



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**III PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“propuesta de diseño de un sistema de aire  
acondicionado basado en termoeléctricidad para  
mejorar el confort térmico de la cabina del interior de  
un automóvil mitsubishi mirage 2017 en zonas  
calurosas”**

**Presentado Por:**

**Bach. Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro**

**Asesor:**

**Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2023**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**III PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“propuesta de diseño de un sistema de aire  
acondicionado basado en termoeléctricidad para  
mejorar el confort térmico de la cabina del interior de  
un automóvil mitsubishi mirage 2017 en zonas  
calurosas”**

**Presentado Por:**

**Bach. Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE:** Ing. Robinson Tapia Asenjo  
**SECRETARIO:** Ing. Héctor Antonio Oliden Nuñez  
**VOCAL:** Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo  
**ASESOR:** Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz

**Lambayeque – Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y ELÉCTRICA**



**III PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

# **TESIS**

## **TÍTULO**

**“propuesta de diseño de un sistema de aire acondicionado basado en termoelectricidad para mejorar el confort térmico de la cabina del interior de un automóvil mitsubishi mirage 2017 en zonas calurosas”**

## **CONTENIDOS**

**CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.**

**CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.**

**CONCLUSIONES.**

**AUTOR: Bach. Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro**

Ing. Robinson Tapia Asenjo

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez

Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo

Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz

**Lambayeque – Perú**

**2023**

## DEDICATORIA

*Este proyecto de investigación se lo dedico a toda mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia en especial para mis padres, a mi papa ángel silva por sus enseñanzas, su apoyo y por ser mi modelo a seguir. A mi madre Rosario Montenegro por su compañía y su amor incondicional.*

*A las personas que ya no están en vida conmigo pero que con sus recuerdos y anécdotas siempre estarán presentes en mi vida.*

*A mi asesor Ingeniero Oscar Méndez Cruz por el apoyo brindado durante todo el proceso que tomo realizar esta investigación.*

*A todos mis compañeros de clase y a los profesores que me acompañaron durante toda mi carrera universitaria.*

*A la universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y a la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis padres porque sin ellos hoy no estaría donde estoy, por ser la referencia y modelo a seguir. A mi familia por ser mi apoyo incondicional.*

*A la facultad de ingeniería mecánica y eléctrica por dejarme pertenecer a esa gran familia, con las enseñanzas de los profesores e ingenieros por las anécdotas que pasamos con los compañeros de clase.*

*Al Ingeniero Oscar Méndez Cruz por asesorarme y brindarme los conocimientos necesarios para culminar este proyecto de investigación.*

## RESUMEN

La presente investigación se centra en proponer el diseño de un sistema termoelectrico para climatizar el interior de la cabina de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017, para lo cual se empieza recopilando información importante sobre sus características, propiedades, material de fabricación, dimensiones, con el fin de poder obtener las resistencias térmicas y poder calcular la carga térmica para disipar. Luego se lleva a cabo el cálculo de la carga térmica, donde se consideró la carga térmica por convección natural, convección forzada, radiación y conducción, arrojando una carga total de 2 256.67 W. Para la selección de las celdas Peltier, se hizo dos análisis, empleando una celda modelo TEC1-12730, la cual arrojó un consumo de energía eléctrica total de 3 744 o 3.744 kWh. Después se hizo el análisis con la celda TEC1-12715, la cual dio resultados mucho más bajo respecto a costos y consumo de energía eléctrica, donde este último parámetro es de 2.333 kWh. Determinando al final que la mejor opción para la propuesta de diseño del sistema termoelectrico es la celda Peltier TEC1-12715 con una capacidad térmica de 130 W por unidad, donde serán necesarias 18 celdas del modelo descrito, arrojando una carga térmica total de 2.34 kW, superior a la requerida. Para poder obtener una humedad relativa de confort de 50%, es necesario un evaporador con una capacidad de 200 W, además de alcanzar la temperatura de confort óptima para el ser humano, que será de 22°C. Posteriormente, se elaboró el presupuesto para dicho diseño, dando como resultado un monto total de S/. 3 258.70, dividido en costo por equipamiento, material e insumos con un costo de S/. 1 636.70 y el costo por mano de obra asciende a S/. 1 622.00. Concluyendo que la propuesta de diseño del sistema termoelectrico para climatizar la cabina interior de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017 es viable.

**Palabras clave:** Termoelectricidad, Efecto Peltier, climatización, carga térmica.

## ABSTRACT

The present investigation focuses on proposing the design of a thermoelectric system to air condition the interior of the cabin of a Mitsubishi Mirage 2017 car, for which it begins by collecting important information about its characteristics, properties, manufacturing material, dimensions, in order to be able to obtain the thermal resistances and to be able to calculate the thermal load to dissipate. Then the calculation of the thermal load is carried out, where the thermal load due to natural convection, forced convection, radiation and conduction was considered, yielding a total load of 2 256.67 W. For the selection of the Peltier cells, two analyzes were made, using a cell model TEC1-12730, which showed a total electrical energy consumption of 3,744 or 3,744 kWh. Afterwards, the analysis was made with the TEC1-12715 cell, which gave much lower results regarding costs and electrical energy consumption, where this last parameter is 2,333 kWh. Determining in the end that the best option for the thermoelectric system design proposal is the Peltier TEC1-12715 cell with a thermal capacity of 130 W per unit, where 18 cells of the described model will be necessary, yielding a total thermal load of 2.34 kW, higher than required. In order to obtain a comfort relative humidity of 50%, an evaporator with a capacity of 200 W is necessary, in addition to reaching the optimum comfort temperature for humans, which will be 22°C. Subsequently, the budget for said design was prepared, resulting in a total amount of S/. 3 258.70, divided into cost for equipment, material and supplies with a cost of S/. 1,636.70 and the labor cost amounts to S/. 1,622.00. Concluding that the design proposal of the thermoelectric system to air condition the interior cabin of a Mitsubishi Mirage 2017 car is viable.

**Keywords:** *Thermoelectricity, Peltier effect, air conditioning, thermal load.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Delimitación de la investigación .....	16
1.4. Justificación e importancia .....	16
1.4.1. Justificación económica.....	16
1.4.2. Justificación Científica .....	16
1.4.3. Justificación Ambiental .....	16
1.4.4. Justificación Social .....	16
1.5. Limitaciones .....	17
1.6. Objetivos .....	17
1.6.1. Objetivo General.....	17
1.6.2. Objetivos Específicos .....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de estudio.....	18
2.2. Base Teórica .....	22
2.2.1. Termoelectricidad .....	22
2.2.2. Efecto Joule.....	22
2.2.3. Efecto Seebeck.....	23
2.2.4. Efecto Peltier .....	25
2.2.5. Efecto Thomson.....	28
2.3. Placa o celda Peltier.....	33
2.4. Transferencia de calor.....	47



2.5. Definición conceptual de la terminología empleada .....	72
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	73
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	73
3.2. Población y muestra.....	73
3.3. Hipótesis .....	73
3.4. Variables – Operacionalización.....	73
3.5. Métodos y técnicas de investigación .....	75
3.5.1. Métodos de investigación .....	75
3.5.2. Técnicas de investigación.....	75
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	75
3.6.1. Ficha de registro de datos .....	75
3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos .....	76
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	77
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	78
5.1. Cálculo de la carga térmica.....	78
5.1.1. Carga térmica por convección .....	80
5.1.1.1. Convección natural exterior.....	80
5.1.1.2. Convección natural en paredes laterales .....	81
5.1.1.3. Convección natural en las paredes posterior y anterior .....	82
5.1.1.4. Convección natural en el techo .....	82
5.1.1.5. Convección natural en el piso .....	83
5.1.1.6. Carga total por convección natural externa.....	83
5.1.1.7. Convección forzada interna.....	83
5.1.1.8. Carga total por convección forzada interna.....	85
5.1.2. Carga térmica por conducción .....	85
5.1.2.1. Conducción por la carrocería puerta derecha delantera .....	87
5.1.2.2. Conducción por el vidrio.....	88
5.1.2.3. Conducción por la carrocería puerta derecha trasera .....	89
5.1.2.4. Transferencia de calor por conducción en la parte delantera.....	90
5.1.2.5. Conducción por la carrocería parte delantera .....	91
5.1.2.6. Transferencia de calor por conducción en la parte trasera .....	92
5.1.2.7. Conducción por la carrocería parte trasera .....	92
5.1.2.8. Transferencia de calor por conducción en el piso .....	93
5.1.2.9. Transferencia de calor por conducción en el techo.....	94

5.1.2.10. Carga total por conducción.....	95
5.1.3. Carga térmica por radiación .....	95
5.1.3.1. Transferencia de calor por radiación de las personas.....	95
5.1.3.2. Transferencia de calor por infiltración de aire .....	96
5.1.3.3. Cálculo para la humedad relativa de confort.....	96
5.1.4. Selección de la celda Peltier.....	98
5.1.5. Alimentación del sistema termoeléctrico propuesto.....	100
5.1.5.1. Disposición de las celdas Peltier.....	100
5.1.5.2. Presupuesto para el sistema termoeléctrico .....	102
5.1.6. Análisis Económico Financiero.....	103
5.2. Discusión de resultados .....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	107
Conclusiones .....	107
Recomendaciones .....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
ANEXOS .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Relaciones de Thomson	28
<b>Tabla 2</b>	Características de una Celda Peltier Estándar	35
<b>Tabla 3</b>	Características de una Celda Peltier en cascada Nivel 2	35
<b>Tabla 4</b>	Características de una Celda Peltier en cascada Nivel 3	36
<b>Tabla 5</b>	Características de una Microcelda Peltier	36
<b>Tabla 6</b>	Características de una Celda de alta Potencia	37
<b>Tabla 7</b>	Características de una Celda de alta temperatura	38
<b>Tabla 8</b>	Características de una Celda Serie-Paralelo	38
<b>Tabla 9</b>	Características de una Celda Cíclica	39
<b>Tabla 10</b>	Características celda con orificio	39
<b>Tabla 11</b>	Características de una Celda Circular	40
<b>Tabla 12</b>	Especificaciones técnicas Mitsubishi Mirage 2017	45
<b>Tabla 13</b>	Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente	49
<b>Tabla 14</b>	Velocidad de transferencia de calor por unidad	60
<b>Tabla 15</b>	Rangos típicos de los números de Prandtl para fluidos comunes	61
<b>Tabla 16</b>	Operacionalización de Variables	73
<b>Tabla 17</b>	Condiciones Interiores	77
<b>Tabla 18</b>	Condiciones exteriores	77
<b>Tabla 19</b>	Equipamiento, material e insumos para el sistema termoeléctrico	100
<b>Tabla 20</b>	Costo de la mano de obra para sistema termoeléctrico	100
<b>Tabla 21</b>	Presupuesto general para el Montaje y puesta en marcha del sistema termoeléctrico	100
<b>Tabla 22</b>	Análisis de rentabilidad para el sistema de refrigeración termoeléctrico	102
<b>Tabla 23</b>	Indicadores para análisis de rentabilidad	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema del efecto Seebeck	23
<b>Figura 2</b>	Efecto Seebeck	24
<b>Figura 3</b>	Esquema Efecto Peltier	25
<b>Figura 4</b>	Sección transversal de celda Peltier que muestra elementos semiconductores y disipadores de temperatura	27
<b>Figura 5</b>	Compresión y rarefacción de portadores de carga cerca de la unión del metal semiconductor en una celda Peltier	27
<b>Figura 6</b>	Materiales semiconductores	29
<b>Figura 7</b>	Materiales Intrínsecos	29
<b>Figura 8</b>	Semiconductor Extrínseco (Silicio)	30
<b>Figura 9</b>	Semiconductor Extrínseco (Germanio)	31
<b>Figura 10</b>	Estructura de bandas de un semiconductor tipo N	31
<b>Figura 11</b>	Estructura de bandas de un semiconductor tipo P	32
<b>Figura 12</b>	Celda Peltier	33
<b>Figura 13</b>	Celda Termoeléctrica Peltier Cerámica de 60 W (TEC1-12706)	34
<b>Figura 14</b>	Celdas Peltier conectadas en cascada	36
<b>Figura 15</b>	Células para celdas Peltier de alta potencia	37
<b>Figura 16</b>	Celdas Peltier con orificio central	39
<b>Figura 17</b>	Esquema de los componentes de un módulo Peltier	41
<b>Figura 18</b>	Módulo Peltier A-A	42
<b>Figura 19</b>	Módulo Peltier A-L	42
<b>Figura 20</b>	Módulo Peltier A-D	43
<b>Figura 21</b>	Módulo Peltier Líquido Directo	44
<b>Figura 22</b>	Mitsubishi Mirage 2017	44
<b>Figura 23</b>	Conducción, Convección y Radiación	46
<b>Figura 24</b>	Mecanismos de conducción de calor en las fases distintas de una sustancia	47
<b>Figura 25</b>	Conducción de calor mediante una pared plana grande	48
<b>Figura 26</b>	Distribución de temperatura en una pared plana (condiciones estacionarias)	49

<b>Figura 27</b>	Similitud entre resistencia térmica y eléctrica	51
<b>Figura 28</b>	Esquema para la resistencia a la convección en un área determinada	51
<b>Figura 29</b>	Similitud entre una red de resistencias térmicas para la transferencia de calor en una pared plana sujeta a convección en ambos lados y una red eléctrica	52
<b>Figura 30</b>	Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor en una pared plana de dos capas sujeta a convección en ambos lados	53
<b>Figura 31</b>	Convección natural y forzada en un huevo sancochado	54
<b>Figura 32</b>	Flujo de fluido de una corriente originalmente uniforme sobre una placa plana y las regiones de flujo viscoso y no viscoso	55
<b>Figura 33</b>	Flujo interno y externo	56
<b>Figura 34</b>	Tipos de flujos de fluidos	56
<b>Figura 35</b>	Flujo laminar y turbulento	57
<b>Figura 36</b>	Desarrollo de capa límite para el flujo en una placa plana y sus regímenes distintos de flujo	58
<b>Figura 37</b>	Desarrollo de capa límite en una superficie debido a la condición de no deslizamiento	58
<b>Figura 38</b>	Capa límite térmica en una placa plana	59
<b>Figura 39</b>	Componentes directa, difusa y reflejada de la radiación solar que incide en una ventana	66
<b>Figura 40</b>	Distribución de la radiación solar que incide en un vidrio transparente	67
<b>Figura 41</b>	Diagrama del sistema de aire acondicionado de un auto	69
<b>Figura 42</b>	Valores de temperatura del departamento de Lambayeque - 2020	78
<b>Figura 43</b>	Humedad relativa del departamento de Lambayeque - 2020	78
<b>Figura 44</b>	Esquema y carta psicrométrica	96
<b>Figura 45</b>	Disposición de las celdas Peltier	99
<b>Figura 46</b>	Ubicación del sistema termoelectrónico en el interior del automóvil Mitsubishi Mirage 2017	100

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centrará en proponer el diseño de un sistema termoelectrico para climatizar el interior de la cabina de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017, especialmente enfocándose en zonas calurosas, para lo cual se empezará recopilando información importante sobre sus características. En el primer capítulo se abordará la realidad problemática, donde se define la formulación del problema y se detallan los objetivos a desarrollar. En el segundo capítulo, respecto al marco teórico, se hará referencia de las investigaciones anteriores a la investigación actual con respecto a la termoelectricidad y su uso en climatización, además de las diferentes teorías y desarrollo del estado del arte. En el tercer capítulo se detallará el marco metodológico, indicando el tipo de investigación a emplear, la población y muestra, la hipótesis y demás datos importantes para el desarrollo de la investigación. En el cuarto capítulo se indicará la propuesta de investigación, donde se detallará el procedimiento a emplear para poder dar respuesta a los diferentes objetivos planteados. En el quinto capítulo se llevará a cabo el desarrollo de los resultados, donde se calculará la carga térmica a remover dentro del habitáculo del automóvil Mitsubishi Mirage 2017, esto se hará empleando la Transferencia de Calor, luego se determinará la cantidad de celdas a emplear para remover la carga térmica calculada, además de calcular el consumo de energía para el sistema termoelectrico. Como todo proyecto, se elaborará una tabla para saber el costo de inversión y así realizar el análisis económico financiero, hallando los indicadores de rentabilidad como el VAN y TIR, para determinar si dicho proyecto es rentable y viable, donde se considerará una vida útil del mismo de 10 años.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

En la actualidad se está buscando la forma en cómo disminuir el uso de los combustibles fósiles, los cuales contaminan el medio ambiente, reemplazándolos por fuentes energéticas renovables con baja o nula emisión de gases efecto invernadero. El 81% del consumo energético primario es abastecido por el carbón, petróleo y el gas natural. (Moscoso, 2016)

El mundo depende de ellos, donde si se agotan, conllevaría un conflicto de carácter global, es por eso, que se busca combatir este tipo de conflicto optando por generar energías limpias que sean ecoamigables con el medio ambiente, es por ello que se origina la siguiente investigación, donde se busca emplear a la termoelectricidad para disminuir el efecto invernadero.

En el departamento de Lambayeque se tienen temperaturas entre calientes y moderadas, pudiendo llegar a un valor pico de 33 °C. (Weather Spark,2022; SENAMHI, 2022)

Esto ocasiona que sea imprescindible tener un óptimo sistema de climatización para el confort de los pasajeros del vehículo incluyendo al conductor. No obstante, el consumo de este sistema se encuentra entre el 5% y 20% de combustible, esta energía se obtiene del motor en funcionamiento, lo que originaría un aumento en la combustión, aumentando las emisiones de contaminantes, generando un efecto negativo con respecto al medio ambiente. (En Naranja, 2015)

Bajo esta premisa, es que este proyecto de investigación busca proponer el diseño de un sistema eléctrico con la capacidad de poder climatizar el interior de la cabina de un automóvil Mitsubishi Mirage y obtener las temperaturas adecuadas de confort, entre 22 y 27 °C, además de una humedad relativa de 40 a 60%. (Cengel, Boles, & Kanoglu, Termodinámica, 2019)

Lambayeque posee un promedio anual de 82% de humedad relativa, pero desciende entre los 78 a 80% en los meses de noviembre a abril, siendo estos meses los más secos. (Autoridad Nacional del Agua - ANA, 2022)

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera aprovechar el efecto termoeléctrico Peltier para generar una temperatura de confort de entre 20 y 23 °C dentro del interior de un automóvil MITSUBISHI MIRAGE en días especialmente calurosos?

## **1.3. Delimitación de la investigación**

Se limitará a evaluar la carga térmica necesaria para poder mantener una temperatura de confort en un intervalo de 20 a 23°C dentro del interior del automóvil Mitsubishi Mirage en días

## **1.4. Justificación e importancia**

### **1.4.1. Justificación económica**

Se puede justificar económicamente debido a que se podrá obtener un ahorro monetario debido a que un sistema convencional de aire acondicionado cuesta más que la propuesta que se va emplear.

### **1.4.2. Justificación Científica**

Las celdas Peltier tiene un gran potencial para muchas aplicaciones, es por eso que se emplearán para el diseño del sistema termoeléctrico de la presente investigación, la cual podrá servir para investigaciones futuras, justificándose científicamente ya que se empleará la ciencia de la ingeniería para proponer dicho diseño.

### **1.4.3. Justificación Ambiental**

Se puede justificar ambientalmente, ya que el sistema termoeléctrico a diseñar consumirá menos combustible, reduciendo las emisiones de gases contaminantes.

### **1.4.4. Justificación Social**

Se justifica socialmente, en que ayudará a disminuir costos en consumo de combustible para los propietarios de un automóvil Mitsubishi Mirage, generando un ahorro.



## **1.5. Limitaciones**

Una de las limitaciones fue encontrar información sobre el diseño de sistemas de climatización empleando celdas Peltier.

Adicionalmente, el presente proyecto se limitará al estudio de un automóvil Mitsubishi Mirage con el fin de poder climatizar su interior proponiendo el diseño de un sistema termoeléctrico con celdas Peltier.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema termoeléctrico con el propósito de climatizar la cabina interior de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017 para mejorar el confort de las personas.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Recopilar información general sobre el automóvil Mitsubishi Mirage 2017.
- b) Determinar los parámetros adecuados en el diseño del sistema termoeléctrico empleando celdas Peltier.
- c) Seleccionar el equipamiento necesario para el sistema termoeléctrico que permita climatizar el interior de la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017.
- d) Realizar un análisis técnico y económico de implementar el sistema termoeléctrico con celdas Peltier.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudio

#### Contexto Internacional

**Azorín (2018)** en su trabajo sobre el efecto Peltier y desarrollo de posibles aplicaciones, se realizó el estudio de las múltiples tipologías de los efectos termoeléctricos. Donde, el autor se centró especialmente en las celdas Peltier y en su viabilidad o aplicaciones posibles en la práctica. Se diseñó 3 aplicaciones donde puede verse reflejado el funcionamiento de las celdas Peltier. Estas aplicaciones son una nevera para conservar bebidas, un enfriador personal y un calentador de biberones, todos los cuales arrojaron resultados positivos respecto al uso de las celdas Peltier seleccionadas, demostrando que son eficientes y con la capacidad de utilizarse en múltiples aplicaciones de la industria y la ciencia.

**Rubio et al. (2017)** en su artículo sobre termoelectricidad y su uso de las celdas Peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones, plantearon como objetivo determinar la importancia que tienen las celdas Peliter en el ámbito tecnológico e industrial, demostrando, desde la perspectiva del área científica y matemática, como funcionan los componentes que la conforman y como son utilizadas de manera eficiente empleando el análisis crítico de las investigaciones sobre la termoelectricidad.

**Godoy (2016)** en su proyecto sobre diseñar, construir y evaluar de manera energética una cámara, utilizando celdas Peltier (Con efectividad Termoeléctrica) para refrigerar vacunas, planteó como objetivo el diseño, construcción y analisis energético de una cámara que utiliza celdas Peltier (con efectividad termoeléctrica) con el fin del refrigerio de vacunas. Para ello emplea una investigación bibliográfica, en donde define las medidas suficientes en el diseño de una cámara que refrigere en la temperatura solicitada. A parte se estudiaron a las vacunas y de sus requisitos para refrigerararlas, se realiza el calculo de la carga termica considerando estrategias de construcción en el adecuado y eficiente operación del sistema. Posteriormente, se lleva a cabo la selección de la celda Peltier para el correcto diseño del sistema de refrigeración, utilizandose 2 celdas para extraer 25 W

de carga térmica debido a pérdidas por producto, paredes, entre otras. Luego, se procedió con la implementación del sistema de control que permitirá mantener la temperatura adecuada de forma automática y otros aspectos. Seguidamente, se ejecutó el proyecto, teniendo en cuenta los aparmetros antes calculados. Partiendo con la construcción de la cámara, luego el módulo, uniendo ambos sistemas para que al final se acople el sistema de control. Finalmente, se realiza el análisis energéticamente para saber si el diseño es el adecuado, registrando los valores obtenidos, conociendo que puede alcanzar la temperatura requerida en los noventa minutos de encenderse el equipo, obteniendo un COP de 0,35, valor que se encuentra en el rango esperado.

### **Contexto Nacional**

**Romero (2017)** en su proyecto sobre diseñar e implementar un sistema de climatización en el automóvil modelo Honda Civic con el efecto Peltier, planteó como objetivo general diseñar un sistema de climatización empleando celdas Peltier en un vehículo con ausencia de aire acondicionado y que sea necesario acoplarlo a este, considerando que en un futuro se pueda implementar en vehículos eléctricos. El autor parte describiendo las nuevas tecnologías de refrigeración más usadas actualmente tomando en cuenta la termoelectricidad. La potencia eléctrica del módulo es de 300 W, divididos en ocho celdas Peltier considerando una conectividad en paralelo, considerando la disipación del calor en una potencia que llegue a 1100 W. Para optimizar el diseño, se contó con dos sistemas, uno de potencia para alimentar las celdas y otro de control para monitorear la temperatura y consumo de corriente. El equipo en operación logra alcanzar una temperatura en el lado frío de hasta 20 °C el cual se emplea para el aire acondicionado y en el lado caliente llega alrededor de 70 °C, el cual será empleado para la calefacción del habitáculo. El presupuesto del diseño asciende a los S/. 1500, que al compararlo con los otros procedimientos de aire acondicionado, este es mucho más bajo que los del mercado, brindando el mismo confort deseado en el interior del automóvil, siendo alimentado por la batería del mismo. El proyecto es de un presupuesto bajo, dando una excelente solución al problema planteado.

**Merino (2017)** en su tesis en la que diseña e implementa un sistema de climatización automatizada para personas con discapacidades físicas, buscó brindar una respuesta de solución para las personas con discapacidades físicas, donde el confort térmico es importante para ellos, ya que es complicado la manipulación de la ropa correcta al estado climático del lugar. Para lo cual se desarrollará el diseño e implementación de un sistema de climatización automatizado. El cual podrá brindar la temperatura requerida para el usuario con la mínima manipulación del equipo. El diseño se considera un primer aporte con miras al desarrollo de trajes termoeléctricos, considerando a la celda Peltier un elemento primordial, siendo este un componente termoelectrónico, el cual al depender de la polaridad e intensidad de alimentación, provocando que exista diferencia de temperatura en sus caras, donde el citado efecto será empleado en el objetivo del proyecto en cuestión. El primer paso fue seleccionar la celda Peltier adecuada, después, considerando las propiedades de la misma, se escogió el sensor de la temperatura y la representación para el control digital, empleando un microcontrolador de acuerdo a los requisitos del diseño. Para que el usuario final pueda manipular el equipo, se elaboró una aplicación sencilla y amigable. La alta temperatura generada en el lado caliente de la celda Peltier es extraído empleando un bloque de disipación conformado con un ventilador y un disipador, adecuadamente escogidos para no generar la degradación en un corto plazo de la celda Peltier.

**Gonzales (2018)** en su tesis denominada “Sistema de refrigeración con Efecto Peltier y superficies extendidas, para enfriamiento sensible de aire. Caso de estudio: Dimensionamiento de una carga térmica de 100 W de refrigeración”, el autor tuvo como propósito general hallar la asociación entre el coeficiente de desempeño de la celda Peltier escogida, con el fin de obtener una carga de refrigeración de cien W, empleando para ello resistencias térmicas de sus caras fría y caliente. El prototipo propuesto logró comprobar la magnitud de cada resistencia térmica. Estas son de 0,0838 W/K en el lado frío y de 0,0840 W/K en el lado caliente. Entonces, con dichos resultados, la celda Peltier

empleada tiene la capacidad para extraer 101,4 W de carga térmica, con un COP de 0,65.

### **Contexto Local**

**Caruajulca (2019)** en su tesis titulada diseño de un sistema de aire acondicionado utilizando celdas Peltier para climatizar cabina de camión Hino 2626 en Ingesa Norte, el objetivo es la climatización de la cabina para el confort del trabajador, para lo cual se aprovechará el efecto Peltier para producir las temperaturas adecuadas y así el operario de la unidad pueda tener mejores prestaciones de trabajo. Al inicio, se evaluó el gasto determinado de combustible en las ubicaciones que no contaban con un sistema de aire acondicionado, el consumo obtenido asciende a 17.5 km/galón y con el empleo de un aire acondicionado por compresión de vapor, este desciende hasta un valor de 12 a 12.5 km/galón. Luego, se encontró la carga térmica a extraer de la cabina en su parte interior, la misma que asciende a un valor de 3018.46 W, esta carga térmica será disipada empleando un flujo de aire que será ubicado en la cara fría de las celdas Peltier, para lograr 21 °C; se requieren de 54 celdas Peltier con una capacidad de 58 W cada una, las mismas que se distribuyeron en cada lado de la cabina del vehículo en cuestión. En cuanto al sustento eléctrico para las celdas Peltier, será suministrada por la batería del sistema eléctrico del camión, esto no aumenta el consumo de combustible, ya que el alternador del camión se acciona cuando motor opera en ralentí o a baja velocidad, para lo cual el camión se encuentra sin marcha. Para el análisis de rentabilidad, se obtuvo un VAN de S/. 1769.13, una TIR de 23%, con una relación beneficio costo de 1.71; haciéndolo un proyecto rentable y viable.

## **2.2. Base Teórica**

### **2.2.1. Termoelectricidad**

El **efecto termoeléctrico** está dada por la modificación de variación directa de temperaturas a voltajes eléctricos y de manera contraria mediante un termopar . Los componentes termoeléctricos generan voltajes cuando figuran temperaturas diferentes en cada lado. En contraposición, cuando se aplican voltajes, la alta temperatura que se genera, se transfiere de un lado al otro, en donde se crea una varianza de la temperatura. En términos escalares atómicos, un gradiente de temperatura que se aplica, implica que la carga en el componente se transfiera del lado de más temperatura al lado de menos temperatura.

Es aquí en donde se le saca provecho al efecto en la que se usa para la generación de electricidad, de igual forma se mide la temperatura o se cambia la temperatura de los cuerpos. Y esto se debe a que la dirección de calentar y enfriar está determinada en la polaridad del voltaje que se aplica, por lo que los componentes termoeléctricos se usan como controladores de temperatura.

#### **Fundamentos termoeléctricos**

Según Yilbas y Sahin (2014), la generación de energía termoeléctrica es operada por una combinación de otros fenómenos físicos que se encuentran en la operación efectiva de un sistema termoeléctrico de celda Peltier, sin embargo, Lineykin y Ben Yaakov (2007) indican que esta investigación se limita a la mención de tres de ellos como se presenta a continuación:

### **2.2.2. Efecto Joule**

En el estudio de Julio-Betancourt & Hooton (2004), se define como el interaccionismo de fenómenos eléctricos y la transferencia de corrientes eléctricas donde se asocia fenómenos asociados al calentamiento de un

conductor a través del cual circula corriente. El material se resiste de alguna manera a los movimientos del electrón, que dan energías cinéticas a los entornos en colisiones sucesivas. La energía producida por los electrones se disipa como calor que se expresa de la siguiente manera:

$$Q = I^2 R t$$

Aquí Q está dada por energía de calor que se produce por una corriente, I se considera a la intensidad de corriente en circulación, R es considerado como la resistencia eléctrica del conductor y por último t es el tiempo.

### **2.2.3. Efecto Seebeck**

El efecto es la de producción de electricidad a partir del contacto entre dos metales diferentes, dos semiconductores, o un metal y un semiconductor, que se hallen en un mismo circuito, debido a la diferencia de temperatura entre ellos.

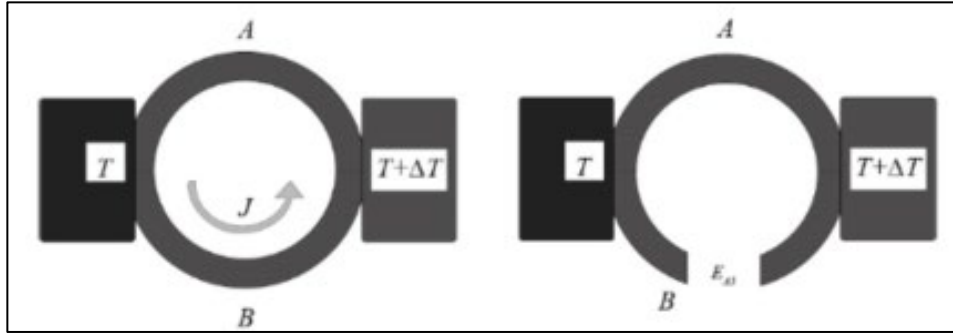
Donde la cantidad de electricidad producida dependerá de los dos metales elegidos y también de la diferencia de temperatura entre la unión de ambos y los extremos libres. Incluso en el mejor de los casos, la cantidad de electricidad será bastante modesta, sin embargo, estos termopares pueden ser verdaderamente pequeños, por lo que, en poco espacio se pueden disponer muchas de ellas en serie (sumamos tensiones), o en paralelo (sumamos intensidad), o mezcla de ambos (serie y paralelo). De este modo, la cantidad de electricidad generada puede ser significativa.

Thomas J. Seebeck descubrió que, en un circuito formado por dos metales homogéneos diferentes, A y B, con dos uniones a diferentes temperaturas, T y T + ΔT, se establece un flujo de corriente eléctrica J, o, si por el circuito pasa fuerza termo electromotriz, EAB, que depende de los metales utilizados en la unión y la diferencia de temperatura entre las dos uniones.

El diagrama de las configuraciones mencionadas se muestra en la Figura 1.

**Figura 1**

*Esquema del efecto Seebeck*



*Fuente:* (Kehlberger, et al., 2015)

La relación entre el elemento,  $E_{AB}$ , y las diferencias de temperaturas entre la unión  $\Delta T$ , definen el coeficiente de Seebeck con las ecuaciones.

$$\alpha_{AB} = \frac{\partial E_{AB}}{\partial T}$$

$$\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B$$

Donde  $\alpha_A$  y  $\alpha_B$  expresan la potencia termoeléctrica absoluta de A y B respectivamente y es una característica de los metales. Generalmente,  $\alpha_{AB}$  se considera no constante, y está en función de T que viene a ser la temperatura temperatura (Kehlberger, et al., 2015).

El voltaje que se obtiene es derivado de la siguiente ecuación:

$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT$$

Donde:

Donde  $S_A$  es coeficiente Seebeck del metal A y  $S_B$  es coeficiente Seebeck del metal B.

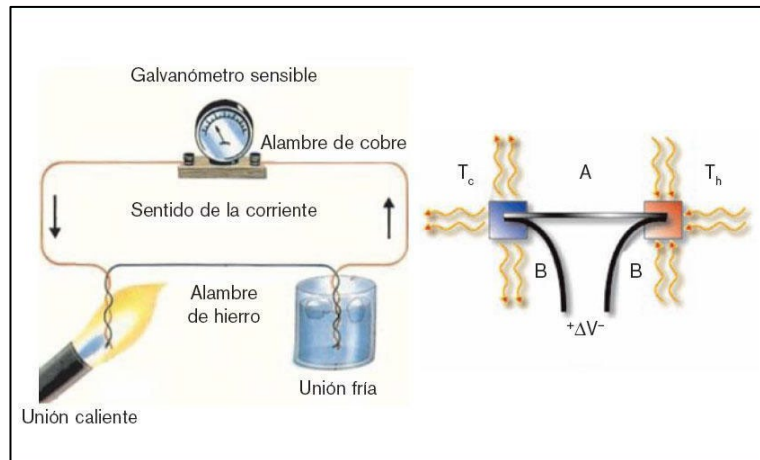
Teniendo en cuenta que siendo los coeficientes anteriores uniformes en el rango de temperatura que se mide, se obtiene aproximadamente la siguiente fórmula:

$$V = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1)$$



**Figura 2**

*Efecto Seebeck*



*Fuente:* (Tornos Tejedor, 2009)

#### 2.2.4. Efecto Peltier

El Peltier es considerado como el inverso del efecto Seebeck, el cual indica la formación de diferencias térmicas que parte de las diferencias del potencial eléctrico. Eso pasa cuando una transferencia de corriente producido por dos materiales distintos o semiconductores de tipos n y p, los mismos que se conectan en soldaduras también en la cantidad de 2 uniones Peltier.

Las corrientes producidas en transferencias calóricas desde las uniones, que en una baja la temperatura y en otra que la sube se utiliza para que se produzca el enfriamiento termoeléctrico.

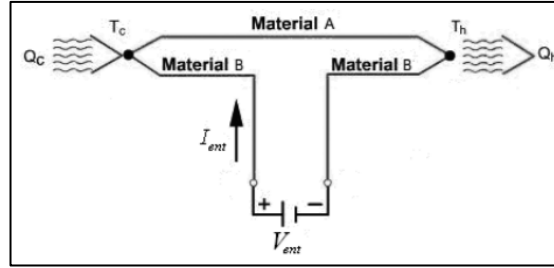
La subida de temperatura Peltier absorbida por la unión inferior por unidad de tiempo,  $\dot{Q}$  es equivalente a:

$$\dot{Q} = \Pi_{AB} I = (\Pi_B - \Pi_A) I$$

Considerando a  $\Pi$  como coeficiente Peltier,  $\Pi_{AB}$  en todo el termopar y  $\Pi_B, \Pi_A$  son considerados como coeficientes de cada uno de los materiales.

**Figura 3**

*Esquema Efecto Peltier*



*Fuente: (Patterson & Sobral, 2007)*

Del esquema se observa la consecuencia Peltier (Efecto Peltier) está dada por el enfriarse o el calentarse de la conexión de conductores diferentes cuando por ellos pasan corrientes eléctricas y que dependen de manera exclusiva de los componentes y temperaturas de la unión.

La potencia de calor intercambiada en la conexión de A y B viene dada por las ecuaciones:

$$\dot{Q} = J\pi_{AB}$$

$$\dot{Q} = J\Delta T\alpha_{AB}$$

Donde  $\pi_{AB}$  conocido por coeficiente de Peltier, está dado por la elevación de la temperatura intercambiada en la conexión por unidad de tiempo y la corriente que pasa por ella,  $J$  es la circulación de corriente eléctrica,  $\Delta T$  está dada por la variación de la temperatura absoluta entre AB y  $\alpha_{AB}$ , considerado como coeficiente de Seebeck.

En conclusión, al realizar la conexión de la celda construida a la alimentación CC, la potencia absorbida que en términos de los efectos de Joule y de Peltier.

$$\dot{Q} = I^2 R t$$

$$\dot{Q} = J\pi_{AB} = J\Delta T\alpha_{AB}$$

$$P_{ent} = I^2 R + J\Delta T\alpha_{AB}$$

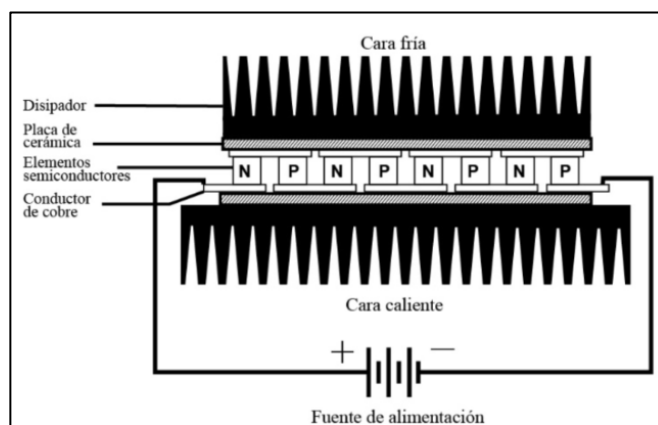
Internamente, la celda Peltier tiene elementos semiconductores altamente contaminados y está dispuesta en corrientes eléctricas en serie que utiliza

conductor de cobre. El aislamiento de los conductores está dada por una placa de cerámica (Figura 4).

La polaridad que se muestra en la Figura 5 tiene una distribución en cada uno de los elementos semiconductores de la celda, esto implica que los elementos semiconductores tienen diferencias de potencial que son proporcionales a la polarización que entra. Por eso, los que aportan mayoritariamente, dado por electrones con débil enlace, se van a la parte positiva de cada extremo de semiconductores N, esto se debe a que cargas de diferente signo se atraen; mientras que los aportantes mayoritarios, considerados huecos de elementos semiconductores P, se mueven hacia la parte negativa ubicada en cada uno de los extremos. Esta carencia de cargas en los elementos semiconductores ubicados cercanos a la conexión semiconductora de metales excita a las cargas y logra como consecuencia la bajada de temperatura que circunda en el área. También tenemos que las compresiones o acumulaciones de los que portan próximos a la conexión del semiconductor metálico en la parte baja de los semiconductores conforme se ven la figura 1 originan aumento de temperatura. Esta actuación permite que se afirme en la inversión de la polaridad de las fuentes de alimentación, en donde el lado frío se calienta, y de manera contraria, el lado o cara caliente se enfriará.

**Figura 4**

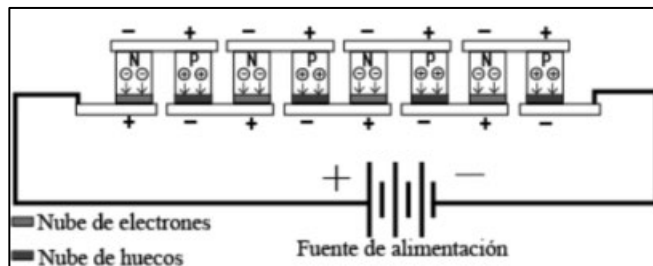
*Sección transversal de celda Peltier que muestra elementos semiconductores y disipadores de temperatura*



*Fuente:* (Sandoval G, Espinosa J, & Barahona A, 2008)

**Figura 5**

*Compresión y rarefacción de portadores de carga cerca de la unión del metal semiconductor en una celda Peltier*



*Fuente:* (Sandoval G, Espinosa J, & Barahona A, 2008)

### 2.2.5. Efecto Thomson

Describe el calentamiento o enfriamiento de un conductor portador de corriente con un gradiente de temperatura.

Algún conductor portador de corriente (excepto para superconductor), con una diferencia de temperatura en dos puntos, o bien absorberá o emitirá calor, según el material. Si una densidad de corriente  $J$  pasa por un conductor homogéneo, la producción de calor por volumen es:

$$q = \rho J^2 - \mu J \frac{dT}{dx}$$

Considerando a  $\rho$  como la resistividad del componente,  $dT/dx$  es la diferencia de la temperatura con respecto a la longitud del alambre y  $\mu$  se considera como coeficiente de Thomson.

También se considera a  $J^2$  como el efecto Joule, el mismo que no se revierte.

El zinc y el cobre como metales, tienen sus extremos uno caliente a un alto potencial y uno frío a un bajo potencial, si la corriente circula de un lado extremo que se encuentre a alta temperatura al lado extremo de baja temperatura, se circula de un gran potencial a un bajo potencial, por tanto se produce calor denominado efecto de Thomson positiva.

En el caso contrario del cobalto, níquel y hierro, tienen sus extremos uno caliente a un bajo potencial y uno frío a un alto potencial, en este caso la

corriente circula de un bajo a un gran potencial, por tanto se absorbe calor denominado efecto Thomson negativo.

### Relaciones De Thomson

**Tabla 1**  
*Relaciones de Thomson*

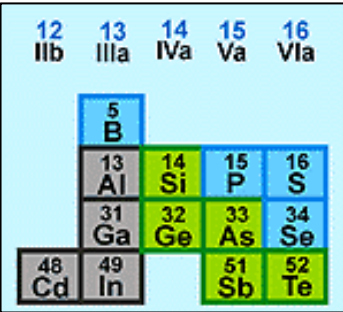
$\Pi = S \cdot T$	$\mu = T \, dS/dT$
<b>PRIMERA RELACION DE THOMSON</b> Entre la temperatura absoluta T, el coeficiente $\Pi$ de peltier y el coeficiente S de seebeck.	<b>SEGUNDA RELACION DE THOMSON</b> Entre el coeficiente de Thomson $\mu$ , el coeficiente $\Pi$ de peltier y el coeficiente S de seebeck.

Fuente: (Azorín Penalva, 2018)

### Materiales Semiconductores

Los semiconductores son elementos que se comportan como conductores aislantes que dependen de diferentes factores, así tenemos como el caso de los campos eléctricos o magnéticos, las presiones, las radiaciones que los afectan o las temperaturas ambientales en donde se hallen.

**Figura 6DDD**  
*Materiales semiconductores*



Fuente: (García Álvarez, 2021)

### Clasificación

Los materiales semiconductores se clasifican según su “Pureza” de la siguiente forma:

#### Intrínsecos

Un semiconductor es “intrínseco” cuando no contiene ninguna impureza y se encuentra es un estado puro. Tal es el caso de cristales como el silicio y el germanio que tienen estructuras tetraédricas, similares a las del elemento carbono que presentan enlaces covalentes. Los huecos que dejan los electrones en la banda de valencia al pasar a la banda prohibida

son equivalentes a la cantidad de electrones libres que están en la banda de conducción.

Si el cristal se encuentra a una temperatura ambiente, vemos electrones que aprovechan energía suficiente para ir de una banda a otra (De hueco a Valencia)

**Figura 7**

*Materiales Intrínsecos*



*Fuente: (García Álvarez, 2021)*

Para los semiconductores, el lugar que corresponde a la banda prohibida es bien estrecho con respecto a los componentes de aislamiento. Para saltar de una banda a otra (de banda de valencia a banda de conducción) se requiere una energía ( $E_g$ ) de 1 eV aprox. Si consideramos al semiconductor de Silicio (Si), tenemos un requerimiento de energía de salto de una banda a otra de los electrones equivalente a 1,21 eV; mientras que para el Germanio (Ge) se necesita una energía de salto de 0,785 eV.

### **Extrínsecos**

Los semiconductores extrínsecos se obtienen añadiendo un pequeño porcentaje de impurezas a un semiconductor intrínseco, pasando este a estar “dopado”.

Así tenemos que los átomos de “impurezas” pertenecen a elementos semiconductores que tiene tres electrones en lugar de cuatro electrones en la última órbita, así tenemos al Galio (Ga) y el indio (In); también tenemos a elementos que tienen cinco electrones en su órbita como el arsénico y el Antimonio. También tenemos que si se excitan al Silicio y al Germánico se transforman en semiconductores “**extrínsecos**”, por tanto tienen la capacidad de circular la corriente eléctrica.

Hoy en día uno de los elementos que más se utiliza para la producción de semiconductores en fabricación electrónica es el Silicio, por el hecho de ser barato y fácil de obtener.

**Figura 8**

*Semiconductor Extrínseco (Silicio)*



*Fuente: (Torres, 2021)*

El elemento que le sigue para la fabricación de semiconductores es el Germanio, pero en menor cantidad que el Silicio.

**Figura 9**

*Semiconductor Extrínseco (Germanio)*



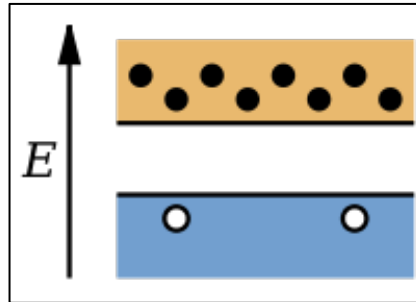
*Fuente: (Transistores, 2020)*

## **Semiconductores de Tipo N**

Los semiconductores de tipo N se obtienen en el proceso de dopado de semiconductores en el cual se añaden átomos para el aumento de la portabilidad de cargas libres.

**Figura 10**

*Estructura de bandas de un semiconductor tipo N*



*Fuente: (Transistores, 2020)*

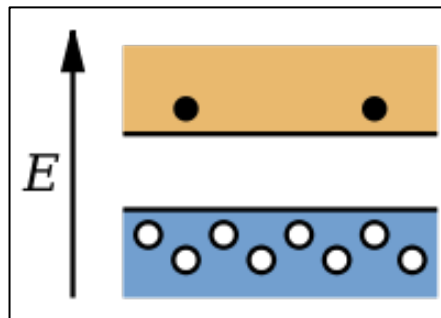
Los puntos negros son los electrones que se ubican en la banda superior de conducción, los puntos blancos representan los huecos en la banda inferior denominada banda de valencia. En este caso se muestran electrones portadores de carga mayoritaria.

### **Semiconductores del Tipo P**

Los **semiconductores del tipo P** se obtienen mediante un proceso de dopado, en la que se añaden ciertos tipos de átomos al semiconductor en la se debe ver el aumento de la portabilidad de cargas libres, que serían en este caso los positivos o huecos.

**Figura 11**

*Estructura de bandas de un semiconductor tipo P*



*Fuente: (Transistores, 2020)*

Los puntos negros simbolizan a electrones ubicados en la banda superior naranja denominada banda de conducción, y en el caso de los puntos blancos simbolizan a los huecos ubicados en la banda inferior o de valencia, por tanto los huecos representan la portabilidad de carga mayoritaria.



### **Incremento de la conductividad de un elemento semiconductor**

La mayor o menor conductividad eléctrica que pueden presentar los materiales semiconductores depende en gran medida de su temperatura interna. En el caso de los metales, a medida que la temperatura aumenta, la resistencia al paso de la corriente también aumenta, disminuyendo la conductividad. Todo lo contrario, ocurre con los elementos semiconductores, pues mientras su temperatura aumenta, la conductividad también aumenta.

En resumen, la conductividad de un elemento semiconductor se puede variar aplicando uno de los siguientes métodos:

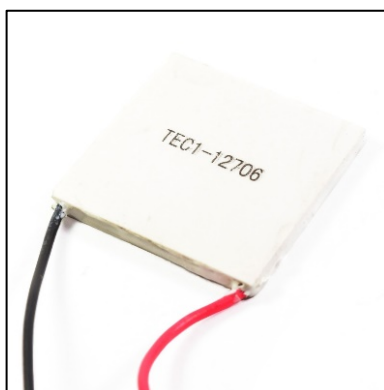
- ✓ Elevar de la temperatura
- ✓ Introducir impurezas dentro de la estructura cristalina
- ✓ Incremento de la iluminación

### **2.3. Placa o celda Peltier**

Una placa Peltier es una matriz con muchos termopares (celdas) dispuestas en un espacio muy reducido. Los termopares que la conforman no están hechos de simples metales sino con semiconductores. Por lo general dichas celdas están fabricadas con Bismuto para la cara del semiconductor tipo P y Telurio para la cara tipo N. Dichas celdas están dispuestas eléctricamente en serie mediante conductores de cobre. Para aislar los conductores de cobre del disipador se agrega entre ellos una placa de cerámica que funciona como aislante.

**Figura 12**

*Celda Peltier*



*Fuente:* (Naylamp Mechatronics, 2021)

Algunos beneficios de usar un TEC son:

- e) Sin partes móviles, por lo que se requiere un mantenimiento menos frecuente.
- f) Sin clorofluorocarbonos (CFC)
- g) Se puede mantener el control de la temperatura dentro de fracciones de un grado.
- h) Forma flexible (factor de forma); En particular, pueden tener un tamaño muy pequeño.
- i) Se puede utilizar en entornos más pequeños o más severos que la refrigeración convencional
- j) Larga vida, con tiempo medio entre fallas (MTBF) que excede las 100,000 horas.
- k) Controlable mediante el cambio de la tensión de entrada / corriente

Algunas desventajas de usar un TEC son:

- l) Sólo se puede disipar una cantidad limitada de flujo de calor.
- m) Relegado a aplicaciones con bajo flujo de calor.
- n) No es tan eficiente, en términos de coeficiente de rendimiento, como los sistemas de compresión de vapor

### **Clasificación de celdas Peltier**

- Celda termoeléctrica estándar.
- Celda multietapa o cascada.
- Micro celda.
- Celda alta-potencia.
- Celda alta-temperatura.
- Celda serie y paralelo.
- Celda cíclica.

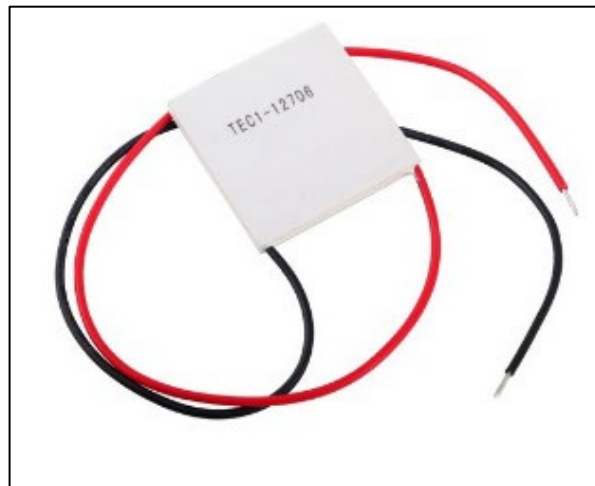
- Celda orificio-central.
- Celda circular.

### Celda Termoeléctrica Estándar

Dentro de la termoelectricidad esta es una de las más sencillas teniendo como rango de temperaturas de  $\Delta T = 75^\circ\text{C}$ , oscilando entre  $80^\circ\text{C}$  temperatura de la cara caliente y  $25^\circ\text{C}$  como temperatura base, debido a estas propiedades se pueden encontrar desde procesos industriales hasta en comerciales, así tenemos aplicaciones en la biomedicina o la producción alimentaria.

**Figura 13**

*Celda Termoeléctrica Peltier Cerámica de 60 W (TEC1-12706)*



*Fuente: (MaxElectrónica, 2021)*

**Tabla 2**

*Características de una celda Peltier Estándar*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	3 – 40	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	1 – 95	W
Tensión (V)	2 – 17	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	68 – 72	$^\circ\text{C}$
Dimensiones	8x8x3.6 / 50x50x5	mm

### Celda Multietapa O Cascada

Una celda multietapa o en cascada a diferencia de una celda estándar, están pueden proporcionar mayores variaciones de temperatura. Este tipo de celdas están diseñadas a base de celdas estándar dispuestas en paralelo formando

varios pisos de semiconductores lo que produce una mayor diferencia de temperatura.

Las celdas en cascada se utilizan para aplicaciones donde se requiera una capacidad de enfriamiento tolerante como en detectores infrarrojos, CCD, instrumentos analíticos o electro-óptica.

Al igual que una celda estándar la temperatura máxima es de 80 °C, pero llegando a tener una diferencia de temperatura de hasta  $\Delta T = 106$  °C y con una  $I_{m\acute{a}x} = 3.5$  A.

**Tabla 3**

*Características de una celda Peltier en cascada Nivel 2*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	3.5 – 24	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	18 – 37	W
Tensión (V)	8.2 – 18.20	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	95 – 100	°C
Dimensiones	20x20x6.45 / 39.7x39.7x6.8	mm

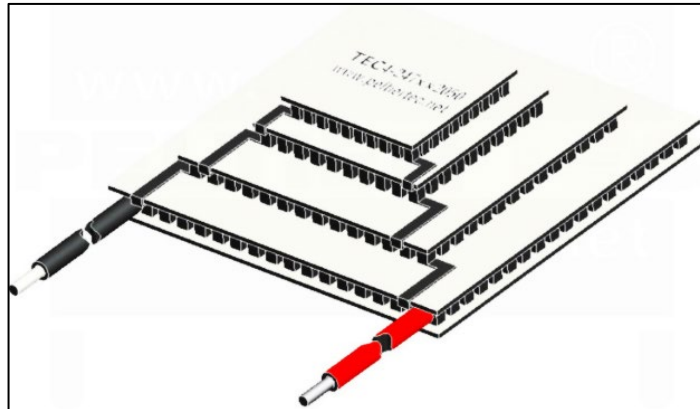
**Tabla 4**

*Características de una celda Peltier en cascada nivel 3*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	4.5 – 6	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	9.70 – 22	W
Tensión (V)	8.6 – 18.30	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	111	°C
Dimensiones	20x20x9.65 / 39.7x39.7x6.8	mm

**Figura 14**

*Celdas Peltier conectadas en cascada*



*Fuente: (i-Ciencias, 2013)*

### Microceldas

Las micro celdas tienen como principal característica su tamaño microscópico el cual tiene una superficie de intercambio mínima de 16.01 mm<sup>2</sup> y con valores de calor disipado/absorbido máximo de 9 W.

Este tipo de celdas están diseñadas para trabajar en un espacio limitado como por ejemplo en componentes ópticos, sensores y láseres utilizados en optoelectrónica e industria de telecomunicaciones.

**Tabla 5**

*Características de una Microcelda Peltier*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	1.20 – 2.50	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	0.63 – 8.70	W
Tensión (V)	0.96 – 8.70	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	70	°C
Dimensiones	4.01x4.01x2.39 / 12.1x12.1x2.34	mm

### Células de alta potencia

Las células de alta potencia tienen altas densidades de refrigeración y debido a eso pueden llegar a tener por unidad de superficie una potencia de 14 W/cm<sup>2</sup>. diseñadas para aplicaciones donde se tiene espacio reducido pero que se requiere bombear gran cantidad de calor como por ejemplo en láser, PCR y test térmicos de microprocesadores.

**Figura 15**

*Células para celdas Peltier de alta potencia*



*Fuente: (SoloElectronicos, 2016)*

**Tabla 6**

*Características de una Celda de alta Potencia*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	6 – 24	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	85.1 – 340.5	W
Tensión (V)	8.9 – 35.8	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	68 – 71	°C
Dimensiones	30x30x3.3 / 55x55x4	mm

### **Celda Peltier de alta temperatura**

De la misma forma que la celda de alta potencia estas están diseñadas para trabajar a una temperatura del lado caliente de hasta 150 °C en un tiempo a largo plazo, pero manteniendo el rendimiento de refrigeración.

**Tabla 7**

*Características de una Celda de alta temperatura*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	2.5 – 8.5	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	8 – 77.6	W
Tensión (V)	3.8 – 15.7	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	69 – 74	°C
Dimensiones	15x15x4.6 / 40x40x4.8	mm

## Celda serie y paralelo

Este tipo de celdas presentan en su interior dos circuitos eléctricos separados utilizados según las necesidades que se requieran si se requiere potencia se conectara en serie para obtener mayores valores o si se prefiere tener seguridad para el sistema esta celda se conectara en paralelo.

**Tabla 8**

*Características de una Celda Serie-Paralelo*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	Serie: 1.9 – 3.6 Paralelo: 3.7 – 7.2	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	36.6 – 70	W
Tensión (V)	Serie 31.4 – 31.8 Paralelo: 15.7 – 15.9	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	69 - 72	°C
Dimensiones	40x40x3.6 / 40x40x4.8	mm

## Celdas cíclicas

Este tipo de células están sometidas a grandes fatigas térmicas debido a que se utilizan para procesos donde la temperatura describe un ciclo. Debido a este estrés térmico debido al abrupto cambio de temperatura la vida útil de esta celda es menor.

**Tabla 9**

*Características de una Celda Cíclica*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	4 – 24	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	31 – 72	W
Tensión (V)	4.30 – 17.50	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	72	°C
Dimensiones	29.7x29.7x3.94 / 40.1x40.1x4.7	mm

## Celdas con orificio central

Este tipo de celdas tienen la misma aplicación de una celda Peltier estándar con la diferencia de tener menos capacidad de refrigeración debido al agujero que poseen el cual sirve para pasar cables u otros elementos.

Estos agujeros tienen diámetros que van desde 4,7 a 27 mm

**Figura 16**

*Celdas Peltier con orificio central*



*Fuente: (Adcol Electronic, 2021)*

**Tabla 10**

*Características celda con orificio*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	3 – 6	A
Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	5.2 – 56	W
Tensión (V)	3.2 – 17.20	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	72	°C
Dimensiones	15x15x3.18 / 39.7x39.7x4.7	mm

### **Celdas circulares**

Este tipo de celda presenta una forma singular la cual ofrece soluciones donde se requiere principalmente ese tipo de geometría.

Su aplicación va desde la opto-electrónica hasta en laboratorios. Presenta tolerancias de +/- 0.025 mm.

**Tabla 11**

*Características de una Celda Circular*

Magnitud	Rango	Unidades
Intensidad (I)	6	A



Capacidad de calor bombeado ( $Q_{m\acute{a}x}$ )	6.2	W
Tensión (V)	1.9	V
Diferencia de temperatura máxima ( $\Delta T_{m\acute{a}x}$ )	72	°C
Dimensiones	Diámetro exterior: 14 Diámetro interior: 26 Espesor: 3.31	mm

## Módulos Peltier

### Definición

Un módulo Peltier está formado por la agrupación de una celda Peltier y los diferentes mecanismos para disipar calor.

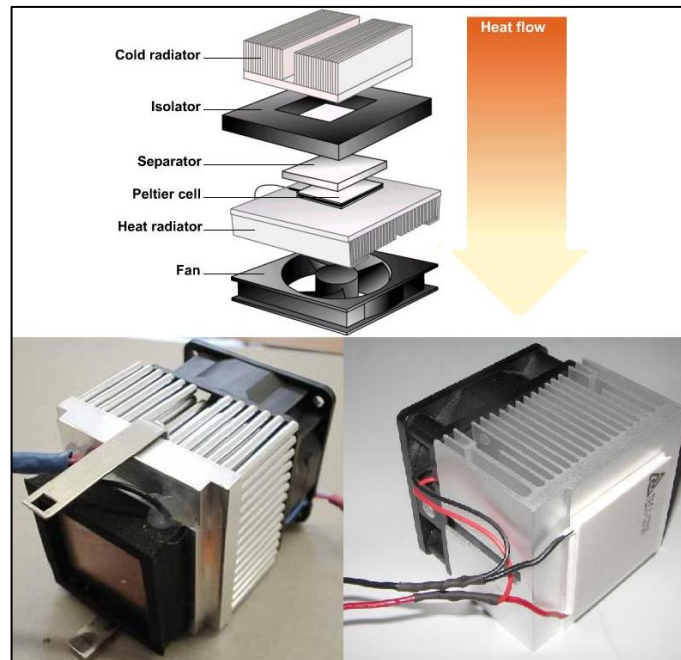
Está diseñado para lograr un elevado rendimiento y buena transmisión de calor, ya que tiene como principal objetivo es el de retirar y absorber tanto por convección natural o forzada la mayor cantidad de calor posible.

Está conformado por:

- Ventilador: tiene como principal función la de absorber la mayor cantidad de calor posible de la zona más caliente.
- Radiador Caliente: Después de que el aire ingrese por los ventiladores hacia el radiador caliente que es muchos casos un disipador de aletas quien tiene la función de disminuir la temperatura.
- Celda Peltier: O conjunto de celdas Peltier es aquí donde ocurre la transformación de energía eléctrica en térmica.
- Aislador: Se entiende que un aislador tiene como función la de disminuir la propagación del calor asegurando una correcta conducción de calor.
- Radiador Frío: de manera similar a un radiador caliente este está compuesto por un disipador de aletas.

**Figura 17**

*Esquema de los componentes de un módulo Peltier*



*Fuente: (SHOPTRONIKA, 2020)*

## **Tipos**

las diferentes necesidades han dado origen a la existencia de diferentes celdas Peltier por lo que existen varias maneras de absorción y disipación de calor generado por dicha celda. La disipación y absorción de dicho calor se logra mediante un medio el cual es un flujo que puede ser un líquido que es básicamente el agua y hasta el aire. Debido a esto los módulos Peltier pueden ser:

### **Módulos Aire-Aire (A-A)**

Los módulos aire-aire (a-a) son utilizados en contenedores para calentar o refrigerar objetos. Debido a su sencillez, rendimiento compacto y montaje rápido son los más utilizados.

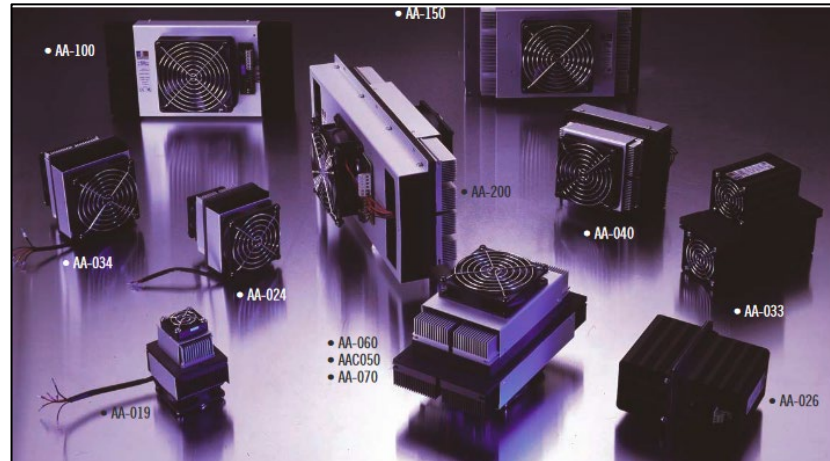
Su funcionamiento es muy sencillo consiste en absorber el calor por la cara fría la cual está compuesta por un disipador de aletas y un ventilador, y disiparlo por la cara caliente.

La ubicación de este módulo es indiferente siempre y cuando se garantice que el ventilador pueda tomar el aire necesario.

Los módulos aire-aire se utilizan en armarios electrónicos de refrigeración, refrigeración comercial y cajas de transporte de alimentos.

**Figura 18**

*Módulo Peltier A-A*



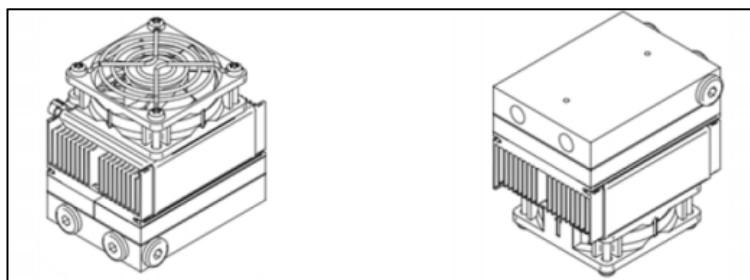
Fuente: (SHOPTRONIKA, 2020)

### **Módulos Aire-Líquido (A-L)**

Estos módulos utilizan dos fluidos para disipar el aire: en la cara fría utilizan un disipador de calor de aire mientras que en la cara caliente utilizan un disipador de calor mediante un líquido, este líquido es normalmente de tipo recirculante y tiene como principal característica su alto rendimiento.

**Figura 19**

*Módulo Peltier A-L*



Fuente: (Romero, 2017)

### **Modulo Aire Directo (A-D)**

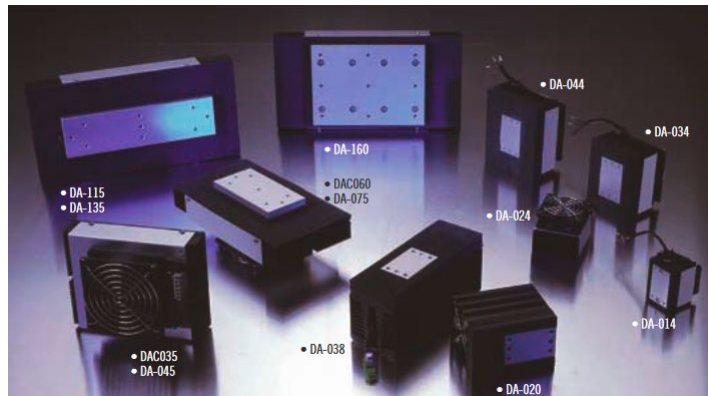
Los módulos de aire directo (A-D) se utilizan tanto para la calefacción y refrigeración, tienen tres aplicaciones importantes:

- En objetos que están en contacto directo con la placa fría, u objetos en una placa fría adicional que esté presente en su propio diseño.
- Recintos conectando un recipiente termo conductor a la placa fría.
- Líquidos uniendo un tanque conductor térmico o un disipador de calor líquido a la placa fría.

Funciona de forma similar a un módulo común (módulo aire-aire) absorbiendo también el calor por la placa fría transportándolo hacia los módulos termoelectricos y luego eliminando ese aire por medio de un disipador de calor de aire.

**Figura 20**

*Módulo Peltier A-D*



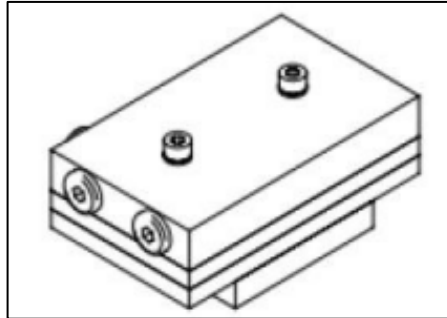
*Fuente: (Romero Delgadillo, 2017)*

### **Modulo Líquido Directo (L-D)**

Los módulos Líquido directo (L-D) tienen el mismo funcionamiento que un módulo aire líquido(A-L) disipando el calor del lado caliente mediante un líquido con la diferencia de que la carga u objetos a enfriar o calentar deben de estar unidos directamente a la placa fría. Estos módulos se utilizan en ciclos de temperatura de componentes electrónicos, enfriamiento por láser y en instrumentos analíticos.

**Figura 21**

*Módulo Peltier Líquido Directo*



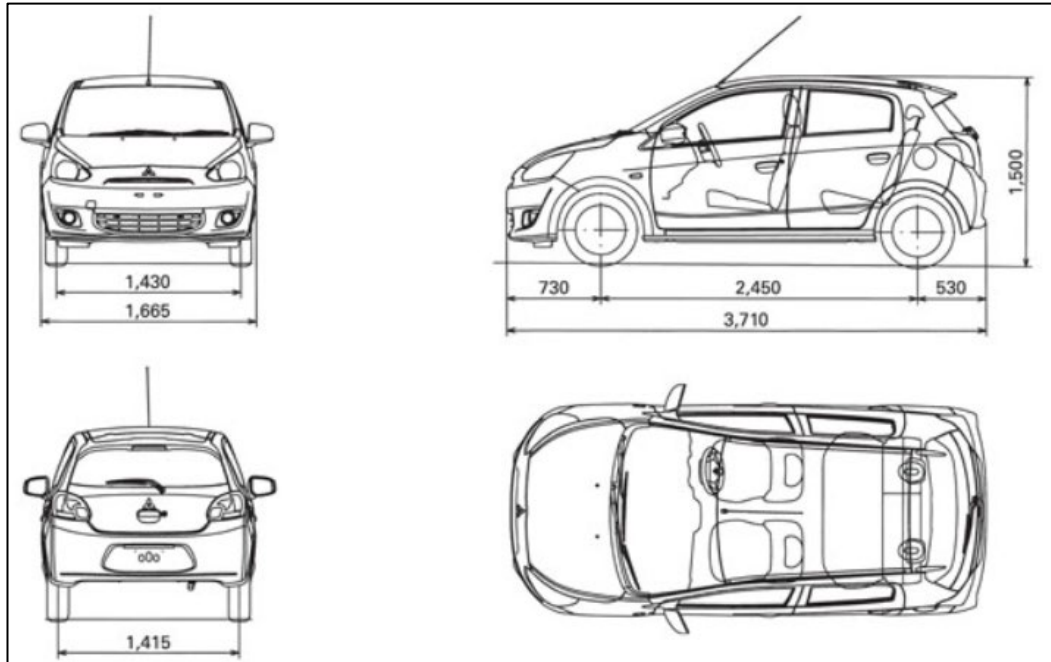
*Fuente:* (Romero Delgadillo, 2017)

### **Características de la cámara a refrigerar**

En el proyecto se ha escogido aclimatar el interior de un automóvil mitsubishi mirage 2017, este tipo de automóvil presenta medidas estándares a la mayoría de vehículos presentes en la región, por lo que puedes servir como guía para futuros proyectos.

**Figura 22**

*Mitsubishi Mirage 2017*



*Fuente:* (GHK Motors, 2012)

**Tabla 12***Especificaciones técnicas Mitsubishi Mirage 2017*

ESPECIFICACIONES MECANICAS			
VERSIONES	GL M/T	GLX M/T	GLS M/T
MOTOR	1.2 LTS DOHC 12-VÁLVULAS MIVEC	1.2 LTS DOHC 12-VÁLVULAS MIVEC	1.2 LTS DOHC 12-VÁLVULAS MIVEC
COMBUSTIBLE	BENCINA	BENCINA	BENCINA
CILINDRADA (CC)	1.200	1.200	1.200
POTENCIA MÁXIMA (HP/RPM)	76/6000	76/6000	76/6000
TORQUE MÁXIMO (NM/RPM)	100/4.000	100/4.000	100/4.000
TRANSMISIÓN	MECÁNICA 5 VEL.	MECÁNICA 5 VEL.	MECÁNICA 5 VEL.
TRACCIÓN	DELANTERA	DELANTERA	DELANTERA
SUSPENSIÓN DELANTERA	SUSPENSIÓN MACPHERSON		
SUSPENSIÓN TRASERA	SUSPENSIÓN DE BARRA DE TORSIÓN		
FRENOS DELANTEROS	13" DISCOS VENTILADOS		
FRENOS TRASEROS	7" TAMBOR		

Fuente: (MITSUBISHI MOTORS, 2017)

En este proyecto en objeto de estudio es un automóvil Mitsubishi Mirage el cual está construido de acuerdo a los estándares actuales teniendo el acero como principal componente ya que constituye la mayoría del peso, el acero es el encargado de formar el esqueleto del vehículo y tiene como función principal la de protección.

Otro componente indispensable hoy en día en un automóvil es el Plástico, según señala el "AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL" en EUA componen cerca del 50% de la construcción de vehículos nuevos. Este plástico se encuentra en instrumentos, medidores, interruptores, las ventanillas del aire acondicionado, manijas, tapetes, bolsas de aire entre otras partes – incluidas en el motor – están fabricadas de diferentes tipos de plásticos.

El aluminio es un material relativamente nuevo usado en la industria automovilística debido a su natural resistencia y su peso liviano. es utilizado para crear paneles de carrocería para así obtener un vehículo más ligero y por conclusión mayor desempeño.

Las dimensiones de la cabina mediante mediciones experimentales son 2.58 x 1.39 x 1.22 m.

El objetivo principal del uso de módulos Peltier es la de climatizar y ofrecer un ambiente interior agradable para los pasajeros y el conductor, está diseñado para un uso corto (diario) o para largas distancias manteniendo el interior una temperatura de entre 15 a 22 °C.

El automóvil cuenta con 4 puertas dos en cada lado que se abren y cierran para que los ocupantes puedan entrar. Las puertas delanteras y traseras son del mismo material que la carrocería y se cierran herméticamente, por lo que se supone que las juntas de las puertas presentan fugas de frío relativamente despreciables con respecto al resto de aportes de calor calculados.

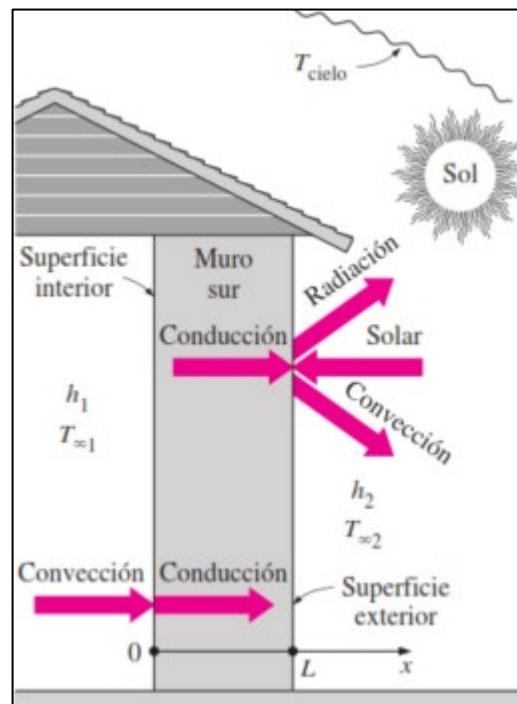
## 2.4. Transferencia de calor

La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas. (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2011)

Existe una transferencia de calor cuando dos sistemas tienen diferentes temperaturas y se ponen en contacto, haciendo que el flujo de la energía vaya del sistema con mayor temperatura al de menor, hasta que se logre un equilibrio térmico.

**Figura 23**

*Conducción, Convección y Radiación*



*Fuente:* (Cengel & Ghajar, Transferencia de calor y masa, 2020)

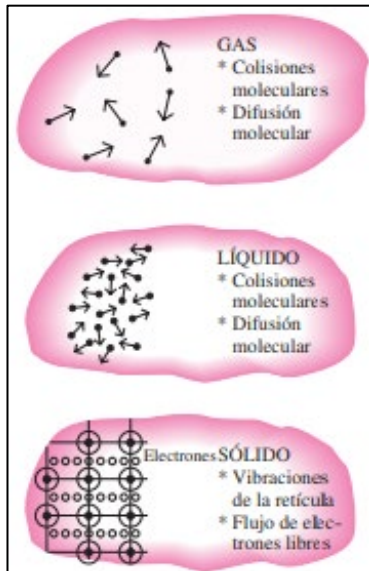
es el modo de transferencia de calor asociado a la actividad atómica y molecular, ya que se define como el intercambio de calor de las partículas más energéticas a las menos energéticas.

Cuando un objeto se calienta las moléculas en su interior comienzan a moverse y a chocar entre sí transfiriendo el calor a las demás moléculas del objeto por lo que la transferencia de energía por conducción tiene una dirección.

Un ejemplo de transferencia de calor por conducción común que podemos observar a diario cuando cocinamos solo la base de la sartén está expuesta al fuego más sin embargo podemos sentir que la parte superior y lateral también presenta una creciente subida de temperatura.

**Figura 24**

*Mecanismos de conducción de calor en las fases distintas de una sustancia*



*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

### Ley de Fourier de la conducción de calor

$$Q_{cond} = -K \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

El calor por conducción se define como la multiplicación de una constante K denominada conductividad térmica, es la propiedad por la cual un material conduce el calor si un material presenta una conductividad térmica baja se le denomina material conductor como es el caso de los metales, pero si este presenta una conductividad térmica alta se le llamara aislante como el vidrio, corcho o plástico; por el área perpendicular a la dirección de flujo de calor y directamente proporcional al gradiente de temperatura que no es más que el cociente entre la variación de temperatura y el espesor de la capa o pared.

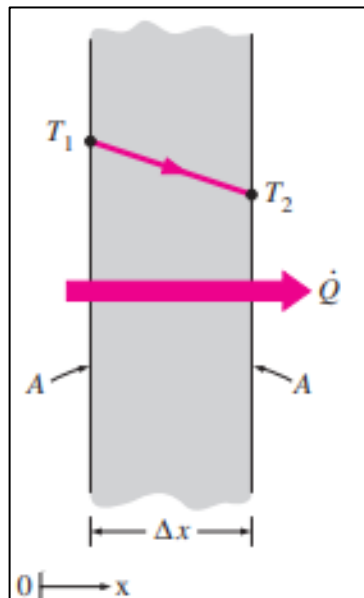


De esta ecuación podemos desprender:

- Si aumentamos el área la razón de transferencia de calor se aumenta también.
- Si aumentamos la diferencia entre la temperatura de la parte caliente y la parte fría la transferencia de calor aumenta.
- Si aumentamos el espesor de la pared la razón de transferencia de calor disminuirá

**Figura 25**

*Conducción de calor mediante una pared plana grande*



*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

### Conductividad Térmica

La conductividad térmica se puede expresar como la capacidad de cada material para permitir el paso o la conducción de calor.

Las unidades de la conductividad térmica se pueden expresar en  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  ( $J/s \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ ) en el S.I., mientras que el sistema británico se expresa en  $Btu \cdot h^{-1} \cdot ft^{-1} \cdot F^{-1}$ .

La siguiente imagen muestra las conductividades térmicas de algunos materiales a temperatura ambiente.

**Tabla 13**

*Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente*

Material	$k$ , W/m · °C*
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

\*Multiplíquese por 0.5778 para convertir a Btu/h · ft · °F.

*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

### Conducción de Calor en estado estacionario en paredes planas

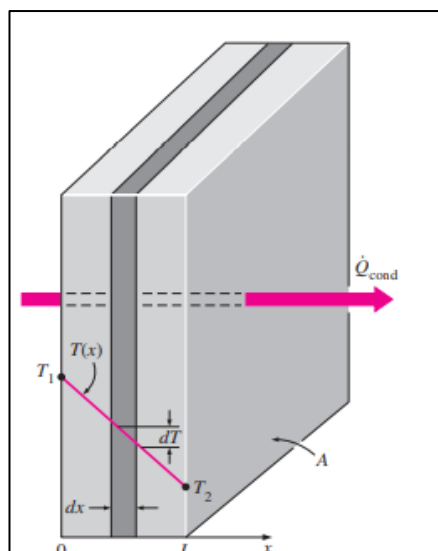
Teniendo como modelo una pared plana con un espesor de  $L$ , área superficial de  $A$  que esta entre dos temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  caliente y fría respectivamente.

Con dos condiciones iniciales

- El sistema es estacionario, es decir que la temperatura no cambia con respecto al tiempo
- La transferencia de calor será por conducción unidimensional

**Figura 26**

*Distribución de temperatura en una pared plana (condiciones estacionarias)*



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)

Con los datos que se observan en la figura y aplicando la mencionada Ley de Fourier para la conducción, la transferencia de calor se podría expresar:

$$\dot{Q}_{cond,pared} = -K.A.\frac{dT}{dx}$$

Remplazando los siguientes datos para poder integrar:

- Desde  $X=0$ ,  $T(0)=T_1$
- Hasta  $X=L$ ,  $T(L)=T_2$

$$\dot{Q}_{cond,pared} = -K.A.\frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

Obteniendo la ecuación para encontrar la razón de transferencia de calor por conducción en una pared plana.

### **Resistencia Térmica**

La resistencia térmica se asemeja mucho al concepto de una resistencia eléctrica ya que esta ofrece una oposición al flujo de calor como lo haría una resistencia eléctrica al oponerse al flujo de corriente.

La resistencia térmica depende mucho de la geometría y de las propiedades térmicas del medio. Las unidades de la resistencia térmica son  $^{\circ}C/W$ .

La ecuación de la resistencia térmica a la conducción se desprende de la ecuación de transferencia de calor por conducción en una pared plana.

$$\dot{Q}_{cond,pared} = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{Cond}}$$

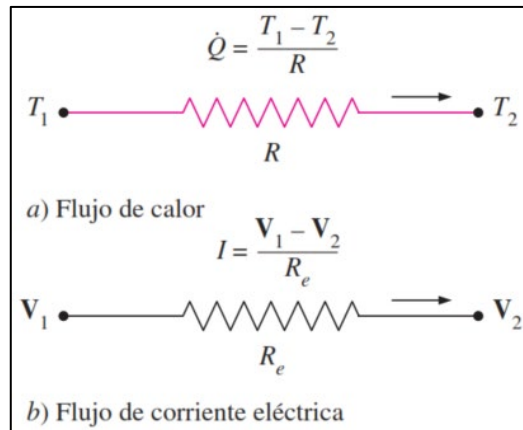
Por lo que la Resistencia térmica a la conducción se expresaría como:

$$R_{Cond} = \frac{L}{k.A}$$

Como se enuncio anteriormente la Resistencia térmica y eléctrica presentan también una simbología similar.

**Figura 27**

*Similitud entre resistencia térmica y eléctrica*



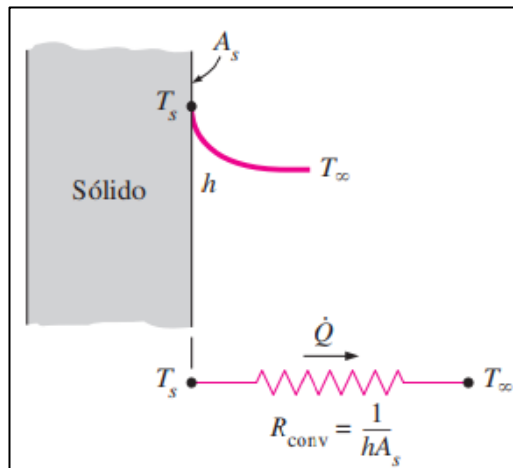
*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

Análogamente se puede hablar de una Resistencia térmica a la convección la cual está relacionada a su coeficiente de transferencia de calor por convección ( $h$ ) y sus unidades son  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .

$$R_{\text{Conv}} = \frac{1}{h \cdot A_s}$$

**Figura 28**

*Esquema para la resistencia a la convección en un área determinada*

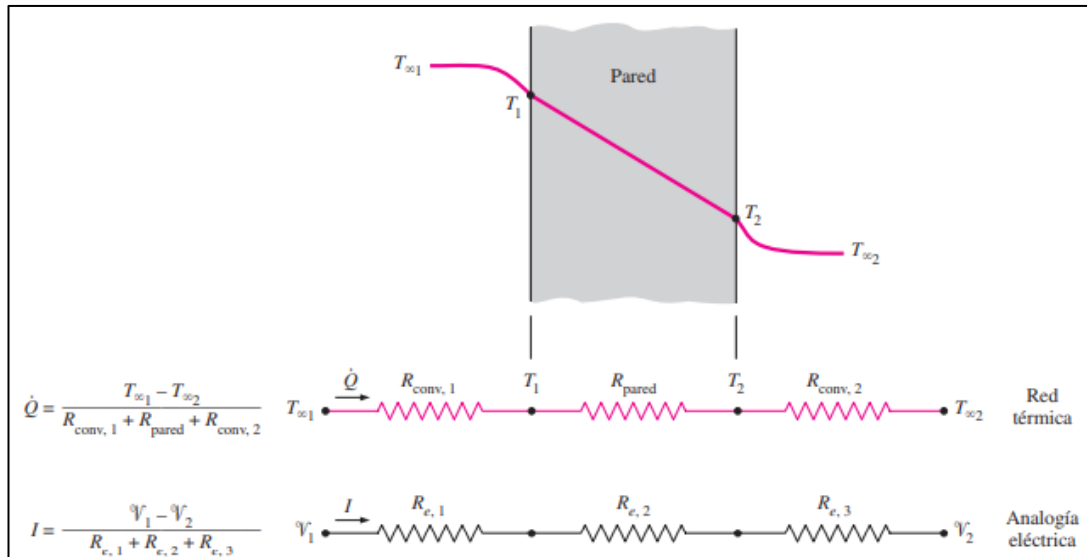


*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

Si combinamos conceptos tendríamos un estudio más detallado y preciso acerca del comportamiento de la transferencia de calor en una pared plana.

**Figura 29**

*Similitud entre una red de resistencias térmicas para la transferencia de calor en una pared plana sujeta a convección en ambos lados y una red eléctrica*



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)

En este proyecto se estudiará a las puertas laterales parte trasera y delantera de un automóvil Mitsubishi MIRAGE, se sabe que este tipo de partes presentan arreglos con diferentes tipos de materiales como son el acero para la parte exterior, en la parte media presenta un aislante como puede ser el aire acompañado de placas de aislante acústico para el ruido y por último una capa de plástico con efecto decorativo. Entonces se necesitará estudiar el comportamiento de una pared con múltiples capas.

### **Pared plana de capas múltiples**

En la realidad es común ver este tipo de paredes las cuales cuentan de varias capas de materiales con propiedades térmicas, sin embargo, los conceptos de Resistencia térmica aún pueden ser aplicados para hallar la razón de transferencia de calor en un estado estacionario.

Para poder entender la metodología se ejemplificará con una pared plana con dos capas, pero este método se puede utilizar para cualquier cantidad de capas que se requiera.

La razón de transferencia sería la siguiente:

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}}$$

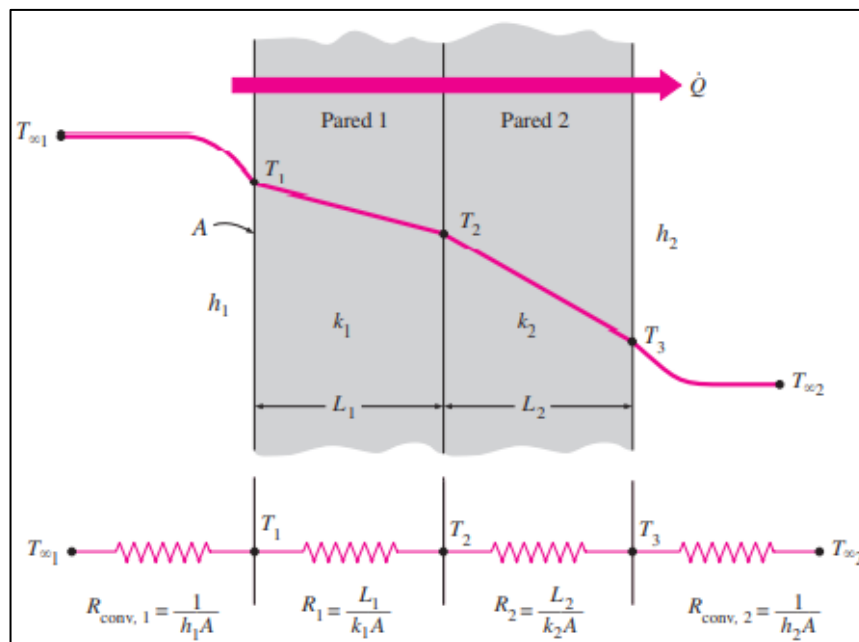
La resistencia térmica total estaría expresada por la suma aritmética de las resistencias que intervengan:

$$R_{total} = R_{conv\ 1} + R_{cond\ 1} + R_{cond\ 2} + R_{conv\ 2}$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{K_1 A} + \frac{L_2}{K_2 A} + \frac{1}{h_2 A}$$

**Figura 30**

*Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor en una pared plana de dos capas sujeta a convección en ambos lados*



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)

## Convección

La convección es el modo de transferencia de calor que se define mediante dos procesos el movimiento molecular aleatorio (Conducción) y el movimiento volumétrico del fluido en la capa límite. Por lo que es común decir que existe convección cuando se da la transferencia de calor entre una superficie sólida y un fluido adyacente que está en movimiento.

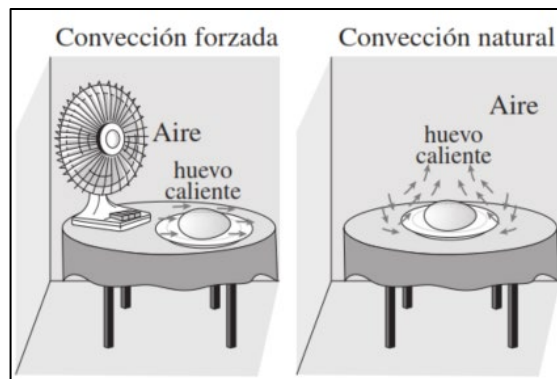
La transferencia de calor por convección se clasifica de acuerdo a la naturaleza del flujo:

- ✓ Convección Forzada: Cuando el flujo de calor es causado por medios externos para transferir calor al fluido. Por ejemplo, como un ventilador o una bomba.

- ✓ Convección Natural: Cuando el flujo de calor de un fluido se da mediante diferencia de densidades, cuando una parte del fluido tiene mayor temperatura su densidad disminuye haciendo que esta suba y la parte del fluido con menor temperatura descienda y se caliente para repetir el ciclo a este fenómeno se le conoce como efecto de flotación.

**Figura 31**

*Convección natural y forzada en un huevo sancochado*



*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

En el proceso de transferencia de calor convección depende de diversas propiedades como la viscosidad dinámica ( $\mu$ ), la densidad ( $\rho$ ), la conductividad térmica ( $k$ ), el calor específico ( $C_p$ ) y la velocidad del fluido ( $v$ ) por lo que comúnmente se dice que el proceso de transferencia por convección es el proceso más complejo.

Sin embargo, existe una ecuación para calcular el calor por transferencia de calor por convección mediante la ley de enfriamiento de Newton.

$$\dot{Q}_{conv} = h \cdot A_S \cdot (T_S - T_{\infty})$$

Donde:

$\dot{Q}_{conv}$  : Calor transferido por convección,  $W$

$h$  : Coeficiente de transferencia de calor por convección,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$A_S$  : Área superficial de transferencia de calor,  $m^2$

$T_S$  : Temperatura de la superficie,  $^\circ C$

$T_{\infty}$  : Temperatura del fluido suficientemente alejado de la superficie,  $^\circ C$

La convección es un proceso que está relacionado con el estudio del flujo debido a que este influye en la transferencia de calor, clasificarlos y agruparlos es un método para poder estudiarlos mejor y saber comprender como estos se comportan.

### **Clasificación de los flujos de fluidos**

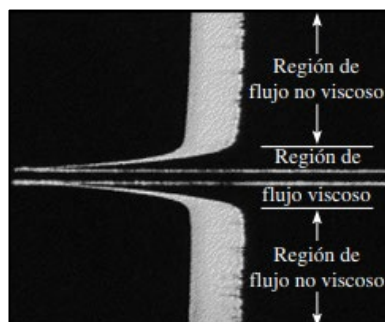
- Flujo viscoso/no viscoso
- Flujo interno/externo
- Flujo compresible/incompresible
- Flujo laminar/turbulento
- Flujo natural/forzado
- Flujo estacionario/no estacionario

### **Flujo viscoso/no viscoso**

La viscosidad es la propiedad que tiene un fluido para oponerse al movimiento es decir es la resistencia que ofrece el fluido a moverse, la viscosidad depende de la temperatura si un fluido incrementa su temperatura su viscosidad disminuirá. Ningún fluido tiene una viscosidad de cero por lo que todo fluido presenta efectos de viscosidad. Si un fluido presenta una resistencia considerable a su movimiento se considera FLUJO VISCOSO, como ya se mencionó un fluido siempre tendrá efectos de viscosidad, pero existen ciertas regiones en donde las fuerzas de viscosidad son considerablemente pequeñas por lo que se considerarían REGIONES DE FLUJO NO VISCOSO.

#### **Figura 32**

*Flujo de fluido de una corriente originalmente uniforme sobre una placa plana y las regiones de flujo viscoso y no viscoso*



*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

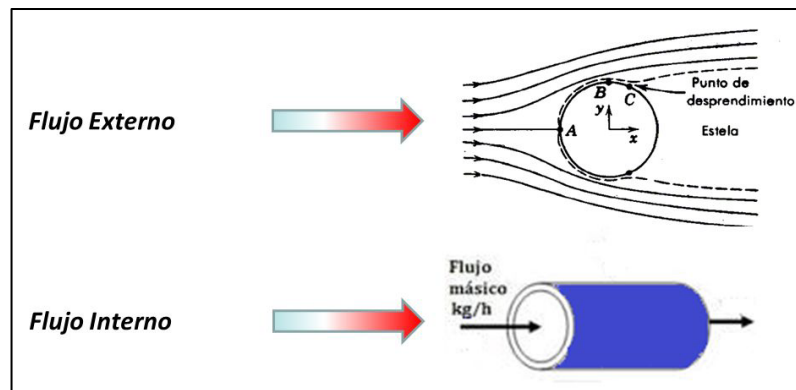


## Flujo Externo/Interno

Un fluido tiene un FLUJO INTERNO si este está por completo comprendido en un ducto, tubo, entre placas o canaletas si ocurre lo contrario es decir no está confinado a fluir dentro de un contenedor este se denomina FLUJO EXTERNO.

**Figura 33**

*Flujo interno y externo*



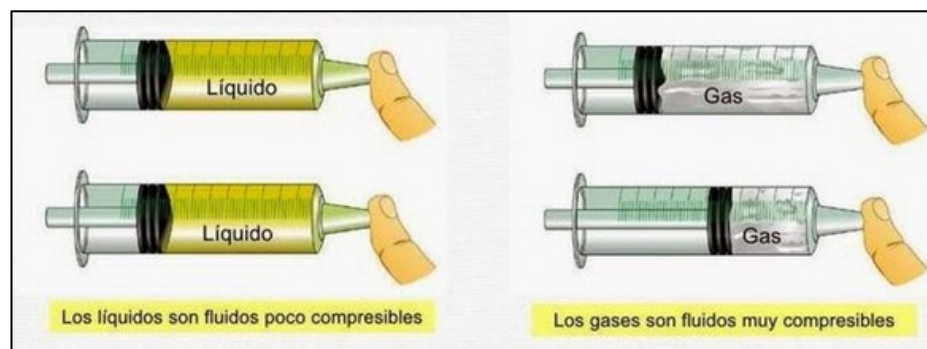
*Fuente: (Mecánica de Fluidos UniGuajira, 2014)*

## Flujo compresible/incompresible

El termino compresibilidad está relacionada a la densidad. Si la densidad de un flujo permanece invariable en toda su extensión se considera un flujo incompresible caso contrario sería un flujo compresible. Un ejemplo claro y preciso de flujo compresible son los gases ya que al variar de forma mínima la presión a la que están sometidos varían su densidad haciendo que este se comprima lo que no sucedería si se tratase de un líquido los cuales no varían su densidad al variar la presión a la que están.

**Figura 34**

*Tipos de flujos de fluidos*



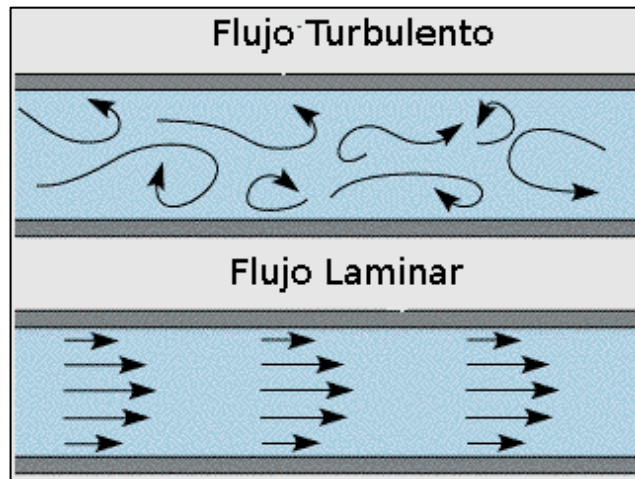
*Fuente: (Mecánica de Fluidos UniGuajira, 2014)*

### Flujo laminar/turbulento

Un flujo laminar es un flujo ordenado, compuesto por capas en forma de láminas agrupadas y estratificadas, mientras que un flujo turbulento presenta un flujo caótico y sin orden, el flujo se puede describir como un remolino. Existe un flujo el cual no se puede clasificar como laminar o turbulento ya que no presenta ninguna de las características mencionadas este flujo se denomina FLUJO DE TRANSICIÓN este flujo se encuentra entre ambos y es flujo de cambio entre un laminar a turbulento o viceversa.

**Figura 35**

*Flujo laminar y turbulento*



*Fuente: (Mecánica de Fluidos UniGuajira, 2014)*

### Flujo natural/forzado

Un flujo forzado es aquel que mueve el fluido mediante medios externos como un ventilador o una bomba ayudando así a la transferencia de calor, y un flujo natural es aquel donde no ha intervenido ningún medio externo y solo han intervenido medios naturales como los que explicamos por medio de diferencia de densidades.

### Flujo estacionario/no estacionario

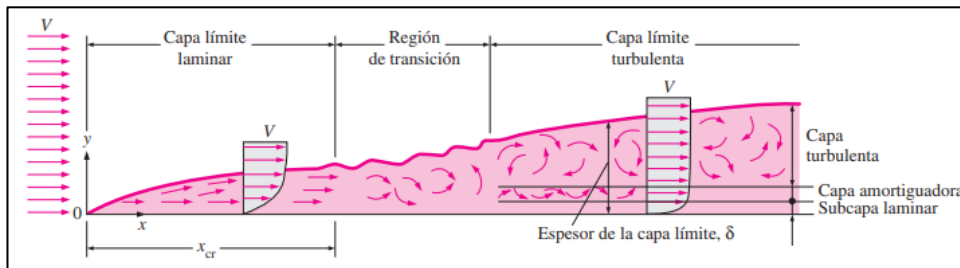
Un flujo estacionario es aquel que no presenta cambios con respecto al tiempo lo opuesto a no estacionario, comúnmente se suele asociar el termino no estacionario con transitorio sin embargo un flujo transitorio es aquel que aún está en desarrollo lo que es diferente a un flujo no estacionario.

## Capa límite

Si consideramos que el flujo de un fluido viaja con una velocidad “ $V$ ” y este se encuentra con una superficie plana va generar en la extensión de esta superficie ciertos fenómenos visibles que se pueden dividir en dos regiones una donde la viscosidad, una propiedad de todo fluido, ejerce efectos predominantes y otra en donde la viscosidad no ejerce sus propiedades y simplemente se considera al fluido con su velocidad inicial, lo que divide a estas regiones se denomina CAPA LIMITE CINEMÁTICA. Existen múltiples capas límites que un fluido puede experimentar en su recorrido, pero se ha considerado centrarse en dos una CAPA LIMITE CINEMÁTICA y la CAPA LIMITE TÉRMICA.

**Figura 36**

*Desarrollo de capa límite para el flujo en una placa plana y sus regímenes distintos de flujo*

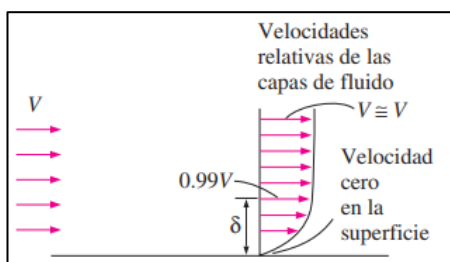


Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)

En la figura los efectos del fluido empiezan desde “el punto de ataque” lugar donde el fluido toca la placa y se desplaza sobre el eje  $x$ , en el eje  $y$  se desarrolla en forma perpendicular a la placa. El fluido se desarrolla desde una velocidad igual a cero debido a la viscosidad y al efecto de no deslizamiento el cual afecta hasta un espesor  $\delta$  donde la velocidad es entre un 0.95-0.99 la velocidad  $V$ .

**Figura 37**

*Desarrollo de capa límite en una superficie debido a la condición de no deslizamiento*



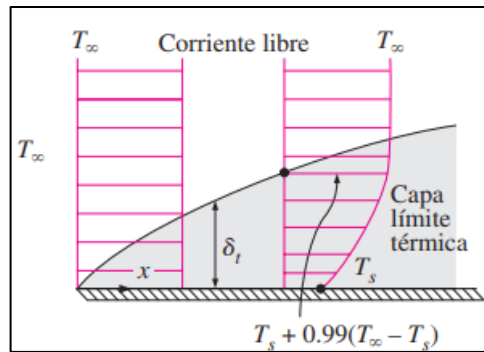
Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)

## Capa Límite Térmica

De modo semejante a la capa límite cinemática la capa límite térmica separa dos regiones una en donde los efectos térmicos de un fluido actúan sobre una superficie y otra región donde la interacción de estas temperaturas son inexistentes.

**Figura 38**

*Capa límite térmica en una placa plana*



*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

La capa límite térmica también presenta un espesor  $\delta_t$  en cual debe de cumplir una condición:

$$\frac{(T_s - T(\delta_t))}{(T_s - T_\infty)} = 95\%$$

Debido a la complejidad que el método de transferencia de convección tiene diferentes estudios y años de experimentación han dado como resultado el uso de ciertos números adimensionales los cuales facilitan enormemente la comprensión y la solución de problemas relacionados a la convección.

## Número de Nusselt

El número de Nusselt es un numero adimensional que expresa el coeficiente de transferencia por convección " $h$ "

$$Nu = \frac{h \cdot L_C}{k}$$

Donde:

$Nu$  : número de Nusselt

$h$  : coeficiente de transferencia de calor por convección,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$L_C$  : longitud característica,  $m$

$k$  : conductividad térmica,  $W/m \cdot ^\circ C$

El número de Nusselt relaciona la velocidad de transferencia de calor de un fluido por convección entre la velocidad de transferencia de calor del mismo fluido por conducción, es decir compara ambos casos con la finalidad de conocer la eficiencia de la transferencia de calor por convección mientras mayor sea el número más eficaz es la convección y si el número de Nusselt es uno significa que hay una transferencia de calor por conducción pura.

**Tabla 14**

*Velocidad de transferencia de calor por unidad*

Velocidad de transferencia de calor por unidad	
Convección	Conducción
$\dot{q}_{conv} = h \cdot \Delta T$	$\dot{q}_{cond} = k \cdot (\Delta T / L)$

*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

Y al dividir ambas expresiones:

$$\frac{\dot{q}_{conv}}{\dot{q}_{cond}} = \frac{h \cdot \Delta T}{k \cdot \Delta T / L} = \frac{h \cdot L}{k} = Nu$$

### Número de Prandtl

El número de Prandtl es un numero adimensional que relaciona la velocidad de difusión de cantidad de movimiento (viscosidad cinemática) entre la velocidad de difusión térmica (difusividad térmica).

$$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{C_p \cdot \mu}{k}$$

Donde

$v$  : Viscosidad cinemática,  $m^2/s$

$\alpha$  : Difusividad térmica,  $m^2/s$

$C_p$ : Calor específico a presión constante,  $J/kg \cdot K$

$\mu$  : viscosidad dinámica,  $N \cdot m^2/s$

$k$  : Conductividad Térmica,  $W/m \cdot K$

Entonces un número de Prandtl bajo significa que la difusividad de calor es mayor a la difusividad de momento o viscosidad cinemática un ejemplo muy claro es la del mercurio líquido que tiene un numero de Prandtl muy bajo (0,011) es decir el calor se difunde más rápido y si el número de Prandtl es alto como el del aceite de motor (3400) la difusividad de calor es menor a la difusividad por momento estos conceptos se ven reflejado en la capa límite térmica la cual es más gruesa para los metales líquidos(mercurio) y mucho más delgada para los aceites (aceite de motor) en relación a la capa límite de la velocidad.

**Tabla 15**

*Rangos típicos de los números de Prandtl para fluidos comunes*

TABLA 6-2	
Rangos típicos de los números de Prandtl para fluidos comunes	
Fluido	Pr
Metales líquidos	0.004-0.030
Gases	0.7-1.0
Agua	1.7-13.7
Fluidos orgánicos	
ligeros	5-50
Aceites	50-100 000
Glicerina	2 000-100 000

*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

## Número de Reynolds

Otro número adimensional importante en la convección es el número de Reynolds, un fluido puede comportarse como laminar o turbulento, y también ser de transición, pero es un régimen es pasajero e indica el paso del fluido de un régimen a otro, entonces en cada caso se usarán métodos para entender el comportamiento del fluido y para diferencia en que régimen se encuentra el fluido se usa el número de Reynolds.

Un número elevado de Reynolds indica que el fluido es turbulento, en caso de que el número de Reynolds sea bajo estaríamos en frente de un fluido en régimen laminar. Esto se entendería mejor debido a que el número de Reynolds es el cociente de dividir las fuerzas inerciales con las fuerzas viscosas del fluido y si tenemos un fluido turbulento las fuerzas inerciales son

mayores ocasionando esas turbulencias y que el fluido se desarrolle de forma caótica en caso tengamos un fluido laminar las fuerzas viscosas son viscosas ocasionando que el fluido se desarrolle de forma más ordenada.

$$Re = \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{V \cdot L_C}{\nu} = \frac{\rho \cdot V \cdot L_C}{\mu}$$

Donde:

$V$  : Velocidad corriente superior,  $m/s$

$L_C$  : Longitud característica de la configuración geométrica,  $m$

$\nu$  : Viscosidad cinemática,  $m^2/s$

$\rho$  : Densidad relativa,

$\mu$  : Viscosidad Dinámica,  $N \cdot m^2/s$

### Número de Rayleigh

El número adimensional de Rayleigh es la relación que hay entre las fuerzas que promueven la convección y las que se oponen (la viscosidad y difusión térmica) es decir si un fluido tiene un número bajo de Rayleigh la transferencia se dará principalmente por convección y si el número de Rayleigh es alto dicha transferencia de calor sería mayormente por conducción. El número de Rayleigh se utiliza solo en convección natural.

Matemáticamente el número de Rayleigh es la multiplicación de numero de Grashof por el número de Prandtl.

$$Ra = Gr \times Pr$$

### Número de Grashof

El número adimensional de Grashof es el cociente de dividir las fuerzas de flotación producidas por las variaciones de temperatura y las fuerzas viscosas que se oponen a los efectos de flotación que actúan en un fluido.

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_S - T_\infty) L_C^3}{\nu^2}$$

Donde:

$g$  : Aceleración de gravedad,  $m/s^2$

$\beta$  : Coeficiente de expansión volumétrica,  $K^{-1}$

$T_s$  : Temperatura de la superficie,  $K$

$T_\infty$  : Temperatura del ambiente,  $K$

$L_c$  : Longitud característica,  $m$

$\nu$  : Viscosidad cinemática,  $m/s^2$

Se ha hecho un análisis previo al habitáculo y se ha demostrado que presenta un efecto de convección natural externa y un efecto de convección forzada interna.

### **Convección natural externa**

Anteriormente se ha descrito el caso de una convección natural y externa debido a que interactúa el medio externo con el habitáculo. La geometría del habitáculo restringe la transferencia de calor por dos medios: sus paredes laterales verticales y sus paredes horizontales superior e inferior.

Si el método de transferencia de calor es por convección natural se debe de comprobar la siguiente relación:

$$\frac{Gr_L}{Re_L^2} \gg 1$$

### **Placas Verticales**

Para las placas verticales utilizaremos las siguientes formulas:

- Numero de Nusselt: mediante la fórmula de Churchill y Chu, para cualquier valor del número de Rayleigh.

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

Y para hallar los coeficientes de convección de cada cara lateral se reemplaza la longitud en la siguiente formula:

$$Nu_L = \frac{h \cdot L}{k_{aire}}$$



### Placa Horizontal

La transferencia de calor de convección natural es diferente cuando la superficie es horizontal y también se diferencian las paredes tanto superior e inferior. Y para este estudio la temperatura exterior se considera estable.

Para las placas horizontales la dimensión de la longitud característica está dada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{\text{Superficie de la placa}}{\text{Perimetro}} = \frac{A_s}{P}$$

### Placa Horizontal Superior

Para la placa horizontal debido a que su cara inferior es caliente y la superior es fría ( $T_{S_{ext}} < T_{ext}$ ), utilizaremos la correlación de Mc Adams:

$$Nu = 0,27 \times Ra^{1/4}$$

### Placa Horizontal Inferior

El piso del habitáculo tiene cuatro soportes los cuales sirven como estructura principal para el armazón del automóvil suponiendo que el área de estos soportes es suficientemente pequeña la transferencia de calor entonces se considera despreciable.

A diferencia del techo, el piso del habitáculo tiene la cara superior caliente y la cara inferior fría, utilizaremos la correlación de Mc Adams:

$$Nu = 0,15 \times Ra^{1/3}$$

### Convección Forzada Interna

Una transferencia por convección forzada se da cuando interviene un factor externo para ayudar el proceso en este estudio ese factor externo es el ventilador. Como ya se analizó anteriormente en la convección natural, en una convección forzada se debe de cumplir la siguiente relación:

$$\frac{Gr_L}{Re_L^2} \ll 1$$

Las expresiones para la convección forzada interna son para tuberías por lo que se va ver términos como diámetro, sin embargo, la geometría es una caja rectangular por lo que se remplazara el diámetro como diámetro hidráulico.

$$Dh_{int} = \frac{4 \times A_T}{P}$$

Donde:

$Dh_{int}$  : Diámetro Hidráulico interior

$A_T$  : Área mojada,  $m^2$

$P$  : Perimetro mojado,  $m^2$

El número de Reynolds también está en función del diámetro hidráulico:

$$Re_{L_{int}} = \frac{\rho_{a_{int}} \cdot V_{c_{int}} \cdot Dh_{int}}{\mu_{a_{int}}}$$

Donde:

$Re_{L_{int}}$  : Numero de Reynolds en el interior del habitáculo

$\rho_{a_{int}}$  : Densidad del aire interior,  $kg/m^3$

$V_{c_{int}}$  : Velocidad del aire en el interior,  $m/s$

$Dh_{int}$  : Diámetro hidráulico,  $m$

$\mu_{a_{int}}$  : Viscosidad dinámica interior,  $N \cdot m^2/s$

Nos apoyaremos en la correlación de Notter y Sleicher

$$Nu = 5 + 0,016 \cdot Re^a \cdot Pr^b \left\{ \frac{a = 0,88 - \frac{0,24}{4 + Pr} ; b = 0,33 + 0,5 \cdot e^{-0,6 \cdot Pr}}{\frac{L}{d} > 25 ; 10^4 < Re < 10^6 ; 0,1 < Pr < 10^4} \right\}$$

## Radiación

La radiación es el modo de transferencia de calor mediante formas de ondas electromagnéticas (fotones) debido a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas.

A diferencia de la conducción o convección no necesita un medio intervector para la transferencia de energía, la radiación ocurre de manera más eficiente en el vacío.

### Radiación a través de las ventanas

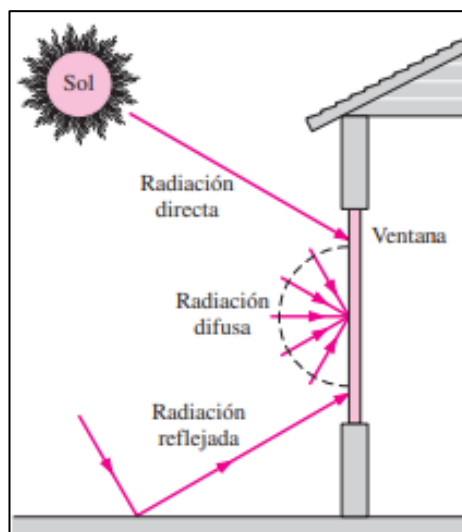
La fuente principal de radiación es la proporcionada por el sol y la medición de la radiación sobre la tierra es la irradiación solar, el valor más aceptado es de  $1\,373\text{ W/m}^2$ .

La radiación solar primero debe de entrar por la atmósfera en donde se dispersa y es absorbida por moléculas de aire y de vapor de agua, partículas de polvo, estos factores influyen en la radiación solar disminuyéndola.

Esta parte de la radiación que logra entrar a la superficie de la tierra se llama radiación directa. El tipo de radiación que es dispersada se llama radiación difusa también se ha de tomar la radiación reflejada.

**Figura 39**

*Componentes directa, difusa y reflejada de la radiación solar que incide en una ventana*



Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)

La radiación solar incidente por principio de conservación es igual a la suma de las demás radiaciones mencionadas: radiación transmitida, reflejada y absorbida:

$$\tau_s + \rho_s + \alpha_s = 1$$

Donde:

$\tau_s$  : Transmisividad

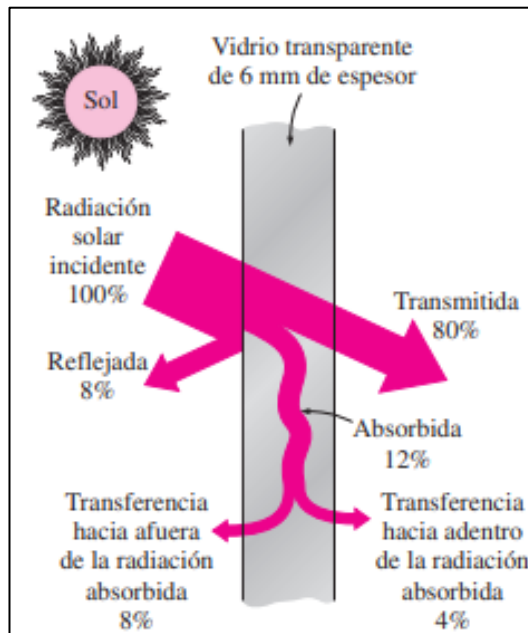
$\rho_s$  : Reflectividad

$\alpha_s$  : Absortividad

Un vidrio transparente estándar para ventana de doble resistencia, una sola hoja y 3 mm de espesor, transmite 86%, refleja 8% y absorbe 6% de la radiación solar que incide sobre él. La suma de la radiación solar transmitida y absorbida se conoce como la ganancia de calor solar de la ventana.

**Figura 40**

*Distribución de la radiación solar que incide en un vidrio transparente*



*Fuente: (Cengel & Ghajar, 2020)*

El coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) es el cociente entre la ganancia de calor solar y la radiación solar que incide sobre la ventada.

$$SHGC = \frac{\text{Ganancia de calor solar a través de la ventana}}{\text{Radiación solar que incide sobre la ventana}}$$

$$SHGC = \frac{\dot{q}_{solar,Ganancia}}{\dot{q}_{solar,incidente}} = \tau_s + f_i \alpha_s$$

Donde:

$\tau_s$  : Transmisividad solar del vidrio

$f_i$  : Fracción de la radiación solar absorbida

$\alpha_s$  : Absortividad solar del vidrio

El valor de SHGC va desde 0 hasta 1, La ganancia total de calor solar a través de la ventana es:

$$\dot{Q}_{Solar, ganancia} = SHGC \times A_{encristalado} \times \dot{q}_{solar, incidente}$$

Donde:

$\dot{Q}_{Solar, ganancia}$  : Ganancia de calor solar,  $W$

$\dot{q}_{solar, incidente}$  : Flujo de calor solar,  $W/m^2$

$A_{encristalado}$  : área del encristalado de la ventana,  $m^2$

### **Aire Acondicionado de un Automóvil**

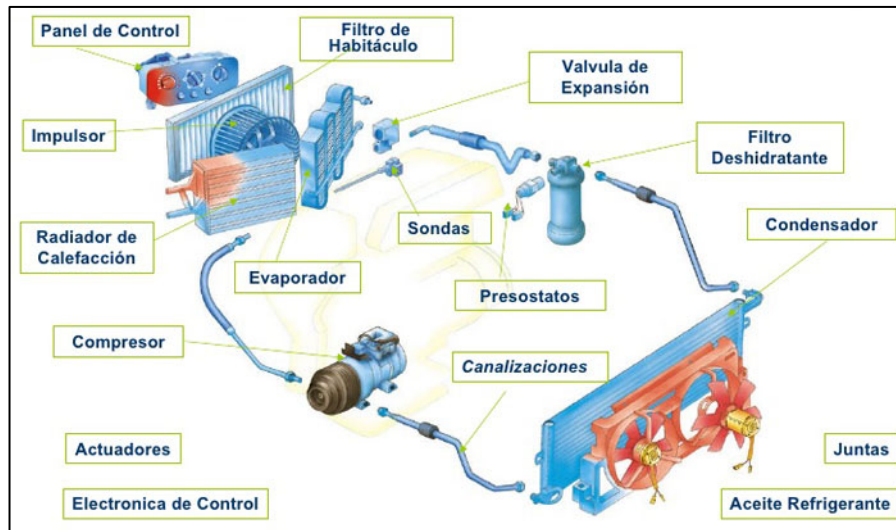
El aire acondicionado automotriz es un conjunto de componentes y de tuberías que tienen como función la de enfriar y purificar el aire dentro del habitáculo mediante la circulación de un fluido refrigerante especial R-134a el cual por medio de la variación de su presión sirve como un intercambiador de calor.

Las principales partes del aire acondicionado son:

- Compresor
- Condensador
- Filtro deshidratador
- Válvula de expansión
- Evaporador
- Mangueras

**Figura 41**

*Diagrama del sistema de aire acondicionado de un auto*



*Fuente: (Automotriz, 2020)*

## **Compresor**

El compresor es la parte más importante debido a que es el encargado de hacer circular, aspirar y comprimir el refrigerante por todo el sistema.

El compresor es accionado por la energía mecánica del motor mediante bandas y transporta el refrigerante que viene del evaporador a baja temperatura y presión para llevarlo al condensador en forma de vapor a alta presión y temperatura.

Existen dos tipos de compresores más utilizados:

- Compresor de pistón
- Compresor de Scroll

## **Condensador**

El condensador es un intercambiador de calor que recibe el refrigerante en estado gaseoso por la parte superior y en la parte inferior mediante el flujo constante de aire y paletas cambia el refrigerante a un estado líquido a alta presión.

Tipos de condensadores:

- Condensador de serpentín de tubos de cobre y aletas de aluminio

- Condensador reticulado de aluminio y aletas de aluminio
- Condensador de Flujo paralelo con botella integrada
- Condensador de flujo paralelo con cartucho para filtro deshidratador

### **Filtro deshidratador**

Un filtro deshidratador es un componente de forma cilíndrica formado por un material desecante y un filtrante, tiene como principal función filtrar impurezas y eliminar humedad limpiando el refrigerante.

### **Válvula de expansión del aire acondicionado**

La válvula de expansión regula el flujo líquido del refrigerante hacia el evaporador disminuyéndole la presión y por consiguiente enfriando el fluido.

### **Evaporador**

El evaporador es un intercambiador de calor y se encuentra en la cámara plena del habitáculo y comúnmente está detrás del tablero de control, el líquido refrigerante a baja temperatura se encuentra con el aire caliente del habitáculo ocasionando que se evapore debido a su bajo punto de ebullición este vapor absorbe el calor y es expulsado del evaporador. Ayudado por un ventilador envía el aire frío al habitáculo del automóvil.

Múltiples estudios han demostrado que el uso del aire acondicionado aumenta en un 25% el consumo de combustible por lo que se recomienda el uso moderado del este.

## 2.5. Definición conceptual de la terminología empleada

**Alternador:** Dispositivo eléctrico con la capacidad de generador corriente eléctrica a partir de campos magnéticos.

**Amperaje:** Unidad para la intensidad de corriente eléctrica. Es parte de las unidades básicas en el sistema internacional.

**Carga térmica:** Cantidad de calor que se requiere para ser retirada del lugar a climatizar o refrigerar para poder mantener la temperatura requerida.

**Celda Peltier:** Es un elemento o dispositivo de enfriamiento termoeléctrico, pero de estado sólido. Usado para calentar o enfriar un objeto, se usa de forma ideal para realizar experimentos o controles para temperatura.

**Climatización:** Se puede llamar al proceso de crear las condiciones de temperatura, humedad y limpieza de aire adecuadas para confort y comodidad.

**Coeficiente de desempeño:** Llamado coeficiente de desempeño, es aquel que indica la cantidad de calor de entrada, si es calefacción, o salida, si es refrigeración, en un sistema con respecto al trabajo empleado.

**Confort:** Se dice del bienestar físico o material, proporcionadas por determinadas condiciones exteriores.

**Efecto Peltier:** Proceso donde hace referencia a la creación de una diferencia de temperatura debido a un voltaje eléctrico determinado.

**Flujo másico:** Velocidad a la que la masa de una sustancia pasa por medio de un área o superficie dada.

**Potencia Eléctrica:** Parámetro que permite medir la cantidad de electricidad consumida por una carga.

**Resistencia térmica:** Se asocia con la transferencia de calor. Es una propiedad del calor y se mide por la diferencia de temperatura por donde fluye calor en un objeto o material específico.

**Termoelectricidad:** Es una forma de generar electricidad mediante el empleo de calor.



## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación empleada es teórica, ya que se busca generar conocimiento, pero sin ponerlo en práctica, debido a que se trata de una propuesta de diseño donde solo se determinarán los parámetros necesarios para su elaboración, sin llevarlo a la realidad.

El diseño empleado es no experimental, ya que no se alterarán los datos de la variable independiente, sino que se emplearán los datos de las resistencias térmicas de las celdas Peltier que vienen ya predeterminadas de fábrica, para con ellas poder realizar el diseño del sistema de climatización.

### **3.2. Población y muestra**

La población para el proyecto es el automóvil Mitsubishi Mirage 2017.

La muestra es la misma que la población, ya que se enfocará el diseño del sistema de climatización para un modelo determinado de automóvil de la marca Mitsubishi, para este caso, el modelo Mirage 2017.

### **3.3. Hipótesis**

Se podrá determinar la viabilidad de la propuesta de diseño de un sistema de climatización para la cabina de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017 para obtener temperaturas adecuadas de confort.

### **3.4. Variables – Operacionalización**

#### **- Variable independiente:**

Diseño de un sistema termoeléctrico

#### **- Variable dependiente:**

Climatización de cabina interior de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017

**Tabla 16**

*Operacionalización de Variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
<b>Variable independiente</b> Diseño de un sistema termoeléctrico	Sistema conformado por Celdas Peltier que tienen la capacidad de operar como un sistema de climatización para frío calor debido a sus prestaciones de extraer o suministrar calor.	Partiendo del cálculo de la carga térmica necesaria a extraer debido a diferentes cargas dentro de la cabina del automóvil en mención, con el fin de determinar la cantidad adecuada de celdas Peltier y demás componentes necesarios para su correcto funcionamiento.	Parámetros de diseño	Temperatura Carga térmica Resistencia térmica Área Longitud	°C W K/W m <sup>2</sup> m
			Parámetros de funcionamiento	Temperatura Voltaje Amperaje	°C V A
			Costo de inversión	Costo de materiales Costo de sistema de control Costo de mano de obra	S/. S/. S/.
<b>Variable dependiente</b> Climatización de cabina interior de un automóvil Mitsubishi Mirage 2017	Proceso mediante el cual se mantendrá constante la temperatura interior de la cabina dentro del rango adecuado, con el fin de dar condiciones de confort a los ocupantes.	Se determinará empleando el análisis documental, revisando diferentes bibliografías para saber cuál es el rango necesario de confort para el ser humano.	Parámetros de operación	Temperatura	°C
				Velocidad del aire interior	m/s
				Volumen	m <sup>3</sup>

### **3.5. Métodos y técnicas de investigación**

#### **3.5.1. Métodos de investigación**

##### **Método analítico**

Este método será el empleado para la investigación presente, porque se analizará cada parte del diseño del sistema termoeléctrico para lograr entender cómo funciona y poder llegar a realizar un buen diseño del mismo.

#### **3.5.2. Técnicas de investigación**

##### **Revisión bibliográfica**

Este tipo de técnica permitirá investigar sobre las características de las celdas Peltier y de su uso o aplicación para sistemas de aire acondicionado, con el fin de saber sobre el adecuado diseño del sistema de climatización para la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017, para lograrlo se hará una revisión y análisis de informes de investigación en Google Académico.

##### **Análisis documental**

Para el desarrollo de este tipo de técnica, se buscará información en libros actualizados con alto contenido respecto al tema investigado, además de artículos de revistas, manuales, fichas técnicas, es decir, de fuentes secundarias de información. Para ello se empleará como instrumento de recolección de datos a la ficha de registro de datos, los mismos que no necesitan ser validados ya que los datos fueron recopilados en el pasado por otro investigador, lo cual da validez a dichos datos.

### **3.6. Descripción de los instrumentos utilizados**

#### **3.6.1. Ficha de registro de datos**

Este tipo de instrumento sirve para recopilar información relevante para el diseño del sistema de climatización, los mismos que serán recopilados de informes de investigación, libros, artículos de revista, entre otros.

### **3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos**

Para el diseño del sistema termoeléctrico empleando celdas Peltier, se hará uso de software para poder obtener los parámetros y datos necesarios para el correcto diseño del sistema de climatización para la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017.

Para los cálculos se empleará el software MS Excel, para la elaboración del diseño se hará uso del internet para recopilar las fichas técnicas de los componentes que conformarán parte del equipo, además de buscar los precios de dichos componentes.

## **CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

Para poder desarrollar la investigación, la propuesta es la siguiente:

En primer lugar, se recopilará información relevante de fuentes confiables sobre las características del automóvil a emplear, con el fin de poder determinar las resistencias térmicas de cada elemento que conforma la cabina interior de dicho vehículo, para posteriormente determinar las cargas térmicas.

Para lograr obtener esta carga, será necesario saber cuál son las temperaturas de confort para el ser humano, con el fin de poder calcular con estas temperaturas los parámetros de diseño del sistema termoelectrico en mención.

Todo ello, será calculado empleando el software Microsoft Excel, donde se irán anexando los datos obtenidos a medida que se va avanzando con dichos cálculos.

Después se realizará la selección de la celda Peltier adecuada, considerando tres aspectos fundamentales, el costo total, el consumo de energía eléctrica y el espacio a ocupar. Aunque los dos primeros serán primordialmente los más importantes. Además, de determinar los componentes y accesorios necesarios para el correcto funcionamiento de la propuesta de diseño del sistema termoelectrico.

Una vez determinado todos los equipos, materiales e insumos para el diseño, se recopilará información sobre sus precios para poder elaborar el presupuesto total. Donde se considerará el costo por equipamiento, material e insumos y el costo por mano de obra.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Cálculo de la carga térmica

La carga térmica se puede hallar mediante los tres métodos de transferencia de calor definidos anteriormente.

Ya se han mencionado las dimensiones del habitáculo, pero aún no se describen las características del exterior y del interior del mismo, las cuales son las siguientes:

**Tabla 17**

*Condiciones Interiores*

MAGNITUD	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Presión Exterior	$P_{ext}$	1	atm
Temperatura Exterior	$T_{ext}$	33	°C
Calor Específico	$Cp_{ext}$	1007.19	J/kg. K
Viscosidad Cinemática	$Va_{ext}$	0.000016393	m <sup>2</sup> /s
Viscosidad Dinámica	$Ua_{ext}$	0.000018696	N.s/m <sup>2</sup>
Conductividad Térmica	$Ka_{ext}$	0.02667	W/m. K
Difusividad	$Aa_{ext}$	0.00002324	m <sup>2</sup> /s
Densidad	D	1.14476	kg/m <sup>3</sup>

Coeficiente de PRANDLT exterior 0.706052652

**Tabla 18**

*Condiciones exteriores*

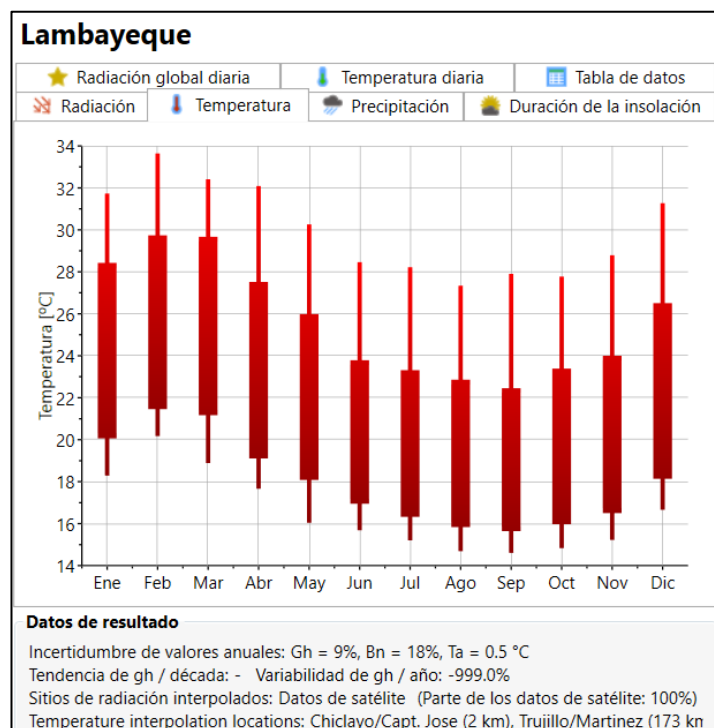
MAGNITUD	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Presión Exterior	$P_{int}$	1	atm
Temperatura Interior	$T_{int}$	22	°C
Calor Específico	$Cp_{int}$	1006.85	J/kg. K
Viscosidad Cinemática	$Va_{int}$	0.000015267	m <sup>2</sup> /s
Viscosidad Dinámica	$Ua_{int}$	0.00001811	N.s/m <sup>2</sup>
Conductividad Térmica	$Ka_{int}$	0.02574	W/m. K
Difusividad	$Aa_{int}$	0.000021576	m <sup>2</sup> /s
Densidad	D	1.194062	kg/m <sup>3</sup>

Coeficiente de PRANDLT interior 0.708393687

Se debe tener en cuenta la temperatura ambiente máxima, para este caso del departamento de Lambayeque, que llega hasta los 33°C, dato que sirvió para realizar los cálculos térmicos (Ver Figura 42).

**Figura 42**

*Valores de temperatura del departamento de Lambayeque - 2020*

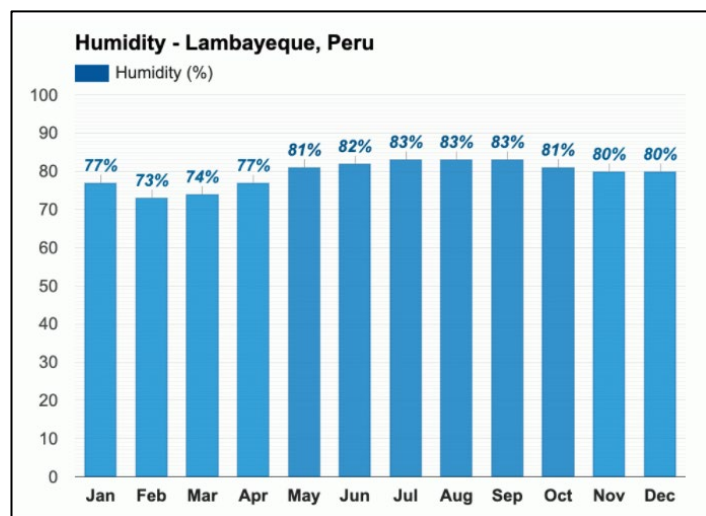


*Fuente: Software Meteonorm v8.0*

De igual forma, se recopiló información sobre la humedad relativa en el departamento de Lambayeque, Obteniéndose un valor mínimo de 73% durante el mes de febrero y un valor máximo de 83% en los meses de julio, agosto y septiembre (Ver Figura 43).

**Figura 43**

*Humedad relativa del departamento de Lambayeque - 2020*



*Fuente: (Weather Atlas, 2022)*

### 5.1.1. Carga térmica por convección

#### 5.1.1.1. Convección natural exterior

Para comprobar la existencia de una convección natural la siguiente relación se debe de cumplir:

$$\frac{Gr_L}{Re_{L^2}} \gg 1$$

Primero hallamos el número de Grashof con la siguiente formula

$$Gr_L = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{s_{ext}} - T_{ext}) \cdot L^3}{\nu_a^2}$$

La temperatura de la pared exterior no se sabe aún, por lo que primero debemos de hallar las siguientes aproximaciones:

✓ La temperatura de la antecámara:

	°C	K
$T_{ab} = \frac{T_{ext} + T_{int}}{2}$	26	299

✓ La temperatura de la pared exterior:

	°C	K
$T_{s_{ext}} = \frac{T_{ext} + T_{ab}}{2}$	29	302

La única incógnita que nos faltaría es el coeficiente de expansión, mediante la siguiente expresión:

$\beta_{ext} = \frac{1}{T_{f_{ext}}}$	0.003311	K <sup>-1</sup>
---------------------------------------	----------	-----------------

Con los resultados ya obtenidos el número de Grashof para el aire exterior es:

$Gr_L$	6.58E+08
--------	----------

Luego el Número adimensional de Reynolds se halla con la siguiente expresión:

$$Re_{L_{ext}} = \frac{\rho_{a_{ext}} \cdot v_{ext} \cdot L}{\mu_{a_{ext}}}$$



Reemplazando los datos el número de Reynolds es:

$Re_{L_{ext}}$	1494017.12	Flujo Turbulento
----------------	------------	------------------

Se cumple que el flujo es TURBULENTO

Teniendo ambos datos, reemplazamos en la relación anterior:

$\frac{Gr_L}{Re_{L^2}} \gg 1$	440.75
-------------------------------	--------

Teniendo ya la certeza de que en el exterior existe un proceso de convección natural, utilizaremos las fórmulas y relaciones que están asignadas para este proceso.

Como se definió anteriormente un proceso de convección es muy complejo, lo más difícil será obtener el número de Nusselt, característico de este proceso, para obtener el coeficiente de convección.

#### 5.1.1.2. Convección natural en paredes laterales

Las paredes laterales geométricamente son placas verticales para las cuales utilizaremos la relación de Churchill y chu para todo valor del número de Rayleigh

$Nu_L = \left( 0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra_L^{1/6}}{\left( 1 + \left( \frac{0.492}{Pr_{ext}} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$
---

El número de Rayleigh exterior es:

$Ra_{L_{ext}} = Gr_{L_{ext}} \cdot Pr_{ext}$	4.649E+08
--	-----------

Reemplazando en la primera expresión el número de Nusselt:

$Nu_L = \left( 0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra_L^{1/6}}{\left( 1 + \left( \frac{0.492}{Pr_{ext}} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$	97.04023
---	----------

Sabiendo el valor del número de Nusselt, el coeficiente de convección de las paredes verticales exteriores es:

$h_{extv} = \frac{Nu_{Lv} \cdot k}{L}$	2.121362957	$W/m^2K$
--	-------------	----------

### 5.1.1.3. Convección natural en las paredes posterior y anterior

Con los datos antes hallados:

$Gr_{L_{ext}}$	6.58E+08
$Pr_{ext}$	0.706053
$Ra_{L_{ext}}$	4.649E+08

Con la única diferencia de la longitud característica para cada pared.

Pared Posterior

Pared Posterior	$h_{extp} = \frac{Nu_{Ls} \cdot k}{L}$	2.27422039	$W/m^2K$
-----------------	--	------------	----------

Pared Anterior

Pared Delantera	$h_{extd} = \frac{Nu_{Ls} \cdot k}{L}$	2.24074702	$W/m^2K$
-----------------	--	------------	----------

### 5.1.1.4. Convección natural en el techo

Lo primero en definir es la longitud característica dada el cociente entre el área superficial y el perímetro:

$L = \frac{A_s}{P}$	0.281242
---------------------	----------

Luego en placas horizontales las fuerzas de flotación impiden o favorecen la transferencia de calor por convección natural en función de la disposición de su superficie o superior o inferior y de su temperatura. La correlación que utilizaremos es la McAdams para la cara inferior caliente o lo que es lo mismo la cara superior fría y para un rango de número de Rayleigh entre  $10^5 - 10^{10}$ .

$Ra_{L_{ext}}$	4.649E+08
----------------	-----------

Y el número de Nusselt es:

$Nu_{lhs} = 0,27 \cdot Ra_{lhs}^{1/4}$	39.65
--	-------

El coeficiente de transferencia de calor por convección en el techo es:

$h_{extp} = \frac{Nu_{Ls} \cdot k}{L}$	3.75969	$W/m^2K$
--	---------	----------

#### 5.1.1.5. Convección natural en el piso

Lo primero en definir es la longitud característica dada el cociente entre el área superficial y el perímetro:

$$L = \frac{A_s}{P} \quad 0.281242$$

Luego en placas horizontales las fuerzas de flotación impiden o favorecen la transferencia de calor por convección natural en función de la disposición de su superficie o superior o inferior y de su temperatura. La correlación que utilizaremos es la McAdams para la cara inferior fría o lo que es lo mismo la cara superior caliente y para un rango de número de Rayleigh entre  $10^7 - 10^{11}$ .

$$Ra_{Lhi} \quad 4.649E+08$$

Y el número de Nusselt es:

$$Nu_L = 0,15 \cdot Ra^{1/3}_L \quad 116.13$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección en el piso es:

$$h_{ext_{hi}} = \frac{Nu_{Lhi} \cdot k}{L} \quad 11.01 \quad W/m^2K$$

#### 5.1.1.6. Carga total por convección natural externa

$$Q_{t_{convc\_ext}} = h_{ext} \times A \times (T_{ext} - T_{int})$$

De acuerdo a la hoja de cálculo la carga total del habitáculo por convección natural en el exterior es:

$$Q_{t_{convc\_ext}} \quad 507.72 \quad W$$

#### 5.1.1.7. Convección forzada interna

Se habla de una transferencia de calor por convección forzada cuando se utiliza un elemento externo para aumentar o disminuir la transferencia de calor, en este proyecto la implementación de ventiladores significara que existe una convección forzada, pero como todo tema de investigación para cerciórarnos debemos de emplear la siguiente relación:

$$\frac{Gr_L}{Re_{L^2}} \ll 1$$

Lo primero es hallar el número de Grashof mediante la siguiente relación:

$$Gr_{L_{int}} = \frac{g \cdot \beta_{int} \cdot (T_{sin} - T_{in}) \cdot L_{int}^3}{\nu_{a_{int}}^2}$$

Análogamente con el proceso de convección natural exterior tendremos que hallar las temperaturas:

Temperatura de la antecámara

	°C	°K
$T_{ab}$	26	299

Temperatura interior

$T_{sint} = \frac{T_{int} + T_{ab}}{2}$	23	296
---	----	-----

El coeficiente de expansión en el interior es:

$\beta_{int} = \frac{1}{T_{f_{int}}}$	0.00337838	$K^{-1}$
---------------------------------------	------------	----------

Y teniendo todos los datos necesarios hallaremos el numero adimensional de Grashof

$Gr_{L_{int}}$	774587763
----------------	-----------

Ahora para obtener la condición inicial, es necesario obtener el número de Reynolds:

$$Re_{L_{int}} = \frac{\rho_{a_{int}} \cdot v_{c_{int}} \cdot Dh_{int}}{\mu_{a_{int}}}$$

Los datos son los siguientes

$\rho_{a_{int}}$	1.194062	kg/m3
$v_{c_{int}}$	2.74	m/s
$\mu_{a_{int}}$	0.00001811	N.s/m2

No se puede hablar de diámetro porque en este caso no es una tubería sino un habitáculo cerrado por lo que estaríamos hablando de un diámetro hidráulico obtenido al dividir el área mojada multiplicada por cuatro entre el perímetro.

$Dh_{int} = \frac{4 \cdot A}{P}$	1.65663158	m
----------------------------------	------------	---

Por último, el número adimensional de Reynolds es:

$Re_L$	299284.983	Flujo Turbulento
--------	------------	------------------

Remplazando en la relación:

$\frac{Gr_L}{Re_L^2} \ll 1$	0.008648
-----------------------------	----------

Por lo que se comprueba que se está en frente de un proceso por convección forzada.

Ahora aplicando la ecuación de Nottter y sleicher para obtener el número de Nusselt

$$Nu = 5 + 0,016 \cdot Re^a \cdot Pr^b$$

Los coeficientes “a” y “b”

$a = 0,88 - \frac{0,24}{4 + Pr}$	0.8290272
$b = 0,33 + 0,5 \cdot e^{-0,6 \cdot Pr}$	0.6568731

El número de Nusselt sería:

$Nu$	447.1736
------	----------

El número de Nusselt se usa para hallar el coeficiente de convección forzada:

$h_{extv} = \frac{Nu_{Lv} \cdot k}{L}$	9.43463011	$W/m^2K$
--	------------	----------

#### 5.1.1.8. Carga total por convección forzada interna

$$Qt_{conv_{int}} = h_{int} \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

Reemplazando los datos obtenidos anteriormente:

$Qt_{conv_{int}}$	89.0893252	W
-------------------	------------	---

#### 5.1.2. Carga térmica por conducción

El método para conocer la transferencia de calor por conducción a través de las paredes que conforman todo el habitáculo del automóvil es el método de resistencias térmicas.

Para este método es necesario saber las siguientes variables:

- ✓ Coeficiente de transferencia de calor por convección externa e interna

- ✓ Material de los componentes
- ✓ Área
- ✓ Conductividad térmica de los componentes

### Transferencia de calor por conducción en la parte lateral

La parte lateral de vehículo está compuesta por dos partes uno el vidrio y otro el conjunto de materiales que se encuentran formando la carrocería lateral como el aluminio, aire, material aislante y plástico.

#### Parte lateral delantera

#### Conducción por el vidrio

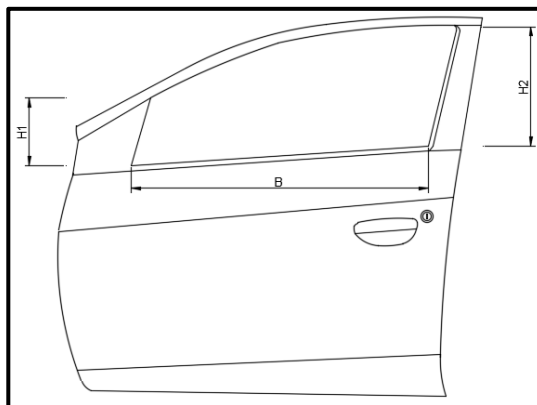
A través de vidrio las variables que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica del vidrio y el área del encristalado.

$$h_{extd} = 2.24074702 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.244238 \text{ m}^2$$

$$K = 0,78 \text{ W/mK}$$



	°C/w
$Ri = \frac{1}{h \cdot A}$	0.1089982

$R_{vidrio} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.0009394
---	-----------

$Ro = \frac{1}{h \cdot A}$	0.0258873
----------------------------	-----------

$R_{total} = R_i + R_{vidrio} + R_o$	0.135825 °C/w
--------------------------------------	---------------

$Q_{vidrio} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$	88.349001 W
--	-------------

### 5.1.2.1. Conducción por la carrocería puerta derecha delantera

A través de la carrocería que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica de los componentes (aire, acero, aislante acústico, polipropileno) con sus respectivas áreas y espesores.

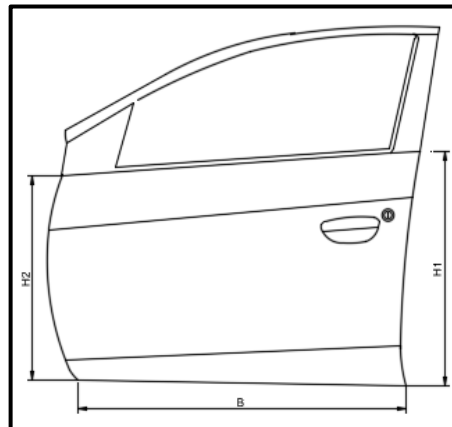
$$h_{extd} = 2.24074702 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.7425 \text{ m}^2$$

$$L_{ac} = 0.0031 \text{ m}, L_{aire} = 0.08 \text{ m}, L_{acr} = 0.00152 \text{ m}, L_{geo} = 0.018 \text{ m}, L_{pp} = 0.00276 \text{ m}$$

$$K_{aire} = 0,026 \text{ W/mK}, K_{acero} = 54 \text{ W/mK}, K_{geo} = 0,028 \text{ W/mK}, K_{pp} = 0,22 \text{ W/mK}$$



$R_i = \frac{1}{h \cdot A}$	0.06743 °C/w
-----------------------------	--------------

$R_{acero} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000043
--	----------

$R_{aire} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	2.284615385
---	-------------

$R_{acero'} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000021
---	----------

$R_{geopanel} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.477321429
---	-------------

$R_{polipropileno} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.009315
--	----------

$R_o = \frac{1}{h \cdot A}$	0.078699429
-----------------------------	-------------

$R_{total} = R_i + R_{ac} + R_{ai} + R_{ac'} + R_g + R_{pr} + R_o$	2.917	°C/w
--	-------	------

$Q_{cpd} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$	4.1132	W
---	--------	---

$Q_{pd} = Q_{vidrio} + Q_{cpd}$	92.46	W
---------------------------------	-------	---

$Q_{tpd} = 2 \cdot Q_{pd}$	184.92	W
----------------------------	--------	---

### 5.1.2.2. Conducción por el vidrio

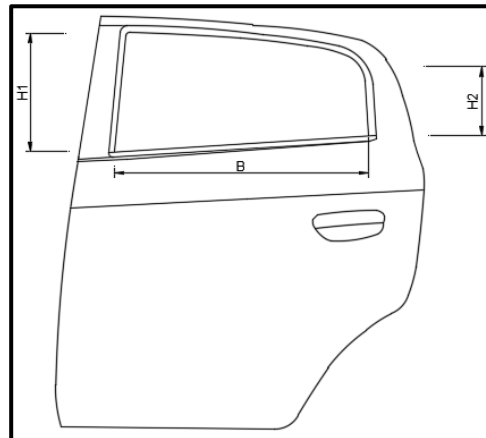
A través de vidrio las variables que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica del vidrio y el área del encristalado.

$$h_{extd} = 2.24074702 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.202395 \text{ m}^2$$

$$K = 0,78 \text{ W/mK}$$



	°C/w
$R_i = \frac{1}{h \cdot A}$	0.095408

$R_{vidrio} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.0007784
---	-----------

$R_o = \frac{1}{h \cdot A}$	0.0214524
-----------------------------	-----------

$R_{total} = R_i + R_{vidrio} + R_o$	0.1176388	°C/w
--------------------------------------	-----------	------



$Q_{\text{vidrio}} = \frac{T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}}{R_{\text{total}}}$	102.00717	W
--	-----------	---

### 5.1.2.3. Conducción por la carrocería puerta derecha trasera

A través de la carrocería que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica de los componentes (aire, acero, aislante acústico, polipropileno) con sus respectivas áreas y espesores.

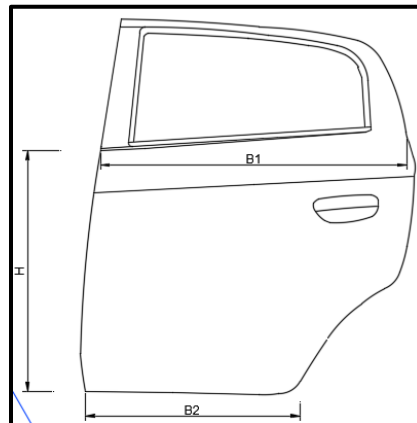
$$h_{\text{extd}} = 2.27422039 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{\text{int}} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.52429 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{ac}} = 0.0031 \text{ m}, L_{\text{aire}} = 0.08 \text{ m}, L_{\text{ac}'} = 0.00152 \text{ m}, L_{\text{geo}} = 0.018 \text{ m}, L_{\text{pp}} = 0.00276 \text{ m}$$

$$K_{\text{aire}} = 0,026 \text{ W/mK}, K_{\text{acero}} = 54 \text{ W/mK}, K_{\text{geo}} = 0,028 \text{ W/mK}, K_{\text{pp}} = 0,22 \text{ W/mK}$$



	$^{\circ}\text{C/w}$
$R_i = \frac{1}{h \cdot A}$	0.04761

$R_{\text{geopanel}} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.337043571
--	-------------

$R_{\text{acero}} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000030
---	----------

$R_{\text{polipropileno}} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.006577456
---	-------------

$R_{\text{aire}} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	1.6132
--	--------

$R_o = \frac{1}{h \cdot A}$	0.055570806
-----------------------------	-------------

$R_{\text{acero}'} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000015
--	----------

$R_{\text{total}} = R_i + R_{\text{ac}} + R_{\text{ai}} + R_{\text{ac}'} + R_g + R_{\text{pr}} + R_o$	2.060 $^{\circ}\text{C/w}$
---	----------------------------

$Q_{cpt} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$	5.8251	W
---	--------	---

$Q_{pt} = Q_{vidrio} + Q_{cpt}$	107.83	W
---------------------------------	--------	---

$Q_{tpt} = 2 \cdot Q_{pd}$	215.66	W
----------------------------	--------	---

#### 5.1.2.4. Transferencia de calor por conducción en la parte delantera

##### Conducción por el vidrio

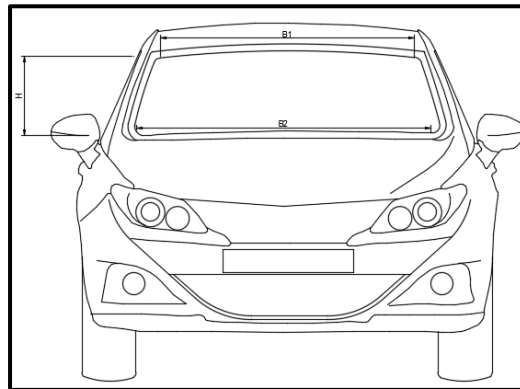
A través de vidrio las variables que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica del vidrio y el área del encristalado.

$$h_{extd} = 2.24074702 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 1.08812 \text{ m}^2$$

$$K = 0,78 \text{ W/mK}$$



$R_i = \frac{1}{h \cdot A}$	°C/w
	0.0988

$R_{vidrio} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.00418508
---	------------

$R_o = \frac{1}{h \cdot A}$	0.11533256
-----------------------------	------------

$R_{total} = R_i + R_{vidrio} + R_o$	0.218328	°C/w
--------------------------------------	----------	------

$Q_{vidrio} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$	54.9630841
--	------------

### 5.1.2.5. Conducción por la carrocería parte delantera

A través de la carrocería que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica de los componentes (acero, polipropileno) con sus respectivas áreas y espesores.

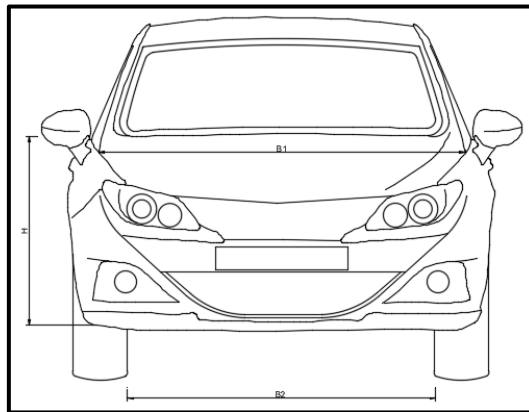
$$h_{extd} = 2.27422039 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.84095 \text{ m}^2$$

$$L_{ac} = 0.0031 \text{ m}, L_{pp} = 0.00276 \text{ m}$$

$$K_{acero} = 54 \text{ W/mK}, K_{pp} = 0,22 \text{ W/mK}$$



	$Ri = \frac{1}{h \cdot A}$	$^{\circ}\text{C/w}$ 0.07637
--	----------------------------	---------------------------------

$R_{acero} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000048
--	----------

$R_{propileno} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.0105501
--	-----------

$Ro = \frac{1}{h \cdot A}$	0.089134
----------------------------	----------

$R_{total} = Ri + Rac + Rpr + Ro$	0.1761 $^{\circ}\text{C/w}$
-----------------------------------	-----------------------------

$Q_{pd} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$	68.1438 W
--	-----------

$Q_{tcd} = Q_{vidrio} + Q_{pd}$	123.11 W
---------------------------------	----------

### 5.1.2.6. Transferencia de calor por conducción en la parte trasera

#### Conducción por el vidrio

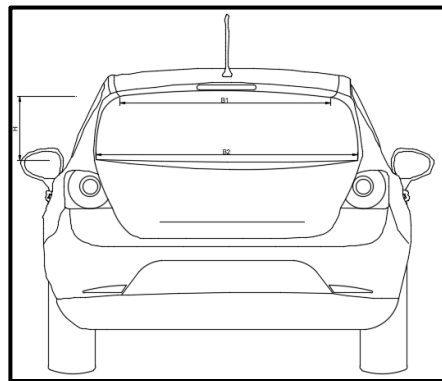
A través de vidrio las variables que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica del vidrio y el área del encristalado.

$$h_{extd} = 2.24074702 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.4893 \text{ m}^2$$

$$K = 0,78 \text{ W/mK}$$



	$Ri = \frac{1}{h \cdot A}$	$^{\circ}\text{C/w}$ 0.0338
--	----------------------------	--------------------------------

	$R_{\text{vidrio}} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.00143333
--	--	------------

	$Ro = \frac{1}{h \cdot A}$	0.03949969
--	----------------------------	------------

$R_{\text{total}} = Ri + R_{\text{vidrio}} + Ro$	0.074774 $^{\circ}\text{C/w}$
--	-------------------------------

$Q_{\text{vidrio}} = \frac{T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}}{R_{\text{total}}}$	160.483091 W
--	--------------

### 5.1.2.7. Conducción por la carrocería parte trasera

A través de la carrocería que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica de los componentes (aire, acero, aislante acústico, polipropileno) con sus respectivas áreas y espesores.

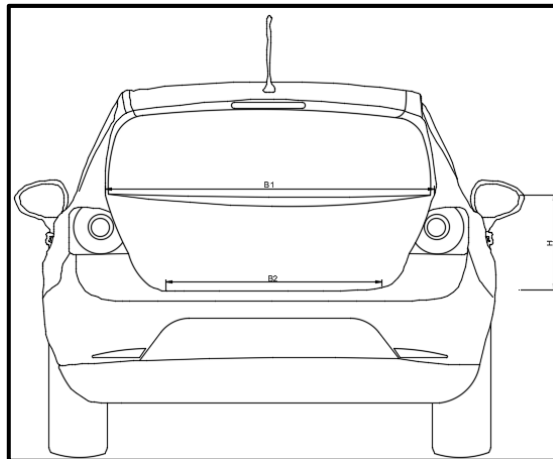
$$h_{extd} = 2.27422039 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.372665 \text{ m}^2$$

$$L_{ac} = 0.0031 \text{ m}, L_{aire} = 0.08 \text{ m}, L_{geo} = 0.018 \text{ m}$$

$$K_{aire} = 0,026 \text{ W/mK}, K_{acero} = 54 \text{ W/mK}, K_{geo} = 0,028 \text{ W/mK}$$



$Ri = \frac{1}{h \cdot A}$	0.03384	$R_{geopanel} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.041259
$R_{acero} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000021	$Ro = \frac{1}{h \cdot A}$	0.039500
$R_{aire} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	1.089328462		
$R_{total} = Ri + Rac + Rai + Rgp + Ro$		1.2040	°C/w
$Q_{pt} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$		9.9672	W
$Q_{tct} = Q_{vidrio} + Q_{pt}$		170.45	W

#### 5.1.2.8. Transferencia de calor por conducción en el piso

##### Conducción por la carrocería en el piso

A través de la carrocería que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica de los componentes (acero, polipropileno) con sus respectivas áreas y espesores.

$$h_{extd} = 2.27422039 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.13359 \text{ m}^2$$

$$L_{ac} = 0.0031 \text{ m}, L_{pp} = 0.00276 \text{ m}$$

$$K_{acero} = 54 \text{ W/mK}, K_{pp} = 0,22 \text{ W/mK}$$

$Ri = \frac{1}{h \cdot A}$	0.35532	$R_{propileno} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	3.90493846
$R_{acero} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.0000767	$Ro = \frac{1}{h \cdot A}$	0.14160
$R_{total} = Ri + Rac + Rpr + Ro$			4.4019 °C/w
$Q_{te} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$		2.7261	W

#### 5.1.2.9. Transferencia de calor por conducción en el techo

##### Conducción por la carrocería en el techo

A través de la carrocería que tenemos que conocer son el coeficiente de convección natural externa y la convección forzada interna, la conductividad térmica de los componentes (acero, polipropileno) con sus respectivas áreas y espesores.

$$h_{extd} = 2.27422039 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{int} = 9.434630112 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A_T = 0.13359 \text{ m}^2$$

$$L_{ac} = 0.0031 \text{ m}, L_{pp} = 0.00276 \text{ m}$$

$$K_{acero} = 54 \text{ W/mK}, K_{pp} = 0,22 \text{ W/mK}$$

$Ri = \frac{1}{h \cdot A}$	0.12131	$R_{propileno} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	3.904938
$R_{acero} = \frac{\Delta L}{k \cdot A}$	0.000077	$Ro = \frac{1}{h \cdot A}$	0.14160
$R_{total} = Ri + Rac + Rpr + Ro$			4.1679 °C/w
$Q_{pi} = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$		2.8791	W

#### 5.1.2.10. Carga total por conducción

$Q_{carr} = Q_{tpd} + Q_{tpt} + Q_{tcd} + Q_{tct} + Q_{te} + Q_{pi}$	699.7513	W
--	----------	---

#### 5.1.3. Carga térmica por radiación

Transferencia de calor por radiación solar a través de los vidrios

La máxima radiación solar a medio día para el Perú es de  $400 \text{ W/m}^2$ . Los vidrios cuentan con polarizado por lo que el coeficiente de oscurecimiento es  $SC = 0,95$ .

El coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) y es igual al producto de la conductividad del vidrio con el coeficiente de oscurecimiento.

$$SHGC = K \times SC$$

Con lo que el coeficiente SHGC es 0,741 y para encontrar la ganancia total de calor a través de los vidrios utilizaríamos la relación expresada en la parte de radiación:

$$\dot{Q}_{\text{solar, ganancia}} = SHGC \times A_{\text{encristalado}} \times \dot{q}_{\text{solar, incidente}}$$

De la hoja de cálculo extraemos toda el área de encristalado

A encristalado	2.470685
----------------	----------

Reemplazando en la primera ecuación

Qsolar	732.311	W
--------	---------	---

##### 5.1.3.1. Transferencia de calor por radiación de las personas

Si consideramos que en el habitáculo se encuentran 4 personas adultas con peso promedio el calor emitido por cada uno de los ocupantes es el siguiente:

Qsi: Calor emitido por persona	52	W
--------------------------------	----	---

Entonces realizando un producto el calor transferido por radiación de las cuatro personas es:

Qsp	208	W
-----	-----	---

### 5.1.3.2. Transferencia de calor por infiltración de aire

Ya se ha considerado que las puertas de habitáculo cierran herméticamente, pero si consideramos la infiltración de aire debido a la acción de abrir y cerrar las puertas para una mayor precisión.

Tomando como base la velocidad de entrada de aire igual a  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ , reemplazando en la siguiente relación:

$Q_{ia}$	$0,33. \Delta T. V_i$
----------	-----------------------

Obtenemos el siguiente dato:

$Q_{ia}$	19.8	W
----------	------	---

Por último, la carga térmica total por radiación es la siguiente:

$Q_{t_{rad}} = Q_{solar} + Q_{sp} + Q_{ia}$		
$Q_{t_{rad}}$	960.111	W

Ahora habiendo hallado la carga por convección, conducción y radiación el último paso es sumar aritméticamente para hallar el calor total que tiene el interior del habitáculo.

$QT = Q_{convn} + Q_{convf} + Q_{rad} + Q_{cond}$	2,256.67	W
---	----------	---

### 5.1.3.3. Cálculo para la humedad relativa de confort

De acuerdo con Cengel et al. (2019), la temperatura de confort para el ser humano se encuentra entre  $22$  y  $27^\circ\text{C}$ , en tanto que la humedad relativa debe estar entre  $40$  y  $60\%$ . Para fines prácticos, se empleó una temperatura de  $22^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de  $50\%$  para poder dimensionar el evaporador, con el fin de poder reducir la humedad relativa del aire exterior, que es de  $83\%$ ; donde la temperatura exterior es de  $33^\circ\text{C}$ . Con estos datos, se procedió a realizar los siguientes cálculos:

$$T_1 = 33^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 22^\circ\text{C}$$

$$\phi_1 = 83\%$$

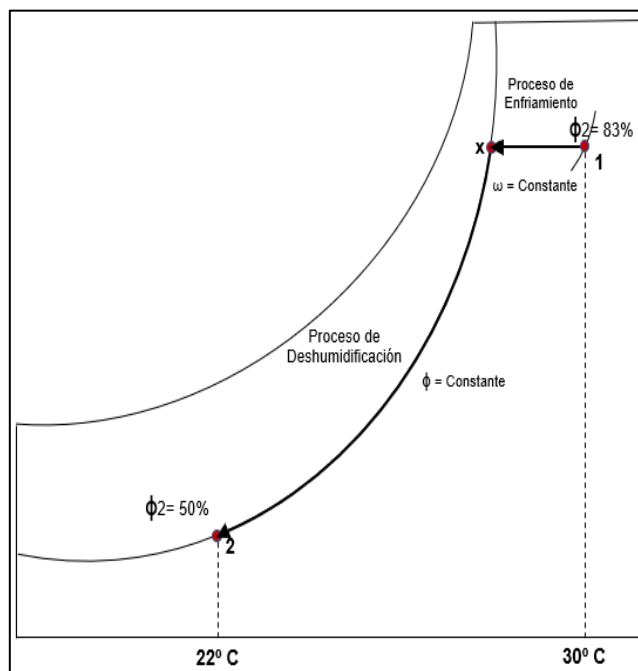
$$\phi_2 = 50\%$$

$$V_{cabin} = 2.7 \text{ m}^3$$



**Figura 44**

*Esquema y carta psicrométrica*



Del Anexo 4, donde se puede apreciar la carta psicrométrica, se calculan las propiedades para cada estado.

$$h_1 = 102 \frac{\text{kJ}}{\text{kg de aire seco}}$$

$$h_2 = 48 \frac{\text{kJ}}{\text{kg de aire seco}}$$

$$\omega_1 = 0.027 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg de aire seco}}$$

$$\omega_2 = 0.01 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg de aire seco}}$$

$$V_1 = 0.904 \frac{\text{m}^3}{\text{kg de aire seco}}$$

$$h_w \cong h_{f@27.5^\circ\text{C}} = 115.285 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Luego, la cantidad de humedad en el aire disminuye debido a la deshumidificación. El flujo de aire es:

$$m_{\text{aire}} = \frac{V_{\text{cabina}}}{V_1} = \frac{2.7 \text{ m}^3}{0.904 \frac{\text{m}^3}{\text{kg de aire seco}}} = 3 \text{ kg}$$

Aplicando las ecuaciones de balance de masa y energía a la sección combinada de enfriamiento y deshumidificación:

Balance de masa:

$$\Sigma m_{\text{agua, entrada}} = \Sigma m_{\text{agua, salida}}$$

$$m_{a1}\omega_1 = m_{a2}\omega_2 + m_{agua}$$

$$m_{agua} = m_a(\omega_1 - \omega_2)$$

$$m_{agua} = 3 \text{ kg}(0.027 - 0.01) \frac{\text{kg } H_2O}{\text{kg de aire seco}}$$

$$m_{agua} = 0.051 \text{ kg } H_2O$$

Balance de energía:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{sistema} = 0$$

$$E_{entrada} = E_{salida}$$

$$\Sigma m_{entrada} h_{entrada} = Q_{salida} + \Sigma m_{salida} h_{salida}$$

$$Q_{salida} = m_a(h_1 - h_2) - m_{agua} h_{agua}$$

$$Q_{salida} = 3 \text{ kg} (102 - 48) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 0.051 \text{ kg} \left( 115.285 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q_{salida} = 156 \text{ kJ}$$

Este calor se extraerá durante un intervalo de 15 min, por lo tanto, tendrá una potencia de:

$$P_{evaporador} = \frac{Q_{salida}}{\text{tiempo}} = \frac{156 \text{ kJ}}{900 \text{ s}} = 0.173 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0.173 \text{ kW}$$

#### 5.1.4. Selección de la celda Peltier

Para la selección de la celda Peltier adecuada, se hizo una búsqueda considerando que el diseño a proponer sea lo más compacto, con la finalidad de que ocupe el mínimo espacio. Para ello, se seleccionará la celda Peltier TEC1-12730 con una capacidad máxima de 282 W cada una. Cabe indicar que la celda no operará a su máxima capacidad, sino que se buscará que produzca una capacidad de 210 W, donde su consumo sería de 24 A con un  $\Delta T = 10^\circ C$ , diferencia de temperaturas entre sus caras fría y caliente, con un voltaje aproximado de 13 V, dando un consumo de energía eléctrica de 312 W. La ficha técnica se aprecia en el Anexo 1.

Entonces, se tiene que la carga térmica a disipar por cada celda Peltier seleccionada es de:

$$Q_{cp} = 210 \text{ W}$$

El número de celdas Peltier necesarias para la propuesta del diseño del sistema de climatización termoeléctrico será:

$$N_{\text{celdas Peltier}} = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{cp}}$$

$$N_{\text{celdas Peltier}} = \frac{2256.67 \text{ W}}{210 \text{ W}}$$

$$N_{\text{celdas Peltier}} = 10.74$$

Entonces, el número de celdas Peltier modelo TEC1-12730 con una capacidad de 240 W cada una, debe ser de 12 unidades para poder satisfacer el diseño de la propuesta para el sistema termoeléctrico de climatización requerido.

Estás serán dispuestas en 2 filas de 6 celdas cada una, sumando un total de 12 unidades, con un consumo equivalente a 3 744 W o 3.744 kW.

Ahora, también se tendrá en cuenta el consumo energético del sistema termoeléctrico, por lo que ahora se hará el cálculo considerando la selección de una celda Peltier TEC1-12715 con una capacidad máxima de 145 W, pero no se requiere que opere a su máxima capacidad para evitar reducir su vida útil de forma rápida, por lo tanto, se selecciona una capacidad térmica de 130 W, con un  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ , diferencia de temperaturas entre sus caras fría y caliente, con una corriente consumida de 12 A, con un voltaje de 10 V, entonces el consumo de energía eléctrica de cada celda Peltier será de 120 W. La ficha técnica se puede apreciar en el Anexo 2.

Entonces se tiene que:

$$Q_{cp} = 130 \text{ W}$$

La cantidad de celdas Peltier TEC1-12715 requeridas será:

$$N_{\text{celdas Peltier}} = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{cp}}$$

$$N_{\text{celdas Peltier}} = \frac{2256.67 \text{ W}}{130 \text{ W}}$$

$$N_{\text{celdas Peltier}} = 17.36$$

Por lo tanto, la cantidad de celdas Peltier será de 18, dispuesta en 2 filas de 9 celdas cada una, sumando un total de 18, con un consumo de energía eléctrica total de 2 160 W o 2.16 kW.

Cabe resaltar, que la primera opción hace más compacto el diseño, mientras que la segunda opción tiene un consumo de electricidad mucho menor, con una diferencia de 1.584 kW, lo cual es bastante considerable.

Por lo tanto, seleccionaremos la celda Peltier TEC1-12715.

### 5.1.5. Alimentación del sistema termoelectrico propuesto

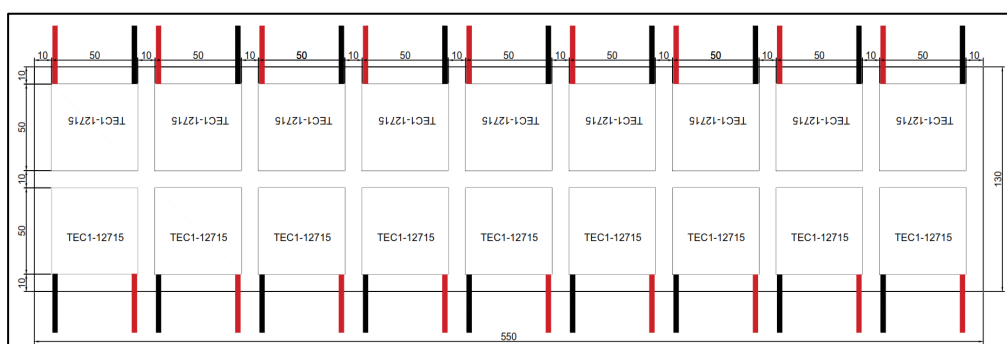
Para poder suministrar energía eléctrica al sistema termoelectrico propuesto en el interior del automóvil Mitsubishi Mirage 2017, será como todo sistema que esta ubicado dentro del mismo, con la batería del mismo automóvil, cabe recalcar que este sistema consume mucho menos energía que los sistemas de climatización convencionales por lo que supone un ahorro en el consumo de energía.

#### 5.1.5.1. Disposición de las celdas Peltier

La disposición de las celdas se puede apreciar en la Figura 45.

**Figura 45**

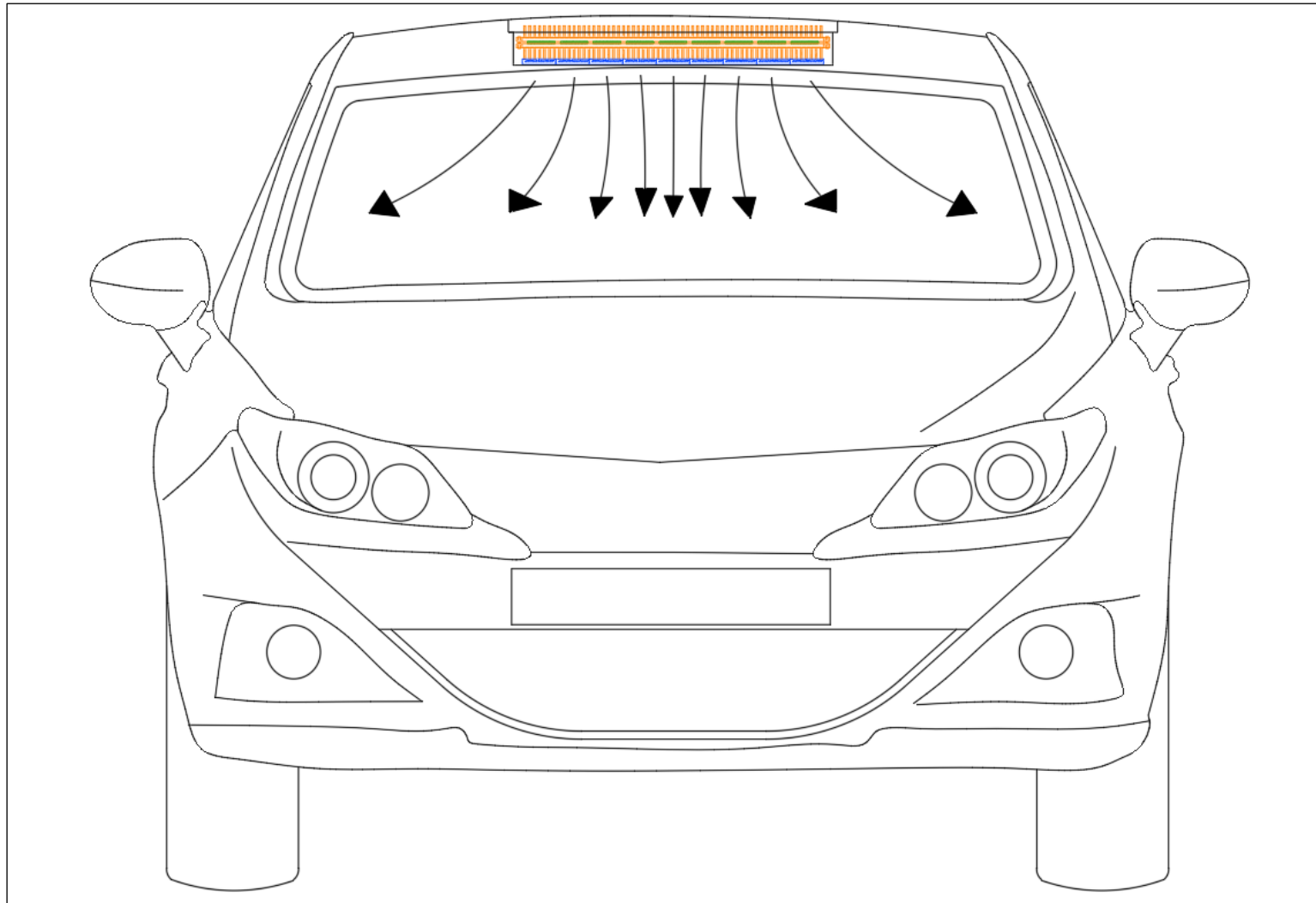
*Disposición de las celdas Peltier*



Y en la Figura 46 se puede ver la ubicación del sistema termoelectrico propuesto dentro de la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017.

**Figura 46**

*Ubicación del sistema termoelectrico en el interior del automóvil Mitsubishi Mirage 2017*



La relación que existe entre los demás sistemas del automóvil Mitsubishi Mirage 2017 es que el sistema termoeléctrico viene a ser alimentado por la batería del mismo automóvil, con respecto a la cabina, la mantendrá a una temperatura de confort para sus ocupantes al momento de ser empleado, respecto a la carrocería, el sistema viene a ser anclado al techo en el interior del automóvil específicamente en el centroide del techo para poder obtener una distribución uniforme del sistema termoeléctrico al momento de funcionar.

#### 5.1.5.2. Presupuesto para el sistema termoeléctrico

El presupuesto para la propuesta de diseño del sistema termoeléctrico para climatización de la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017 se puede apreciar en la Tabla 19.

Se puede ver que el presupuesto asciende a la suma total de S/. 1 516.70, donde se incluye el equipamiento, material e insumos requeridos para llevar a cabo el sistema termoeléctrico de climatización.

En la Tabla 20 se puede ver el costo por concepto de mano para el sistema termoeléctrico, donde se incluye el costo por montaje electromecánico, pruebas y puesta en funcionamiento para dicho sistema.

**Tabla 19**

*Equipamiento, material e insumos para el sistema termoeléctrico*

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
1.1	Celdas Peltier TEC1-12715	18 Und	S/. 40.00	S/. 720.00
1.2	Ventilador eléctrico	9 Und	S/. 25.00	S/. 225.00
1.3	Relé termomagnético 12 V, 10 A	2 Und	S/. 36.00	S/. 72.00
1.4	Relé termomagnético 12 V, 20 A	1 Und	S/. 36.00	S/. 36.00
1.5	Fusibles de 10, 15, 20 y 25 A	9 Und	S/. 1.20	S/. 10.80
1.6	Disipador de calor de 550 mm x 130 mm	1 Und	S/. 250.00	S/. 250.00
1.7	Pulsador 12 V	2 Und	S/. 48.00	S/. 48.00
1.8	Caja porta relés 4 puertos	1 Und	S/. 27.00	S/. 27.00
1.9	Caja porta fusibles 10 puertos	1 Und	S/. 48.00	S/. 48.00
1.10	Cable eléctrico 18 AWG	1 rollo	S/. 79.90	S/. 79.90
1.11	Evaporador de 0.200 kW	1 Und	S/. 120.00	S/. 120.00
<b>Costo por Equipamiento, material e insumos</b>				<b>S/. 1636.70</b>

**Tabla 20***Costo de la mano de obra para sistema termoelectrico*

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
2.1	Montaje electromecánico del sistema termoelectrico	1 Glb	S/. 955.50	S/. 955.50
2.2	Pruebas del sistema termoelectrico	1 Glb	S/. 430.00	S/. 430.00
2.3	Puesta en marcha del sistema termoelectrico	1 Glb	S/. 236.50	S/. 236.50
<b>Costo por mano de obra</b>				<b>S/. 1 622.00</b>

El costo total por concepto de mano de obra asciende a la suma total de S/. 1 622.00.

**Tabla 21***Presupuesto general para el Montaje y puesta en marcha del sistema termoelectrico*

<b>Presupuesto General para el Sistema de climatización</b>				
Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
1	Equipamiento, material e insumos	1 Glb	S/. 1 516.70	S/. 1 636.70
2	Mano de obra	1 Glb	S/. 1 622.00	S/. 1 622.00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/. 3 258.70</b>

Finalmente, el presupuesto total para poder implementar la propuesta del diseño del sistema termoelectrico para climatización de la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017 asciende al valor total de S/. 3 258.70.

#### 5.1.6. Análisis Económico Financiero

Para la evaluación económica financiera, se empleó los indicadores de rentabilidad, Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Se consideró de acuerdo a estudios, una tasa de descuento del 12% y una inflación del 2% para cada año del horizonte de vida útil del proyecto, el mismo que se consideró de 10 años.

En la Tabla 22 y Tabla 23 se aprecia la información sobre el análisis de rentabilidad.

El Mitsubishi Mirage posee un consumo de gasolina de 18.2 km/litro, se consideró una velocidad promedio de 90 km/h durante un período total de uso diario de 4 horas, obteniéndose un consumo total de gasolina de 19.78

litros por día, el precio por litro de gasolina al 28 de febrero del 2022 es de S/. 4.78, por lo tanto, el costo diario de consumo de gasolina obtenido fue de S/. 94.47, el sistema de aire acondicionado consume entre el 5 y 20% de gasolina, por lo que se consideró un valor promedio de 12.5%, entonces el consumo del aire acondicionado en gasolina será de S/. 11.81, lo que significa anualmente un valor de S/. 4 310.21, el costo de O&M de un automóvil viene a ser de entre S/. 770.00 y S/. 1 600.00, con un promedio de S/. 1 185.00, considerando el porcentaje de consumo del aire acondicionado, entonces el costo de operación y mantenimiento fue de S/. 148.11. Para el caso del sistema de refrigeración con termoelectricidad, este tiene un consumo de energía de 2.333 kWh, usándose durante el mismo período de tiempo para el análisis, con un costo de energía de S/. 0.7078/kWh, se obtuvo un costo de energía diario de S/. 6.61, con un valor anual que asciende a S/. 2 412.65, el costo de operación y mantenimiento se consideró del 5% de este valor, siendo de S/. 120.63.

Concluyendo, que el sistema es rentable, con un VAN de S/. 6 689.29 y una TIR de 58.48%.



**Tabla 22**

Análisis de rentabilidad para el sistema de refrigeración termoeléctrico

Año	Inversión	Ahorro consumo gasolina	Ahorro O&M	Costo de energía	Costo O&M	Ahorro total	Ahorro Neto Actualizado
0	S/. 3,258.70					-S/. 3,138.70	-S/. 3,258.70
1		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 1,685.10
2		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 1,475.05
3		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 1,291.19
4		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 1,130.24
5		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 989.36
6		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 866.03
7		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 758.08
8		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 663.59
9		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 580.87
10		S/. 4,310.21	S/. 148.13	S/. 2,412.65	S/. 120.63	S/. 1,925.06	S/. 508.47

**Tabla 23***Indicadores para análisis de rentabilidad*

Tasa de descuento	12%
Inflación	2%
TIR	58.48%
VAN	S/. 6,689.29

## 5.2. Discusión de resultados

Al determinar la carga térmica del interior de la cabina del automóvil Mitsubishi Mirage 2017, se obtuvo un valor de 2 256 W, considerando tantas cargas por convección natural, convección forzada, radiación y conducción. El autor Romero (2017) en su proyecto obtuvo un valor para la carga térmica del automóvil Honda Civic en el interior de su cabina ascendente a 992.54 W, esto se puede aceptar ya que el proyecto se llevo a cabo en Arequipa donde la temperatura ambiente no es tan alta como en el caso del norte del Perú, además de que la cabina interior del automóvil Honda Civic es un poco menor en dimensiones que la del automóvil Mitsubishi Mirage 2017.

La celda Peltier seleccionada en la presente investigación fue el modelo TEC1-12715, debido a sus características, prestaciones y bajo precio, ya que al realizar el análisis de consumo de energía eléctrica, el diseño arrojó una demanda de electricidad de 2.333 kWh, ya que en total serán necesarias 18 celdas para lograr disipar la carga térmica requerida. El autor Romero (2017) igualmente en su proyecto seleccionó este modelo de celda Peltier, considerando sus características y prestaciones, además de su bajo costo. En total consideró 16 celdas para la carga térmica requerida en su proyecto.

El autor Caruajulca (2019) en su proyecto obtuvo una carga térmica total en el interior de la cabina del camión Hino 2626 ascendente al valor de 3018.46 W, esto es bastante aceptable, ya que la cabina interior de dicho camión es mucho más amplia que la del automóvil Mitsubishi Mirage 2017, por lo que era de esperarse una carga térmica mayor.

La celda Peltier seleccionada por dicho autor fue el modelo TEC1-12718, la misma que posee características similares a la TEC1-12715, en medidas, consumo, capacidad térmica, por lo que se puede decir, que su selección es adecuada.

El presupuesto para implementar el diseño del sistema termoelectrico propuesto por el autor Caruajulca (2019) asciende a la suma de S/. 2 474.00, esto se debe a que el proyecto se desarrollo en el 2019, y los precios hacia el año 2022, aumentaron de manera considerable, debido al impacto de la pandemia por el COVID-19 a la economía mundial.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- a) De acuerdo a la información recopilada del automóvil Mitsubishi Mirage 2017 y procesarlos para determinar la carga térmica necesaria para el diseño del sistema termoeléctrico para la climatización de la cabina interior de dicho automóvil, donde se consideraron las cargas por convección natural, convección forzada, radiación y convección, obteniendo una carga térmica total de 2 256.67 W o 2.25667 kW.
- b) Los parámetros necesarios para poder realizar el diseño del sistema termoeléctrico son la temperatura exterior e interior que ascienden a 33°C y 22°C en Zonas Calurosas con una Humedad Relativa de 83%, respectivamente. Además, de la carga térmica a disipar, la misma que tiene un valor de 2 256.67 W.
- c) Para la propuesta de diseño del sistema termoeléctrico es necesario contar con 18 celdas Peltier TEC1-12715 con una capacidad térmica de 130 W cada una, dando una carga térmica total de 2 340 W, superior al requerido. El consumo de energía eléctrica asciende a 2.333 kWh. Además, de 9 ventiladores eléctricos, relés termomagnéticos, fusibles, un disipador de calor de 550mmx130mm, dos pulsadores de 12 V, una caja porta relés, una caja porta fusible, un evaporador de 200 W y cable eléctrico 18 AWG.
- d) El presupuesto para implementar la propuesta de diseño del sistema termoeléctrico para climatización de la cabina interior del automóvil Mitsubishi Mirage 2017 asciende a la suma total de S/. 3 258.70, donde se ha considerado todo el equipamiento necesario, más materiales e insumos suficientes y la mano de obra requerido para poder ponerse en marcha y realizar pruebas si es que se requiere su implementación en un futuro. Con una rentabilidad aceptable, demostrando que es rentable y viable en el tiempo, con un VAN de S/. 6 689.29 y una TIR de 58.48%.

## Recomendaciones

- a) Para implementar el diseño del sistema termoelectrico de la presente investigación para climatizar el interior de otro vehículo, es necesario realizar el cálculo de la carga térmica, para verificar si es compatible con la carga térmica del mismo, es decir, que la carga térmica debe ser similar a la del automóvil Mitsubishi Mirage 2017.
- b) Se debe considerar las temperaturas interior y exterior de por lo menos un año de antigüedad para tener un mejor diseño del sistema termoelectrico, además de tener bastante cuidado a la hora de evaluar las resistencias térmicas de los elementos que conforman a la cabina interior del automóvil donde se busque implementar.
- c) Para tener un diseño adecuado, se debe realizar un análisis con varias celdas Peltier, para determinar cuál es la más idónea, en tanto a espacio que ocupará, al costo total y al consumo de energía eléctrica.
- d) El presupuesto final dependerá de los precios del mercado, cabe precisar que actualmente los precios cambian día a día, lo que se recomienda tener bastante cuidado al momento de elaborar el presupuesto, ya que este podría variar de un día a otro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adcol Electronic. (2021). *Celda Peltier con orificio*. Obtenido de [http://spanish.peltier-thermoelectriccooler.com/buy-celda\\_peltier.html](http://spanish.peltier-thermoelectriccooler.com/buy-celda_peltier.html)
- Automotriz. (18 de febrero de 2020). *Aire Acondicionado automotriz como funciona?* Recuperado el 9 de enero de 2022, de <https://lapps.es/aire-acondicionado-automotriz-como-funciona/>
- Autoridad Nacional del Agua - ANA. (4 de marzo de 2022). *Clima*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/chancay-lambayeque/C#:~:text=Lambayeque%20tiene%20un%20promedio%20anual,tiene%20Tinajones%20con%20aproximadamente%2067%25>.
- Azorín Penalva, A. (2018). *Efecto Peltier y desarrollo de posibles aplicaciones*. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Caruajulca Rimarachin, E. (2019). *Diseño de un sistema de aire acondicionado utilizando celdas Peltier para climatizar cabina de camión Hino 2626 en Ingesa Norte*. Repositorio de la Universidad César Vallejo.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2020). *Heat and Mass Transfer* (6ta ed.). United States of America: Mc Graw Hill.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2020). *Transferencia de calor y masa* (6ta ed.). Mc Graw Hill.
- Cengel, Y. A., Boles, M. A., & Kanoglu, M. (2019). *Termodinámica* (9na ed.). Mc Graw Hill.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2011). *Directiva N° 01-2011-MTC/14*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- En Naranja. (11 de agosto de 2015). *¿Cuánto gasta el aire acondicionado del coche?* Recuperado el 4 de marzo de 2022, de En Naranja: <https://www.ennaranja.com/es-noticia/cuanto-gasta-el-aire-acondicionado-del->

coche/#:~:text=Este%20uso%20del%20motor%2C%20l%C3%B3gicamente,5%25%20y%20un%2020%25.

García Álvarez, J. A. (21 de noviembre de 2021). *Qué son los semiconductores*. Obtenido de Materiales semiconductores: [http://www.asifunciona.com/fisica/ke\\_semiconductor/ke\\_semiconductor\\_3.htm](http://www.asifunciona.com/fisica/ke_semiconductor/ke_semiconductor_3.htm)

GHK Motors. (2012). *Mitsubishi Mirage*. Recuperado el 8 de enero de 2022, de Technical Specifications: <http://ghkmotors.com/miragetechnical.html>

Godoy Vaca, L. F. (2016). *Diseño, construcción y evaluación energética de una cámara con celdas Peltier (Efecto Termoeléctrico) para refrigeración de vacunas*. Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional.

Gonzales Toledo, R. D. (2018). *Sistema de refrigeración con efecto Peltier y superficies extendidas, para enfriamiento sensible de aire. Caso de estudio: Dimensionamiento de una carga térmica de 100 W de refrigeración*. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

i-Ciencias. (13 de octubre de 2013). *¿Se pueden conectar en cascada los dispositivos Peltier?* Obtenido de <https://www.i-ciencias.com/pregunta/14212/se-pueden-conectar-en-cascada-los-dispositivos-peltier>

Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (7ma ed.). John Wiley & Sons.

Julio-Betancourt, G. A., & Hooton, R. D. (2004). Study of the Joule effect on rapid chloride permeability values and evaluation of related electrical properties of concretes. *Cement and Concrete Research*, 34, 1007-1015. doi:10.1016/j.cemconres.2003.11.012

Kehlberger, A., Ritzmann, U., Hinzke, D., Guo, E.-J., Cramer, J., Jakob, G., . . . Kläui, M. (2015). Length Scale of the Spin Seebeck Effect. *Physical Review Letters*, 115(9), 1-5. doi:10.1103/PhysRevLett.115.096602

- Lineykin, S., & Ben-Yaakov, S. (2007). Modeling and analysis of Thermoelectric modules. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 43(2), 505-512. doi:10.1109/TIA.2006.889813.
- MaxElectrónica. (27 de noviembre de 2021). *Celda Termoeléctrica Peltier Cerámica*. Obtenido de <https://maxelectronica.cl/componentes-electronicos/398-celda-termoelectrica-peltier-ceramica-modelo-tec1-12706-12v-60w.html>
- Mecánica de Fluidos UniGuajira. (4 de octubre de 2014). *Clasificación de flujos de fluidos*. Recuperado el 9 de enero de 2022, de <http://mecanicadefluidosuniguajira2014.blogspot.com/2014/10/clasificacion-de-flujos-de-fluidos.html>
- Merino Gutierrez, B. G. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de climatización automatizada para personas con discapacidades físicas*. Repositorio de la Universidad Nacional de Piura.
- MITSUBISHI MOTORS. (21 de abril de 2017). *Modelo: Mirage*. Recuperado el 8 de enero de 2022, de <https://aventuramotors.cl/wp-content/uploads/2018/10/Mitsubishi-Mirage-1.pdf>
- Moscoso Pantoja, M. (2 de enero de 2016). *Los combustibles convencionales sobre los alternativos*. Recuperado el 23 de noviembre de 2021, de Natura medio ambiental: <https://www.natura-medioambiental.com/combustibles-convencionales-sobre-los-alternativos/>
- Naylamp Mechatronics. (2021). *Celda Peltier TEC1-12706*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/termicos/46-celda-peltier-tec1-12706.html>
- Patterson, G., & Sobral, M. (2007). *Efecto Peltier*. Repositorio de la Universidad de Buenos Aires.
- Romero Delgadillo, E. (2017). *Diseño e implementación del sistema de climatización para un automóvil Honda Civic por Efecto Peltier*. Repositorio de la Universidad Católica de Santa María.

- Rubio Ramírez, C., Martheyn Lizarazo, G., & Vera Duarte, E. (2017). Thermoelectricity: Use of Peltier Cells in the refrigeration field and its main uses. 1(22), 10-17.
- Sampieri. (2014, p.166). *Metodología de la investigación* . Obtenido de Mc Drill Hill Education: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Sandoval G, A., Espinosa J, E., & Barahona A, J. L. (2008). Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor. 11° *Foro Estatal de Investigacion Cientifica y Tecnologica*, 158-161.
- SENAMHI. (4 de marzo de 2022). *Tiempo / Pronóstico del Tiempo*. Obtenido de Pronóstico del tiempo para CHICLAYO (Lambayeque): <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lambayeque&p=pronostico-detalle>
- SHOPTRONIKA. (2020). *Células Peltier para Disipadores Térmicos*. Obtenido de <https://www.shoptronica.com/modulos-de-peltier/1110-celulas-termicas-peltier-para-disipadores-8944748421470.html>
- SoloElectronicos. (29 de mayo de 2016). *Aplicaciones de las células de Peltier*. Obtenido de <https://soloelectronicos.com/2016/05/29/aplicaciones-de-las-celulas-de-peltier/>
- Tornos Tejedor, S. (1 de enero de 2009). *Termoelectricidad, la energía del desequilibrio*. Obtenido de <https://www.tecnicaindustrial.es/author/stornos/>
- Torres, J. (15 de julio de 2021). *Semiconductores*. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/semiconductores/>
- Transistores. (22 de noviembre de 2020). *Germanio su Historia, Propiedades y Aplicaciones*. Obtenido de <https://transistores.info/germanio-su-historia-propiedades-y-aplicaciones/>
- Weather Atlas. (2022). *Previsión meteorológica y clima mensual - Lambayeque - Perú*. Recuperado el 4 de marzo de 2022, de [https://www.weather-atlas.com/es/peru/lambayeque-clima#humidity\\_relative](https://www.weather-atlas.com/es/peru/lambayeque-clima#humidity_relative)



Weather Spark. (4 de marzo de 2022). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Lambayeque*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/19287/Clima-promedio-en-Lambayeque-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Lambayeque%2C%20los%20veranos%20son,m%C3%A1s%20de%2033%20%C2%B0C>.

Yilbas, B. S., & Sahin, A. Z. (2014). Thermal characteristics of combined thermoelectric generator and refrigeration cycle. *Energy Conversion and Management*, 83, 42-47. doi:10.1016/j.enconman.2014.02.067

## **ANEXOS**

### **Anexo 1 – Ficha técnica Celda Peltier TEC1-12730**



## Thermoelectric Cooler

**TEC1-12730**

### Performance Specifications

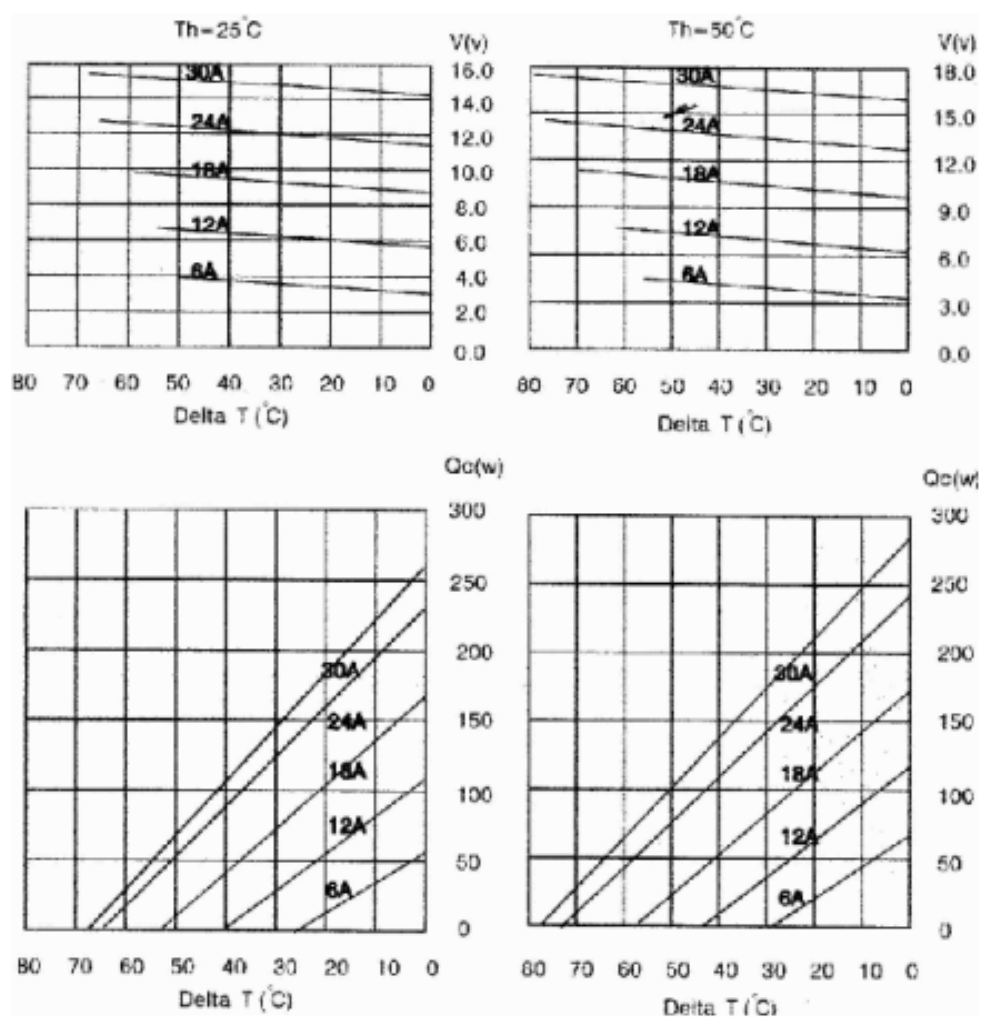
Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	257	282
Delta Tmax (°C)	68	79
I <sub>max</sub> (Amps)	30.5	30.5
V <sub>max</sub> (Volts)	15.6	17.8
Module Resistance (Ohms)	0.27	0.31



Performance curves on page 2

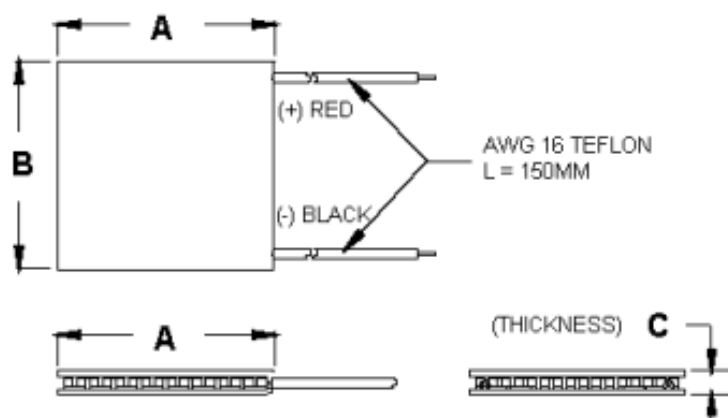


## TEC1-12730





TEC1-12730



Ceramic Material: Alumina ( $Al_2O_3$ )  
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

#### Size table:

A	B	C			
62	62	4.8			

#### Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed  $I_{max}$  or  $V_{max}$  when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- 
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03

## **Anexo 2 – Ficha técnica Celda Peltier TEC1-12715**

## Specification of Thermoelectric Module

## TEC1-12715

## Description

The 127 couples, 50 mm × 50 mm size single module which is made of our high performance ingot to achieve superior cooling performance and 70°C or larger delta T max, is designed for superior cooling and heating applications. Beyond the standard below, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

## Features

- No moving parts, no noise, and solid-state
- Compact structure, small in size, light in weight
- Environmental friendly
- RoHS compliant
- Precise temperature control
- Exceptionally reliable in quality, high performance

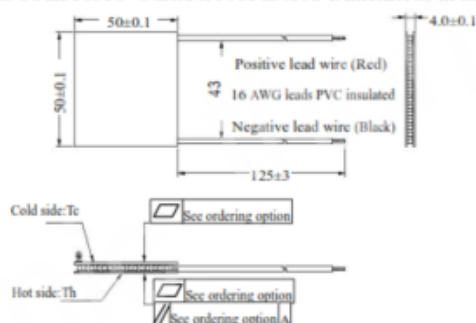
## Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- CPU cooler and scientific instrument
- Photonic and medical systems

## Performance Specification Sheet

Th(°C)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N2
DTmax(°C)	70	79	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
Umax(Voltage)	16	17.2	Voltage applied to the module at DTmax
I <sub>max</sub> (amps)	15	15	DC current through the modules at DTmax
QC <sub>max</sub> (Watts)	150.2	164.2	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 °C
AC resistance(ohms)	0.72~0.88	0.79~0.98	The module resistance is tested under AC

## Geometric Characteristics Dimensions in millimeters



## Manufacturing Options

## A. Solder:

1. T100: BiSn (Melting Point=138°C)
2. T200: CuSn (Melting Point= 227 °C)

## B. Sealant:

1. NS: No sealing (Standard)
2. SS: Silicone sealant
3. EPS: Epoxy sealant
4. Customer specify sealing

## C. Ceramics:

1. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, white 96%)(AlO)
2. Aluminum Nitride (AlN)

## D. Ceramics Surface Options:

1. Blank ceramics (not metalized)
2. Metalized (Copper-Nickel plating)

## Flatness/ Parallelism Option

Suffix	Thickness / H (mm)	Flatness/ Parallelism (mm)	Lead wire length(mm) Standard/Optional length
TF	0:4.0±0.1	0:0.05/0.05	125±3/Specify
TF	1:4.0±0.05	1:0.025/0.025	125±3/Specify
TF	2:4.0±0.03	2:0.015/0.015	125±3/Specify
Eg. TF01: Thickness 4.0±0.1(mm) and Flatness 0.025/0.025(mm)			

## Naming for the Module

TEC1- 12715 - X - X - X - X



TEC1-12715- T200 -NS - TF02 - AlO

T200: Solder, Copper Tin (Melting Point=227 °C)

NS: No sealing

AlO: Alumina white 96%

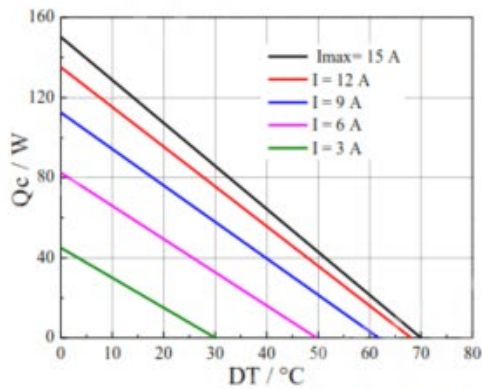
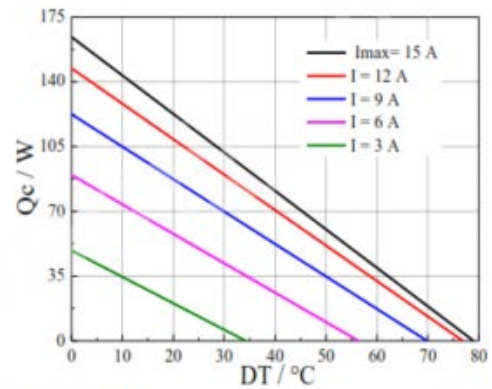
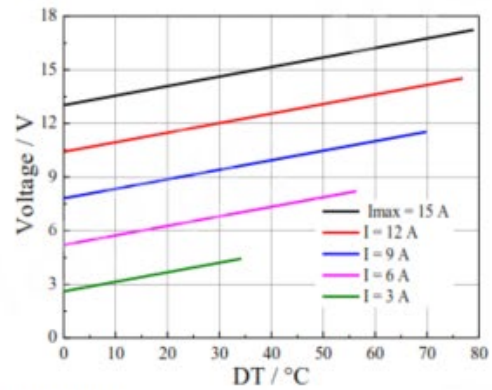
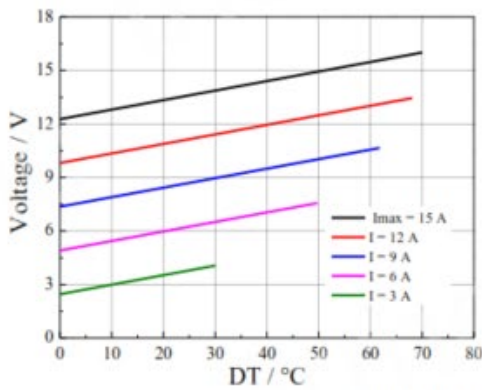
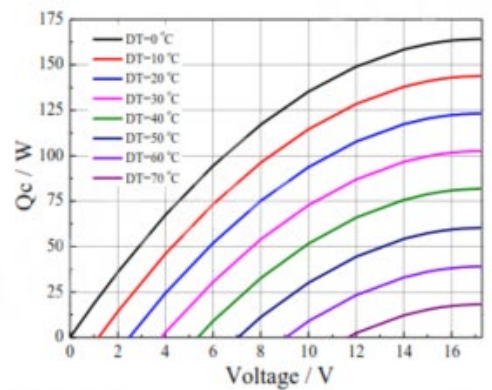
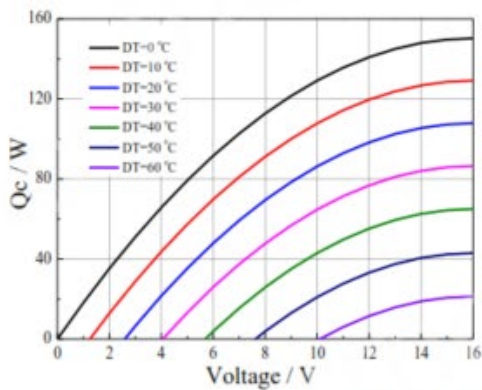
TF02: Thickness ±0.1(mm) and Flatness/Parallelism 0.015/0.015(mm)

Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products

Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: [info@thermonamic.com](mailto:info@thermonamic.com) Web Site: [www.thermonamic.com](http://www.thermonamic.com)

## Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12715

Performance Curves at  $T_h=27^\circ\text{C}$ Performance Curves at  $T_h=50^\circ\text{C}$ Standard Performance Graph  $Q_c = f(DT)$ Standard Performance Graph  $V = f(DT)$ Standard Performance Graph  $Q_c = f(V)$ 

Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products

Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: [info@thermonamic.com](mailto:info@thermonamic.com) Web Site: [www.thermonamic.com](http://www.thermonamic.com)



### **Anexo 3 – Ficha técnica Cable INDECO GPT-3**

## GPT-3

### Usos

Conductor de cobre flexible de dimensiones reducidas para cableado en el interior de tableros donde hay poco espacio. Esto se logra por la calidad del aislamiento de PVC, cuya temperatura de operación es de 75°C y por sus excelentes propiedades dieléctricas que superan los ensayos eléctricos exigentes a que son sometidos.

### Descripción

Conductor de cobre electrolítico blando, flexible cableado en haz. Aislado con cloruro de polivinilo (PVC).

### Características

Resistente a vibraciones, combustibles, lubricantes y solución electrolítica del acumulador, resistente a la abrasión, dobleces, etc. Retardante a la llama.

### Marca

INDECO S.A. GPT-3 300 V – Sección (AWG) – Año

### Calibres

20 – 8 AWG.

### Embalaje

En rollos estándar de 100 metros.

### Colores

Amarillo, azul, blanco, negro, rojo, marrón, rosado, gris  
Violeta, naranja y verde.



**Normas de Fabricación**  
UL 62, SAE J1128

**Tensión de servicio**  
300 V

**Temperatura de operación**  
75°C

**TABLA DE DATOS TECNICOS GPT-3**

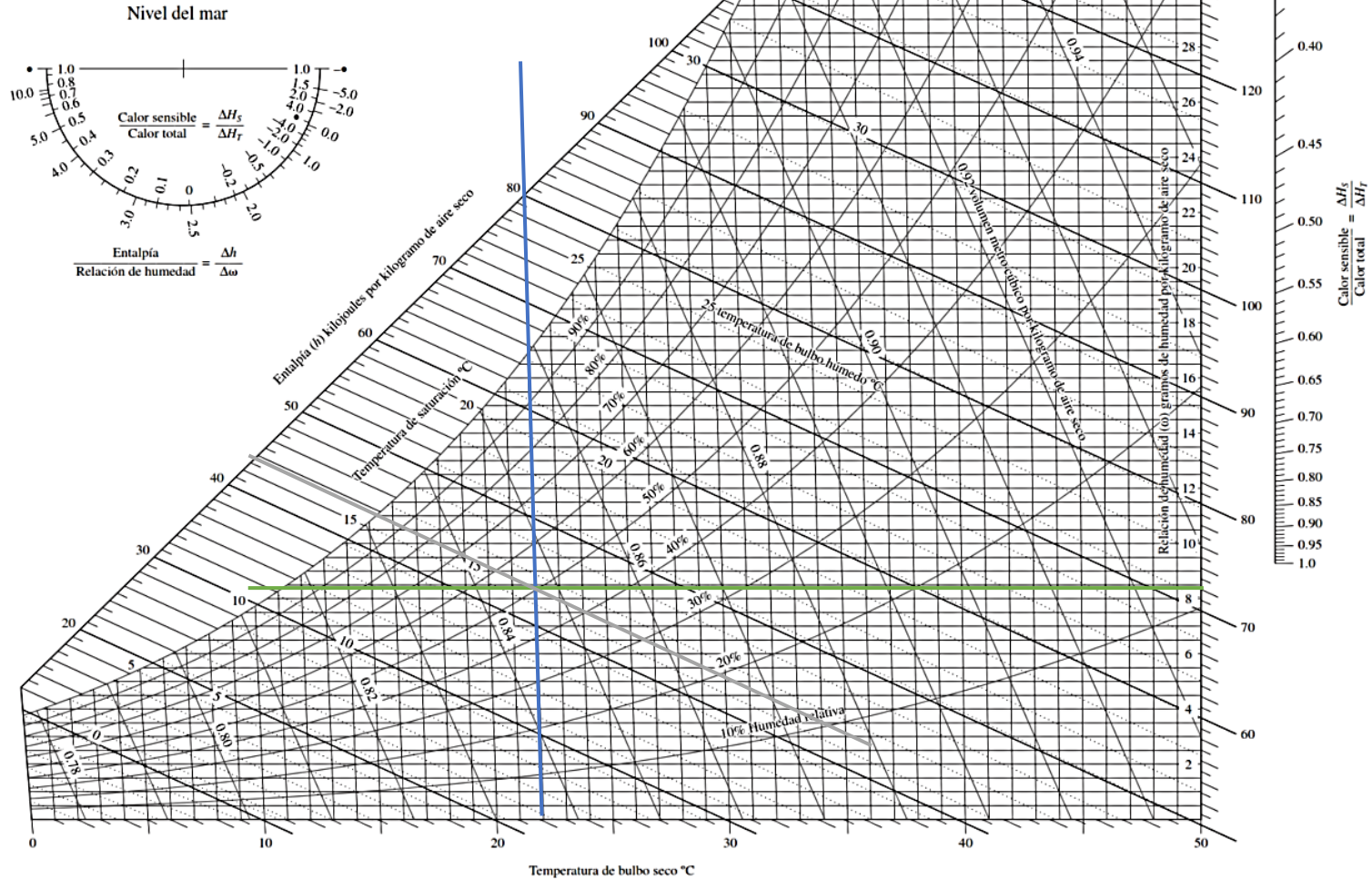
SECCION	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIÁMETRO HILO	ESPESOR AISLAMIENTO	DIÁMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD CORRIENTE
AWG	mm²		mm	mm	mm	Kg/Km	A
20	0.52	15	0.204	0.46	1.87	7	9
18	0.82	24	0.204	0.46	2.11	10	14
16	1.31	24	0.255	0.46	2.40	15	19
14	2.08	39	0.255	0.46	2.79	23	29
12	3.31	61	0.255	0.51	3.36	35	33
10	5.26	98	0.255	0.62	4.20	55	48
8	8.37	154	0.255	0.73	5.41	89	67

#### **Anexo 4 – Carta psicrométrica a 1 atm de presión total**

ASHRAE Gráfica psicrométrica núm. 1  
Temperatura normal  
Presión barométrica 101.325 kPa

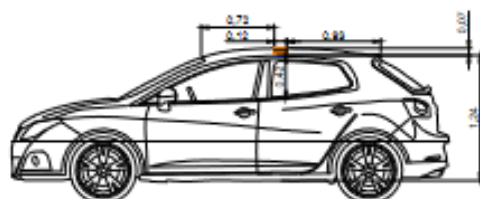


© 1992 American Society of Heating,  
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

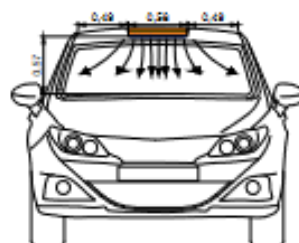


## **Anexo 5 – Esquema y configuración de sistema termoeléctrico**

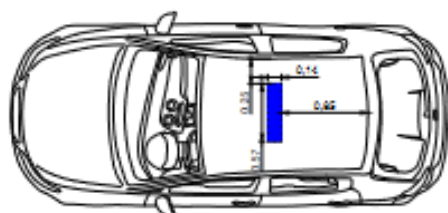
# MITSUBISHI MIRAGE



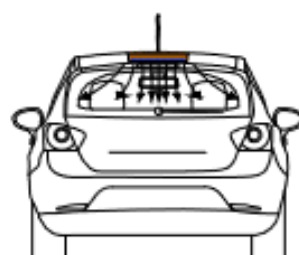
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

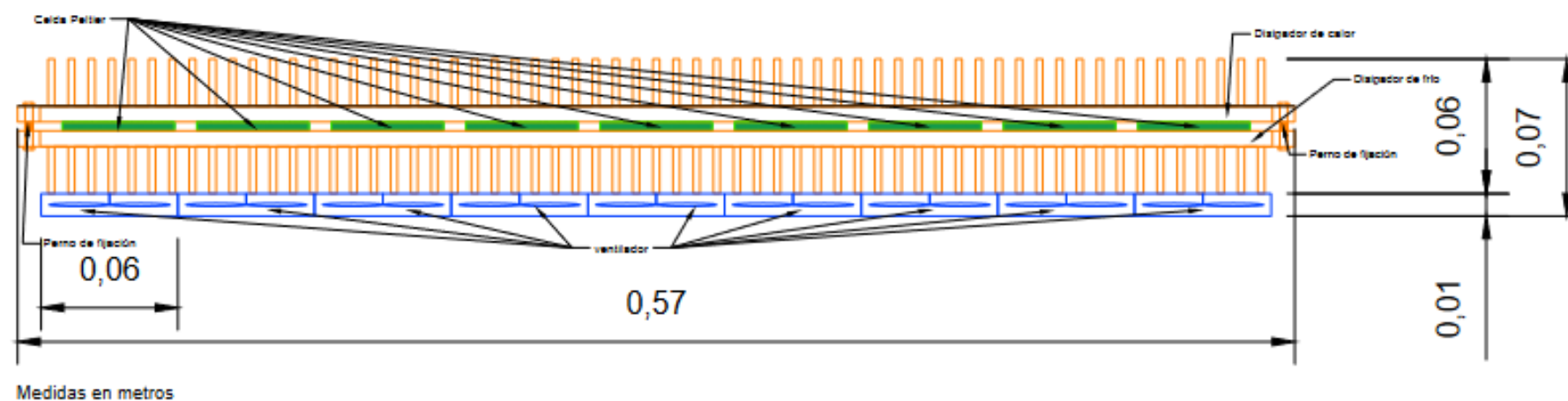
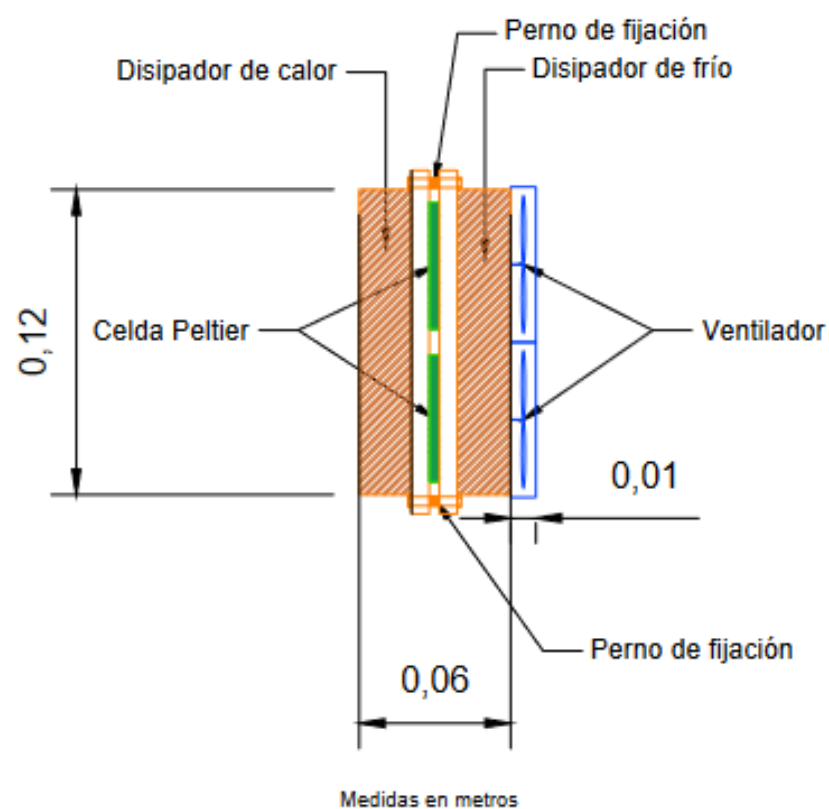
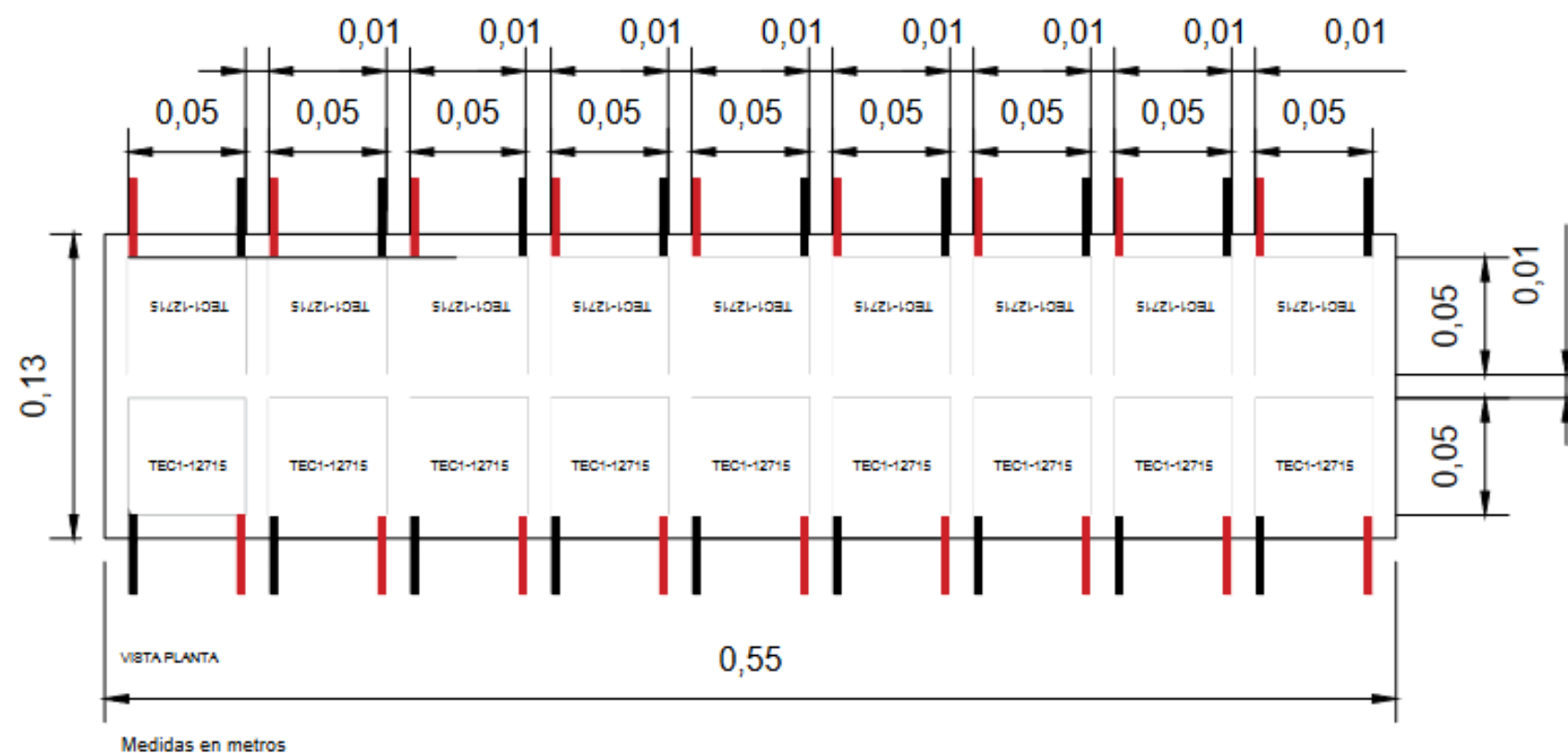


VISTA PLANTA



VISTA POSTERIOR

ESCALA 1/50



## UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO" FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TÍTULO	"PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO BASADO EN TERMoeLECTRICIDAD PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LA CABINA DEL INTERIOR DE UN AUTOMÓVIL MITSUBISHI MIRAGE 2017 EN ZONA 8 CALUROSA"		LÍNEA	D-1
AUTOR	Bach. Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro		FECHA	
ASESOR	Ing. Oscar Méndez Cruz		FECHA	MAYO 2023
PLANO	Esquema y configuración de sistema termoelectrónico		SECCIÓN	INDICADA





**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°017-2023-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día jueves 18 de mayo de 2023., Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/cno-qvgm-nya>, los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°115-2023-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 16 de mayo de 2023, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Trabajo de tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ  
ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO  
M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ

PRESIDENTE  
SECRETARIO  
MIEMBRO  
ASESOR

Se recibió el Trabajo de Tesis titulada:

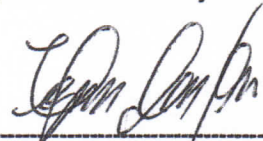
**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO BASADO EN TERMoeLECTRICIDAD PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LA CABINA DEL INTERIOR DE UN AUTOMÓVIL MITSUBISHI MIRAGE 2017 EN ZONAS CALUROSAS”**


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **SILVA MONTENEGRO EDUARDO JORGE ALEJANDRO.**


Finalizada la sustentación virtual el Trabajo de Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO.**

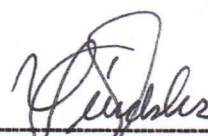
Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

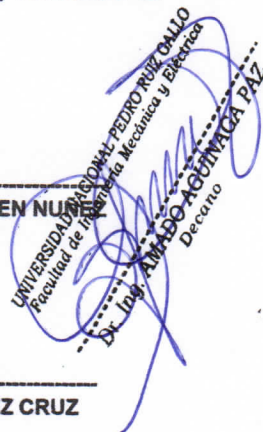
Siendo las 10:50 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
\_\_\_\_\_  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO  
MIEMBRO

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ  
ASESOR

  
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Decano  
Dr. Ing. AMBRO AGUIRRE PAZ



Lambayeque, 22 de Junio del 2023

Señor:  
Dr. Aníbal Salazar Mendoza  
Director de la Unidad de Investigación FIME  
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo  
Lambayeque

**Asunto: Informa Sobre Similitud de Informe Final de Tesis de Eduardo Jorge  
Alejandro Silva Montenegro**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y al mismo tiempo comunicarle que en mi calidad de Asesor de Tesis, luego de haber revisado el informe final de la tesis titulada: **“ PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO BASADO EN TERMOELÉCTRICIDAD PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LA CABINA DEL INTERIOR DE UN AUTOMÓVIL MITSUBISHI MIRAGE 2017 EN ZONAS CALUROSAS “** Subsanadas por parte del Bachiller Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro.

Se ha revisado la similitud en el software TURNITIN alcanzando un porcentaje de similitud **17 %**, que según nuestra reglamentación de investigación es aceptable.

Sin otro particular me despido

Atentamente



**Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz**  
DOCENTE FIME-UNPRG  
ASESOR DE TESIS

# PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO BASADO EN TERMOELÉCTRICIDAD PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LA CABINA DEL INTERIOR DE UN AUTOMÓVIL MITSUBISHI MIRAGE 2017 EN ZONAS CALUROSAS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2%

2

[itscv.edu.ec](https://itscv.edu.ec)

Fuente de Internet

2%

3

[repositorio.unprg.edu.pe](https://repositorio.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[core.ac.uk](https://core.ac.uk)

Fuente de Internet

1%

5

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

6

[baixardoc.com](https://baixardoc.com)

Fuente de Internet

1%

7

[www.profesionalreview.com](https://www.profesionalreview.com)

Fuente de Internet

1%

[1library.co](https://1library.co)

  
Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz  
DOCENTE FIME-UNPRG  
ASESOR DE TESIS

8	Fuente de Internet	1 %
9	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
10	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
11	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
12	archive.org Fuente de Internet	<1 %
13	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
14	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
15	www.cio.mx Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
17	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1 %
18	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana	<1 %

  
 Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz  
 DOCENTE FIME-UNPRG  
 ASESOR DE TESIS

20

[bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

21

[tesis.ipn.mx](http://tesis.ipn.mx)

Fuente de Internet

<1 %

22

[repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080](http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080)

Fuente de Internet

<1 %

23

[repositorio.unesum.edu.ec](http://repositorio.unesum.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

24

[repositorio.unprg.edu.pe:8080](http://repositorio.unprg.edu.pe:8080)

Fuente de Internet

<1 %

25

[upcommons.upc.edu](http://upcommons.upc.edu)

Fuente de Internet

<1 %

26

[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

Fuente de Internet

<1 %

27

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Carlos III de Madrid

Trabajo del estudiante

<1 %

29

[es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

<1 %



31	<a href="http://ekuatio.com">ekuatio.com</a> Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
33	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://www.carder.gov.co">www.carder.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://redi.unjbg.edu.pe">redi.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://biblioteca.uniminuto.edu">biblioteca.uniminuto.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://repositorio.autonoma.edu.pe">repositorio.autonoma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co">repositoriodspace.unipamplona.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %

  
 Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz  
 DOCENTE FIME-UNPRG  
 ASESOR DE TESIS

42 vsip.info Fuente de Internet <1 %

43 dspace.uclv.edu.cu Fuente de Internet <1 %

44 dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet <1 %

45 repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet <1 %

46 Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante <1 %

  
Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz  
DOCENTE FIME-UNPRG  
ASESOR DE TESIS

Excluir citas Activo  
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words




## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro  
Título del ejercicio: TESIS SILVA MONTENEGRO  
Título de la entrega: PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO...  
Nombre del archivo: TESIS\_JSM\_30-11.docx  
Tamaño del archivo: 26.73M  
Total páginas: 127  
Total de palabras: 19,997  
Total de caracteres: 108,804  
Fecha de entrega: 03-feb.-2023 12:56p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2005653147



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"**

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

III PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE  
ACONDICIONADO BASADO EN TERMOELÉCTRICIDAD  
PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LA CABINA  
DEL INTERIOR DE UN AUTOMÓVIL MITSUBISHI MIRAGE  
2017 EN ZONAS CALUROSAS"

Presentado Por:

**Bach. Eduardo Jorge Alejandro Silva Montenegro**

Asesor:

**M. Sc. Ing. Oscar Méndez Cruz**

LAMBAYEQUE – PERÚ  
2023

  
**Mag. Ing. Oscar Méndez Cruz**  
DOCENTE FIME-UNPRG  
ASESOR DE TESIS