 6   |
| 2.1.4 Efecto Thompson .....                      | 8   |
| 2.2 CELDAS DE PELTIER .....                      | 8   |
| 2.3 TIPOS DE CELDAS DE PELTIER.....              | 10  |
| 2.3.1 Celda Peltier Estándar .....               | 10  |
| 2.3.2 Celdas Multi-Etapa O Cascada .....         | 11  |
| 2.3.3 Micro-Celdas De Peltier .....              | 12  |
| 2.3.4 Celda De Alta Potencia.....                | 13  |
| 2.3.5 Celda Serie-Paralelo .....                 | 14  |
| 2.3.6 Celda De Peltier Cíclica.....              | 15  |
| 2.3.7 Celda Con Orificio Central .....           | 16  |
| 2.4 MÓDULOS PELTIER.....                         | 17  |

|   |    |
|---|----|
| 2.5.1 Ventajas de un módulo Peltier.....  | 18 |
| 2.6 ARDUINO ATMEGA 2560.....  | 18 |
| CAPÍTULO 3 .....  | 20 |
| DISEÑO DE LA CAMARA DE REFRIGERACIÓN.....   | 20 |
| 3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....  | 20 |
| 3.2 MÓDULO PELTIER UTILIZADO .....  | 22 |
| 3.3 ETAPA DE POTENCIA Y CONTROL.....  | 27 |
| 3.3.1 Etapa De Control .....  | 27 |
| 3.3.2 Etapa de potencia .....   | 29 |
| CAPÍTULO 4 .....  | 34 |
| ANÁLISIS Y RESULTADOS.....  | 34 |
| 4.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS ELEMENTOS QUE SE ASOCIAN EN EL SISTEMA DE<br>REFRIGERACIÓN. .... | 34 |
| 4.2 PRUEBAS DE VALIDACIÓN .....   | 34 |
| 4.2.1 Detalle de resultados del sistema en lazo cerrado implementado. ....                      | 34 |
| 4.2.2 Independencia energética del sistema de refrigeración .....                               | 36 |
| 4.2.3 Pruebas sin carga .....   | 37 |
| 4.2.4 Pruebas con carga .....   | 38 |
| 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....  | 39 |
| 4.3.1 Análisis del consumo de energía en los elementos que se asocian al sistema.....           | 39 |
| 4.3.2 Análisis del sistema en lazo cerrado. ....  | 39 |
| 4.3.3 Análisis de la independencia energética del sistema .....                                 | 40 |
| 4.3.4 Análisis del sistema de refrigeración sin carga .....                                     | 40 |
| 4.3.5 Análisis del sistema de refrigeración con carga.....                                      | 41 |
| CONCLUSIONES.....   | 42 |
| RECOMENDACIONES.....  | 43 |
| REFERENCIAS .....   | 44 |
| ANEXO 1 .....   | 47 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 1 Efecto Joule .....   | 5  |
| Figura 2. 2 Función de los termopares .....  | 6  |
| Figura 2. 3 Efecto Peltier .....   | 7  |
| Figura 2. 4 Constitución de la Celda de Peltier.....   | 9  |
| Figura 2. 5 Características Peltier Estándar .....   | 10 |
| Figura 2. 6 Celdas de Peltier Multietapa.....  | 11 |
| Figura 2. 7 Micro celda de Peltier.....  | 12 |
| Figura 2. 8 Celdas de Peltier de altas potencia.....   | 13 |
| Figura 2. 9 Celdas de Peltier Serie-Paralelo.....  | 14 |
| Figura 2. 10 Celda de Peltier cíclicas.....  | 15 |
| Figura 2. 11 Características celda de Peltier con orificio central.....                                  | 16 |
| Figura 2. 13 Modulo de Peltier .....   | 18 |
| Figura 3. 1 Arduino ATMEGA 256019  |    |
| Figura 3. 2 Dimensiones del prototipo de refrigeración .....   | 20 |
| Figura 3. 3 Esquema interno de materiales aislantes. ....  | 21 |
| Figura 3. 4 Cámara y bandeja .....   | 22 |
| Figura 3. 5 Disipador de aire caliente con ventiladores externos .....                                   | 23 |
| Figura 3. 6 Celda de Peltier utilizada.....  | 23 |
| Figura 3. 7 Pasta térmica de cerámica.....   | 24 |
| Figura 3. 8 Elementos internos para el módulo Peltier en la pared para pruebas en el funcionamiento..... | 26 |
| Figura 3. 9 Diseño interno de la cámara de refrigeración .....   | 26 |
| Figura 3. 10 Esquema de bloques del sistema en lazo cerrado .....  | 27 |
| Figura 3. 11 Sensor DS18B20.....   | 28 |
| Figura 3. 12 Algoritmo del sistema de refrigeración .....  | 29 |
| Figura 3. 13 Especificaciones batería 12V 18A.....   | 31 |
| Figura 3. 14 Driver Optocoplado de potencia.....   | 33 |
| Figura 3. 15 Esquema general del sistema de enfriamiento .....   | 33 |
| Figura 4. 1 Resultados del sistema de control a variar el setpoint en un rango de 7 a 9 grados.....      | 35 |
| Figura 4. 2 Pruebas del voltaje consumido en función del tiempo de funcionamiento .....                  | 36 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 4. 3 Temperatura del sistema vs tiempo de enfriamiento del sistema sin carga | 37 |
| Figura 4. 4 Temperatura del sistema vs voltaje consumido por la batería sin carga.  | 37 |
| Figura 4. 5 Temperatura del sistema vs tiempo de enfriamiento del sistema con carga | 38 |
| Figura 4. 6 Temperatura del sistema vs voltaje consumido por la batería con carga   | 38 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2. 1 Características de los Termopares.....   | 9  |
| Tabla 2. 2 Características de funcionamiento de la celda de Peltier estándar.....               | 11 |
| Tabla 2. 3 Características de funcionamiento de la celda Peltier Multietapa .....               | 12 |
| Tabla 2. 5 Características de funcionamiento de las micro celdas de Peltier .....               | 13 |
| Tabla 2. 6 Características de funcionamiento de las celdas de alta potencia.....                | 14 |
| Tabla 2. 7 Características de funcionamiento de las celdas serie paralelo.....                  | 15 |
| Tabla 2. 8 Características de funcionamiento de las celdas de Peltier cíclicas.....             | 16 |
| Tabla 2. 9 Características de funcionamiento de las celdas de Peltier con orificio central..... | 17 |

## **RESUMEN**

El presente proyecto de titulación basado en tecnología Peltier tiene como finalidad el diseño, el control y automatización de un sistema de refrigeración con independencia energética que abarque temperaturas idóneas para el tratamiento, conservación y refrigeración de vacunas, para ello se realiza un estudio bibliográfico sobre proyectos técnicos referentes al empleo y utilización de las celdas de Peltier y las diferentes formas de controlar la temperatura estos dispositivos que sirven para realizar la refrigeración del sistema. A la vez también se realiza un estudio analítico y deductivo en el cual se establecen los parámetros necesarios que se necesitan para la construcción de la estructura; en esta etapa incluye materiales térmicos como eléctricos necesarios establecer una temperatura deseada en la cámara de refrigeración. Una vez establecido los parámetros de selección y diseño del sistema se procede al montaje y construcción del sistema uniendo la etapa de potencia y la etapa de control al sistema, seguido a esto se realizan las pruebas para validar el funcionamiento del sistema por lo que se lo hará mediante un método comparativo por lo que se realizan la pruebas de funcionamiento sin carga y también pruebas al ingresar las vacunas con el fin determinar el análisis energético del sistema así como el comportamiento y tiempo útil de funcionamiento del equipo para posteriormente dar conclusiones y recomendaciones referentes a la finalización del proyecto.

## **ABSTRACT**

The purpose of this titling project based on Peltier technology is the design, control and automation of a cooling system with energy independence that encompasses temperatures suitable for the treatment, conservation and refrigeration of vaccines, for which a bibliographic study on projects is carried out technicians concerning the use and use of Peltier cells and the different ways of controlling the temperature these devices that serve to perform the cooling of the system. At the same time an analytical and deductive study is also carried out in which the necessary parameters that are needed for the construction of the structure are established; at this stage it includes thermal and electrical materials necessary to establish a desired temperature in the cooling chamber. Once the system selection and design parameters have been established, the system is assembled and built by joining the power stage and the control stage to the system, followed by tests to validate the operation of the system. It will do by means of a comparative method so that the tests of functioning without load are carried out and also tests when entering the vaccines in order to determine the energy analysis of the system as well as the behavior and useful time of operation of the equipment to later give conclusions and recommendations regarding at the end of the project.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 PROBLEMA DE ESTUDIO**

Para el uso en campañas de vacunación o la toma de muestras clínicas, el Laboratorio Clínico Reina del Cisne solo cuenta con un solo sistema de refrigeración para la conservación de reactivos médicos que es fijo. Al no disponer de un prototipo móvil se dificulta el transporte y la conservación de muestras que tienden a ser analizadas o suministradas a los usuarios del laboratorio por lo que una mala conservación de los reactivos médicos puede ocasionar pérdida de efectividad o se pierda por completo las propiedades del reactivo debido a que no se conserva dentro de los rangos de temperatura deseables. En el Ecuador el uso de los sistemas de refrigeración móviles y controlados a base de la tecnología Peltier no son conocidos ni utilizados en la rama médica y la conservación de muestras.

La carencia de sistemas portables para la refrigeración y conservación de muestras médicas en laboratorios clínicos conllevan a una mala manipulación de las sustancias a ser analizadas porque estas deben de almacenarse a una determinada temperatura dependientemente de la muestra.

La autora Laura M. Rendón en su artículo académico estabilidad de los medicamentos después del primer uso realiza la siguiente citación.

Los parámetros de preservación establecidas por la O.M.S (Organización Mundial de la Salud) son: de 2 a 10°C para refrigeración, 15 a 25°C a temperatura ambiente y de -20°C congelación, para la humedad de promedio a menos de 60%. La fecha de caducidad y parámetros de almacenaje son generalmente requeridas por las agencias controladoras de medicamentos en los países y corresponden a estar presentes en todas las muestras médicas comercializadas. (Rendón, L. M., Lopera, S., & Valencia, N. Y., 2018).

El almacenaje de las sustancias en contenedores que sean capaz de refrigerar y mantener temperaturas estables para evitar que los reactivos se dañen y se desechen, es importante en el proceso de análisis clínicos y requiere del uso dispositivos diseñados con nuevas tecnologías. Para el presente proyecto se pretende utilizar el

efecto Peltier de las celdas para un sistema de refrigeración automático para la preservación de vacunas.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La MSP (Ministerio de Salud Pública) como entidad pública con responsabilidad de ejercer normas y regulaciones en lo que respecta al uso de sistemas médicos a favor de la salud de los ecuatorianos, sostiene que se debe tener un uso exclusivo en cámaras de refrigeración para cada tipo de muestras que tiendan a ser conservadas a temperatura estable para después suministradas y analizadas a la población. (Guerra, Mill, 2016).

El avance tecnológico en sistemas de refrigeración a nivel global, incluyen el uso de nuevas tecnologías como son las celdas de Peltier. Los beneficios que poseen estos sistemas para mantener la temperatura constante, se deben a la interacción de las celdas con la electrónica y los sistemas de control, lo que permite la conservación y la refrigeración de diferentes materiales en rangos estables de temperatura por lo que resulta un dispositivo eficaz para el empleo en el área médica, en este caso en la conservación de reactivos médicos. (Cristian Rubio Ramírez , Guillermo Martheyn Lizarazo, 2017).

Debido a esto surge la necesidad de la implementación una cámara móvil para la refrigeración controlado con celdas con tecnología Peltier que tenga la capacidad de generar diferentes etapas de frío para la conservación de reactivos médicos que son sujetos a mantener una temperatura constante, para que los reactivos médicos no pierdan sus propiedades y su eficacia por lo que el Laboratorio Clínico Reina del Cisne ha decidido invertir en este equipo móvil para la preservación de reactivos médicos que son sujetos a ser analizados o suministrados a los usuarios que disponga de los servicios del laboratorio.

El prototipo de almacenaje móvil para el control automático de temperatura que pueda utilizarse con el bajo costo de la celda de Peltier, proveen una opción para el proceso de refrigeración en vacunas y otro tipo de muestras que requieran una temperatura estable para su preservación.

El Laboratorio Clínico Reina del Cisne requiere de una cámara de refrigeración automática que preserve de diferentes tipos de reactivos clínico con control en lazo cerrado.

El diseño incluye:

- El uso de micro controladores que permita al usuario monitorear la temperatura a tiempo real para un rango de 2 a 10 grados Celsius.
- La visualización los datos de temperatura en una pantalla grafica liquida GLCD.
- Un algoritmo de control en lazo cerrado del valor de la temperatura interna, así como de actuadores controlados para los ventiladores utilizados en el prototipo.
- Un suministro de energía móvil cuyo suministro de energía será a base de celdas de batería con al menos 1 hora de independencia energética.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema de refrigeración automático para la conservación de vacunas mediante el uso de celdas de Peltier

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar el proceso de refrigeración de reactivos médicos para la selección de los materiales e instrumentación del sistema.
- Diseñar el control en lazo cerrado del prototipo para la preservación de la temperatura a niveles de refrigeración.
- Implementar el sistema eléctrico para la movilidad la independencia energética del sistema.
- Realizar las pruebas del sistema de refrigeración implementado para la validación del funcionamiento.

## **CÁPITULO 2**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN AL EFECTO TERMOELÉCTRICO**

En la ingeniería toma cada vez más importancia el control preciso de la temperatura en sistemas como: refrigeración de sistemas electrónicos, especializados en la preservación y conservación de medicamentos o alimentos según varié su función, para que no toleren daños o no se conserven con todas sus propiedades. En dispositivos termoelectricos sus propiedades se activan cuando se les aplica voltaje eléctrico específico. Los electrones comienzan a transitar entre el material provocando el origen nuevos electrodos positivos y negativos y con esto generar voltaje eléctrico.

La interrelación entre los fenómenos termoelectricos se los viene tratando desde el siglo XIX, dado que Joule quien estudio estos fenómenos vio que la materia ofrece resistencia a la tendencia generada de los electrones, cuya función es entregar energía cinética en los periódicos choques al medio. La energía compensada se disipa en forma de calor. (Ramírez, C. R., Lizarazo, G. M., & Duarte, E. V., 2017).

Existen tres efectos termodinámicos lo cuales se presenta en la celda de Peltier los cuales son: El efecto Joule, efecto Peltier, efecto Seebeck.

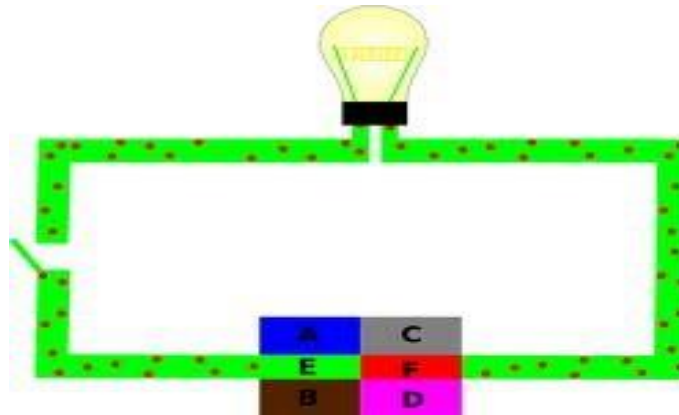
##### **2.1.1 Efecto Joule**

Este efecto termoelectrico abarca un conjunto de varios fenómenos como son fenómenos eléctricos, el movimiento de electrones que genera corriente eléctrica y su efecto térmico que se asocia, el calor que se produce en el conductor por el cual transita la corriente todos estos fenómenos se asocian con el Efecto Joule. Debido a continuos choques provocados por el movimiento de electrones, la materia brinda resistencia a dicho movimiento por lo que la energía obtenida de los electrones se dispersa en forma de calor. (Patterson, G., & Sobral, M, 2007).



En la figura 2.1 se puede visualizar la demostración del efecto Joule

Figura 2. 1 Efecto Joule



Fuente (Patterson, G., & Sobral, M, 2007)

Este enunciado se lo puede expresar por la siguiente formula:

$$Q = I^2 \times R \times T \quad \text{Ec. (2. 1)}$$

Donde Q representa la energía dispersada por los electrones que

genera calor

I se refiere a la corriente que circula en el material

R es la resistencia del material conductor

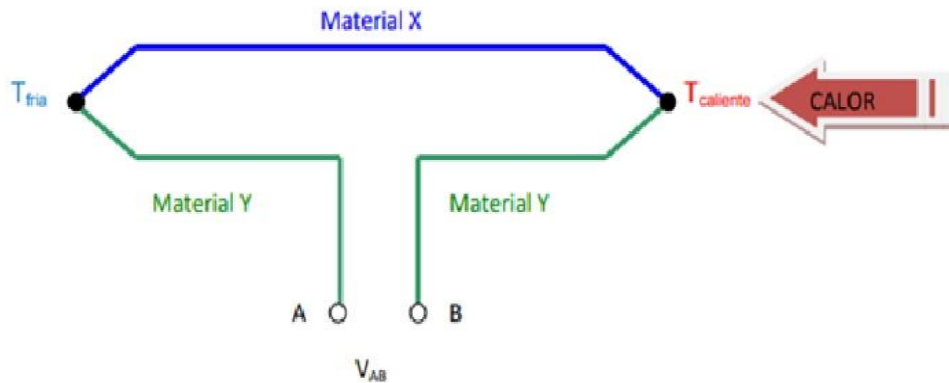
T es la unidad de tiempo.

### 2.1.2 Efecto Seebeck

El principio del efecto Seebeck se basa en producir una fuerza electromagnética a partir de dos metales de diferente naturaleza, a estos dos metales se los denomina pares termoeléctricos los cuales están a temperaturas diferentes. Para la demostración en función a la temperatura se lo toma como punto de referencia al punto A el cual conserva una temperatura fría ( $T_{fría}$ ), si se lo toma como punto de unión al punto de referencia B vamos a presenciar la temperatura requerida para este efecto la cual es la caliente ( $T_{caliente}$ ). Por lo que al aplicar calor a la unión de los dos puntos A y B se genera una diferencia de tensión a la cual se la define como fuerza electromotriz de Seebeck. (Roque Serrano, 2012).

En la figura 2.2 se puede ver el funcionamiento de los dos termopares que están diseñados de diferente material se los expresa mediante dos etiquetas X Y.

Figura 2. 2 Función de los termopares



Fuente (Roque Serrano, 2012)

La ecuación 2 se expresa esta la fuerza electromotriz mediante la fórmula:

$$V_{AB} = \alpha_{XY} (T_{caliente} - T_{fria}) \quad \text{Ec. (2. 2)}$$

Donde  $V_{AB}$  = Es la diferencia de voltaje entre los terminales A y B

$\alpha_{XY}$  = Se define como el coeficiente Seebeck de la unión de los termopares XY (volts)

$(T_{caliente} - T_{fria})$  = Son las temperaturas de los terminales A y B ( $^{\circ}k$ )

Donde el coeficiente Seebeck se lo expresa como se visualiza en la ecuación 3

$$\alpha_{XY} = \frac{\partial V_{AB}}{\partial T_{fria}} \quad \text{Ec. (2. 3)}$$

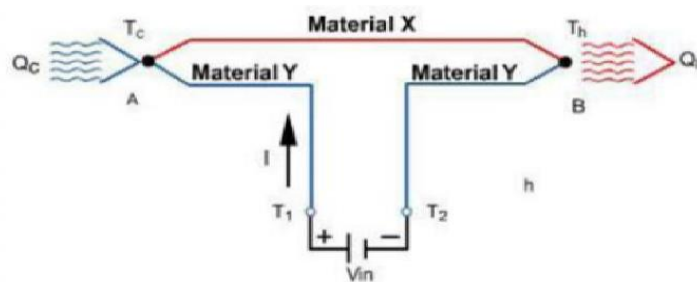
### 2.1.3 Efecto de Peltier

Jean Charles Peltier en el año 1894 vio que al producir una circulación de corriente a través de termopares de diferente material puede irradiar como a la vez absorber calor dependiendo de la orientación de la conducción de la corriente, por lo que a través del coeficiente de Peltier  $\Pi$ , vio que la variación de calor emitida o absorbida es directamente proporcional a la corriente suministrada.

Por lo que si el sentido de la corriente va en dirección inversa al paso de los electrones que transitan por la soldadura estos tiende a compensar la energía por lo que extraen de los metales por lo cual se enfría el material. (Giner, J. J. A, 2013)

En la figura 2.3 se puede presenciar este efecto que según la dirección que tenga la corriente se va a presenciar los principios de emisión o absorción de calor en el circuito.

Figura 2. 3 Efecto Peltier



Fuente: (Giner, J. J. A, 2013)

Como se puede ver por medio de la figura tres se puede obtener las siguientes expresiones matemáticas:

La potencia calorífica en el diseño se la obtiene en base a la siguiente formula

$$Q = J \times \pi_{AB} \quad \text{Ec. (2. 4)}$$

Donde  $\pi_{AB}$  se lo define como el coeficiente de Peltier que es el calor intercambiado en la unión de los termopares que circulan dentro de la misma (volts)

J Es el flujo de electrones que circulan en el material(A/s)

Para hallar el coeficiente de Peltier se lo obtiene mediante la siguiente fórmula

$$\pi_{AB} = T \times \alpha_{AB} \quad \text{Ec. (2. 5)}$$

Donde  $\pi_{AB}$  = coeficiente de Peltier (volts)

T Representa a la temperatura que existe dentro de la unión de los termopares

$\alpha_{AB}$  Coeficiente Seebeck

### 2.1.4 Efecto Thompson

El científico inglés William Thompson analizó como se relacionan los efectos Peltier y Seebeck y como se relacionan debido a que si un material tiende a estar a una cierta temperatura y le aplica una corriente que circula en este material internamente va a generar o absorber calor dependiendo de la condición a la que está aplicada el material. El efecto se induce en un único material sin la obligación de unir dos diferentes elementos como lo necesitan Peltier y Seebeck en sus efectos correspondientes (Muñoz Zurdo, 2013)

Thompson postula que la potencia calorífica producida o absorbida viene dada de la siguiente manera

$$\frac{\partial Q}{\partial X} = t_l \frac{\partial T}{\partial X} \quad \text{Ec (2. 6)}$$

Donde  $\frac{\partial Q}{\partial X}$  Potencia Calorífica o absorbida por cada porción de material

$\frac{\partial T}{\partial X}$  Gradiente de temperatura

$l$  Densidad de corriente eléctrica que circula por el conductor

$t$  factor de Thompson

Los factores Seebeck, Peltier y Thompson se relacionan entre sí mediante la ecuación:

$$\pi_{ab} = a_{ab} \times T \quad \text{Ec (2. 7)}$$

$$t_a - t_b = T \frac{\partial a_{ab}}{\partial T} \quad \text{Ec (2. 8)}$$

## 2.2 CELDAS DE PELTIER

Esta celda es un mecanismo electrónico como capacidades como irradiar a la vez bombear calor mediante un suministro de corriente eléctrica por lo que una de sus ventajas es que no genera contaminación, no produce ruido ni algún tipo de vibración por lo que es un dispositivo ecológico. Tiene la capacidad de generar una potencia comprendida de calor entre mili vatios hasta centenares de vatios.

Estos dispositivos se componen de la unión de termopares que se sitúan eléctricamente conectados en serie y compuestos térmicamente en paralelo de manera un lado de la cara absorbe calor y la vez el otro lado de la placa lo desprenda. (Merino Gutierrez, 2017).

En la figura 2.4 se puede visualizar como está constituida una celda de Peltier.

Figura 2. 4 Constitución de la Celda de Peltier



Fuente: (Merino Gutierrez, 2017)

Existen diferentes materiales para construir los termopares en la figura 2.5 se puede distinguir los termopares más comunes y utilizados en la industria en base a su rangos y tolerancias de temperatura.

Tabla 2. 1 Características de los Termopares

| CALIBRACION | RANGOS DE TEMPERATURA                        | STD. LIMITES DE ERROR    | SPEC. LIMITES DE ERROR  |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|
| J           | 0°C hasta 750 °C<br>(32°F hasta 1382 °F)     | Mayor a 2,2°C o<br>0,75% | Mayor a 1,1°C o<br>0,4% |
| K           | -200°C hasta 1250°C<br>(328°F hasta 1282 °F) | Mayor a 2,2°C o<br>0,5%  | Mayor a 1,1°C o<br>0,4% |
| E           | -200°C hasta 900°C<br>(-328°F hasta 1652 °F) | Mayor a 1,7°C o<br>0,5%  | Mayor a 1,0°C o<br>0,4% |
| T           | -250°C hasta 350°C<br>(-328°F hasta 662 °F)  | Mayor a 2,2°C o<br>0,75% | Mayor a 0,5°C o<br>0,4% |

Fuente: (Merino Gutierrez, 2017)

## 2.3 TIPOS DE CELDAS DE PELTIER

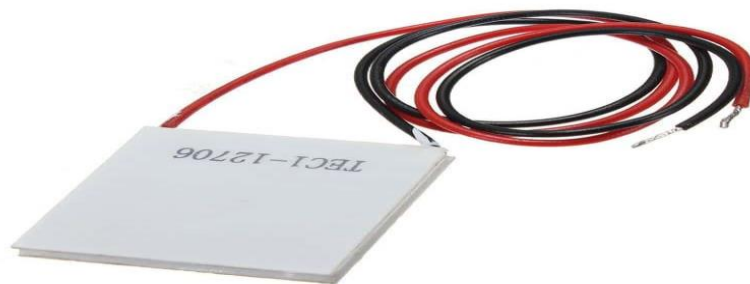
Según el tipo de aplicación y la demanda de Celdas se Peltier que se pueden encontrar en el mercado son:

### 2.3.1 Celda Peltier Estándar

Este prototipo de celda son las menos complejas dentro de los aparatos termoeléctricos. Entre sus características se puede notar que su temperatura varia en un rango entre los 80°C como máximo y 25°C como mínimo siendo una temperatura media de 75°C. Entre sus aplicaciones donde se puede encontrar este tipo de celda se puede encontrar en procesos industriales como ejemplo en el campo de la biomedicina como también comercialmente. (Godoy Vaca, 2016)

En la figura 2.6 se puede ver la celda de Peltier estándar conjuntamente en la tabla 2.1 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

Figura 2. 5 Características Peltier Estándar



Fuente: (Godoy Vaca, 2016)

Tabla 2. 2 Características de funcionamiento de la celda de Peltier estándar

| MAGNITUD                                    | RANGO                       | UNIDADES |
|---|-----------------------------|----------|
| Intensidad (I)                              | 1— 40                       | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 1—95                        | W        |
| Tensión (V)                                 | 2—17                        | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 68—72                       | °C       |
| Dimensiones                                 | 8 x 8 x 3,6 —<br>50 x 50 x5 | mm       |

Fuente: (Godoy Vaca, 2016)

### 2.3.2 Celdas Multi-Etapa O Cascada

Este tipo de celda proporciona mayores rangos de diferencia de temperatura en comparación con los módulos estándar de una etapa. Su arquitectura se compone de dispositivos termoeléctricos estándar colocados en paralelo, debido a esto el rango de temperatura de esta celda es de 80 grados centígrados como máximo. (Caruajulca Rimarachin, 2019)

En la figura 2.7 se puede ver la celda de Peltier de la celda multietapa conjuntamente en la tabla 2.2 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

Figura 2. 6 Celdas de Peltier Multietapa



Fuente: (Caruajulca Rimarachin, 2019)

Tabla 2. 3 Características de funcionamiento de la celda Peltier Multietapa

| MAGNITUD                                    | RANGO                                 | UNIDADES |
|---|---------------------------------------|----------|
| Intensidad (I)                              | 3.5 — 24                              | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 18 — 27                               | W        |
| Tensión (V)                                 | 8,2 — 18,20                           | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 95 — 100                              | °C       |
| Dimensiones                                 | 20 x 20 x 6.45 —<br>39,7 x 39,7 x 6,8 | Mm       |

Fuente: (Caruajulca Rimarachin, 2019)

### 2.3.3 Micro-Celdas De Peltier

Las micro celdas como su nombre lo indica poseen un reducido tamaño, miden 16.01mm<sup>2</sup> y su potencia de calor promedio los 9W, estos dispositivos se pueden encontrar en aplicaciones donde poseen espacio limitado.

En la figura 2.8 se puede ver la micro celda de Peltier, conjuntamente en la tabla 2.4 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

Figura 2. 7 Micro celda de Peltier



Fuente: (Caruajulca Rimarachin, 2019)



Tabla 2. 4 Características de funcionamiento de las micro celdas de Peltier

| MAGNITUD                                    | RANGO  | UNIDADES |
|---|--|----------|
| Intensidad (I)                              | 1,20 — 2,50                                  | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 0,63 — 8,70                                  | W        |
| Tensión (V)                                 | 0,96 — 8,70                                  | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 70   | °C       |
| Dimensiones                                 | 4,01 x 4,01 x 3,19 —<br>12,10 x 12,10 x 2,34 | mm       |

Fuente: (Caruajulca Rimarachin, 2019)

### 2.3.4 Celda De Alta Potencia

Este tipo de celdas pueden llegar hasta 280w de calor extraído siendo este tipo de dispositivos capaces de generar una potencia de refrigeración de 14W/ cm<sup>2</sup> para lo cual sus aplicaciones se caracterizan por su alta optimización para succionar calor se destinan en procesos como son los PCR, test térmicos de sistemas microprocesador gracias a sus elevadas densidades para refrigerar. (Romero Delgadillo, 2017)

En la figura 2.9 se puede celda de alta potencia, conjuntamente en la tabla 2.5 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

Figura 2. 8 Celdas de Peltier de altas potencia



Fuente: (Romero Delgadillo, 2017)

Tabla 2. 5 Características de funcionamiento de las celdas de alta potencia

| MAGNITUD                                    | RANGO                          | UNIDADES |
|---|--------------------------------|----------|
| Intensidad (I)                              | 6 — 24                         | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 85,1 — 340,5                   | W        |
| Tensión (V)                                 | 8,9 — 35,8                     | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 68 -- 71                       | °C       |
| Dimensiones                                 | 30 x 30 x 3,3 —<br>55 x 55 x 4 | mm       |

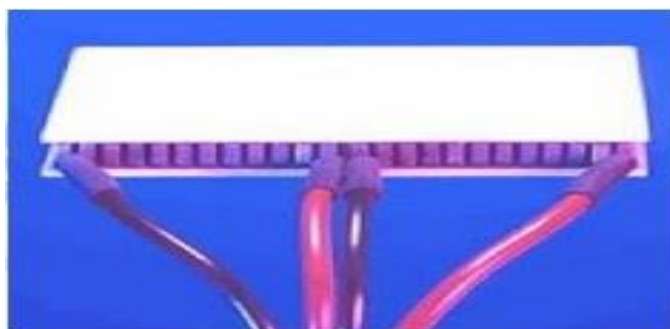
Fuente: (Romero Delgadillo, 2017)

### 2.3.5 Celda Serie-Paralelo

Esta celda posee características casi similares a las células estándar lo que se diferencia en su forma de conexión que varía en el interior de la celda ya que poseen 2 circuitos eléctricos que les da capacidad para que trabaje en serie o paralelo.

En la figura 2.10 se puede ver la celda de Peltier serie - paralelo, conjuntamente en la tabla 2.6 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

Figura 2. 9 Celdas de Peltier Serie-Paralelo



Fuente: (Romero Delgadillo, 2017)

Tabla 2. 6 Características de funcionamiento de las celdas serie paralelo

| MAGNITUD                                    | RANGO                                     | UNIDADES |
|---|---|----------|
| Intensidad (I)                              | Serie 1,9 — 3,6<br>Paralelo 3,7 — 7,2     | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 36,6 — 70                                 | W        |
| Tensión (V)                                 | Serie 31,4 — 31,8<br>Paralelo 15,7 — 15,9 | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 69 -- 72                                  | °C       |
| Dimensiones                                 | 40 x 40 x 3,6 —<br>40 x 40 x 4,8          | mm       |

Fuente: (Romero Delgadillo, 2017)

### 2.3.6 Celda De Peltier Cíclica

Este tipo de celdas tiene como característica trabajar cíclicamente esto quiere decir que se someten a aplicaciones que necesitan diferentes cambios de temperatura, por lo que se somete a un esfuerzo mayor que otro tipo de celda por lo que la vida útil de este dispositivo disminuye. (Lucas Guerra, 2011)

En la figura 2.11 se puede ver la celda de Peltier cíclica, conjuntamente en la tabla 2.7 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

Figura 2. 10 Celda de Peltier cíclicas



Fuente: (Lucas Guerra, 2011)

Tabla 2. 7 Características de funcionamiento de las celdas de Peltier cíclicas

| MAGNITUD                                    | RANGO                            | UNIDADES |
|---|----------------------------------|----------|
| Intensidad (I)                              | 4 — 24                           | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 31 — 72                          | W        |
| Tensión (V)                                 | Serie 4,30 — 17,5                | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 72                               | °C       |
| Dimensiones                                 | 40 x 40 x 3,6 —<br>40 x 40 x 4,8 | mm       |

Fuente: (Lucas Guerra, 2011)

### 2.3.7 Celda Con Orificio Central

Esta celda posee un orificio que se sitúa en el centro de la celda, sus diámetros varían entre 4,7 y 27 mm; Este orificio sirve como túnel, por este atraviesa la luz como cualquier tipo de material de diámetro menor como por ejemplo cables. Por lo que sus propiedades para refrigerar son menores a de la celda estándar.

En la figura 2.12 se puede ver la celda de Peltier serie - paralelo, conjuntamente en la tabla 2.8 se visualiza las características de funcionamiento del dispositivo.

. Figura 2. 11 Características celda de Peltier con orificio central



Fuente: (Lucas Guerra, 2011)

Tabla 2. 8 Características de funcionamiento de las celdas de Peltier con orificio central

| MAGNITUD                                    | RANGO                            | UNIDADES |
|---|----------------------------------|----------|
| Intensidad (I)                              | 3 — 6                            | A        |
| Capacidad de calor bombeado ( $Q_{max}$ )   | 5,2 — 56                         | W        |
| Tensión (V)                                 | 3,2 — 17,2                       | V        |
| Diferencia de temperaturas $\Delta T_{max}$ | 72                               | °C       |
| Dimensiones                                 | 40 x 40 x 3,6 —<br>40 x 40 x 4,8 | mm       |

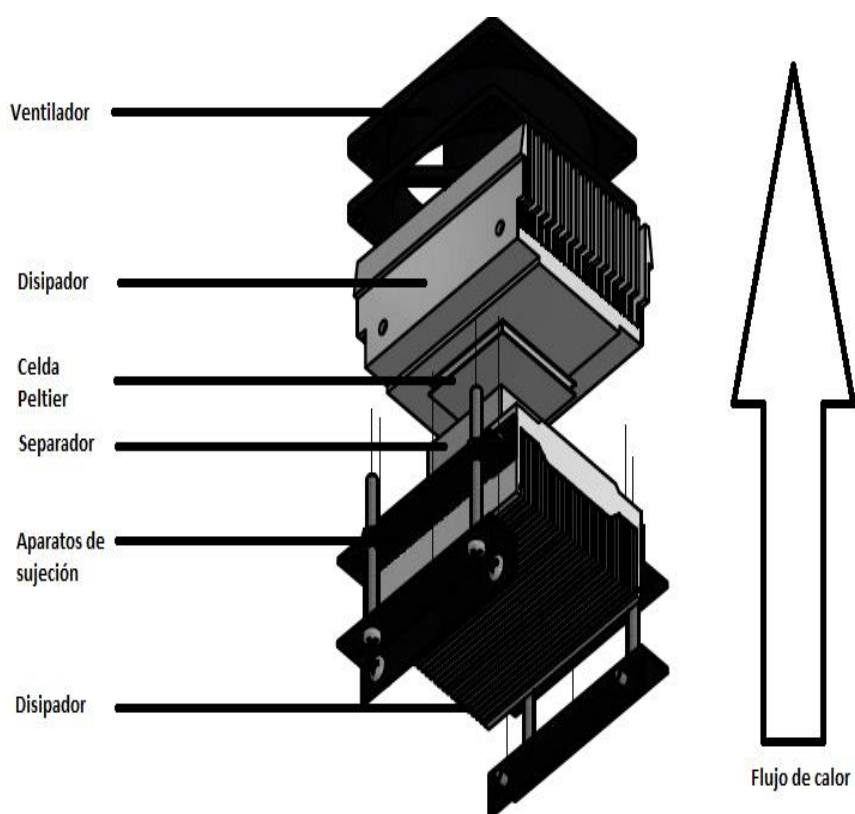
Fuente: (Lucas Guerra, 2011)

## 2.4 MÓDULOS PELTIER

Los módulos Peltier son dispositivos capaces de entregar la energía necesaria como para crea diferenciales en temperatura entre caras de la celda de Peltier. El aumento de temperatura se transfiere al lado opuesto de la celda enfriando el ambiente y viceversa. Si es el caso de que se requiera calentar se tiene que invertir la corriente de la celda. Para controlar la potencia de bombeo se podrá al variar la cantidad de corriente circulante de la celda o las celdas utilizadas. (Postigo Diez Canseco, 2011).

Los elementos que conforman el módulo de Peltier se conforman esencialmente por una celda de Peltier que es la encargada de generar frio o calor según su aplicación, seguido está unido a un disipador de calor para el lado frio. Para que las celdas trabajen a toda su capacidad es necesario un bloque separador entre el disipador del lado caliente y la celda este bloque separador tiene que ser de material aislante de temperatura, esto se por porque debido a su alto grado de temperatura en la cara caliente las celdas tienden a quemarse por lo que es de gran utilidad tener unidos a las celdas para la disipación del lado frio también puede incluir un ventilador para que bombee el frio almacenado en el disipador interno. En la figura 2.14 se visualiza los elementos que conforman el módulo de Peltier.

Figura 2. 12 Modulo de Peltier



Fuente: (Postigo Diez Canseco, 2011)

### 2.5.1 Ventajas de un módulo Peltier

Al ser un sistema eléctrico una de sus ventajas es que no afecta ni perjudica al medio ambiente. Es un sistema que se le realiza poco mantenimiento y también gracias a su grande capacidad de exactitud el módulo es ideal para aplicaciones donde el tamaño no puede excederse. La gran capacidad de variar su temperatura es decir calentar o enfriar lo hace un dispositivo de gran ayuda gracias a la manipulación de la corriente se puede llegar a temperaturas exactas por medio de una etapa de control. (Patterson, G., & Sobral, M, 2007) .

### 2.6 ARDUINO ATMEGA 2560

Esta tarjeta trabaja con un voltaje de entrada 7 a 12 (v), el cual posee un microcontrolador de tipo Atmega 2560. Se hace el uso de esta tarjeta programadora debido la variedad de pines y a sus prestaciones que posee como por el ejemplo posee entradas y salida digitales total 54 pines como 14 pines analógicos y también señales

de tipo PWM que son utilizados para el accionamiento de la cámara de refrigeración en la figura 3.9 se visualiza la tarjeta programadora utilizada. (Torres Santos, E. R., & Bucheli Naranjo J. L, 2017)

Figura 3. 1 Arduino ATMEGA 2560



Fuente: (Torres Santos, E. R., & Bucheli Naranjo J. L, 2017)

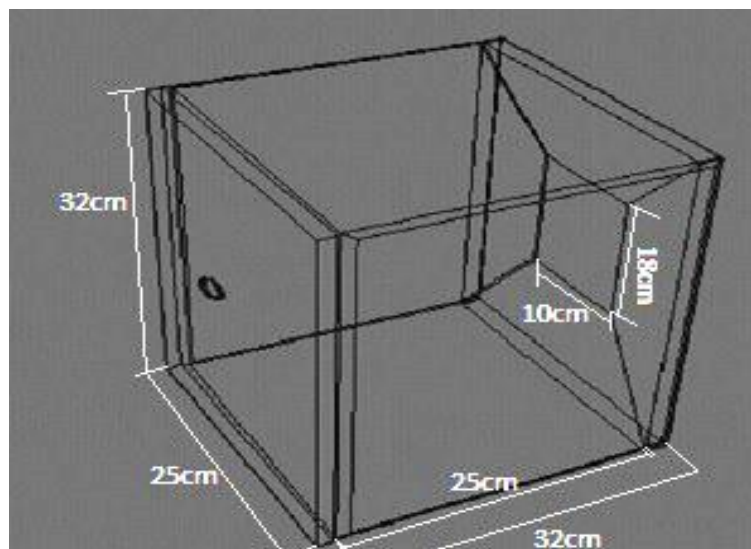
## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DE LA CAMARA DE REFRIGERACIÓN

#### 3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Para la construcción de la cámara se toma las dimensiones para que abarque una capacidad aproximada a 10 litros e internamente se almacene más de 50 viales de diferente tamaño de muestras, por lo que dichas dimensiones son (25 x 25x 32) cm de la cámara y al interior de la cámara debido a que se adhiere material aislante que servirá para la protección y aislamiento, por lo que se tiene un tamaño aproximado de (19x19x 26) cm de dimensión. En la figura 3.1 se visualiza las medidas respectivas que se tomó para la cámara.

Figura 3. 2 Dimensiones del prototipo de refrigeración



Autor:(Elaboración propia)

De la etapa de construcción, la estructura se aísla térmica y herméticamente, por lo que uno de los parámetros que se toman en cuenta son la elección de los materiales aislantes térmicos para que internamente en la cámara se mantenga una temperatura deseada para la refrigeración de vacunas.

En el exterior de la cámara está compuesto por madera, seguido a esto se ha adhiere acero inoxidable debido a que posee resistencia a efectos de corrosión evitando el deterioro de la estructura. Seguido a este debido a la necesidad de un material que aislé la temperatura internamente; en el interior se la cámara se implementa el uso de un

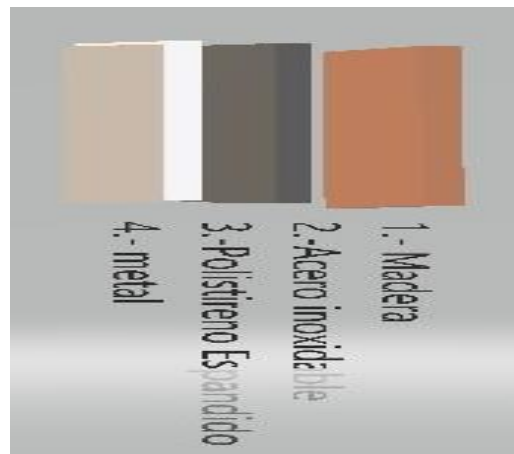


material aislante que por medio de la resistencia térmica el sistema conservé el frío en el interior de la cámara.

Uno de los mejores materiales que poseen propiedades térmicas es el poli estireno expandido que internamente conjuntamente con un material metálico conforman la etapa de conservación a lo interno de la cámara.

La figura 3.2 describe los diferentes materiales que internamente conforman la etapa de aislamiento de la cámara de refrigeración.

Figura 3. 3 Esquema interno de materiales aislantes.



Autor: (Elaboración propia).

En la tabla 3.1 se detallan las propiedades de aislamiento de cada material utilizado en la cámara de refrigeración

Tabla 3. 1 Conductividad térmica de los elementos seleccionados

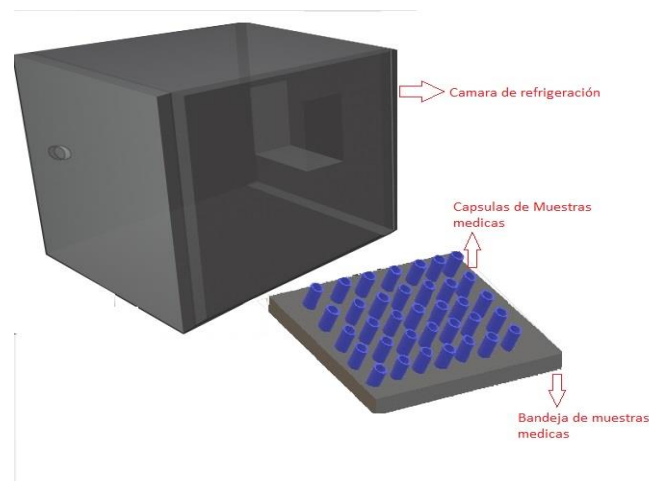
| Material              | Conductividad térmica W/(m·K) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Madera                | 0,04 - 0,4                    |
| Acero inoxidable      | 47 - 58                       |
| Polistireno Expandido | 0,12                          |
| Metal                 | 237                           |

Fuente: (vaxasoftware, 2018)

Para que el sistema sea hermético y evitar la filtración y fugas de aire se utiliza la menor cantidad de tornillos y pegamento, además de esto en la posterior de la estructura se hace un orificio de 10cm x 20 cm donde se ubica el módulo Peltier.

Alrededor del orificio donde está el módulo de Peltier se diseñó internamente una superficie cónica cuya función es permitir una mejor distribución del flujo de aire que generan las celdas de Peltier por medio de los ventiladores que poseen los disipadores internos. En la figura 3.3 se muestra como está dividido internamente la cámara y también la bandeja donde se ubicará las diferentes muestras

Figura 3. 4 Cámara y bandeja



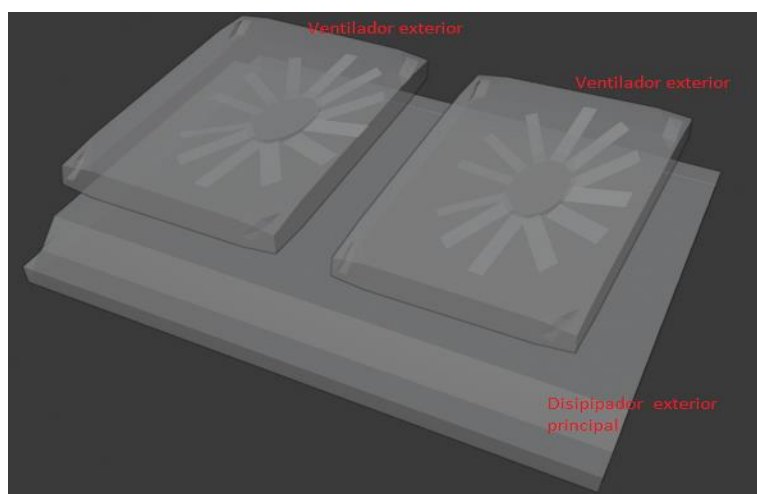
Autor:(Elaboración propia).

### 3.2 MÓDULO PELTIER UTILIZADO

Para la construcción y montaje con la estructura, se tiene un disipador grande de 10cm x 18 cm el cual está al exterior de la cámara, el cual retiene la temperatura caliente de la celda de Peltier para lo cual se necesita el uso ventiladores unidos al disipador para que extraiga la temperatura almacena del disipador exterior y así evitar que se dañe la celda de Peltier. Este disipador se lo adquirió mediante el mercado el cual con lleva todo el kit de enfriamiento de disipación

En la figura 3.4 se visualizará el disipador principal conjuntamente con sus ventiladores externos.

Figura 3. 5 Disipador de aire caliente con ventiladores externos



Autor: (Elaboración propia)

Seguido a esto se utiliza dos celdas de Peltier Tec1-12706 que trabajan a 12 V, 6 amperios con una potencia de 60W. La tecnología Peltier estándar son mayormente aprovechadas gracias a sus prestaciones ya que son de sencillo montaje, la manipulación y trabajan en extensos tramos de temperatura. (Godoy Vaca, 2016)

Son accesibles con proveedores electrónico con precios módicos que varía de 3 hasta 30 dólares dependiendo de la calidad y del fabricante.

En la figura 3.5 se detalla las especificaciones de la celda Peltier empleada.

Figura 3. 6 Celda de Peltier utilizada



Fuente. (I.T, 2019)

Tabla 3. 2 Especificaciones de la celda de Peltier

|                               |        |        |
|-------------------------------|--------|--------|
| Temperatura cara caliente(°C) | 25(°C) | 50(°C) |
| Qmax (watts)                  | 50     | 57     |
| Delta Tmax (°C)               | 66     | 75     |
| I <sub>max</sub> (A)          | 6,4    | 6,4    |
| V <sub>max</sub> (V)          | 14,4   | 16,4   |
| Módulo de resistencia (Ω)     | 1,98   | 2,30   |

Fuente. (I.T, 2019)

Para que la celda realice la transmisión de calor a los disipadores se usa pasta térmica, en este caso se utiliza de material cerámico la cual tiene buenas propiedades para la transferencia de calor y es la más comercial que se puede encontrar a un precio módico. Esta pasta se aplica en los dos lados de la celda de Peltier en una cantidad moderada.

En la figura 3.6 se ve las propiedades de la pasta térmica utilizada.

Figura 3. 7 Pasta térmica de cerámica



Fuente: (TECNOSMART, 2020)

Tabla 3. 3 Propiedades de la pasta térmica

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| SKU                   | CT-9010001-WW            |
| Peso neto             | 3g                       |
| Conductividad térmica | 3,8W/mK                  |
| Impedancia térmica    | 0,001-in <sup>2</sup> /W |
| Viscosidad            | 2300K cPs                |
| Gravedad específica   | 2,5g/cm <sup>3</sup>     |

Fuente: (TECNOSMART, 2020)

Seguido a esto se ubica los disipadores de menor tamaño en el lado frío estos sujetos con tornillos a pequeños ventiladores de 12V cuya función será extraer el aire frío y provocar un flujo de aire dentro de la cámara que se genera en los disipadores provocados por el lado frío de la celda de Peltier a este efecto se lo conoce como sistema de enfriamiento por ventilación forzada.

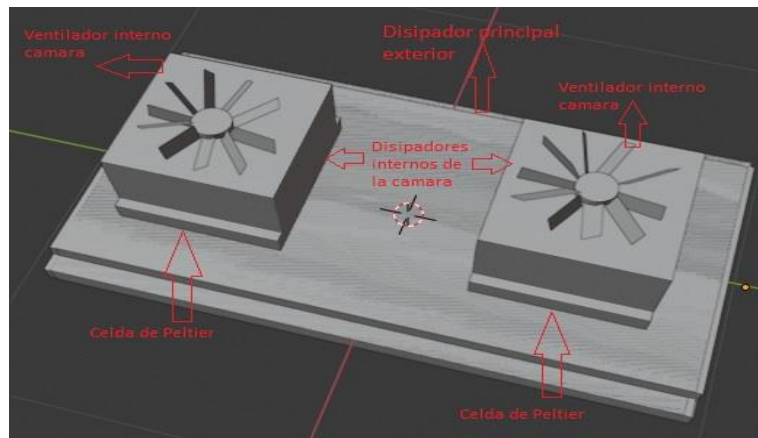
Las ventajas que ofrece este sistema de enfriamiento son:

- Disminuye el tiempo que esta el producto a elevadas temperaturas, consiguiendo reducir el deterioro por los tratamientos de enfriamiento de los productos.
- La aplicación de periodos de enfriamiento de menor tiempo lo que permite poder tener más rotación y un uso mejor de las instalaciones.
- Eligiendo un sistema adecuado da la posibilidad de emplear un enfriamiento homogéneo sin necesidad de hacer manipulaciones excesivas al producto.
- Son sistemas eficientes energéticamente ofrecen mejoras prestaciones frente a los sistemas sin ventilación lo que conlleva un ahorro energético por lo que resulta para la empresa un ahorro económico.
- Un sistema de enfriamiento sin ventiladores se puede transformar un sistema de enfriamiento por aire forzado teniendo una inversión pequeña en los equipos ventiladores lo que proporciona las ventajas de tener un enfriamiento por aire forzado. (Delgado, 2018)

También se realizan pequeños agujeros en la estructura, donde se saca los cables de alimentación de las celdas y se manda hacia el exterior de la cámara donde están los elementos de potencia y control.

En la figura 3.6 se visualizan elementos internos del módulo de Peltier que extraerán la temperatura fría de la celda.

Figura 3. 8 Elementos internos para el módulo Peltier en la pared para pruebas en el funcionamiento



Autor: (Elaboración propia)

Realizadas las pruebas de funcionamiento del módulo Peltier se procede con su montaje. En la figura 3.7 visualiza la cámara interna del sistema.

Figura 3. 9 Diseño interno de la cámara de refrigeración



Autor: (Elaboración propia)

### 3.3 ETAPA DE POTENCIA Y CONTROL

#### 3.3.1 Etapa De Control

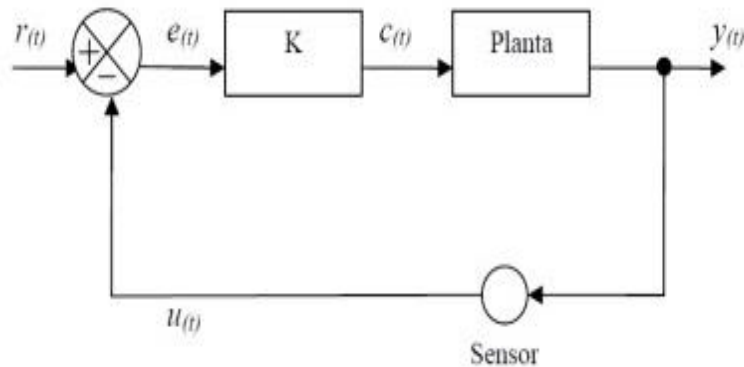
Se diseña un control automático para esta etapa para mantener la temperatura de la celda a un valor constante.

Se implementa un control ON/OFF en función a que las celdas de Peltier son elementos cuyas caras se aproxima a temperaturas establecidas en función de la variación de la alimentación, existen cambios debido al medio térmico de la celda de Peltier, variaciones de la temperatura ambiente y elementos adicionales como la transmisión de calor de la celda a diversos dispositivos por contacto como por mencionar la piel.

Este tipo de control, conmuta según el coeficiente de  $e(t)$  (error), con el fin de impedir que este control cambie de manera descontrolada, la variable altera su valor cuando  $e(t)$  obtiene valores fuera de un cierto rango, con ello se concreta una zona de diferencial dentro de la cual el controlador no cambia. (Medina Pérez)

En la figura 3.8 describe el esquema de bloques del control implementado

Figura 3. 10 Esquema de bloques del sistema en lazo cerrado

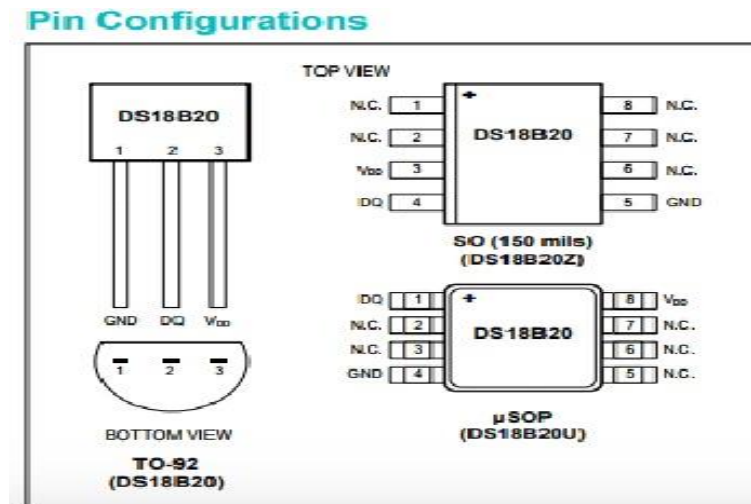


Fuente: (Medina Pérez)

Se optó por usar un sensor digital de temperatura el cual es el sensor DS18B20 tiene la capacidad de medir temperaturas en un rango de  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $85^{\circ}\text{C}$  con un error de  $\pm 0,5$  grados y para temperaturas que van desde  $-55$  grados centígrados hacia  $125$  grados centígrados el error es de  $\pm 2$  grados centígrados.

En la figura 3.10 podemos ver al sensor DS18B20 conjuntamente con sus características de funcionamiento.

Figura 3. 11 Sensor DS18B20



Fuente: (Programafacil.com, 2019)

Tabla 3. 4 Características del Sensor DS18B20

| Características         | Valor                          |
|-------------------------|--------------------------------|
| Voltaje de alimentación | 3V a 5,5V                      |
| VDD                     | Voltaje de alimentación        |
| GND                     | Tierra                         |
| DQ                      | Datos                          |
| Rangos de temperatura   | -55°C a 125°C                  |
| Error (-10°C a 85°C)    | ±0,5°C                         |
| Error (-10°C a 125°C)   | ±2 °C                          |
| Resolución programable  | 9-bit, 10bit o 12-bit(default) |

Fuente: (Programafacil.com, 2019)

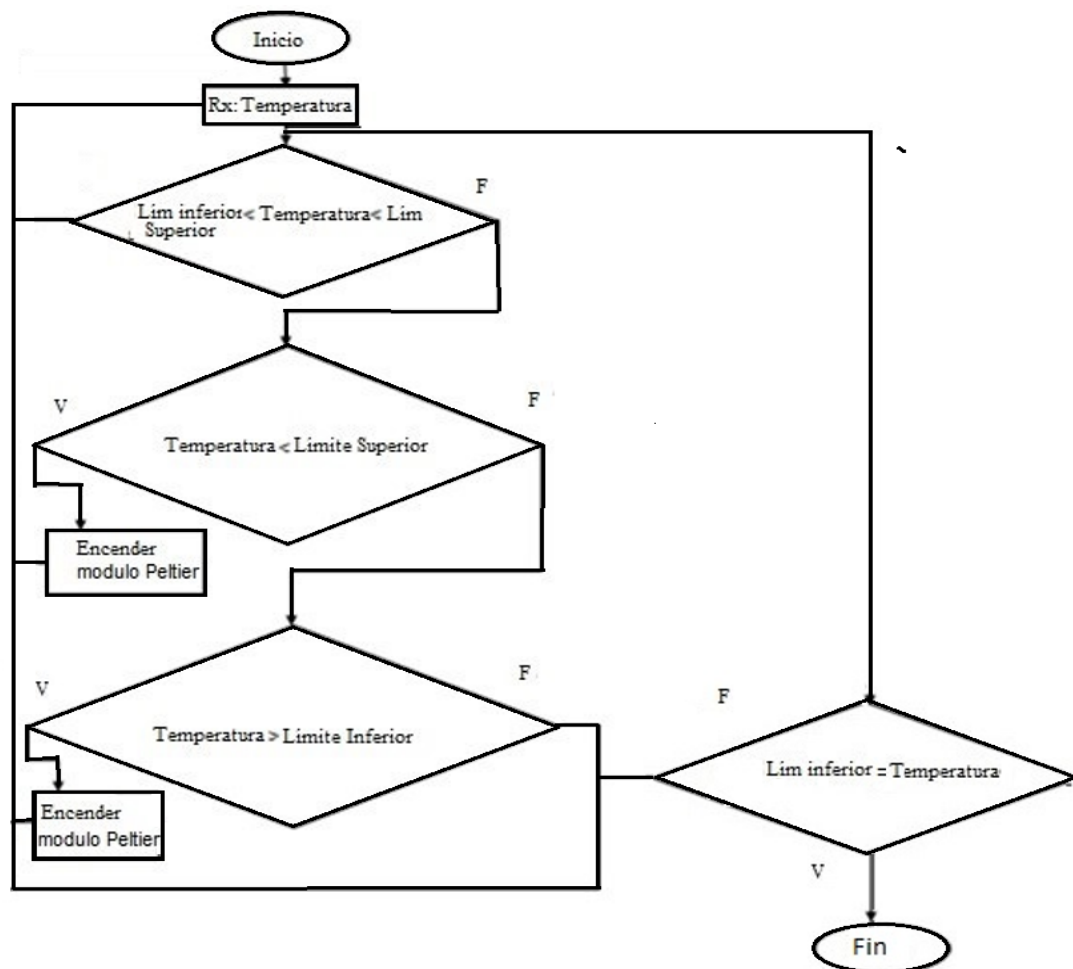
El control se realizó de acuerdo a las especificaciones de temperatura deseadas para este proyecto; dada que la temperatura debe de mantenerse en un rango de 5 a 10 grados, se establece la condición de que si la temperatura es mayor o menor de la deseada los actuadores en este caso las celdas se activaran hasta llegar a la temperatura de refrigeración para las muestras.



El sistema de control conjuntamente con el sensor de temperatura irá conectados a una tarjeta de programación; en este caso la tarjeta es el Arduino Mega 2560 en la cual estará también conectada una pantalla grafica de cristal líquido (GLCD) donde se visualizarán los datos de temperatura registrada y controlada.

En la figura 3.11 se detalla el algoritmo que se utilizó para realizar la programación del módulo por medio de la tarjeta programadora.

Figura 3. 12 Algoritmo del sistema de refrigeración



Autor: (Elaboración propia)

### 3.3.2 Etapa de potencia

Dado a que el módulo de Peltier trabaja a 12v, se necesita una batería la cual pueda alimentar al sistema el posee tres celdas que trabajan con una corriente máxima de 6

amperios y estas al estar conectadas en paralelo se suma los amperajes. Por lo que se optó por comprar una batería de 12V a 18 amperios para la alimentación del sistema.

El análisis del rendimiento de la batería es la unión de varios parámetros como son la tensión a circuito abierto, capacidad nominal, el estado de la carga, la capacidad máxima de descarga, estado de salud/vida útil el estado útil de la batería y la profundidad de descarga.

La profundidad de descarga se designa con las letras DOD la cual es la cantidad de suministro energético que se puede obtener de una batería. Se expresa como un porcentaje de la capacidad energética total de la batería.

Como norma general las baterías de válvula de plomo ácido, el porcentaje de descarga máxima estacional es del 70% por lo que se procede al análisis de la capacidad mínima necesaria del batería. Para calcular la capacidad mínima (CMB) que debe tener el sistema de batería se procede a realizar en base a la ecuación 3.1

$$CMB = \frac{\text{Demanda de energía total del sistema x tiempo de autonomía}}{\text{profundidad de descarga x tensión del sistema}} \quad \text{Ec. (3. 1)}$$

Se procede a realizar el cálculo de acuerdo como el parámetro que está sujeto el sistema de refrigeración. La demanda de energía total que se requiere para el sistema son 82 W de acuerdo a toda la potencia energética de los elementos utilizados en el sistema, el tiempo de funcionamiento de la batería se especificó que debe de ser de al menos una hora de funcionamiento, la profundidad de descarga en baterías de ácido plomo es del 70% y la tensión del sistema es de 12 V. De acuerdo a estas especificaciones se procede a calcular.

$$CMB = \frac{82WHX1H}{0.7 X 12} = 9.76 \text{ A/H}$$

La batería que se implemento es una batería recargable de 12 V a 18 A que se utilizan en los UPS de sistemas contra incendios la cual alimentara el suficiente tiempo para el funcionamiento. En la figura 3.12 se detalla las especificaciones de la batería utilizada.

Figura 3. 13 Especificaciones batería 12V 18A



Fuente: (POWER, 2019)

Tabla 3. 5 Especificaciones batería 12V 18A

|  |   |
|--|---|
| Células por unidad                       | 6   |
| Voltaje por unidad                       | 12  |
| Capacidad                                | 70,0W a 15min a 1.67 por célula 25°C  |
| Peso                                     | Aprox 5,6 Kg (Tolerancia) ±3%   |
| Resistencia interna                      | Aprox 12 m ohm  |
| Rango de temperatura de operación        | Descarga -20°C , 60°C, Carga 0°C, 60°C<br>Almacenaje -20°C, 60°C  |
| Rango normal de temperatura de operación | 25°C ±5°C   |
| Voltaje de carga flotante                | 13,7V a 13,9V Vdc/unidad promedio a 25°C  |
| Corriente de descarga recomendada        | 5,4 V   |
| Ciclo de servicio y equalización         | 14,6 a 14,8 Vdc/ unidad promedio a 25°C   |
| Auto descarga                            | Baterías de válvula plomo ácido regulada (VRLA) pueden ser resguardados por más de 6 meses a 25 unidad promedio a 25°C. Autodescarga menor a 3% por mes a 25 unidad promedio a 25°C. Favor de cargar las baterías antes de su uso |
| Terminal                                 | Terminal F13/f13  |
| Material del envase                      | A.B. S UL94.VD Optional   |

Fuente: (POWER, 2019)

La tarjeta de programación trabaja a 5 V y las celdas de Peltier trabajan con 12V debido a esto se ha optado por el acondicionamiento de la señal para que control trabaje conjuntamente con el de potencia. Para ello diseña un circuito que consta de varios dispositivos electrónicos que conjuntamente se asocian para habilitar el funcionamiento de la celda y el control con Arduino. Este circuito se trata de un driver optocoplador el cual separa las dos fuentes de alimentación y aislando completamente los elementos que trabajan a baja tensión de los de alta tensión.

El driver optocoplador consta de un integrado 4n25 posee una tensión de alimentación máxima de 30 V con una corriente de colector de 150 máx. Este optocoplador se conecta a un MOSFET de potencia por lo que debido a la potencia con la que trabajan las celdas de Peltier se utiliza el MOSFET de potencia IRFZ44N con configuración de canal N. (Garcia, 2013)

Este MOSFET de alta potencia es ideal para aplicaciones de conmutación y modulación de ancho de pulso. En la tabla 3.1 se detallan las características con las que trabaja el MOSFET utilizado (AILDATASHEET.COM, 2019).

Tabla 3. 6 Características de funcionamiento del MOSFET IRFZ44N

| CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN                                   | VALOR              |
|--|--------------------|
| Voltaje Drenador Surtidor (VDDS)                               | 55 V               |
| Corriente de Drenador (ID)                                     | 49 A               |
| Resistencia Estática Drenador Surtidor (R <sub>DS (ON)</sub> ) | 0,032 $\Omega$ Max |
| Potencia Total de Disipación (PD)                              | 94 W               |

Fuente (AILDATASHEET.COM, 2019)

Para el diseño del circuito de potencia se tomará el valor de la resistencia R1 de 220 ohm para controlar la corriente que pasa por el diodo interno del optocoplador 4n25, para la resistencia R2 su valor es de 10(Kohm) por lo que a partir de datos que se obtiene de los datos proporcionados por el datasheet del MOSFET se puede hallar la corriente con la que trabajara en su zona óhmica es la tabla 3.7 se visualiza las características del circuito de potencia para su operación.

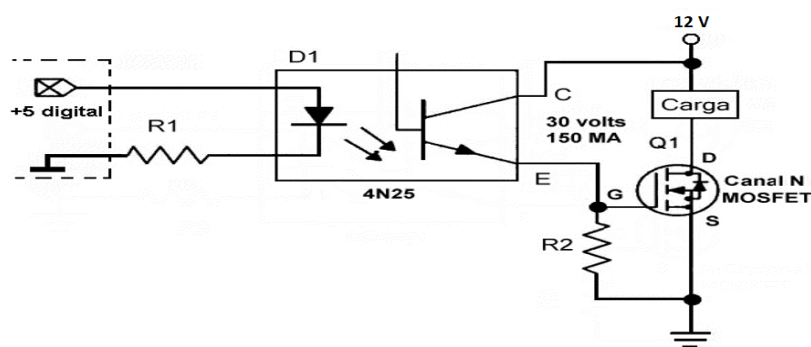
Tabla 3. 7 Características de operación del MOSFET IRFZ44N

| R1    | Vgs | Rds(on)        | Id(on) | Vo      | Id (sat) |
|-------|-----|----------------|--------|---------|----------|
| 1Kohm | 10v | 0,032 $\Omega$ | 47A    | 0,038mV | 0,0012mA |

Fuente (AILDATASHEET.COM, 2019)

En la figura 3.13 se visualiza el driver optocoplado que se encarga de manejar la potencia y control del sistema

Figura 3. 14 Driver Optocoplado de potencia



Fuente: (Garcia, 2013)

En la figura 3.14 se podrá ver un esquema general de cómo está constituido la etapa eléctrica y electrónica del sistema el cual constará de una batería que manejará la independencia energética del circuito. Por medio de la etapa de potencia entrará en contacto con la parte de control comandado por una tarjeta programadora que acondicionará la señal de salida de la celda de Peltier que a la vez contendrá los datos que serán visualizados por la pantalla líquida gráfica.

Figura 3. 15 Esquema general del sistema de enfriamiento



Autor: (Diseño propio)

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

Con el fin de dar aval al funcionamiento del sistema de refrigeración bajo los parámetros establecidos de este proyecto, se procede a realizar la prueba de funcionamiento.

#### 4.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS ELEMENTOS QUE SE ASOCIAN EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

Dado que el sistema que se controla y funciona mediante la implantación de un módulo Peltier para la Tabla 4. 1, se describe los coeficientes energéticos iniciales de todos los elementos eléctricos usados en el prototipo.

Tabla 4. 1 Consumo de energía de los elementos eléctricos usados del sistema

| Elementos                          | Cantidad | Voltaje (V) | Corriente(A) | Potencia(W) |
|------------------------------------|----------|-------------|--------------|-------------|
| Celdas Peltier                     | 2        | 11,9        | 3,13         | 74,49       |
| Ventilador<br>disipador<br>interno | 2        | 12,3        | 0,1          | 2,46        |
| Ventilador<br>disipador<br>externo | 2        | 12,3        | 0,25         | 6,15        |
| Arduino                            | 1        | 5 V         | 0,04         | 0,2         |
|                                    |          | TOTAL       | 7            | 83,3        |

Autor: (Elaboración propia)

Por lo que la opción de la batería utilizada de 12V a 18A va a satisfacer tranquilamente las necesidades del sistema al menos por una hora de funcionamiento debido a su consumo energético de la batería.

#### 4.2 PRUEBAS DE VALIDACIÓN

##### 4.2.1 Detalle de resultados del sistema en lazo cerrado implementado.

La figura 4.1 detalla los resultados al controlar el sistema a diferentes temperaturas para determinar el comportamiento del sistema en lazo cerrado, en este caso se optó

por un control suficiente para controlar las variaciones lentas que existen a cambiar el setpoint y el tiempo estabilización la temperatura.

Para estas pruebas se analizó cómo se comporta el sistema al variar el setpoint de control implementado en un rango de 7 a 9 grados y así ver los cambios que se produce en la temperatura en base al ciclo de estabilización de la señal tratada.

Figura 4. 1 Sistema de control con setpoint en un rango de 7 a 9 grados



*Autor: (Elaboración propia)*

En la tabla 4.2 se detalla los resultados de la gráfica 4.1 donde se obtienen las pendientes de los cambios de temperatura conjuntamente con sus errores de incertidumbre en base a los resultados obtenidos a variar el set point de la señal controlada.

Tabla 4. 2 Pendientes y errores de incertidumbre que se presenta en la señal controlada

| Pendiente | Interseccion.Eje | Coef. Correlación | Error de incertidumbre |
|-----------|------------------|-------------------|------------------------|
| -8,0      | 7,9              | -1,0              | 0,2                    |
| 14,9      | 5,0              | 1,0               | 0,7                    |
| 12,0      | 5,4              | 1,0               | 0,8                    |
| -18,7     | 14,8             | -1,0              | 1,0                    |

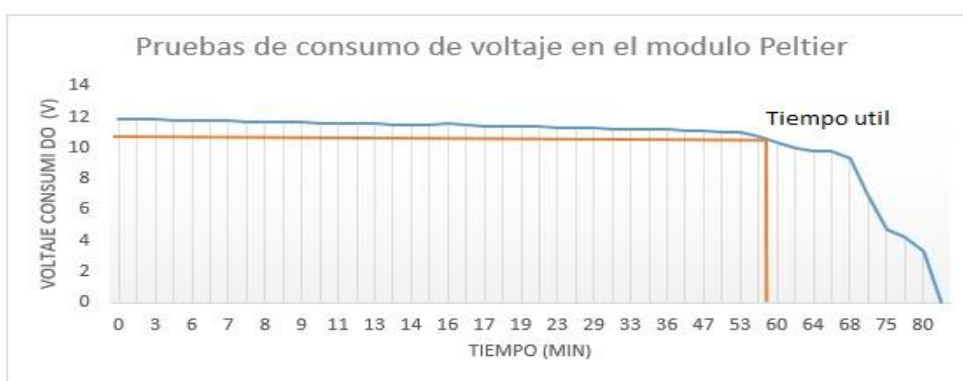
Autor: (Elaboración propia)

#### 4.2.2 Independencia energética del sistema de refrigeración

En la Figura 4.2 se detallan los resultados del tiempo de funcionamiento de la batería

La independencia energética se medirá desde que la batería se encuentra a carga completa midiendo el porcentaje de voltaje hasta el punto de descarga. Para estas pruebas se tomó el funcionamiento de la batería que energiza al módulo de Peltier fuera del cámara de refrigeración para medir el tiempo en lo que la batería llega a su límite de descarga.

Figura 4. 2 Pruebas del voltaje consumido en función del tiempo de funcionamiento



Autor: (Elaboración propia)



### 4.2.3 Pruebas sin carga

En este proceso se detalla los resultados obtenidos al no ingresar ningún tipo de carga dentro del sistema de refrigeración donde se destalla en base a datos obtenidos como actúa el sistema en base a la temperatura interior que puede alcanzar el contenedor, el voltaje consumido por la batería y a la vez el rango de tiempo donde la batería da un beneficio al módulo energizado.

En la figura 4.3 describe los resultados obtenidos de la temperatura mínima que tiende a llegar el sistema de refrigeración al no abrir el compartimiento y mantenerlo cerrada.

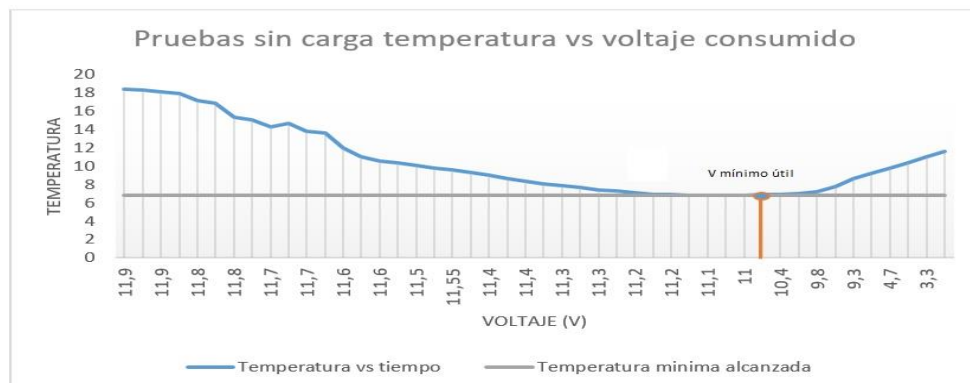
Figura 4. 3 Temperatura del sistema vs tiempo de enfriamiento del sistema sin carga



Autor: (Elaboración propia)

En la figura 4.4 se detalla los resultados del voltaje suministrado por la batería y la temperatura del sistema.

Figura 4. 4 Temperatura del sistema vs voltaje consumido por la batería sin carga



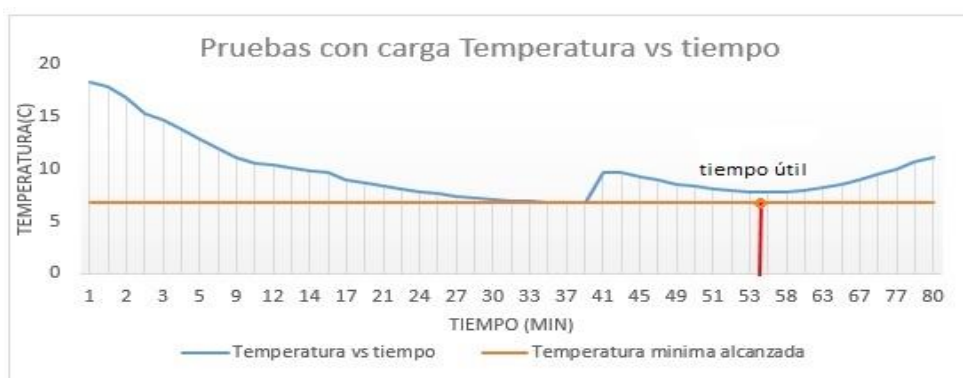
Autor: (Elaboración propia)

#### 4.2.4 Pruebas con carga

La figura 4.5 describe los resultados a lo que se ingresa una carga aproximadamente cuando el sistema alcanza la temperatura mínima y que está en los rangos de temperatura deseadas para la conservación de muestras médicas.

Se procedió a simular con diferentes tipos de muestras que se asemejen a los reactivos médicos utilizados para este prototipo y así que los resultados no varíen debido a la falta de disponibilidad de muestras.

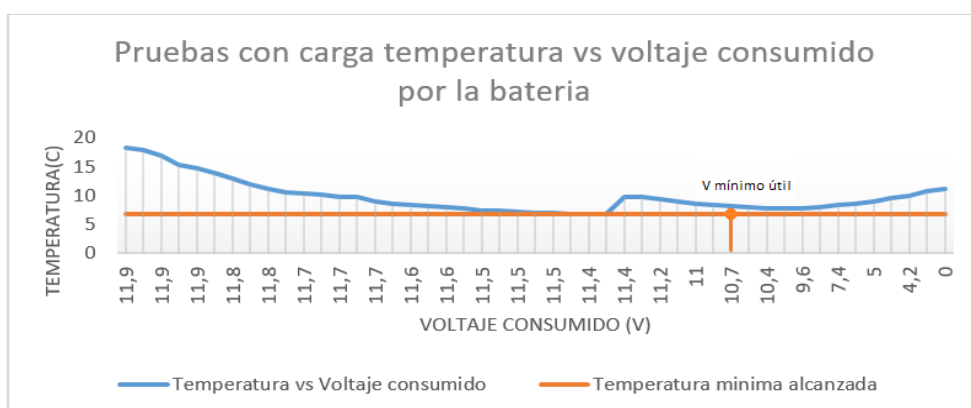
Figura 4. 5 Temperatura del sistema vs tiempo de enfriamiento del sistema con carga



Autor: (Elaboración propia)

La figura 4.6 describe cómo se comporta el prototipo a lo que se ingresa la carga dentro del compartimiento en función del voltaje consumido por la batería.

Figura 4. 6 Temperatura del sistema vs voltaje consumido por la batería con carga



Autor: (Elaboración propia)

## **4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.3.1 Análisis del consumo de energía en los elementos que se asocian al sistema**

Para que el módulo de Peltier funcione se necesitó de la ayuda de una etapa de potencia que cuenta con un optocoplador que se utiliza para separar la parte de control con la parte de potencia y un MOSFET para manejar grandes cargas en este caso las celdas de Peltier.

Para que batería realice un mejor desempeño necesita la menor cantidad de corriente por lo que la menor cantidad de celdas utilizadas favorecería a más tiempo de trabajo un mejor desempeño de la batería utilizada.

Para la disipación de calor se necesita dos ventiladores que sean de gran potencia de disipación para que extraigan el calor de una manera óptima esto se debe a que mientras esté más frío el disipador principal, el sistema perderá más temperatura en el interior de la cámara.

### **4.3.2 Análisis del sistema en lazo cerrado.**

La figura 4.1 se puede ver el algoritmo implementado en lazo cerrado variando la variable setpoint de control en un rango de 7 a 9 grados por lo que se pudo ver al analizar lo cambios de temperatura se establece un setpoint de 8 grados y varias su setpoint a 7 grados el tiempo de enfriamiento va a ser de mayor tiempo hasta que se estabilice la señal en este caso se pudo analizar que este tiempo fue aproximadamente de 12 minutos hasta que la señal llegue a estabilizarse en los 7 grados.

Ahora al analizar de manera inversa es decir que se manipule el setpoint de 7 a 8 grados el tiempo de calentamiento y de estabilización de la señal controlada va a ser de menos tiempo en este caso la señal para llegar a los 8 grados le tomo un tiempo de aproximadamente 7 minutos en estabilizarse.

Al cambiar setpoint de 8 a 9 grados el tiempo en llegar al setpoint fue aproximadamente de 7 minutos de trabajo en alcanzar esta temperatura y por último a hacer este proceso inverso es decir de 9 a 8 grados a bajar nuevamente el setpoint el tiempo fue menor por lo que se demoró un tiempo de 5 minutos. Estableciendo que el cambio de temperatura va a ser más lento mientras el sistema trata de llegar a temperatura bajas debido a esto el módulo de Peltier trabaja con mayor capacidad para

tratar de alcanzar el punto de referencia al contrario de manipular la señal en temperaturas más altas donde el sistema de refrigeración interactúa de una mejor manera con el módulo de Peltier.

#### **4.3.3 Análisis de la independencia energética del sistema**

La figura 4.2 detalla cómo se comporta la batería frente al módulo de Peltier que es el encargado de enfriar el compartimiento, para ello el sistema Peltier se alimenta con 12 voltios y que consume una corriente total de 7A por lo que la vida útil de la batería es limitada. El tiempo que le lleva la batería en consumir toda su capacidad de alimentación fue de 80 min llegando a descargarse completamente. Aproximadamente a los 55 minutos de funcionamiento comienza a decaer la potencia de alimentación de la batería por lo que el módulo de Peltier comienza a perder eficiencia pasado los 70 min la energía de la batería comienza a decaer rápidamente dando paso a un mal funcionamiento del sistema de refrigeración en este lapso lo recomendable es desconectar la batería del sistema. Según lo analizado el tiempo útil de trabajo de la batería será aproximadamente de 53 minutos.

#### **4.3.4 Análisis del sistema de refrigeración sin carga**

Con respecto a la figura 4.3 donde se visualiza la gráfica de temperatura vs tiempo se puede ver que tarda un tiempo aproximado de 35 minutos en alcanzar una temperatura estable de 6.81 grados. Después de alcanzar esta temperatura se mantiene estable gracias al control implementado entre un rango de temperatura de 6.50 a 8 grados durante un lapso de 25 minutos de funcionamiento después de este lapso se ve que el sistema comienza a decaer elevando su temperatura llegando hasta una temperatura aproximada de 9.65 grados en un tiempo aproximado de 70 min donde llega el límite de temperatura donde las muestras ingresadas pueden estar conservadas.

En cuanto a la figura 4.4 donde se visualiza la gráfica de temperatura vs voltaje se puede ver que el sistema comienza energizando a las celdas de Peltier con un voltaje de 11.8 V debido a la caída de tensión que se da ocasionado por las celdas, tras el paso de tiempo de funcionamiento se puede ver que el voltaje suministrado por la batería va decayendo, pero aun en este lapso no afecta mucho a la potencia con la que está trabajando el módulo de Peltier.

Aproximadamente con un voltaje de 11.5 V comienza a establecerse la temperatura dentro de los niveles de control llegando a una temperatura de 8 grados, luego tras un lapso de tiempo llega hasta los 6.8 grados y logra mantenerse con esta temperatura hasta que el voltaje de la batería decae a 10.7 V de energía suministrada donde el módulo aun trata de mantener la temperatura máxima alcanzada.

Pasados los 10.7 V se ve que el sistema comienza a decaer en el funcionamiento por lo que la temperatura comienza a elevarse lentamente, ya la potencia del módulo es inferior con la que comenzó energizada. Normalmente a las celdas de Peltier se les puede energizar hasta con un voltaje de 5 V llegando a tener temperaturas bajas de 8 a 9 grados por lo que tranquilamente se le podría mantener funcionando a la batería hasta ese lapso. El problema se da con la potencia de los ventiladores dando que como son energizados de la misma fuente también recae la velocidad de las aspas con las que disipa el calor del disipador principal por lo que si no tiene la suficiente potencia para disipar el calor este comienza a generar menos frío ocasionando que el sistema decaiga elevando de a poco su temperatura.

#### **4.3.5 Análisis del sistema de refrigeración con carga**

Con respecto a la figura 4.3 donde se visualiza la gráfica de temperatura vs tiempo que al cabo de 35 minutos de funcionamiento el sistema llega a su temperatura mínima deseada por lo que se procede a ingresar la carga, debido a esto la temperatura interna sube rápidamente y al cerrar el compartimento se visualiza que la temperatura aumenta alcanzando los 9.63 grados centígrados y comienza a nuevamente estabilizarse descender nuevamente la temperatura tratando de llegar a la temperatura más baja posible aproximadamente a 7 grados centígrados cuando se ingresa nuevamente dentro del rango de conservación de temperatura de las muestras médicas. Pasados los 55 min de funcionamiento el sistema llega aproximadamente a los 7 grados centígrados pero debido al consumo de la batería después de este lapso comienza a subir la temperatura de manera más lenta contrario a las pruebas sin carga por lo que al llegar a los 70 min de funcionamiento el sistema se sitúa alrededor de los 10 grados centígrados conservando aun su funcionamiento para la refrigeración.

## CONCLUSIONES

El sistema de refrigeración para conservación de muestras médicas mediante celdas de Peltier permite trabajar en una temperatura de 8 grados centígrados con una independencia energética de 70 minutos. Los elementos que se pueden conservar dentro del prototipo son vacunas, reactivos médicos y muestras de sangre entre otros que requieren una temperatura de transporte entre 8 a 10 grados centígrados.

Los parámetros de control se validan con un setpoint de 8 grados y una de tolerancia  $\pm 1$  grados centígrados. Se pudo establecer que el descenso de la temperatura de un grado desde el setpoint lo realiza con una pendiente del 8 por ciento y con un error de incertidumbre de 0,1944. Al incremento de la temperatura de 1 grado centígrado desde el setpoint se obtuvo una pendiente del 12 por ciento con un error de incertidumbre 0,72.

La independencia energética del sistema funciona con una batería de 12 V con una corriente máxima de 18 A, el tiempo útil de funcionamiento con el módulo de Peltier es de 70 min con carga completa. El descenso de la temperatura lo realiza en un tiempo de 35 min desde la temperatura ambiente por lo que el tiempo de aprovechamiento de la batería será de 35 min aprovechamiento energético. Concluido este tiempo las celdas de Peltier perderán potencia y el sistema comenzara incrementar su temperatura interna.

Los resultados de las pruebas realizadas permiten validar el uso del prototipo para el transporte de muestras y vacunas con una temperatura mínima de 7 °C y una independencia energética de 70 min si se realiza un enfriamiento previo del sistema.

## **RECOMENDACIONES**

Dado que el sistema hasta que llegue a temperaturas de refrigeración tarda un lapso prologado de tiempo por lo que la batería va perdiendo potencia para energizar el módulo lo recomendable para evitar este caso es que la cámara internamente sea previamente enfriada con algún sistema interno que ayude a descender la temperatura de una manera más rápida y así ganar potencia de la batería como mayor tiempo de trabajo del prototipo.

El sistema si se quisiera emplear por más horas de funcionamiento este debería de contar con un sistema fijo es decir con una fuente de poder la cual mientras se recarga la batería,

El prototipo podría seguir funcionando y así ganar más tiempo de conservación para las muestras almacenadas.

## REFERENCIAS

- ALLDATASHEET.COM*. (2019). Obtenido de IRFZ44N Datasheet (HTML):  
<https://www.alldatasheet.com/>
- Caruajulca Rimarachin, E. (2019). Diseño de un sistema de aire acondicionado utilizando celdas Peltier para climatizar cabina de camión Hino 2626 en Ingesa Norte.
- Delgado, R. (2018). Enfriamiento por aire forzado en cámaras frigoríficas. *revista digital inesem*.
- Garcia, V. (10 de abril de 2013). *ELECTRONICA PRACTICA APLICADA*. Obtenido de CONTROLADORES BASICOS (DRIVERS):  
<https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/controladores-basicos-drivers>
- Giner, J. J. A. (2013). Medida de parámetros termoeléctricos en un sistema constituido por dispositivos PELTIER SEEBECK (Doctoral dissertation. *Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú. Departament d'Enginyeria Electrònica*).
- Godoy Vaca, L. F. (2016). Diseño, construcción y evaluación energética de una cámara con celdas Peltier (efecto termoeléctrico) para refrigeración de vacunas.
- I.T, H. (2019). <http://www.hebeiltd.com.cn/>. Obtenido de <https://peltiermodules.com/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf>
- Lucas Guerra, A. (2011). Refrigeración de vacunas mediante una máquina frigorífica por efecto Peltier (Master's thesis).
- Medina Pérez, A. (s.f.). Desarrollo de un dispositivo para terapia térmica superficial con control digital, basado en el principio Peltier.
- Merino Gutierrez, B. G. (2017). Diseño e implementación de un sistema de climatización automatizada para personas con discapacidades físicas.



- Muñoz Zurdo, R. (2013). Diseño de un sistema termoelectrico aprovechando características geotérmicas. *Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Patterson, G., & Sobral, M. (2007). Efecto Peltier. *Departamento de Física FCEyN, Universidad de Buenos Aires. Dic*.
- Postigo Diez Canseco, D. E. (2011). Diseño e implementación de un controlador de temperatura basado en el dispositivo Peltier para cámara ambiental en la prueba del satélite. *PUCPSAT-1*.
- power, C. C. (s.f.). Obtenido de [https://www.cdpups.com/Content\\_Elements/downloads/Catalogs/405-Catalogo%20LSB18%2012%20\(12V%2018Ah\)%20SPA.pdf](https://www.cdpups.com/Content_Elements/downloads/Catalogs/405-Catalogo%20LSB18%2012%20(12V%2018Ah)%20SPA.pdf)
- POWER, C. C. (2019). *CDP CHICAGO DIGITAL POWER*. Obtenido de <https://www.cdpups.com/>
- Programafacil.com*. (2019). Obtenido de <https://programafacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>
- Ramírez, C. R., Lizarazo, G. M., & Duarte, E. V. (2017). Termoelectricidad: uso de las celdas peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones. *INVENTUM, 12(22)*, 9-16.
- Rendón, L. M., Lopera, S., & Valencia, N. Y. (2018). Estabilidad de los medicamentos después del primer uso. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research, 6(5)*, 412-423.
- Romero Delgadillo, E. (2017). Diseño e Implementación del Sistema de Climatización para un Automóvil Honda Civic Por Efecto Peltier.
- Roque Serrano, M. A. (2012). Diseño de un sistema de almacenaje de puros habanos controlando temperatura y humedad mediante termoelectricidad.
- Santacruz López, H., López Puente, S. I., Esquivel Castro, Y., Solís Martínez, E. E., & Ortíz Baltazar, J. A. (2017). Alternativa Peltier. .

TECNOSMART. (2020). *TECNOSMART*. Obtenido de

<http://www.tecnosmart.com.ec/v2/pasta-termica-corsair-tm30.html>

Torres Santos, E. R., & Bucheli Naranjo J. L. (2017). Construcción y modelación de un módulo didáctico de muro Trombe mediante CFD para fomentar los estudios de la calefacción solar pasiva. (*Master's thesis, Quito, 2017.*), 46.

vaxasoftware. (2018). Obtenido de

[http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/fis/condutermica.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/condutermica.pdf)

## ANEXO 1

# MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN TERMOELÉCTRICO PARA LA CONSERVACIÓN DE MUESTRAS MEDICAS

Este Manual de instrucciones del Sistema de refrigeración termoeléctrico (SRT) se tiene que seguir diligentemente antes del inicio de su operación.

### Parámetros técnicos

Capacidad de almacenaje 10 litros

Alimentación suministrada: 12 V

Potencia consumida 80 Watios

Parámetros de temperatura: a) Refrigeración: 8 grados centígrados

Tipo de aislamiento a) Unión de diferentes tipos de aislamiento que son (madera poli estireno expandido acero inoxidable metal)

Dimensiones 25 x 32 x 32 cm (largo, ancho, alto)

Peso 15 Kg.

Longitud del cable de red 2m

Este aparato está cerrado herméticamente sujeto a conserva de muestras médicas. El usuario debe seguir las sugerencias contenidas en este manual de usuario según está previsto.

- Sólo personal autorizado debe hacer el mantenimiento e instalación de la cámara diseñada.
- El prototipo de refrigeración está creado para su operación un ambiente ligero.
- No utilice el sistema de refrigeración presenta fallos en su funcionamiento.
- No opere el sistema de refrigeración fuera del intervalo de temperatura preestablecido para su funcionamiento.
- Partes del sistema de refrigeración son sujetas a temperaturas elevadas durante su operación. Evitar el contacto con superficies calientes que estén inmersas en el sistema.
- El daño o mal funcionamiento del sistema de refrigeración podría ser ocasionado por errores tales como:
  1. Fallas en el cableado del equipo.
  2. Mal uso del manual o manipulación del equipo.
  3. Falla del controlador de temperatura del sistema de refrigeración.
  4. Falta de pasta térmica en la superficie de contacto del módulo del Peltier.
  5. Disminución del flujo de aire extraído o forzado.
- No operar el sistema de refrigeración en caso de que alguno de los ventiladores presente averías. Esto provocara averías en el sistema causando una mala operación del mismo debido a que no hay la suficiente extracción de calor del sistema.
- Si hay en presencia de escarcha se recomienda suspender la alimentación del sistema hasta que se despegue el material adyacente de los disipadores.

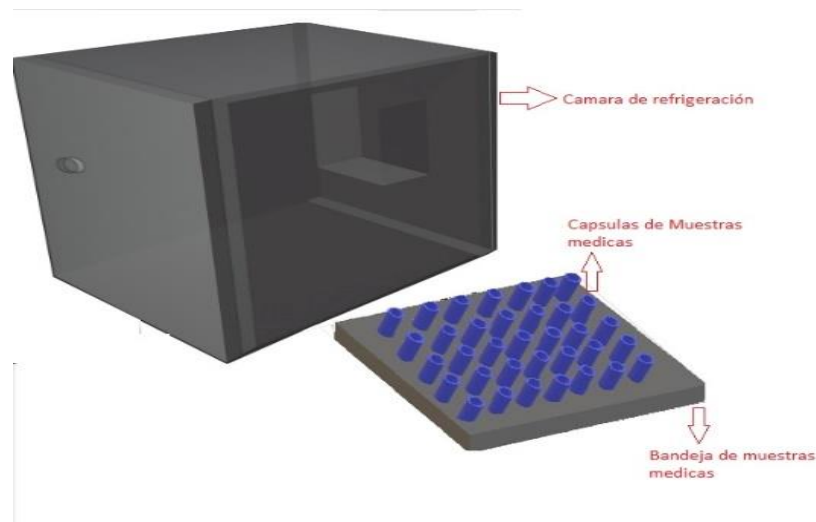
## Funcionamiento

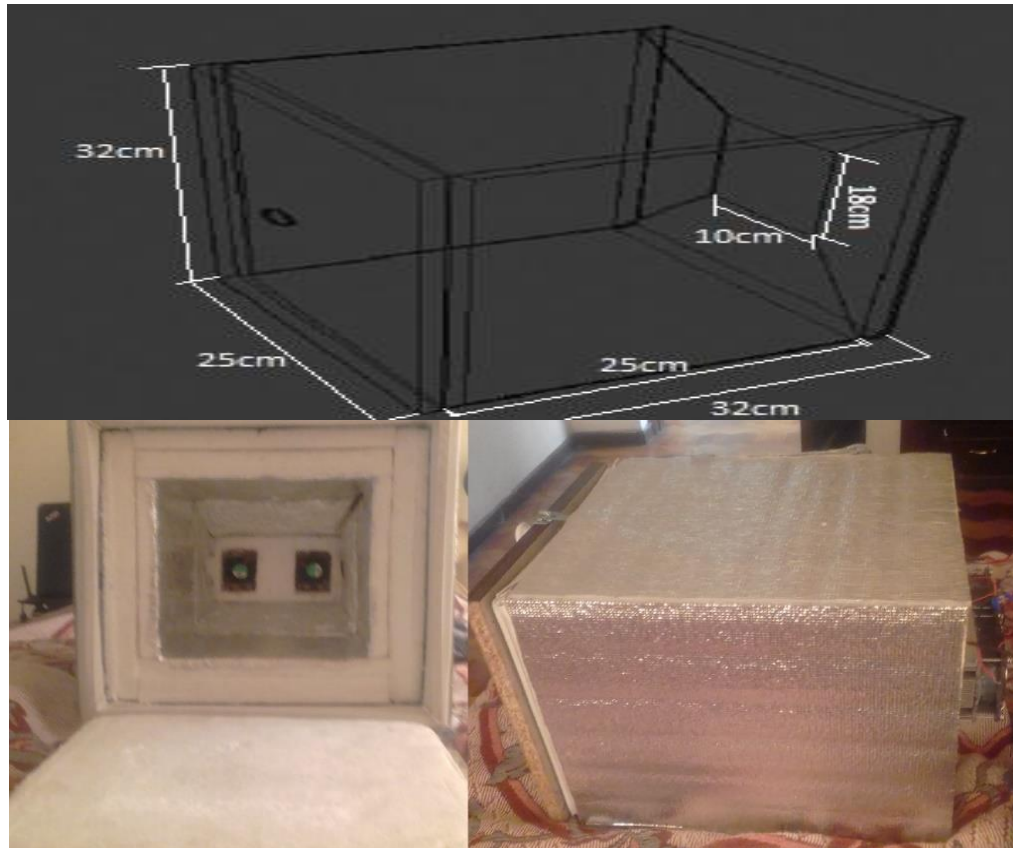
- 1. Abra el compartimiento tirando la puerta hacia el exterior al mismo tiempo que empuja de ellos hacia arriba.
- 2. Introduzca los recipientes con las muestras médicas dentro del compartimiento. Es recomendable introducir las muestras dentro del sistema cuando la temperatura sea similar a la temperatura deseada para que estos se mantengan.
- 3. cerrar el compartimiento el cual deberá está completamente cerrado para evitar filtraciones o fugas de aire del sistema.
- 4. Encender el sistema de refrigeración.
- 5. Mantener todo el tiempo de uso en estado encendido para evitar que la temperatura del sistema varí internamente.

## Mantenimiento y limpieza

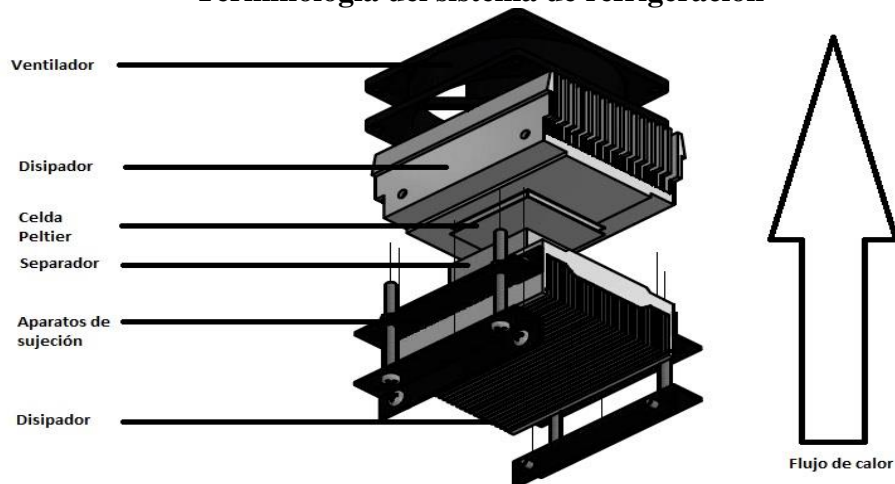
- Para proceder a la limpieza del sistema se recomienda desconectar la batería.
- Usar un paño húmedo para limpiar el interior y exterior de la cámara y secar con un diferente paño
- Evitar el uso de agentes volátiles como insecticidas, materiales flameables o disolventes para su limpieza
- Se recomienda guardar el sistema de refrigeración en un sitio seco y limpio después de su utilización
- 

## Terminología del sistema de refrigeración





### Terminología del sistema de refrigeración



### Cableado eléctrico:

Usar cableado eléctrico con su debida protección y aislamiento para que los coeficientes de corriente y voltaje requeridos por el sistema sean los correctos. Verificar si los componentes eléctricos instalados presentan buenas condiciones de uso.

Un voltaje incorrecto inducido en el sistema de refrigeración puede ocasionar un riesgo o daño en la cámara o en el equipo secundario.

No sobrepasar los valores nominales de operación eléctricos especificados del sistema de refrigeración.

### NOTAS:

- La temperatura mínima que puede alcanzar esta cámara es de 7°C.
- La temperatura máxima de la cámara es independiente de la temperatura exterior.