



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TERMOGENERADOR DE  
BAJA CARGA BASADO EN EL USO DE UNA CÉLULA PELTIER  
ACOPLADO AL SISTEMA DE ESCAPE DE UN MOTOR  
MONOCILÍNDRICO”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**ÉDISON PATRICIO MOLINA CAÑA  
RÓMULO SEBASTIÁN RUIZ FLORES**

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TERMOGENERADOR DE  
BAJA CARGA BASADO EN EL USO DE UNA CÉLULA PELTIER  
ACOPLADO AL SISTEMA DE ESCAPE DE UN MOTOR  
MONOCILÍNDRICO”**

**Trabajo de Titulación**  
**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** ÉDISON PATRICIO MOLINA CAÑA  
RÓMULO SEBASTIÁN RUIZ FLORES

**DIRECTOR:** Ing. JOHNNY MARCELO PANCHAS RAMOS

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Édison Patricio Molina Caña & Rómulo Sebastián Ruiz Flores**

Se autoriza la transcripción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Edison Patricio Molina Caña y Rómulo Sebastián Ruiz Flores, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de julio de 2021



**Edison Patricio Molina Caña**

C.I: 185009694-0



**Rómulo Sebastián Ruiz Flores**

C.I: 020157944-8

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TERMOGENERADOR DE BAJA CARGA BASADO EN EL USO DE UNA CÉLULA PELTIER ACOPLADO AL SISTEMA DE ESCAPE DE UN MOTOR MONO CILÍNDRICO**, realizado por los señores: **ÉDISON PATRICIO MOLINA CAÑA** y **RÓMULO SEBASTIÁN RUIZ FLORES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA:**

**FECHA:**

Ing. José Francisco Pérez Fiallos

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

2021-07-16

Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE**

\_\_\_\_\_

2021-07-16

**TITULACIÓN**

Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

2021-07-16

## **DEDICATORIA**

Adjudico el presente trabajo de titulación a mi familia y todos los que me han apoyado.

Edison Patricio

El presente trabajo de titulación está dedicado a mis padres Rómulo y Patricia, quienes me han brindado todo el cariño, amor y apoyo incondicional desde los primeros pasos hasta la actualidad, gracias a ellos y a su esfuerzo constante me fue posible cumplir la meta; a mi hermano Mario, quien a la distancia me supo brindar su ayuda y guiar por el camino correcto durante el curso de la carrera universitaria; y a mi Andreina, quien estuvo conmigo gran parte de este recorrido, y quien nunca permitió que me dé por vencido. A todos ustedes quienes me acompañaron durante mi carrera universitaria, este logro es también de ustedes.

Rómulo Sebastián

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi padre Luis y mi madre Carmen que me apoyado incondicionalmente durante todos estos años, gracias por depositar su confianza en mí.

Edison Patricio

Agradezco primeramente a Dios por siempre mostrarme el camino correcto; a mis padres y hermano por su apoyo incondicional; a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; de manera especial a nuestro tutor Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos y a nuestro asesor Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos por brindarnos todo su apoyo en el desarrollo de esta propuesta; a mis amigos Jeferson Anchatuña, Oscar Pujos, Omar Ortiz, Pablo Marcillo, José Cajas por haberme extendido su mano cuando fue necesario a lo largo de este recorrido; y finalmente al Ing. Jhon Daniel Flores y al Ing. William Nicolalde, cuyo apoyo fue fundamental en el inicio de mi vida laboral.

Rómulo Sebastián

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
RESUMEN	XIV
SUMMARY	XV
INTRODUCCIÓN	1

## CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Planteamiento del problema</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificación</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1</b>	<i>Justificación teórica</i>	<b>3</b>
<b>1.3.2</b>	<i>Justificación metodológica</i>	<b>3</b>
<b>1.3.3</b>	<i>Justificación práctica</i>	<b>3</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1</b>	<i>Objetivo General</i>	<b>4</b>
<b>1.4.2</b>	<i>Objetivos Específicos</i>	<b>4</b>
<b>1.5</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>5</b>
<b>1.5.1</b>	<i>Bases teóricas</i>	<b>5</b>
<b>1.5.1.1</b>	<i>Origen y evolución de los motores.</i>	<b>5</b>
<b>1.5.1.2</b>	<i>Motores de dos tiempos empleados en motocicletas</i>	<b>8</b>
<b>1.5.1.3</b>	<i>Sistema de embrague</i>	<b>9</b>
<b>1.5.1.4</b>	<i>Funcionamiento de motores de 2T y 4T</i>	<b>10</b>
<b>1.5.1.5</b>	<i>Colector de escape</i>	<b>10</b>
<b>1.5.1.6</b>	<i>Principio de los fenómenos termoeléctricos</i>	<b>11</b>
<b>1.5.1.7</b>	<i>Transferencia de energía</i>	<b>14</b>
<b>1.5.1.8</b>	<i>Transferencia de calor</i>	<b>14</b>
<b>1.5.1.9</b>	<i>Propagación del calor</i>	<b>15</b>
<b>1.5.1.10</b>	<i>Dispositivos para la generación de energía</i>	<b>21</b>

1.5.1.11	<i>Células Peltier disponibles en el mercado</i>	24
----------	--	----

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	26
<b>2.1</b>	<b>Diseño metodológico</b>	26
<b>2.1.1</b>	<b><i>Tipo de Investigación</i></b>	26
<b>2.1.2</b>	<b><i>Población y muestra</i></b>	27
2.1.2.1	<i>Población</i>	27
2.1.2.2	<i>Muestra</i>	27
2.1.2.3	<i>Unidad de muestreo</i>	27
2.1.2.4	<i>Unidad de análisis</i>	27
2.1.2.5	<i>Tipo de muestreo</i>	27
<b>2.2</b>	<b>Parámetros de diseño</b>	28
<b>2.2.1</b>	<b><i>Requerimientos del sistema a implementar</i></b>	28
2.2.1.1	<i>Identificación de los requisitos</i>	28
2.1.2.2	<i>Características del Sistema</i>	29
2.1.2.3	<i>Funciones del Prototipo</i>	29
2.1.2.4	<i>Requisitos de diseño</i>	30
2.1.2.5	<i>Criterios de evaluación</i>	30
<b>2.3</b>	<b>Fase mecánica</b>	31
<b>2.3.1</b>	<b><i>Selección del motor de combustión interna</i></b>	31
<b>2.3.2</b>	<b><i>Selección del tubo de escape</i></b>	31
<b>2.3.3</b>	<b><i>Selección de la posición en la cual se colocará el termo generador</i></b>	32
<b>2.4</b>	<b>Fase electrónica</b>	32
<b>2.4.1</b>	<b><i>Selección de la celda Peltier</i></b>	32
<b>2.4.2</b>	<b><i>Selección del amplificador de voltaje</i></b>	33
<b>2.5</b>	<b>Construcción del termo generador de baja carga</b>	34
<b>2.5.1</b>	<b><i>Estudio estructural</i></b>	34
<b>2.5.2</b>	<b><i>Diseño</i></b>	34
2.5.2.1	<i>Base de sujeción</i>	34
2.5.2.2	<i>Sistema Eléctrico</i>	35
<b>2.5.3</b>	<b><i>Proceso de construcción</i></b>	39
<b>2.6</b>	<b>Pruebas de funcionamiento y comparaciones del sistema</b>	41

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS</b>	42
<b>3.1</b>	<b>Método de análisis estadístico</b>	42
<b>3.1.1</b>	<i>Temperatura máxima alcanzada</i>	42
<b>3.1.2</b>	<i>Voltaje máximo alcanzado sin el circuito amplificador</i>	43
<b>3.1.3</b>	<i>Voltaje máximo alcanzado con el circuito amplificador</i>	44
<b>3.1.4</b>	<i>Capacidad de abastecer energía a los consumidores</i>	45
<b>3.2</b>	<b>Análisis Estadístico</b>	46
<b>3.2.1</b>	<i>Pruebas de temperatura obtenida en ralentí y a plena carga</i>	46
<b>3.2.2</b>	<i>Pruebas de voltaje obtenido sin la acción del circuito amplificador y con la acción de dicho circuito</i>	48
<b>3.3</b>	<b>Discusión de Resultados</b>	49
<b>3.4</b>	<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	54
<b>3.4.1</b>	<i>Cronograma</i>	54
<b>3.4.2</b>	<i>Presupuesto</i>	54
<b>3.4.2.1</b>	<i>Materiales</i>	54
<b>3.4.2.2</b>	<i>Mano de obra</i>	55
<b>3.4.2.3</b>	<i>Costos indirectos</i>	55
<b>3.4.2.4</b>	<i>Costo total del proyecto</i>	55
	<b>CONCLUSIONES</b>	57
	<b>RECOMENDACIONES</b>	58
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Especificaciones Célula Peltier (THERMOELECTRIC-GENERATOR).....	25
<b>Tabla 1-2:</b>	Especificaciones de Célula Peltier.....	37
<b>Tabla 2-2:</b>	Rangos de operación del Amplificador. ....	38
<b>Tabla 3-2:</b>	Especificaciones de la batería a usar. ....	38
<b>Tabla 1-3:</b>	Valores obtenidos de temperatura en pruebas en ralentí y a plena carga .....	47
<b>Tabla 2-3:</b>	Agrupación utilizando el método LSD de Fisher para las pruebas en ralentí en carga .....	47
<b>Tabla 3-3:</b>	Valores obtenidos de voltaje en pruebas con y sin acción del circuito amplificador .....	48
<b>Tabla 4-3:</b>	Agrupación utilizando el método de LSD de Fisher para las pruebas con y sin el amplificador .....	49
<b>Tabla 5-3:</b>	Costo de materiales.....	54
<b>Tabla 6-3:</b>	Costo de mano de obra. ....	55
<b>Tabla 7-3:</b>	Costos indirectos.....	55
<b>Tabla 8-3:</b>	Costo total del proyecto. ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Máquina de Vapor.....	5
<b>Figura 2-1:</b>	Motor de combustión interna .....	6
<b>Figura 3-1:</b>	Motor monocilíndrico creado por Karl Benz .....	6
<b>Figura 4-1:</b>	Ciclo de funcionamiento del motor rotativo Wankel .....	7
<b>Figura 5-1:</b>	Motor monocilíndrico de motocicleta.....	9
<b>Figura 6-1:</b>	Sistema de embrague de motocicleta.....	10
<b>Figura 7-1:</b>	Colector de escape de motocicleta .....	11
<b>Figura 8-1:</b>	Esquema Efecto Seebeck .....	12
<b>Figura 9-1:</b>	Aplicación del efecto Peltier en un semiconductor.....	13
<b>Figura 10-1:</b>	Intercambio de energía entre Sistemas.....	14
<b>Figura 11-1:</b>	Fuerzas actuadas sobre una pared por conducción.....	16
<b>Figura 12-1:</b>	Tipos de convección en una pared .....	20
<b>Figura 13-1:</b>	Unión de semiconductores P-N.....	22
<b>Figura 14-1:</b>	Estructura interna de una célula Peltier.....	22
<b>Figura 15-1:</b>	Semiconductores internos de una Célula Peltier .....	23
<b>Figura 16-1:</b>	Celda Peltier .....	24
<b>Figura 17-1:</b>	Dimensiones de célula Peltier .....	24
<b>Figura 1-2:</b>	Motocicleta semiautomática OROMOTO .....	31
<b>Figura 2-2:</b>	Tubo de escape original de la motocicleta .....	31
<b>Figura 3-2:</b>	Sección curva del tubo de escape.....	32
<b>Figura 4-2:</b>	Celda Peltier TEC1-12706 .....	32
<b>Figura 5-2:</b>	Gráfico Amplificador de Voltaje XL6009 .....	33
<b>Figura 6-2:</b>	Gráfico Circuito de aplicación para amplificación del XL6009 .....	33
<b>Figura 7-2:</b>	Punto adecuado para anclaje de celdas .....	34
<b>Figura 8-2:</b>	Base de sujeción unida al escape .....	35

<b>Figura 9-2:</b>	Gráfico Secuencia del sistema eléctrico del prototipo .....	36
<b>Figura 10-2:</b>	Celdas peltier unidas al tubo de escape.....	39
<b>Figura 11-2:</b>	Generación de voltaje por parte de las celdas Peltier.....	40
<b>Figura 12-2:</b>	Conexión entre los componentes eléctricos .....	40
<b>Figura 13-2:</b>	Toma de datos en vivo con la ayuda de Arduino UNO .....	41
<b>Figura 1-3:</b>	Prueba de consumidores alimentados por termogenerador.....	46
<b>Figura 2-3:</b>	Cronograma del proyecto.....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Temperatura obtenida en ralentí y a plena carga.....	43
<b>Gráfico 2-3:</b>	Voltaje obtenido sin accionamiento del amplificador .....	44
<b>Gráfico 3-3:</b>	Voltaje obtenido con accionamiento del amplificador. ....	45
<b>Gráfico 4-3:</b>	Comparación entre las medias de los valores individuales de las dos pruebas	48
<b>Gráfico 5-3:</b>	Comparación entre las medias de los valores individuales de las dos pruebas	49
<b>Gráfico 6-3:</b>	Comparativa de temperaturas obtenidas al mismo régimen, pero en diferentes ubicaciones.....	50
<b>Gráfico 7-3:</b>	Comparativa de temperaturas .....	50
<b>Gráfico 8-3:</b>	Rango de operación celda peltier unitaria en base a temperatura inducida .....	51
<b>Gráfico 9-3:</b>	Rango de operación celdas peltier conectadas en serie .....	52
<b>Gráfico 10-3:</b>	Comparación de voltajes obtenidos con y sin acción del circuito amplificador	53

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ANOVA de un solo factor: Temperatura (ralentí); Temperatura (Plena carga)

**ANEXO B:** ANOVA de un solo factor: Voltaje sin amplificador; Voltaje con amplificador

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue presentar una alternativa para la generación de energía eléctrica partiendo de una base térmica, para buscar la satisfacción a la excesiva demanda de energía a causa del agotamiento de los combustibles fósiles alrededor del mundo y sus respectivas fuentes. Se construyó un prototipo de un generador térmico para acoplarlo mediante una base adherida al sistema de escape de una motocicleta, para lo cual se identificó los requerimientos a cubrir, se encontró que es necesario conseguir un generador de energía térmica continua mediante el aprovechamiento de la diferencia térmica que se da entre el calor del tubo de escape y el flujo de aire al circular por los disipadores. En el desarrollo del proyecto, se utilizó una motocicleta monocilíndrica Oromoto con un cilindraje de 110cc, para analizar, estudiar y probar la viabilidad y la efectividad de aplicar el generador de energía térmica por inducción de calor residual y el frío del medio ambiente. Se requirió de 6 elementos termoeléctricos conectados en serie y una base de apoyo en el sistema de escape de la motocicleta para una apropiada inducción de calor y de frío, y así poder obtener la energía requerida de salida; los elementos consumidores de energía usados para la verificación de la generación apropiada de energía fueron luces de faro frontal, trasero y direccionales de tipo LED. Se realizaron 2 pruebas distintas para comprobar el correcto funcionamiento del generador, sin haber presentado inconvenientes ni desperfectos en los componentes, o algún fallo en el circuito de conexión. De esta manera, se puede concluir que el prototipo es apto para ser implementado en el sistema de escape para mejor aprovechamiento tanto de calor como de frío, y que está en la posibilidad de generar energía suficiente como para alimentar consumidores en la motocicleta.

**Palabras clave:** <MOTOR MONOCILÍNDRICO> <GENERADOR TÉRMICO> <SISTEMA DE ESCAPE> <ELEMENTOS TÉRMICOS> <BASE TÉRMICA>.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

0312-DBRA-UPT-2022

2022-02-17

## SUMMARY

The objective of this study was to present an alternative for the generation of electrical energy based on a thermal base to seek satisfaction of the excessive demand for energy due to the depletion of fossil fuels around the world and their respective sources. A prototype of a thermal generator was built to be coupled by means of a base attached to the exhaust system of a motorcycle. For which, the requirements to be covered were identified. It was found that it is necessary to obtain a generator of continuous thermal energy by taking advantage of the difference thermal that occurs between the heat of the exhaust pipe and the flow of air when circulating through the heatsinks. In the development of the project, an Oromoto single-cylinder motorcycle with a cylinder capacity of 110cc was used to analyze, study and test the feasibility and effectiveness of applying the thermal energy generator by induction of residual heat and cold from the environment. It required 6 series-connected thermoelectric elements and a support base in the motorcycle exhaust system for proper heat and cold induction to obtain the required power output. The energy consuming elements used for the verification of the appropriate generation of energy were headlights, taillights and directional lights of the LED type. Two different tests were carried out to verify the correct operation of the generator. There weren't inconveniences or damage to the components, or any failure in the connection circuit. In this way, it can be concluded that the prototype is suitable to be implemented in the exhaust system for better use of both heat and cold, and that it is capable of generating enough energy to feed consumers on the motorcycle.

**Keywords:** <SINGLE CYLINDER ENGINE> <THERMAL GENERATOR> <EXHAUST SYSTEM> <THERMAL ELEMENTS> <THERMAL BASE>.

SANDRA  
LETICIA  
GUIJARRO  
PAGUAY

Firmado  
digitalmente por  
SANDRA LETICIA  
GUIJARRO PAGUAY  
Fecha: 2022.03.14  
20:48:19 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la generación de electricidad alrededor del mundo sigue siendo dependiente de la extracción y procesamiento de los combustibles fósiles, cuya demanda aumenta cada vez más, al igual que el constante desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías que buscan una disminución en la contaminación que se da por este motivo. Por lo que, para evitar un desabastecimiento de esta, se busca nuevas formas de generación las cuales eviten el agotamiento de los recursos energéticos no renovables y preservar el medio ambiente a largo plazo.

En varios países de la Unión Europea los controles de emisiones se han vuelto muy intensivos, tanto así que los vehículos híbridos y eléctricos predominan, y en países como Japón se considera la posibilidad de prohibir en un futuro la venta de automóviles a combustión y orientarse al desarrollo de vehículos eléctricos, en Latinoamérica podemos ver un aumento drástico de vehículos motorizados, lo que ocasiona un mayor consumo de derivados del petróleo y una mayor contaminación atmosférica.

Otro agravante al problema de la contaminación ambiental es el incorrecto tratamiento de las baterías y de los elementos mecánicos de recarga que han cumplido su vida útil, ya que la mayoría de estos al contener sustancias corrosivas, causan un impacto letal tanto al suelo, como a la atmósfera; por lo que es necesario buscar opciones que alivien este daño ambiental.

El diseño, construcción y montaje de un termo generador el cual estará acoplado al sistema de escape de un motor mono cilíndrico siendo esta una alternativa que nos permita reducir los niveles de contaminación y con esto aprovechar la energía calórica inutilizada y obtener electricidad continua sin depender de baterías de Pb-Sn o de alternadores de recarga. Para el desarrollo de este proyecto se pone en práctica los conocimientos científicos obtenidos por medio de una minuciosa investigación en varias fuentes bibliográficas que permitan sustentar la búsqueda de una solución.

Por medio de este trabajo de titulación presentamos un proyecto de investigación que represente un aporte al desarrollo de dispositivos generadores de electricidad que no representen una amenaza para el medio ambiente y que puedan estar al alcance de cualquier usuario que lo requiera.

## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **1.1 Antecedentes**

El parque automotor de nuestro país, a diferencia de países europeos o de primer mundo, cuenta con un gran número de autos considerados “antiguos”. Según un artículo publicado en el diario El Universo del 29 de Julio de 2013, los datos indican que, de cada 5 carros que circulan, al menos 1 supera los 25 años de vida útil; y analizando ciudades con circulación vehicular mayor, como Quito o Guayaquil, se tiene que un 23,1% del parque automotor de la provincia del Guayas tiene más de 25 años, lo que indica que de un total de 491.163 vehículos (contados hasta la fecha del artículo), aproximadamente unos 113.525 vehículos cuentan con un tiempo de vida bastante prolongado.

A pesar de contar con normas para el control de emisiones contaminantes en Ecuador, estas siguen siendo blandas en comparación con Europa o Estados Unidos. A causa de esto, los vehículos antiguos cuyas emisiones contaminantes son muy altas, continúan en circulación.

Por este motivo, en el presente trabajo se busca diseñar y construir un termo generador de baja carga basado en el uso de células Peltier las cuales buscan aprovechar el calor generado en el motor para la generación de energía eléctrica.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

En un motor, se conoce que al menos dos tercios de la energía consumida, es malgastada en forma de calor; y del 30 al 40% de esta energía es desaprovechada ya que esta se desprende del motor como energía calórica. Esta energía puede ser aprovechada para recuperar energía mediante un termo generador que haga uso de este flujo de gases, y convierta la energía calórica en energía eléctrica.

## **1.3 Justificación**

### ***1.3.1 Justificación teórica***

El presente trabajo de titulación implica el uso de los conceptos relacionados al área de Ingeniería Automotriz, para poder asegurar la calidad en los resultados que se complementarán con la aplicación de los principios de Electrónica en cuanto a conexiones, y de igual manera con su posterior montaje por medio de procesos de manufactura.

Al obtener resultados favorables, se busca sentar bases teóricas para que sea posible la investigación y aplicación de este proyecto en diversos tipos de motores a combustión, y no solo limitarse a motores monocilíndricos como el que usamos en este proyecto.

### ***1.3.2 Justificación metodológica***

Por medio del presente trabajo, se aplica los conocimientos científicos para la obtención de datos importantes que nos permitan respaldar el proyecto en búsqueda de la solución a un problema tanto de desperdicio de energía, como de contaminación excesiva, mediante el diseño y construcción de un termo generador de baja carga que se incorporara en el escape de un motor mono cilíndrico.

Con el termo generador de baja carga se pretende obtener resultados que den solución al problema mencionado anteriormente, por lo cual, se llevará a cabo una investigación bibliográfica que permita la generación de un marco teórico adecuado para que el trabajo sea sustentado; así como también una investigación de campo a nivel exploratorio para el análisis y evaluación de factores de interés para el proyecto.

### ***1.3.3 Justificación práctica***

El presente trabajo de titulación se desarrolla debido al aprovechamiento nulo que se le da al calor que desprende un motor a combustión, como a la contaminación causada por los desechos mal tratados de generadores y acumuladores, por lo cual se vio la necesidad de diseñar y construir un termo generador de baja carga basado en celdas Peltier que están incorporadas al sistema de escape del motor y genere la suficiente energía para abastecer elementos eléctricos que dependen de un generador o acumulador.

Con la utilización del generador descrito anteriormente se reduce la dependencia de baterías de Pb-Sn y de alternadores de carga constante, causantes de contaminaciones ambientales al ser desechadas y tratados incorrectamente, así como se aprovecha la energía calórica para generar electricidad mediante inducción de calor y de frío. Por otra parte, este trabajo de titulación busca sentar bases para la realización de futuras investigaciones y para la implementación y mejora de nuevas tecnologías que abarquen la generación de electricidad. Al no existir un producto de las mismas características en el mercado, esto puede ser usado como un puente hacia el emprendimiento.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

- Generar energía eléctrica aprovechando el calor que se da en el sistema de escape de un motor a combustión, mediante el diseño y construcción de un termo generador de baja carga basado en el uso de un elemento termoeléctrico.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

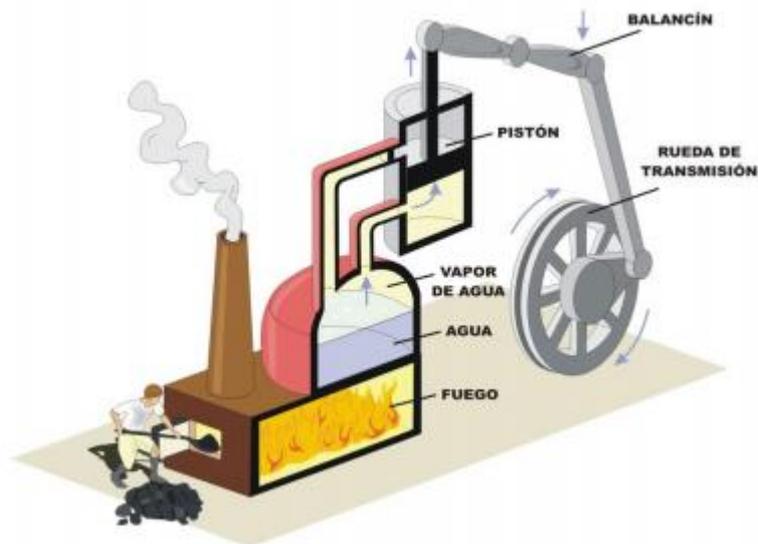
- Identificar los principios de funcionamiento y generación de energía de una célula Peltier para la implementación en un termo generador.
- Recuperar energía con el uso de un termo generador instalado al principio del sistema de escape para la generación de electricidad de baja carga durante el ciclo de funcionamiento del motor.
- Determinar las condiciones ideales para la recuperación de energía en relación con el diferencial de temperatura y la eficiencia de generación.
- Comparar los resultados obtenidos de recuperación de energía en las diferentes pruebas a diferentes cargas del motor y porcentaje de eficiencia de generación de energía del termo generador.

## 1.5 Marco Teórico

### 1.5.1 Bases teóricas

#### 1.5.1.1 Origen y evolución de los motores.

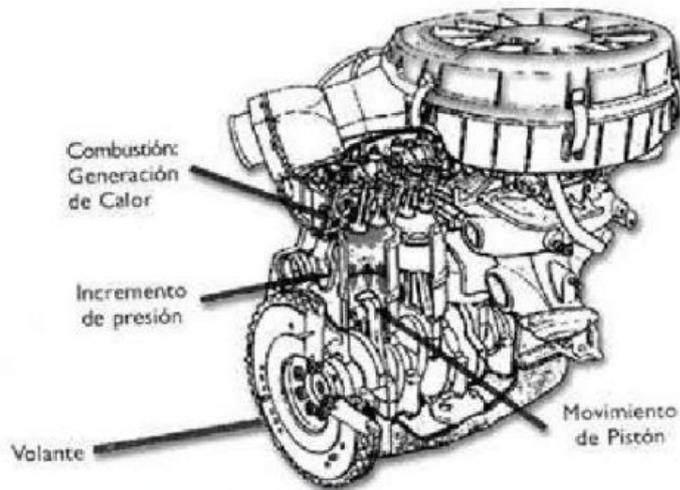
La revolución industrial plantó su inicio con el surgimiento de la máquina de vapor, independizando a la humanidad de la dependencia absoluta de las fuentes de energía primarias como el sol, el agua, el viento, y el esfuerzo tanto humano como animal. Las máquinas de vapor fueron las principales impulsadoras de maquinarias aplicadas en trenes, barcos, automóviles, tractores y fábricas al lograr mover volúmenes mayores de forma eficaz, rápida y segura (Payri y Desantes, 2011, p. 3).



**Figura 1-1:** Máquina de Vapor

**Fuente:** (Ramírez y Basantes, 2013, p. 2)

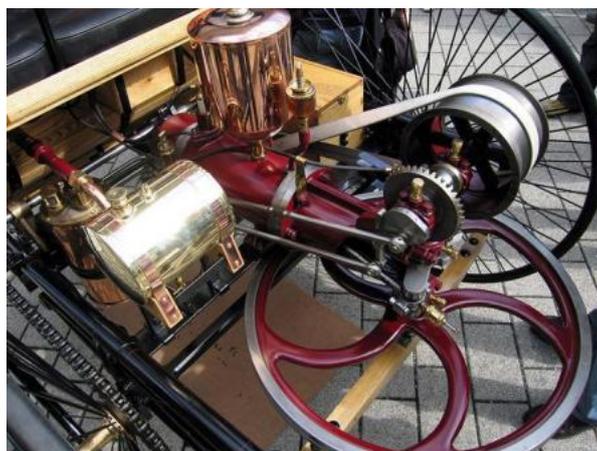
En el año 1860, el ingeniero Jean Joseph Étienne elaboró el que fue hoy en día el primer motor a combustión, con un rendimiento del 3% aproximadamente y trabajando sin compresión. Este motor fue adaptado en su vehículo, pero el resultado fue un automotor pesado y lento, alcanzando solamente una velocidad de 3.7 km/h. A raíz de esto, Joseph Étienne abandonó el proyecto, pero este fue el precursor y principal punto de partida para los demás inventores de esa época. En 1862 el francés Beau de Rochas propuso el primer ciclo teórico para motor de cuatro tiempos con la necesidad de una compresión previa, pero sería en el año 1867 que el alemán Nicholas August Otto, junto con sus compañeros Wilhelm Maybach, Gottlieb Daimler y Eugene Langen comenzaron la fabricación del primer motor a combustión (Pere y Fernández, 2007, p. 58).



**Figura 2-1:** Motor de combustión interna.

Fuente: (Radovitzky, 2011, p. 10)

En 1892, el alemán Rudolf Diesel inventó un motor de autoencendido que no requiere bujías (posteriormente se lo conocería como motor diésel); su operación consiste en un combustible que se enciende a presiones muy altas, el cual brindó mejor eficiencia en comparación con los motores existentes por esos tiempos. Mientras tanto, en Alemania, Karl Benz se enfocó en diseñar motores que iban orientados específicamente para la automoción; su motor fabricado en 1884 era un motor horizontal mono cilíndrico que empleaba un sistema de encendido formado por acumulador, bobina, ruptor y bujía desmontable. Para la dotación de combustible se usó un carburador similar al de Daimler, pero con un sistema de calentamiento por medio de los gases de escape, a partir de 1893 se lo reemplazó por el carburador de flotador inventado por Maybach (Serrano et al., 2019, p. 15)

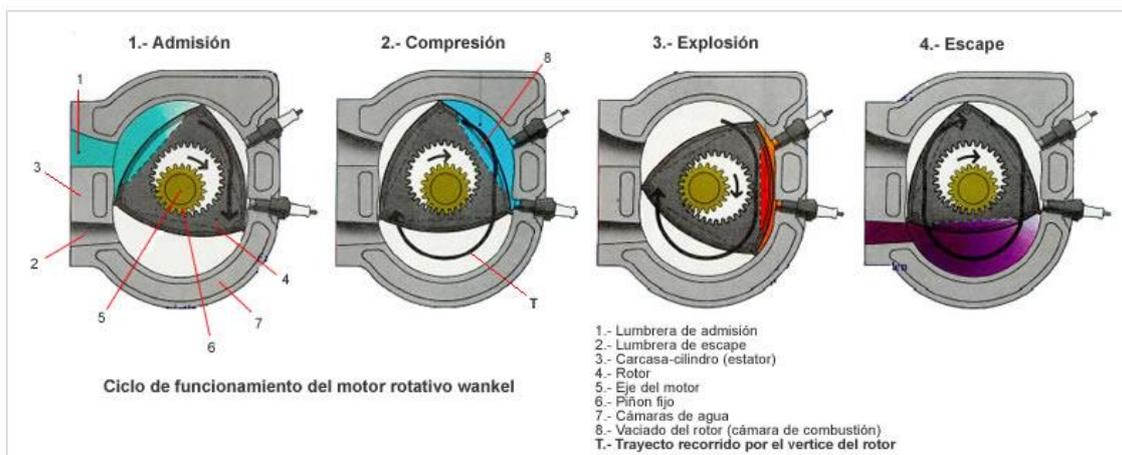


**Figura 3-1:** Motor monocilíndrico creado por Karl Benz

Fuente: (García, 2019)

El desarrollo del motor Otto fue conservador, pero con los avances se pudo obtener una mejora sustancial al multiplicar la relación peso/potencia hasta por 8 a mediados del siglo XIX, consiguiendo así un funcionamiento óptimo por un tiempo prolongado y sin presencia de fallos. El avance se complementa con el entendimiento de los combustibles y su incidencia para la combustión durante la primera guerra mundial (entre 1914 y 1918), que consistía en la quema de gases, el desarrollo de carburadores que vaporicen el combustible y lo mezclen con aire, la relación de compresión y sus limitantes, entre otros.

Entre los años de 1930 a 1950, se da a conocer el nuevo tipo de motor a gasolina con un diseño muy diferente a los motores comunes; este era de tipo rotativo que incorpora un rotor triangular curvilíneo en el interior de una cámara ovalada, reemplazando de esta manera al pistón y al cilindro (Sánchez, 2012). Este motor fue patentado, desarrollado y fabricado por Félix Wankel, por esta razón, el motor lleva su nombre (Motor Wankel) y adquirió mucho éxito por varios años, tanto así que hasta la actualidad es aplicado en ciertos vehículos de marcas como Mazda (Radovitzky, 2011, p. 11).



**Figura 4-1:** Ciclo de funcionamiento del motor rotativo Wankel

**Fuente:** (Sánchez, 2012)

A partir del año 1940 se empieza a descubrir que el uso de estos motores en el transporte automotor era uno de los principales responsables de la contaminación ocasionada por la emisión constante de smog, el cual contiene monóxidos de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. Por lo que en el año 1960 se establece las primeras normativas correspondientes a emisiones contaminantes vehiculares, dando inicio al control en Estados Unidos, Europa y Japón. En la década del 70 se incrementa considerablemente el precio del petróleo, por esta razón los fabricantes se ven obligados a implementar mejoras y diseñar motores que cuenten con una mejor

eficiencia y una mejora en el consumo de combustible, así como la aplicación de biocombustibles como metanol, etanol, gas natural e hidrógeno (Ramírez y Basantes, 2013, p. 4).

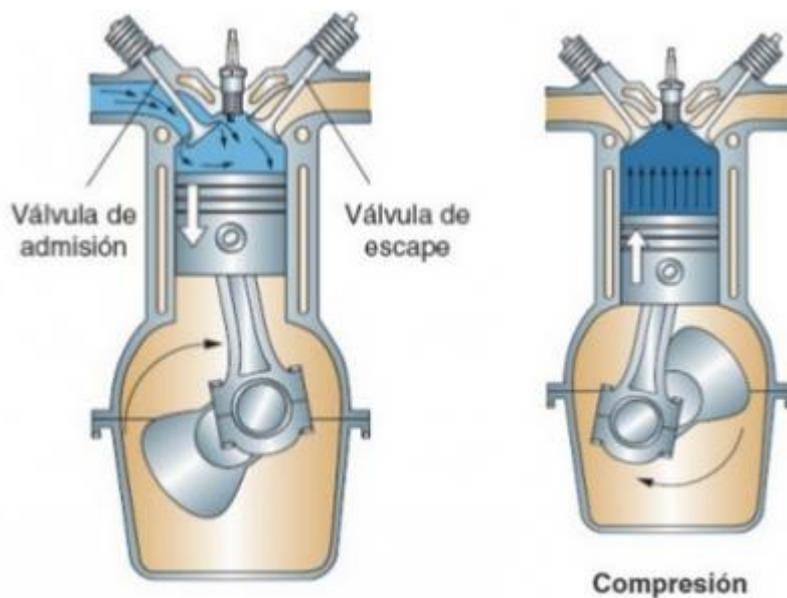
El motor a combustión mantiene sus características fundamentales hasta la actualidad, sus propiedades y principios de funcionamiento siguen siendo indispensables en el desarrollo de nuevas tecnologías. Pero, cabe recalcar que la industria automotriz ha obtenido enormes avances mediante la incorporación de sistemas inteligentes o sofisticados de control, los cuales se han encargado de brindar mejores prestaciones, cumplir funciones más precisas y buscar el máximo aprovechamiento del combustible con la menor cantidad posible de emisiones contaminantes (Ramírez y Basantes, 2013, p. 5-6). No cabe duda de que en los años siguientes la industria nos seguirá sorprendiendo con todos los desarrollos que vendrán en el futuro.

#### *1.5.1.2 Motores de dos tiempos empleados en motocicletas*

Un motor se compone generalmente por varios sistemas, entre ellos tenemos el de refrigeración, sistema de lubricación y el sistema de alimentación de combustible. Con relación al motor, podemos observar los siguientes componentes:

- **Culata:** conocida generalmente como cabezote o tapa de cilindros, su construcción se basa en materiales livianos como el aluminio o hierro fundido en décadas anteriores, su función es la de generar un cierre hermético de las cámaras de combustión del motor de cada cilindro.
- **Cilindros:** son piezas cilíndricas fabricadas de aleaciones de hierro capaces de soportar altas temperaturas en el ciclo de expansión, tienen como función la de albergar en su interior el desplazamiento de los pistones. El volumen resultante de dicho componente se denomina cilindrada la cual es usada para estimar la potencia del motor.
- **Pistones:** es el elemento principal para el funcionamiento de un motor por lo que es necesario que su estructura sea robusta pero ligera debido a esto su fabricación varía en cuanto a sus componentes entre los que se tiene aleaciones de aluminio y níquel que son la mejor opción para motores con bajas relaciones de compresión mientras que para motores con elevadas relaciones de compresión se fabrican en aleaciones de hierro fundido.
- **Bielas:** son elementos fabricados de acero, titanio o aluminio, que son el enlace entre el pistón y el cigüeñal. Tiene un movimiento similar al del pistón, pero también se mueve de izquierda a derecha por su forma estrecha y alargada, de este modo transmite el dinamismo del pistón al cigüeñal.

- **Cigüeñal:** es un eje con codos y contrapesos al cual van unidas las bielas, cuya función es la de moverse en coordinación con las bielas y los pistones. Este movimiento rotatorio es el que se transmite a las ruedas de la moto.
- **Bujías:** son piezas que generan el encendido de la mezcla aire-combustible en los cilindros, por esa razón forman parte del sistema de encendido del motor de la moto.
- **Válvulas:** se encargan de gestionar el ingreso de la mezcla a la cámara de combustión, y de la salida de los gases generados por la combustión. Son piezas fundamentales en el motor y el control de su estado permite saber si la combustión se realiza de forma correcta o no («Clase 6 / Mecánica de Motos» 2016, p. 3-4).

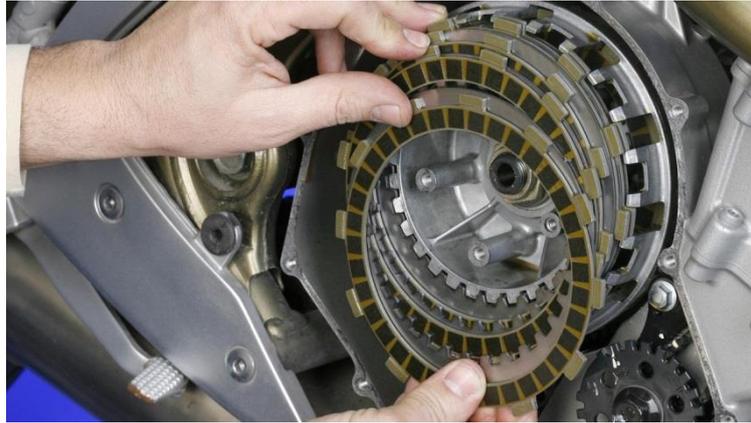


**Figura 5-1:** Motor monocilíndrico de motocicleta

Fuente: (Bernabé, 2019)

### 1.5.1.3 Sistema de embrague

El sistema de embrague es la pieza que se encarga de acoplar y desacoplar la transmisión del motor a la transmisión de la rueda trasera. Es decir, es el sistema que puede tanto transmitir como interrumpir la energía de transmisión; dicha energía corresponde a la potencia del par motor que se dirige desde la cámara de combustión hasta la rueda trasera. El sistema de embrague se compone de una serie de discos de fricción que regulan la transmisión de energía o potencia y sirven para el acople o desacople del cigüeñal con la caja de cambios, y esta con la rueda trasera mediante la cadena de tracción («Clase 6 / Mecánica de Motos» 2016, p. 7).



**Figura 6-1:** Sistema de embrague de motocicleta.

Fuente: (López, 2020)

El embrague lleva el proceso de pasar de neutro a una marcha, o de una marcha a otra mediante la unión o desunión del motor y la caja de cambios, dando como resultado la fuerza que se le da o se le quita a la rueda trasera. Cuando se acciona el mando del embrague, la rueda trasera es liberada y pierde su tracción (similar al embrague de un vehículo), esto permite al conductor de la motocicleta realizar los cambios de marcha sin problemas («Clase 6 / Mecánica de Motos» 2016, p. 8).

#### *1.5.1.4 Funcionamiento de motores de 2T y 4T*

El motor de dos tiempos es capaz de realizar el ciclo de admisión, compresión, explosión y escape en solo dos recorridos del pistón y un giro del cigüeñal, lo que significa que este motor produce una detonación por cada vuelta del cigüeñal, mientras que un motor de cuatro tiempos puede producir una explosión por cada dos vueltas del cigüeñal, completando el ciclo en cuatro recorridos del pistón y dos giros del cigüeñal. En conclusión, una moto con motor de dos tiempos de la misma cilindrada va a tener mayor velocidad, pero al mismo tiempo generará mayor consumo de combustible y, por ende, mayor desgaste (Bernabé, 2019).

#### *1.5.1.5 Colector de escape*

El colector de escape es el encargado de evacuar los gases de la combustión a un tubo único con un platillo de acople donde se une el tubo de escape, y debe cumplir ciertos parámetros para ser considerado idóneo. Lo primero, es que debe tener suficiente resistencia a la corrosión para ser duradero a las temperaturas de funcionamiento altas; esto se puede conseguir con un proceso de cromización, silicación, aluminación o una combinación de todos estos sobre un tubo de acero, o bien usando hierro fundido aleado. Además, debe impedir que se dé un enfriamiento elevado de

los gases calientes, por esta razón los tubos de escape suelen ser de paredes metálicas gruesas (Rojo, 2015, p. 45–46).



**Figura 7-1:** Colector de escape de motocicleta.

**Fuente:** (Rojo, 2015, p. 46)

#### 1.5.1.6 Principio de los fenómenos termoeléctricos

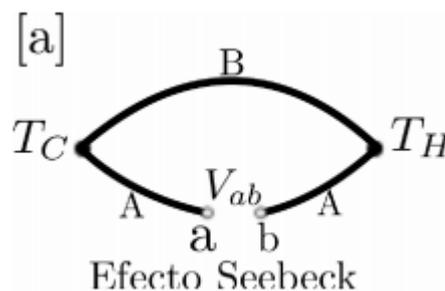
En el siglo XIX James Prescott Joule pudo observar uno de los tantos fenómenos termoeléctricos en la resistencia que ofrecía la materia al movimiento de los electrones que, mediante este proceso dotan de energía cinética al entorno, la cual es disipada en forma de calor. En el mismo siglo, William Thomson (conocido también como Lord Kelvin) descubrió un efecto del mismo tipo que consistía en la absorción o liberación de calor desde un conductor eléctrico con una corriente eléctrica circulante, que tiene un gradiente de temperaturas. Adicional a estos, Jean Charles Peltier descubrió en 1834 otro efecto surgido de las bases de Thomas Seebeck en 1821, que consistía en la unión de dos conductores unidos con sus extremos de diferente temperatura, generando así un diferencial de voltaje que dependa de los materiales para temperaturas altas o bajas (Romero, 2005). Todos estos efectos fueron considerados para la producción masiva de generadores eléctricos por John William Strutt (más conocido como Lord Rayleigh), pero no se llevó a cabo ya que se obtenía un rendimiento muy por debajo de lo esperado (Alem.).

El efecto Peltier se basa precisamente en el efecto Seebeck, el cual consiste en conducir un flujo de corriente continua a través de dos conductores eléctricos de naturaleza diferente, para que en uno de los extremos de la celda se induzca calor mientras el otro está siendo refrigerado para con

esto obtener un diferencial de temperatura (Patterson y Sobral, 2007, p. 1–2). La corriente generada mediante este efecto puede aumentar si se posee un buen sistema de disipación y refrigeración en uno de los extremos de las placas, para alcanzar potencias de hasta 1W, pero con eficiencias de hasta un 6% (Alem,).

- **Efecto Seebeck**

El efecto Seebeck es un fenómeno termoeléctrico que consiste en la transformación de un diferencial de temperatura en electricidad, esto se debe a la respuesta de los metales o semiconductores a la diferencia de temperatura. Con este proceso, se crea una corriente de circuito que produce un campo magnético, formando así un circuito completo que dote de corriente continua gracias a las temperaturas diferenciadas entre los dos diferentes semiconductores o metales (Undurraga, 2014, p. 3).



**Figura 8-1:** Esquema Efecto Seebeck

Fuente: (Rodríguez, 2010, p. 4)

$$\Delta V = S\Delta T$$

Donde:

$\Delta V$  = Diferencia de potencial

$S$  = Coeficiente de Seebeck

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre  $T_c$  y  $T_H$

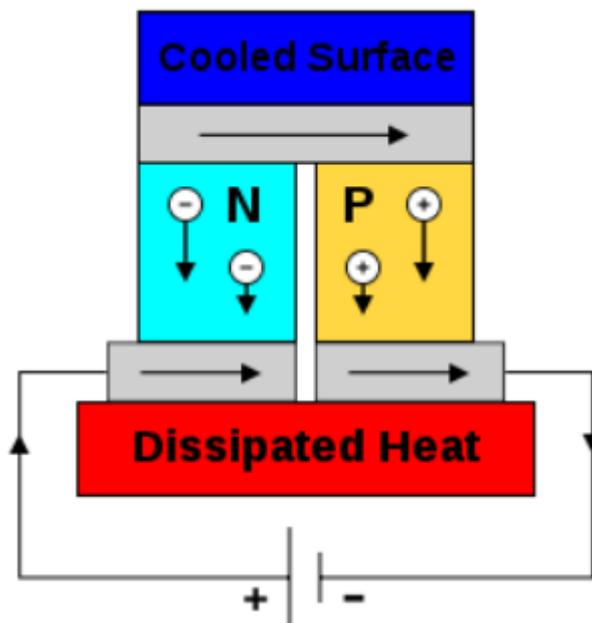
El efecto Seebeck por lo general es usado en dispositivos obtenidos de la unión de metales, más conocidos como termopar, ya que se puede medir tanto temperaturas absolutas, como diferencias de temperatura teniendo en cuenta la temperatura de uno de los dos extremos. El efecto se describe por Díaz Tarascó de la siguiente manera:

*“Se generan los efectos difusión de portador de carga y arrastre de fonones. Los portadores de carga en los materiales (electrones en metales, electrones y huecos en los*

*semiconductores, iones en los conductores iónicos) se difundirán cuando un extremo de un conductor está a una temperatura diferente del otro. Portadores calientes se difundirán desde el extremo caliente al extremo frío, pues hay menor densidad de portadores calientes en el extremo frío del conductor. Portadores fríos se difundirán desde el extremo frío al extremo caliente por la misma razón” (Díaz Tarascó, 2008, p. 1-2).*

- **Efecto Peltier**

El efecto Peltier tiene sus bases en los fundamentos del efecto Seebeck, y se lleva a cabo cuando una corriente pasa por dos metales o semiconductores unidos por “junturas de Peltier”, tomando como referencia la creación de un diferencial de temperatura debido a un voltaje eléctrico. De esta manera, una juntura se calienta, mientras que la otra se enfría (Undurraga, 2014, p. 5).



**Figura 9-1:** Aplicación del efecto Peltier en un semiconductor

Fuente: (Díaz Tarascó, 2008, p. 2)

$$\pi = \frac{l}{q}$$

Donde:

$\pi$  = Coeficiente de Peltier

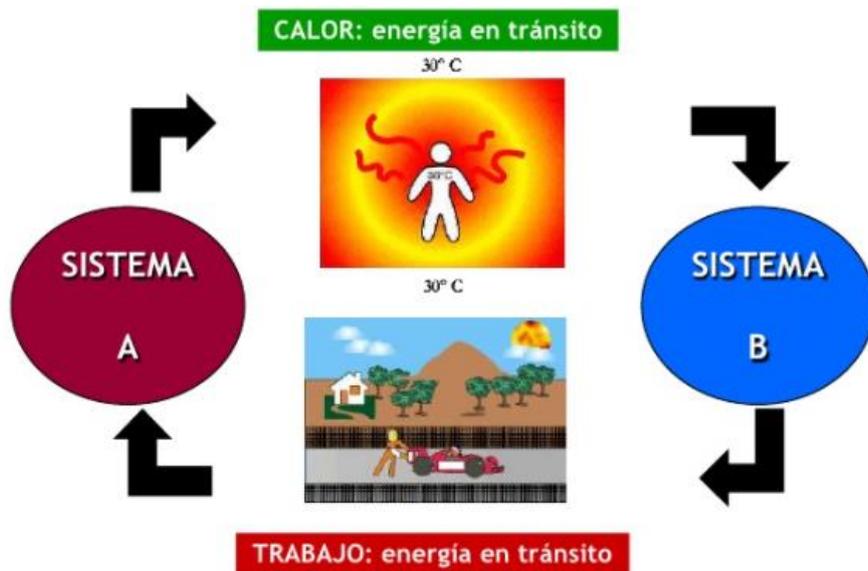
$l$  = Corriente eléctrica

$q$  = Flujo de calor

Como se aprecia en la figura, el dispositivo actúa como un enfriador cuando una fuente de potencia es suministrada. En el elemento tipo N, los electrones circularán en dirección contraria al flujo de corriente, mientras que los electrones del elemento tipo P circularán en dirección del flujo de corriente. Estos dos, removerán el calor de un lado del elemento (Díaz Tarascó, 2008, p. 2).

### 1.5.1.7 Transferencia de energía

La energía se define como la capacidad de los sistemas materiales para producir cambios; esto no quiere decir que la energía sea la causante de dichos cambios, sino que las transferencias de energía son resultado de las interacciones existentes. La primera propiedad de la energía es la Transferencia entre cuerpos, de esta forma los sistemas materiales tienen dos formas de intercambio de energía: mediante trabajo siempre y cuando una fuerza produzca un desplazamiento, y mediante calor entre dos sistemas que tengan una diferencia de temperatura. Por lo tanto, el Trabajo y el Calor son dos formas de energía en tránsito (Rubio, 2010, p. 7).



**Figura 10-1:** Intercambio de energía entre Sistemas

Fuente: (Rubio, 2010, p. 7)

### 1.5.1.8 Transferencia de calor

Las leyes de la Termodinámica se refieren al proceso de transferencia de energía únicamente cuando los sistemas se encuentran en equilibrio, para que se permita determinar la cantidad requerida de energía para que un sistema cambie de un estado de equilibrio a otro (Rubio, 2010, p.

24). Sin embargo, la rapidez con la que estos cambios se llevan a cabo no es posibles de predecir, para lo cual, es necesario tomar en cuenta la transferencia de calor, que permite complementar la primera y segunda ley de la Termodinámica para conseguir una predicción de esta velocidad de transmisión (Cengel y Ghajar, 2011, p. 5–7).

La transferencia de calor consiste en el intercambio de la energía entre dos sistemas en contacto gracias a la existencia de un gradiente de temperatura entre los mismos. El flujo de calor se da mediante la ejecución del trabajo que consiste en el cambio de la energía interna, y en correlación con la transferencia de calor se puede encontrar la Termodinámica. Esta brindará métodos de análisis para predecir las temperaturas finales una vez que los dos sistemas hayan alcanzado el equilibrio y la cantidad de energía transferida entre los estados inicial y final de equilibrio (Cengel y Ghajar, 2011, p. 7).

En ingeniería, es indispensable el poder conocer la velocidad de transferencia del calor ya que, para calcular tanto el presupuesto como la factibilidad de un sistema que tiende a transferir cierta cantidad de calor en un intervalo de tiempo determinado, es necesario llevar a cabo un análisis detallado de la transferencia de calor. Como ejemplos, podemos citar los calefactores, refrigeradores, calderas, e intercambiadores de calor en general que no son dependientes solamente de la cantidad de calor transferida, sino también de la velocidad de transferencia bajo parámetros establecidos (Kreith et al., 2012, p. 3).

#### *1.5.1.9 Propagación del calor*

La transferencia de energía calórica se produce siempre y cuando dos sistemas se encuentran a diferentes temperaturas (desde el de mayor temperatura al de menor) hasta lograr el equilibrio térmico; o de otro modo, es la entrega de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas, produciendo así un flujo de calor desde las temperaturas más altas, a las temperaturas más bajas. Cabe recalcar que los mejores conductores de calor son los metales, y el aire es considerado un mal conductor de calor. En vista de que, en cualquier lugar se puede encontrar variaciones de temperatura, la transferencia de calor es considerada como un tema universal (Kreith et al., 2012, p. 9).

La transferencia de calor siempre se da desde el sistema con mayor valor de temperatura hacia el menor, este proceso se detiene cuando ambos medios consiguen la misma temperatura (Kreith et al., 2012, p. 5). Es necesario saber que, en la transmisión de calor, un problema se puede dar por varios mecanismos de transferencia que actúen simultáneamente. Sin embargo, se darán

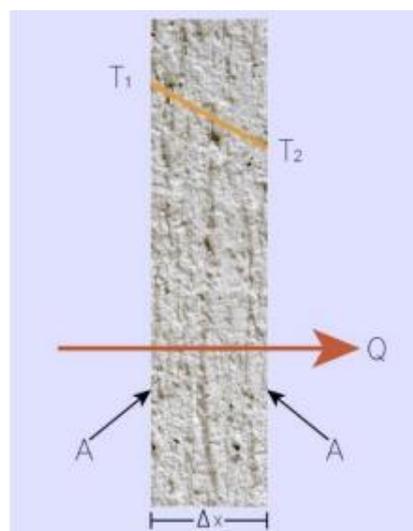
ocasiones en las que exista un mecanismo dictador sobre los demás, y así se podrá despreciar algún mecanismo cuya acción no incida en el proceso, es decir, que su presencia sea irrelevante o mínima (Cengel y Ghajar, 2011, p. 8).

La propagación del calor posee tres mecanismos mediante los cuales el calor es transportado. Estos son: conducción, convección y radiación.

- **Conducción**

La conducción de calor se lleva a cabo a través de un material fijo, como una barrera o una pared. La energía es transmitida mediante una comunicación molecular directa sin un deslizamiento apreciable de las moléculas (Kreith et al., 2012, p. 17). La teoría cinética nos menciona que la energía interna de un material está dada por la posición relativa y la velocidad de las moléculas, mientras mayor sea la rapidez del movimiento de las moléculas, mayor es la energía interna y la temperatura (Incropera y DeWitt, 1998, p. 22).

Un ejemplo de conducción se puede observar en un vaso con agua a diferentes temperaturas, de la mitad hacia abajo fría y el resto caliente, con el transcurso del tiempo toda el agua del vaso tendrá la misma temperatura en un punto medio de las dos. Este proceso se da gracias a la transferencia de calor por conducción desde el cuarto hacia el agua a través del material del vaso (plástico, vidrio, etc.), del mismo modo, la rapidez de conducción del calor dependerá mucho de la forma del vaso, su espesor y la diferencia de temperatura existente entre estas dos superficies.



**Figura 11-1:** Fuerzas actuadas sobre una pared por conducción

**Fuente:** (Dussán y Suavita, 2018, p. 28)

De la gráfica anterior, tenemos que:

$\Delta x$  = Ancho de la pared

A = Área de la pared

$T_1$  = Temperatura del lado con mayor temperatura

$T_2$  = Temperatura del lado con menor temperatura.

De estos datos, tenemos que:

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Donde:  $\Delta T$  = Diferencial de temperatura

La razón de la transferencia de calor incrementa cuando el diferencial de temperatura aumenta al doble, pero se reduce a la mitad siempre y cuando el espesor de la pared se duplica, lo que da lugar al enunciado que menciona que:

*“...la razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de esta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa.”* (Cengel y Ghajar, 2011, p. 13).

La fórmula de la transferencia de calor por conducción puede ser expresada de la siguiente manera:

$$\dot{Q} = KA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x}$$

O de la forma

$$\dot{Q} = -KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Donde:

$K$  = Conductividad térmica del material de la pared.

Si el espesor de la pared  $\Delta x = 0$ , entonces la ecuación anterior se reduce a:

$$\dot{Q} = -KA \frac{dT}{dx}$$

Esta ecuación es conocida como la Ley de Fourier de la Conducción de calor, en honor a J.

Fourier, que presentó este tema en su texto en el año 1822 (Rof Ballús, 2015, p. 18).

- **Radiación**

La radiación es la emisión continua de energía desde la superficie de los cuerpos, sin la necesidad de que exista un medio material entre el emisor y su receptor. Este tipo de energía se transmite mediante ondas electromagnéticas, recibiendo como nombre de Calor Radiante. Por definición, todos los cuerpos pueden emitir calor radiante continuo si su temperatura se encuentra por sobre el cero absoluto (K). El movimiento de la radiación tiene es similar a la transmisión de la luz, por lo está asociado a la teoría ondulatoria la misma que no tiene la posibilidad de ser determinada la verdadera naturaleza de la radiación. La transferencia de calor por radiación se da en pequeñas unidades de energía, y su frecuencia depende de la naturaleza de su fuente (Kreith et al., 2012, p. 21–22).

Es un fenómeno volumétrico en la que intervienen todos los elementos en cualquier estado ya que tienen la misma capacidad de emitir o absorber radiación, dependiendo además de la longitud de onda de radiación, la cual está dada como la razón entre la velocidad de propagación y la frecuencia cuya unidad es el *micrón*. La radiación puede ser registrada por los sentidos humanos siempre y cuando las longitudes de onda se encuentren dentro de la región del espectro (entre 0,1 y 100 $\mu$ ), causando el calentamiento apreciable del cuerpo receptor de calor (Kreith et al., 2012, p. 22).

La radiación puede ser propagada mediante rayos X, rayos gamma, vía microondas, ondas de radio y televisión. Sin embargo, estas formas no serán consideradas ya que nos vamos a centrar en la radiación térmica en sólidos opacos como madera y metales; en estos materiales la radiación es un fenómeno superficial debido a que al material al cual este expuesta se absorbe. Se tiene la fórmula correspondiente a la máxima razón de la radiación emitida desde una superficie, proveniente de la ley de Stefan-Boltzmann (Cengel y Ghajar, 2011, p. 15), que es:

$$\dot{Q} = \sigma A_s T_s^4$$

Donde:

$\sigma$  = Cte de Boltzmann ( $5.67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ ) o ( $0.1714 \times 10^{-8} Btu/h \cdot ft^2 \cdot R^4$ )

$A_s$  = Área superficial.

$T_s$  = Temperatura de la superficie.

Esta ecuación de radiación se aplica para un cuerpo negro (emisividad  $\varepsilon = 1$ ). Pero hay que tomar en cuenta que esta superficie es ideal; la real es mucho menor que la desprendida por un cuerpo negro (emisividad  $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ). De este modo, la fórmula se representaría como:

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4$$

Entonces, cuando una superficie esta encerrada por otra más grande o negra, separada por aire (el cual no interviene en la radiación) y a diferente temperatura, la fórmula de la transferencia de calor por radiación (Cengel y Ghajar, 2011, p. 16) se representa como:

$$\dot{Q} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{aired}^4)$$

Donde:

$T_{aired}$  = Temperatura de la superficie circundante.

- **Convección**

La transferencia de calor por convección es el proceso mediante el cual, la energía es transferida hacia el fluido adyacente (líquido o gas) que se encuentra en movimiento. Por ejemplo: cuando un fluido entra en contacto con una superficie sólida a diferente temperatura, el proceso resultante de intercambio de energía térmica se denomina transferencia de calor por convección (Romero, 2005).

De la definición, se desprenden dos ideas referentes a tipos de procesos de convección: la primera es la convección libre o natural, que se lleva a cabo cuando el movimiento del fluido no es complementado por una acción externa mecánica; y la segunda es la convección forzada, la cual se da si el movimiento es complementado por una fuente externa de accionamiento (Incropera y DeWitt, 1998, p. 23). Esta fuente externa puede ser un agitador (ventilador), y tanto la convección libre como la convección forzada se dan a diferentes velocidades, siendo de uso más común la convección forzada (Romero, 2005).

A diferencia de la convección forzada, la convección libre se da gracias al movimiento del aire caliente ya que, al tener sus moléculas más separadas, se vuelve más ligero y menos denso; el aire frío por ser más denso desciende, generando así el movimiento del fluido (Incropera y DeWitt, 1998, p. 24). Si la diferencia de temperaturas entre el fluido y la superficie no es capaz de vencer la fuerza resistiva del aire al movimiento, se dará una transferencia de calor por conducción (Dussán y Suavita, 2018, p. 30). La convección libre se puede dar inclusive si el sistema abarca cambios de fase en un fluido, a causa de esto la velocidad de transferencia de calor por convección será proporcional al diferencial de temperatura que consta en la ley de Newton del enfriamiento (Cengel y Ghajar, 2011, p. 17), cuya fórmula se representa como:

$$\dot{Q} = h A_s (T_s - T_\infty)$$

Donde:

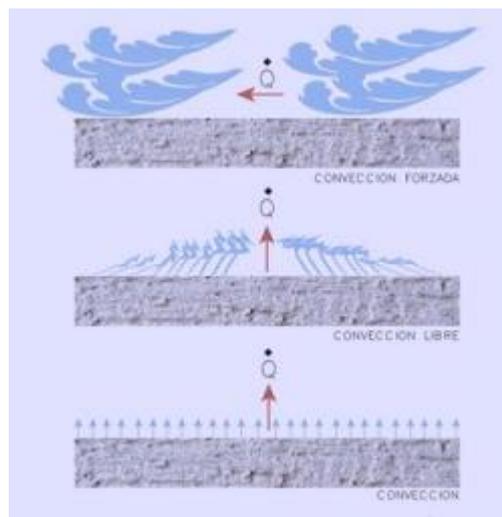
$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección.

$A_s$  = Área superficial.

$T_s$  = Temperatura de la superficie.

$T_\infty$  = Temperatura del fluido suficientemente alejado de la superficie.

Esta ecuación para el enfriamiento se encarga de relacionar la temperatura del fluido circulante, el área y la temperatura de la superficie afectada, y el coeficiente de transferencia de calor por convección. El valor correspondiente a este último factor depende mucho de factores como temperatura, velocidad y calor específico, así como también es necesario considerar la clasificación en la que se encuentra el fluido (Romero, 2005). Existe mucha similitud entre la transferencia de calor por convección y la transferencia de calor por conducción ya que se necesitan un medio que pueda transportar o un fluido que no tenga movimiento (Cengel y Ghajar, 2011, p. 18).



**Figura 12-1:** Tipos de convección en una pared

**Fuente:** (Cengel y Ghajar, 2011, p. 18)

Como se puede observar en el gráfico anterior, los diferentes tipos de transferencia de calor por convección dependen tanto de las condiciones del fluido, como del tipo de barrera por la que el fluido debe pasar. La transferencia de calor por convección forzada se lleva a cabo cuando el fluido es obligado a atravesar una superficie por accionamiento de medios externos como bombas o ventiladores; la convección libre muestra que las corrientes al fluir generan una forma natural, que se asemeja al efecto de la flotación (asciende el fluido caliente y permanece descendente el fluido frío) (Romero, 2005).

### 1.5.1.10 Dispositivos para la generación de energía

Los dispositivos termoeléctricos son capaces de transformar el calor en energía eléctrica, y de realizar la función de enfriadores de estado sólido. Los avances en la tecnología de termoelectricidad implican un gran impacto en la industria automotriz tanto en aprovechamiento del calor residual, como en ahorro de combustible debido a que los dispositivos termoeléctricos poseen la capacidad de utilizar los kilovatios que se pierden en forma de calor en los motores de combustión interna para poder generar energía eléctrica sin necesidad de añadirle carga al motor. Esto nos ayuda a crear un sistema de baja carga que pueda abastecer consumidores tales como luces, y hasta carga de baterías de teléfonos inteligentes (Balseca et al., 2020, p. 427).

- **Semiconductores**

Los semiconductores son materiales con una conductividad eléctrica intermedia entre un aislante y un conductor debido a que posee propiedades aislantes a bajas temperaturas y propiedades conductoras a temperatura ambiente con esto la conductividad en ellos varía en base al aumento de impurezas en su estructura molecular, las cuales se consiguen mediante el proceso de dopar el material, esto consiste en añadir electrones o agujeros a su estructura, generando de esta manera dos tipos de semiconductores:

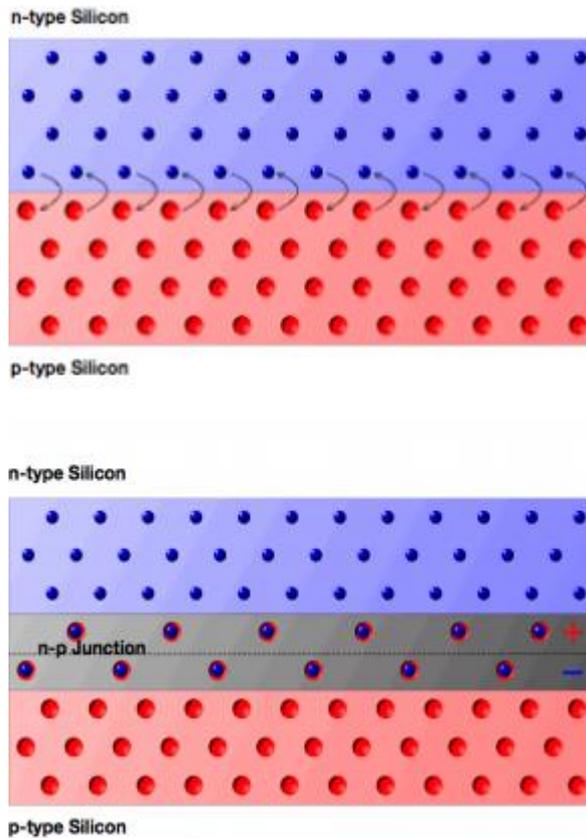
Tipo P: este nombre reciben los semiconductores cuya estructura tiene demasiados agujeros. La etiqueta “P” proviene de “positivo” debido a la naturaleza de carga positiva a causa de la falta de electrones.

Tipo N: este nombre reciben los semiconductores cuya estructura tiene demasiados electrones. A causa de este excedente, recibe la etiqueta “N” proveniente de “negativo”.

Los elementos más empleados en el proceso de dopaje para conseguir los semiconductores descritos anteriormente son: fósforo (P), arsénico (As) y silicio (Si) para los tipo N, y boro (B) para los tipo P (Rof Ballús, 2015, p. 16).

- **Unión P-N**

Los dos tipos de semiconductores mencionados anteriormente se unen para formar las llamadas uniones P-N. En la unión, los electrones del semiconductor tipo N se desplazan hacia los agujeros del tipo P, dejando libre la llamada “unión” que es una zona de carga neutra (Rof Ballús, 2015, p. 16–17).



**Figura 13-1:** Unión de semiconductores P-N

Fuente: (Rof Ballús, 2015, p. 17)

- **Células Peltier**

El efecto Peltier se caracteriza por la existencia de un diferencial de temperaturas entre las dos partes de un semiconductor cuando existe una corriente en circulación. Las células Peltier están formadas por dos semiconductores, uno de tipo P y otro de tipo N unidos entre sí por una lámina de cobre, generando a la interna el llamado efecto termoeléctrico de Peltier (Sandoval et al., 2008, p. 158).

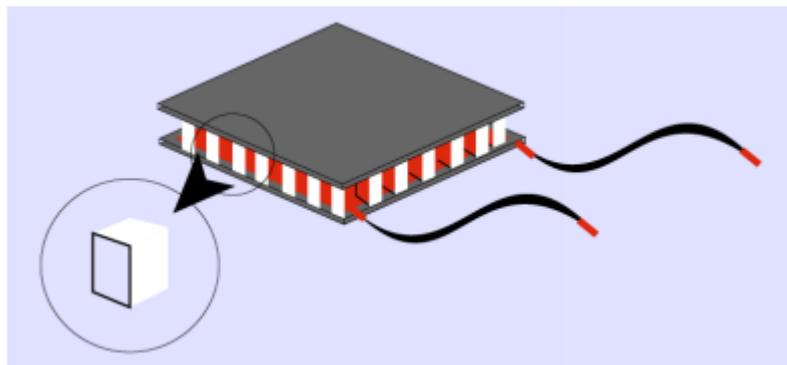


**Figura 14-1:** Estructura interna de una célula Peltier

Fuente: (Meca y Jiménez, 2013, p. 1)

Si al semiconductor P se le aplica una señal negativa y al semiconductor N se le aplica una señal positiva, la placa de cobre superior generará frío mientras que la parte inferior generará calor. Si se invierten las polaridades a su vez también se invierten las temperaturas en las placas de cobre (Rubio Ramírez et al., 2017, p. 3). La estructura de los módulos de las galgas de Peltier se conforma de bloques de  $1\text{mm}^3$  conectados en paralelo térmicamente y en serie eléctricamente. Las galgas tienen variación tanto en su vida útil como en su funcionamiento, no todas funcionan a los mismos voltajes y corrientes, y esto depende mucho de las empresas manufactureras debido a que, por su estructura y materiales son capaces de generar diferentes temperaturas y diferente potencia (Dussán y Suavita, 2018, p. 47).

Una sola celda es capaz de generar una potencia de  $0.5\text{W}$ , lo que concluye que el número de celdas a usar puede variar dependiendo de la potencia refrigerante que sea necesaria (Rof Ballús, 2015, p. 17). Por ejemplo, si se requiere una potencia de  $10\text{W}$  aproximadamente, sería necesario usar un promedio de entre 20 a 25 celdas, por lo que la potencia refrigerante generada será proporcional al número de celdas que se incluyan.

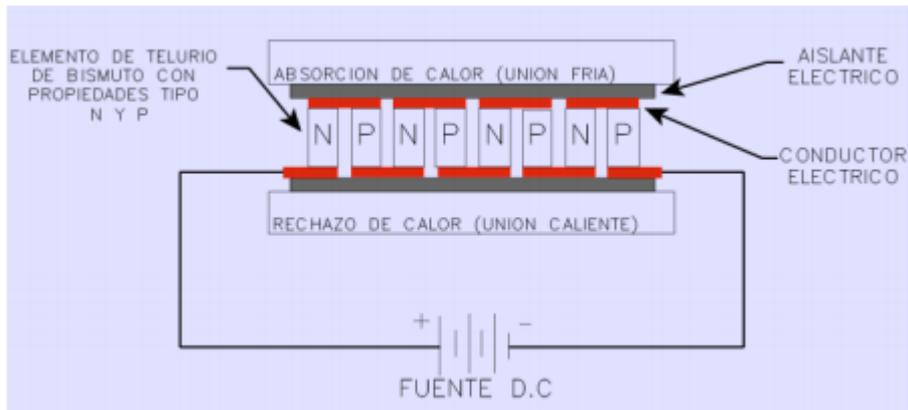


**Figura 15-1:** Semiconductores internos de una Célula Peltier

**Fuente:** (Dussán y Suavita, 2018, p. 48)

Para tener más claridad acerca del tipo de celdas y sus componentes, regresemos al Foro Estatal de Investigación Científica y revisemos cómo lo definía Arturo Sandoval y sus compañeros:

*“Los semiconductores de las celdas Peltier son fabricados con bismuto (Bi) o telurio (Te) para ser de tipo N o P por la razón que estos elementos son buenos conductores de electricidad y al mismo tiempo malos conductores de calor, de este modo se facilita la transferencia de calor por efecto de corriente continua desde la placa fría hacia la placa caliente”* (Sandoval et al., 2008, p. 160).

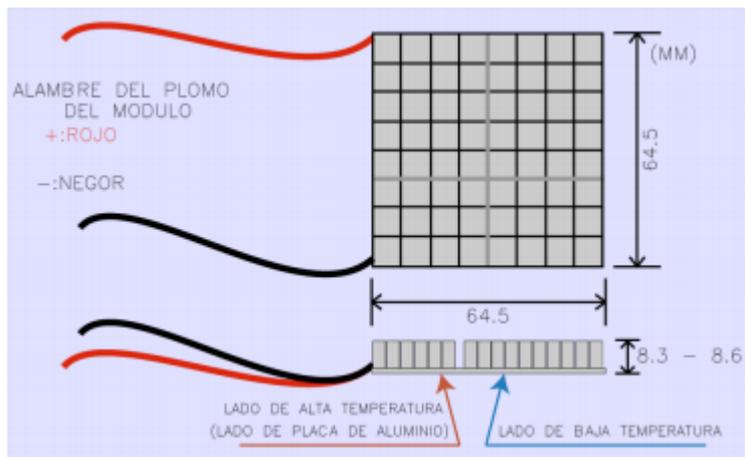


**Figura 16-1:** Celda Peltier

**Fuente:** (Dussán y Suavita, 2018, p. 48)

### 1.5.1.11 Células Peltier disponibles en el mercado

En la actualidad, la demanda de células Peltier está ocasionando un incremento en el desarrollo de las mismas, debido a esto es posible encontrar una gran variedad de empresas que se dedican al desarrollo y producción de las mismas, y muchas de estas operan bajo ciertos pedidos y parámetros requeridos especialmente por el usuario (Godoy, 2016, p. 17–18). Los diferentes tipos de celdas disponibles en el mercado son las siguientes: celdas estándar, multietapa o en cascada, de alta potencia, de alta temperatura, en serie-paralelo, microceldas, etc.



**Figura 17-1:** Dimensiones de célula Peltier

**Fuente:** (Dussán y Suavita, 2018, p. 49)

En la parte industrial se puede encontrar empresas productoras de células Peltier como MELCOR, cuyas especificaciones de diseño a escala pequeña ofrecen una corriente de 0.8A como valor mínimo hasta 2.0A como máximo y unas dimensiones de 3.4mm hasta 14.4mm. Otra empresa productoras a mayor escala es THERMONAMIC que se encarga de la distribución de módulos generadores de energía y de refrigeración; sus productos cuentan con certificados de calidad y transmiten una mayor cantidad de voltaje y corriente, como el modelo TEP1-12656-0.8 se puede obtener una resistencia a temperaturas iguales o superiores a 300°C y generar tanto una potencia de 14.5W como una corriente de 2.9A. Finalmente, si se requiere una célula de mayor resistencia, se puede optar por la empresa THERMOELECTRIC-GENERATOR encargada de generar celdas compuestas de Ca/Mn capaces de resistir hasta temperaturas de 800°C

**Tabla 1-1:** Especificaciones Célula Peltier (THERMOELECTRIC-GENERATOR)

Temperatura (C)	Voltaje (V)	Amperios (A)	Wattios (W)
400	2,55	0,88	2,24
500	3,4	1,1	3,75
600	4,16	1,32	5,49
700	5,13	1,57	8,07
800	6,4	1,92	12,3

**Fuente:** (Dussán y Suavita, 2018, p. 50)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Diseño metodológico

##### 2.1.1 *Tipo de Investigación*

Este tipo de investigación es: descriptiva, cualitativa y cuasiexperimental debido a que nos permite dar solución a la problemática planteada, alcanzar los resultados deseados en los objetivos y dar una alternativa para la obtención de energía mediante la inducción calor/frío enmarcados dentro de los principios de la electrónica, permitiéndonos así sustentar este proyecto.

##### DESCRIPTIVA

Se considera una investigación descriptiva debido a que se señalará e interpretará a través de los resultados, como la temperatura máxima alcanzada en el tubo de escape, el voltaje máximo obtenido y las circunstancias bajo las cuales fueron obtenidos. Esta investigación es la que más se asemeja al estudio ya que su objetivo es el de determinar qué es lo que sucede y qué grupos son los más afectados.

##### CUANTITATIVA

Es una investigación cuantitativa porque se busca determinar el voltaje máximo generado por las celdas, así como la temperatura bajo la cual se obtiene el resultado, y las circunstancias bajo las cuales fue obtenido. Este tipo de investigación se encarga del análisis y cuantificación de variables para la obtención de resultados mediante el uso de análisis estadístico para poder justificar todas las interrogantes por medio de la recopilación de datos en forma numérica.

##### CUASIEXPERIMENTAL

Consideramos una investigación cuasiexperimental ya que tenemos variables generales que serán sometidas a un número determinado de pruebas, dentro de las cuales se podrá controlar ciertos parámetros, pero no factores como la velocidad del aire o el clima mientras se llevan a cabo las pruebas. Esta investigación cuasiexperimental busca probar hipótesis causales mediante la manipulación de variables independientes.

## **2.1.2 Población y muestra**

### **2.1.2.1 Población**

La población está conformada por motores de combustión interna a gasolina monocilíndricos ya sean de 2 o 4 tiempos con su sistema de escape general.

### **2.1.2.2 Muestra**

Tomando como fuente bases de datos del INEC, tenemos que las motocicletas representan un 24,2% del parque automotor existente en el Ecuador. La adquisición de motocicletas va en aumento cada vez más debido a sus bajos costos, bajo consumo de combustible y costos de mantenimiento relativamente económicos.

De igual manera, al realizar una inspección visual a las motocicletas posibles a seleccionar, se determinó que la estructura de la motocicleta llamada *Caballito* es la mejor opción por su diseño y localización tanto del motor como del tubo de escape. Por esta razón, y al cumplir con los requerimientos, se ha seleccionado este tipo de motocicleta.

### **2.1.2.3 Unidad de muestreo**

La unidad de muestreo será la motocicleta tipo *Caballito* marca OROMOTO, con un motor de combustión interna de 110cc, en el cual serán realizadas las pruebas necesarias.

### **2.1.2.4 Unidad de análisis**

La unidad de análisis será el voltaje obtenido de las celdas peltier con la conexión debidamente realizada y con las pruebas ejecutadas en diferentes aspectos.

### **2.1.2.5 Tipo de muestreo**

El tipo de muestreo de esta investigación es el probabilístico de tipo incidental; probabilístico porque se ha seleccionado un vehículo automotor que cada vez es más elegido por gente que necesita movilización, y de tipo incidental porque la población fue escogida directamente para la recolección de datos al tener un acceso fácil y directo a dicha población.

## 2.2 Parámetros de diseño

### 2.2.1 *Requerimientos del sistema a implementar*

En la implementación del sistema de baja carga, este proyecto se puede dividir en dos partes: la primera corresponde a la viabilidad en la aplicación del mismo, encargándose de la identificación de la ubicación que tendrá en el montaje, el diseño, la adaptación, la conexión y las pruebas correspondientes; mientras que la segunda parte corresponde a la factibilidad del dispositivo termoeléctrico para dotar de energía a los pequeños consumidores. Para dar inicio a la conceptualización del diseño, es necesario tomar en cuenta ciertos pasos específicos que permitan obtener un producto capaz de satisfacer las necesidades, así como ofrecer confiabilidad, eficiencia, manufactura sencilla y accesibilidad en cuanto al tema económico, por lo que se requiere tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Identificación de los requisitos
- Características del sistema
- Funciones del prototipo
- Requisitos del diseño
- Criterios de evaluación

#### 2.2.1.1 *Identificación de los requisitos*

Como principales requerimientos, podemos mencionar los siguientes:

##### ➤ **Costo del Producto**

Al no ser un producto disponible en el mercado nacional, la importación de un similar representaría un alto costo de adquisición y un proceso difícil o hasta imposible de obtenerlo desde el exterior, por lo que la construcción del prototipo se llevará a cabo con partes y piezas que sean de fácil acceso en nuestro mercado.

##### ➤ **Acoplamiento universal**

El sistema está diseñado para ser acoplado en una motocicleta con motor de 4 tiempos y 110cc de cilindraje, sin embargo, no será limitado únicamente a este modelo debido a que, al tener el mismo principio de funcionamiento, es aplicable a la gran variedad de los motores de combustión

interna de cualquier cilindraje, por esta razón el prototipo puede ser aplicado en el sistema de escape de la mayoría de las motocicletas en el país.

### ➤ **Autonomía**

La autonomía es fundamental debido a que las motocicletas suelen desplazarse en su mayoría por entornos urbanos y a distancias prolongadas, por lo cual se ha tomado en cuenta varios factores al momento de realizar las pruebas.

#### 2.1.2.2 *Características del Sistema*

- El estado del motor de la motocicleta está en óptimas condiciones debido a que es necesaria una combustión adecuada (sin presencia de aceite ni otros fluidos en los gases de escape) para que se genera la mayor cantidad de calor posible en el tubo de escape.
- Se mantiene el tubo de escape original ya que su material es un muy buen conductor de calor, de esta manera se aprovecha al máximo el calor generado por la circulación de los gases de escape.
- Las celdas Peltier están conectadas en serie, y están adheridas al tubo de escape mediante una base colocada con suelda. Son 3 bases en total, cada una contiene 2 celdas conectadas en serie.
- Cuenta con un amplificador de voltaje en el circuito, el cual se encarga de aumentar la cantidad de voltaje generado por las celdas para poder alimentar los consumidores que sean necesarios.
- El circuito amplificador está localizado en una parte interna de la motocicleta para evitar posibles contactos con elementos corrosivos, o que puedan generar cortocircuitos que causen un daño irreversible al sistema.

#### 2.1.2.3 *Funciones del Prototipo*

El prototipo debe ser capaz de acoplarse fácilmente al sistema de escape, inducirse adecuadamente tanto de frío como de calor, generar el voltaje máximo permitido para que este se dirija al circuito amplificador, el cual se encargará de multiplicar el voltaje y de esta manera ser capaz de energizar a los consumidores existentes en la motocicleta a aplicar.

#### 2.1.2.4 *Requisitos de diseño*

Los requisitos que se han determinado para el prototipo son los siguientes:

1. El prototipo debe ser ligero y de sencilla manipulación
2. Debe ser capaz de alimentar al menos a un consumidor (de preferencia, foco de iluminación)
3. Se requiere que el prototipo sea ajustable fácilmente al sistema de escape, y su respectiva inducción de calor y frío se dé sin obstrucciones.
4. La energía generada debe mantenerse constante y sin desperfectos.
5. El prototipo debe estar muy bien asegurado para evitar posibles desperfectos mientras el motor esté en funcionamiento.
6. El mantenimiento o recambio de una o varias células debe ser sencillo (en caso de requerirlo).

#### 2.1.2.5 *Criterios de evaluación*

Al tomar en cuenta ciertas características que buscan influir en la toma de decisiones para una mejora en el diseño final, la evaluación del prototipo se realizará en base a los siguientes parámetros:

1. Peso ligero
2. Fácil acoplamiento
3. Suministro de energía constante
4. Costo accesible
5. Conexión segura

## 2.3 Fase mecánica

### 2.3.1 Selección del motor de combustión interna



**Figura 1-2:** Motocicleta semiautomática OROMOTO

Fuente: (Molina E, Ruiz R. 2020)

Para el motor de combustión interna, se ha seleccionado una motocicleta tipo “Caballito” marca OROMOTO, la cual cuenta con un motor mono cilíndrico de 110cc de cilindrada. Esta motocicleta ha sido realizada mantenimientos preventivos y correctivos para un funcionamiento óptimo, y una vez finalizado el proyecto será rearmada adecuadamente para una mejor presentación.

### 2.3.2 Selección del tubo de escape



**Figura 2-2:** Tubo de escape original de la motocicleta.

Fuente: (Molina E, Ruiz R. 2020)

Para el sistema de escape en el cual irá acoplado el diseño, se ha seleccionado el mismo tubo de escape correspondiente al propio automotor, conservando así la estructura tanto de los conductos como de los acoples al motor sin que exista variación de áreas.

### 2.3.3 Selección de la posición en la cual se colocará el termo generador



**Figura 3-2:** Sección curva del tubo de escape

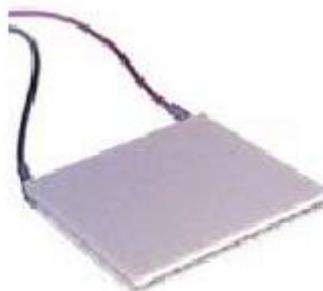
**Fuente:** (Molina E, Ruiz R. 2020)

Para la ubicación del montaje se ha medido la temperatura que se genera a lo largo de la tubería de escape en búsqueda del lugar más apto para la colocación. La medición del valor de temperatura se realizó con un termómetro digital, desde la unión del tubo con el colector de escape del motor hasta el silenciador del escape en distintas condiciones: ralentí, aceleración media y máxima. Obtuvimos como resultado que la temperatura disminuye desde el primer punto hasta el último, y que el diseño compacto de la motocicleta ocasiona carencia de espacios amplios. Por esta razón el único punto en el cual existe exposición para el flujo de aire, y que cuenta con la temperatura deseada, es después de la sección curva del tubo de escape.

## 2.4 Fase electrónica

### 2.4.1 Selección de la celda Peltier

La celda Peltier escogida para el desarrollo fue la TEC1-12706, considerada la más adecuada para nuestro diseño por contar con las prestaciones necesarias para llevarlo a cabo.

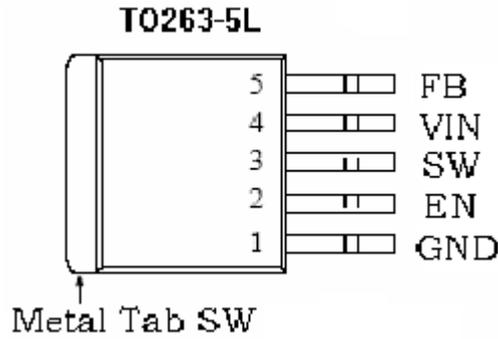


**Figura 4-2:** Celda Peltier TEC1-12706

**Fuente:** (Hebei I.T Co. Ltd, 2011, p. 1)

### 2.4.2 Selección del amplificador de voltaje

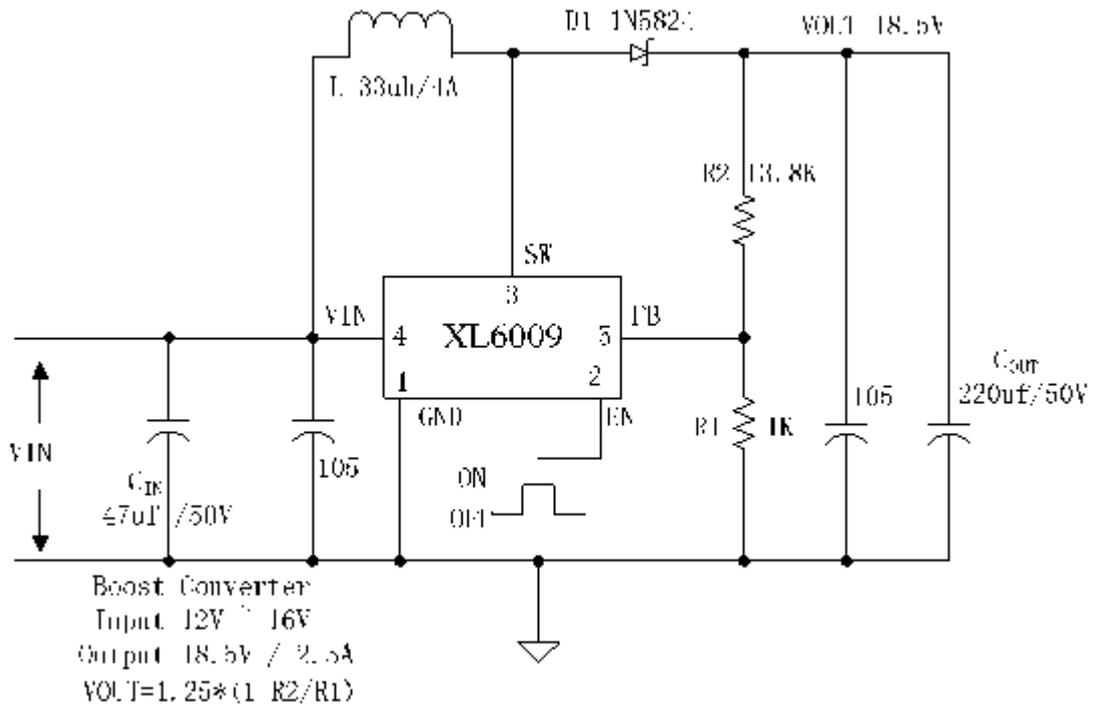
Para el aumento del voltaje que se usará en la conexión de los consumidores se escogió el amplificador XL6009, el cual nos permitirá alcanzar hasta 6 veces más, el voltaje generado por la conexión de las células Peltier.



**Figura 5-2:** Gráfico Amplificador de Voltaje XL6009

Fuente: (XLSEMI, 2012, p. 2)

Al ser un circuito amplificador ya prefabricado, no es necesario realizar un nuevo diseño del circuito de conexión de este ya que se considerará el diseño establecido de fábrica. De este modo, se procede a la construcción del generador.



**Figura 6-2:** Gráfico Circuito de aplicación para amplificación del XL6009

Fuente: (XLSEMI, 2012, p. 3)

## 2.5 Construcción del termo generador de baja carga

### 2.5.1 Estudio estructural

Después de considerar los análisis anteriores acerca del lugar adecuado para la inducción de calor, se inicia el proceso de definición del punto exacto en el tubo de escape de la motocicleta en donde irán colocadas las celdas Peltier. Se vuelve a repetir el proceso de medición de temperatura mediante un termómetro digital infrarrojo para reafirmar que el punto elegido para la aplicación del proyecto brindará la temperatura necesaria para una buena inducción tanto de calor como de frío.



**Figura 7-2:** Punto adecuado para anclaje de celdas

**Fuente:** (OROMOTO, 2015)

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2020)

Una vez determinado el lugar a colocar y tras considerar varios tipos de acoples se llega a definir un tipo de sujeción sencillo que permita un montaje y desmontaje breve, y no cause una menor propagación de calor, como lo es una placa de acero, la cual se une a la celda Peltier mediante tornillos, y al tubo de escape mediante suelda eléctrica.

### 2.5.2 Diseño

#### 2.5.2.1 Base de sujeción

La base de sujeción consiste en una placa de acero que se une a la celda Peltier mediante un tornillo, de esta manera se mantendrán fijas. Las bases de sujeción (3 en total) van adheridas al tubo de escape mediante suelda eléctrica ya que con esto asegura una mejor sujeción de las placas, mejorando la transferencia de calor para que no se vea afectada por alguna resistencia.



**Figura 8-2:** Base de sujeción unida al escape

**Fuente:** (Molina E, Ruiz R. 2020)

### 2.5.2.2 *Sistema Eléctrico*

#### ➤ **Requisitos del sistema**

A continuación, se mencionará ciertas condiciones que se consideran importantes para el desarrollo y la selección de los componentes eléctricos tanto para poder cumplir con los requerimientos establecidos como para que el prototipo sea viable tanto en el aspecto económico como en el ambiental.

- **Impermeabilidad**

Los elementos que componen el sistema eléctrico deben ser capaces de soportar condiciones meteorológicas adversas, puesto que la lluvia suele ser común en nuestra región.

- **Autonomía**

El prototipo debe estar en la capacidad de ofrecer un tiempo prolongado de funcionamiento para respaldar un desplazamiento continuo, razón por la cual es necesario elegir un generador de voltaje que pueda operar horas de trabajo extendidas.

- **Voltaje**

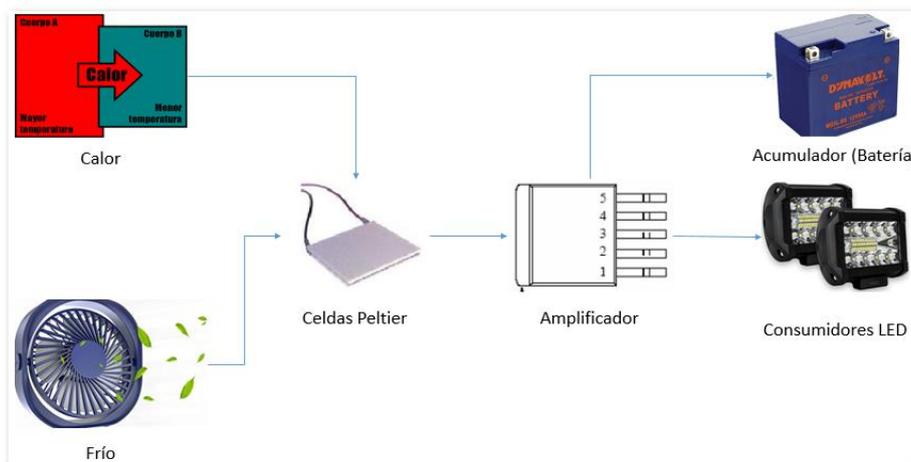
El voltaje necesario para que el sistema opere debe ser igual o superior a los 12V, ya que un voltaje menor no tendrá la posibilidad de alimentar a los consumidores necesarios que tenga el prototipo. Este valor dependerá mucho del amplificador que se use.

- **Peso Reducido**

Es muy importante que el peso de los componentes del sistema sean lo más ligeros posibles, debido a que un peso alto en los componentes eléctricos puede ocasionar que la autonomía del prototipo se vea afectada.

➤ **Descripción de funcionamiento del sistema eléctrico**

El siguiente gráfico se observa el funcionamiento del sistema eléctrico:



**Figura 9-2:** Gráfico Secuencia del sistema eléctrico del prototipo

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2020)

Cuando el motor entra en operación, el calor generado por la circulación de los gases de escape eleva la temperatura el tubo de escape, transmitiendo dicho calor hacia las placas de sujeción de las celdas, ocasionando así el un incremento de temperatura en las celdas y en los disipadores. Al mismo tiempo, la acción del viento ocasiona una variación en la temperatura de las celdas, lo que permite la generación de un voltaje con una intensidad de corriente relativa la cual fluye hacia el circuito amplificador que incrementa el valor de voltaje e intensidad de corriente. Cuando la corriente generada pasa por el amplificador, se dirige hacia la batería (la cual actúa como un acumulador) y finalmente esta se dirige hacia los consumidores colocados en la motocicleta.

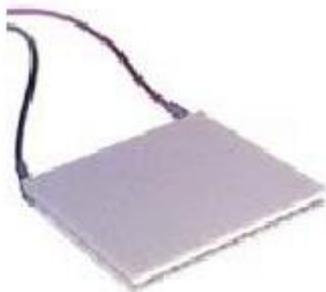
## ➤ Componentes del sistema eléctrico

Considerando los parámetros establecidos anteriormente, se procede a seleccionar los componentes que conformarán el sistema eléctrico, tomando en cuenta los parámetros necesarios para que su funcionamiento se dé.

- **Celda Peltier**

Acorde a los parámetros requeridos, se ha analizado la tabla de especificaciones de rendimiento y se ha seleccionado la Celda TEC1-12706 para el sistema eléctrico.

**Tabla 1-2:** Especificaciones de Célula Peltier

Especificaciones de Rendimiento		
Temp. Lado Caliente	25°C	50°C
Qmax (W)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (Amps)	6.4	6.4
Vmax (Volts)	14.4	16.4
Resistencia módulo (Ohm)	1.98	2.30
Imagen Referencial		

Fuente: (Hebei I.T Co. Ltd, 2011, p. 1)

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2020)

- **Módulo Amplificador**

En vista de que con la acción sola de las células peltier, es poco probable que los consumidores sean alimentados y operen en sus rangos normales, por lo que es necesario un módulo amplificador que nos permita aumentar tanto el voltaje como la intensidad generada por las celdas. Una vez analizados los rangos de valores en la tabla, se ha seleccionado el amplificador XL6009.

**Tabla 2-2:** Rangos de operación del Amplificador.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Voltaje de entrada	V <sub>in</sub>	-0.3 a 36	V
Voltaje del pin de retroalimentación	V <sub>FB</sub>	-0.3 a V <sub>in</sub>	V
Voltaje del pin de EN	V <sub>En</sub>	-0.3 a V <sub>in</sub>	V
Voltaje del pin del interruptor de salida	V <sub>output</sub>	-0.3 a 60	V
Potencia de disipación	PD	Limitada internamente	mW
Resistencia térmica	R <sub>JA</sub>	30	°C/W
Temperatura operativa de la unión	T <sub>J</sub>	-40 a 125	°C
Temperatura de almacenamiento	T <sub>STG</sub>	-65 a 150	°C
Temperatura emplomada	T <sub>LEAD</sub>	260	°C
ESD		>2000	V
Imagen Referencial	<p style="text-align: center;"><b>T0263-5L</b></p> <p style="text-align: center;"> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 5 FB  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 4 VIN  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 3 SW  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 2 EN  <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 1 GND         </p> <p style="text-align: center;">↑ Metal Tab SW</p>		

Fuente: (XLSEMI, 2012, p. 4)

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2020)

- **Batería**

Una vez determinada la celda Peltier y el amplificador, se procede a determinar una batería, la cual realizará el trabajo de acumulador ya que, la energía generada y amplificada es capaz de alimentar a los consumidores, pero sin un acumulador que la contenga, sería desperdiciada. Por esta razón se ha optado por añadir una batería de Pb-Sn al sistema eléctrico.

**Tabla 2-2:** Especificaciones de la batería a usar.

Especificaciones	
Marca	EXTREME
Modelo	12NS-3B
Tipo	NANO GEL
Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal	5Ah
Corriente de Descarga	5
Ciclos de Vida	250
Fecha de Fabricación	25/07/2020

<b>Procedencia</b>	CHINA POPULAR
<b>Norma INEN</b>	RTE INEN 115
<b>Imagen referencial</b>	

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2020)

### 2.5.3 *Proceso de construcción*

El esquema general abarca desde la fuente principal de alimentación hasta la conexión final de cada celda, hacia el circuito amplificador de voltaje, el cual permite aumentar la energía generada para poder enviar al almacenador de energía que será la batería, y finalmente esta llega hacia los consumidores los cuales deben ser alimentados satisfactoriamente.

Para la generación de energía mediante la inducción de calor y de frío, se utilizan aproximadamente 6 celdas Peltier. Cada una de estas va asentada mediante tornillos de sujeción en una placa de acero adherida al tubo de escape de la moto mediante suelda eléctrica, y de igual manera los disipadores van junto a las celdas mediante la aplicación de pasta térmica.



**Figura 10-2:** Celdas peltier unidas al tubo de escape

Fuente: (Molina E, Ruiz R. 2020)

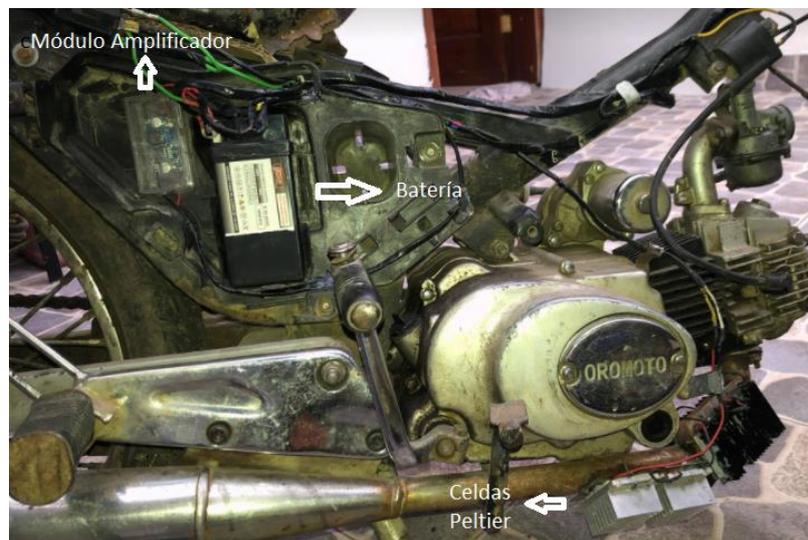
Cada una de las celdas, al recibir calor y frío generaban aproximadamente 1,05v y 300mA. Por esta razón, las 6 celdas fueron conectadas en serie. Una vez conectadas, se procedió a comprobar que exista voltaje en la salida.



**Figura 11-2:** Generación de voltaje por parte de las celdas Peltier

**Fuente:** (Molina E, Ruiz R. 2020)

Una vez comprobado que las celdas conectadas en serie son capaces de proporcionar energía, se procede a realizar la conexión de las 6 celdas en serie para con esto acoplarse al circuito amplificador, el cual se encarga de incrementar tanto el voltaje como la corriente para que sea aprovechada de forma adecuada.

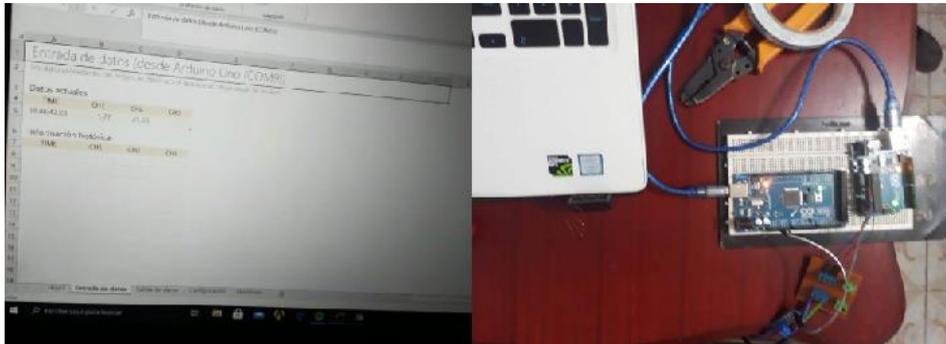


**Figura 12-2:** Conexión entre los componentes eléctricos

**Fuente:** (Molina E, Ruiz R. 2020)

Con la energía ya aumentada por el amplificador, se destina dicha corriente y voltaje hacia un acumulador de energía, que en este caso será una batería de Nano Gel, en cuya conexión se han colocado dos diodos rectificadores unidireccionales para evitar que, en caso fortuito, la corriente y voltaje de la batería se dirija hacia el circuito amplificador y pueda ocasionar daños graves al generador.

Una vez finalizado el proceso de conexión, se procede a realizar las pruebas pertinentes mediante el software de hoja de datos sincronizado con el Arduino UNO, tomando en cuenta todos los parámetros existentes.



**Figura 13-2:** Toma de datos en vivo con la ayuda de Arduino UNO

Fuente: (Molina E, Ruiz R. 2020)

## 2.6 Pruebas de funcionamiento y comparaciones del sistema

Para realizar las pruebas que validen el correcto funcionamiento del prototipo se tomará en consideración parámetros como la temperatura del tubo de escape, la temperatura del dissipador, y la respuesta del circuito amplificador. Para lo cual, se ha propuesto la realización de las siguientes pruebas:

- Temperatura máxima alcanzada con el motor en ralentí y a plena carga.
- Voltaje máximo alcanzado sin el accionamiento del circuito amplificador
- Voltaje máximo alcanzado con el accionamiento del circuito amplificador.
- Capacidad de abastecer energía hacia los consumidores colocados en la motocicleta.

Las pruebas fueron realizadas tomando en cuenta parámetros como: temperatura promedio, velocidad del viento, capacidad de disipación en las celdas, y temperatura máxima de gases de escape.

Se ha tomado en cuenta estos parámetros debido a que en nuestra sierra ecuatoriana las temperaturas promedio oscilan muy poco, así como la altura sobre el nivel del mar y la velocidad del viento.

Se procederá a realizar dos pruebas: la primera se realizará con el motor en ralentí, una temperatura de 18°C aproximadamente, y una velocidad del viento de 20km/h; mientras que la segunda se realizará a plena carga (con aceleración) con los mismos parámetros anteriores (Temperatura de 18°C y velocidad del viento de 20km/h)

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS

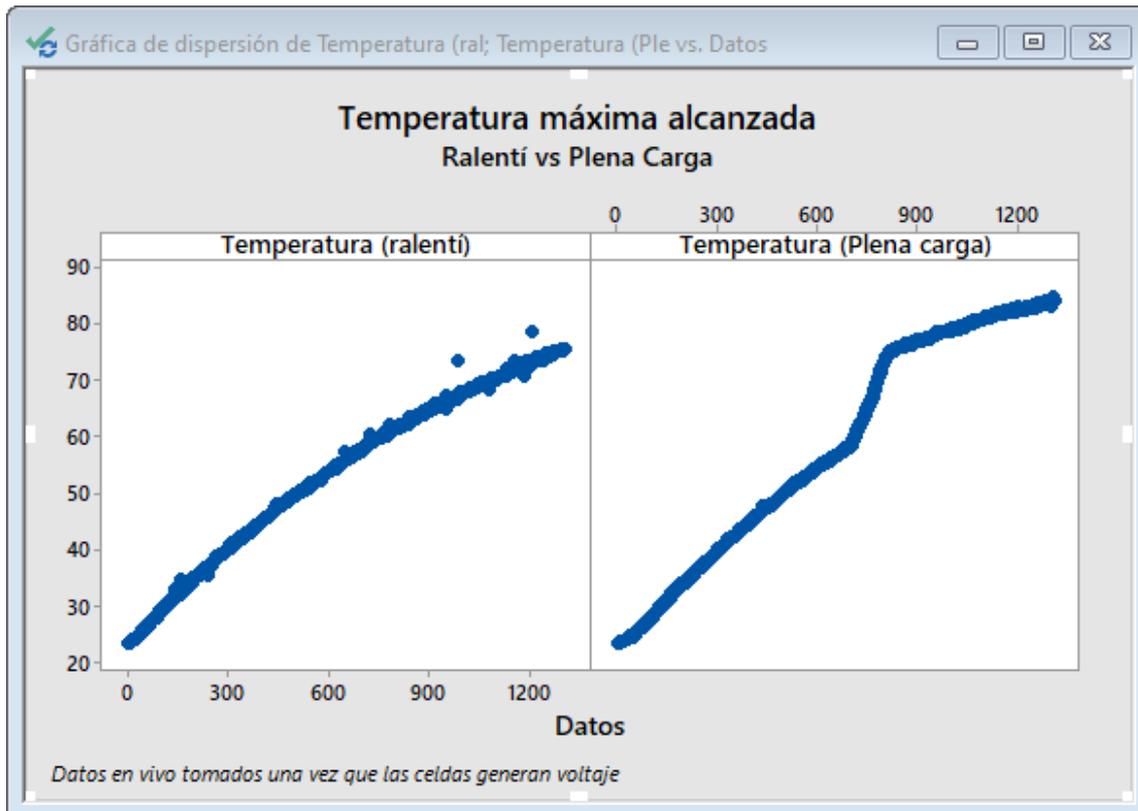
Dentro de los resultados de esta investigación, se pudo evidenciar que el diferencial de temperatura varía según el régimen al cual se encuentre el motor, variando también con esto el voltaje obtenido de la inducción de las células peltier sin operación del circuito amplificador, como con la operación del circuito amplificador. De este modo, es posible obtener una comparativa en los mismos puntos que los datos fueron registrados.

#### 3.1 Método de análisis estadístico

Para la obtención de los resultados se emplea la estadística descriptiva con el objetivo de determinar respuestas claras, exactas, y entendibles para el lector. Se aplicará el método ANOVA como análisis estadístico, así como el análisis simple de la varianza. El análisis estadístico se realizó en base a los datos recopilados de las pruebas realizadas con el objetivo de poder revisar y comprobar los resultados para llevar a cabo: obtención de porcentajes, tabulación e interpolación de datos para finalizar con la interpretación de resultados

##### 3.1.1 *Temperatura máxima alcanzada*

Para la temperatura máxima alcanzada en el tubo de escape las pruebas se realizaron considerando las siguientes condiciones: motor en ralentí, y motor a plena carga (con aceleración). Los datos fueron tomados en tiempo real y la prueba fue realizada en un lapso de tiempo determinado.



**Gráfico 1-3:** Temperatura obtenida en ralenti y a plena carga

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

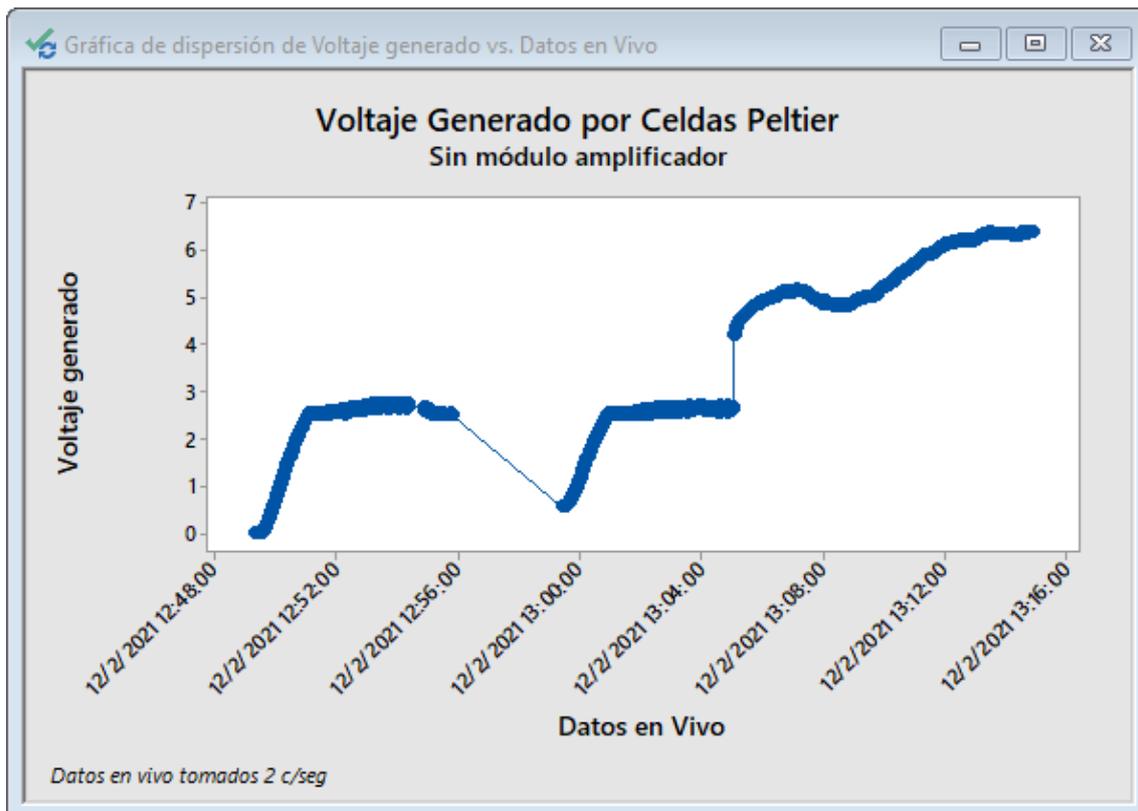
Una vez concluida la respectiva prueba, se han obtenido los siguientes resultados:

- La máxima temperatura que se puede obtener a baja carga es de 78,17 °C,
- Mientras que la temperatura máxima que se obtiene a plena carga es de 84,43 °C

En el transcurso de la prueba no se presentaron interrupciones considerables que detuvieran el calentamiento del motor del prototipo debido a que se lo mantuvo en ralenti y para la siguiente prueba se lo aceleraba constantemente hasta llegar a plena carga.

### 3.1.2 Voltaje máximo alcanzado sin el circuito amplificador

Para determinar dicho valor, se ha considerado una velocidad constante del viento de 20km/h aproximadamente. De igual manera, se ha utilizado el mismo mecanismo anterior para la obtención de datos en vivo.



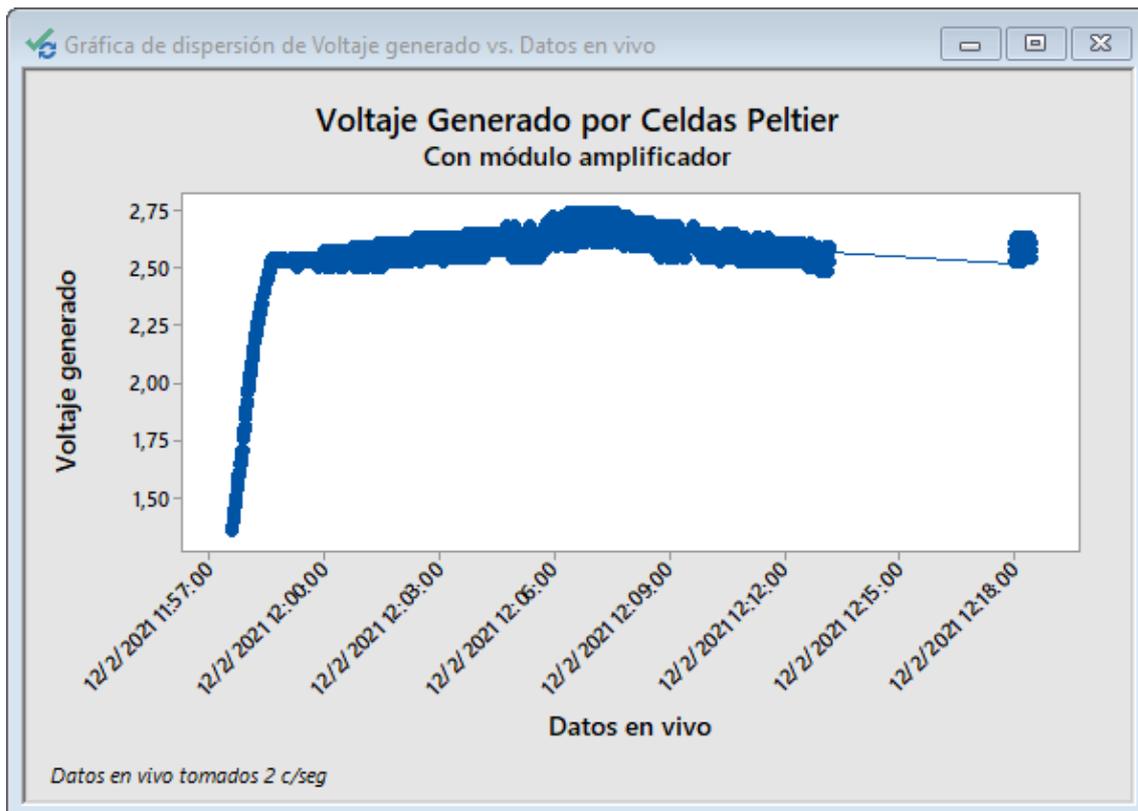
**Gráfico 2-3:** Voltaje obtenido sin accionamiento del amplificador

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

Como se puede apreciar en la gráfica correspondiente al voltaje obtenido, el aumento del voltaje generado por las celdas peltier tiende a variar en aumento a medida que la temperatura del elemento termoeléctrico va en aumento hasta llegar al punto tope. Como resultado tenemos que, el voltaje máximo generado es de 6,37V. Cabe recalcar que, al estar conectado en serie, el voltaje se suma, pero la intensidad de corriente será la misma (de 300mA aprox.), por esta razón, es necesaria la acción del circuito amplificador para poder alimentar a los consumidores instalados en el prototipo.

### 3.1.3 Voltaje máximo alcanzado con el circuito amplificador

Para esta prueba, se toman en consideración los mismos parámetros utilizados en la prueba anterior, la diferencia radica en que, el circuito amplificador está ya conectado en el circuito del termo generador, motivo por el cual, al ser un bobinado (resistencia), es probable que el valor máximo de voltaje sea menor al obtenido en la prueba anterior.



**Gráfico 3-3:** Voltaje obtenido con accionamiento del amplificador.

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

Como resultado de esta prueba, se ha determinado que el voltaje máximo obtenido es de 2.74V, pero, mantiene una constante oscilación entre 2.5 y 2.7v debido a la energización del bobinado existente en el circuito amplificador. A diferencia de la prueba anterior, en vista de que el amplificador ha entrado en funcionamiento, tanto la intensidad de corriente como el voltaje se eleva, obteniendo de esta manera una intensidad de aproximadamente 1.3A, la cual es suficiente para poder alimentar los consumidores que han sido instalados en el prototipo.

### 3.1.4 Capacidad de abastecer energía a los consumidores

Una vez verificado que, tanto el voltaje como la corriente suministrada desde el termo generador son los adecuados, decidimos a realizar la prueba final para verificar el correcto funcionamiento del sistema, que es la conexión hacia los distintos consumidores del prototipo. Para esto hemos seleccionado 4 consumidores, los cuales son:

- Luz LED para el faro delantero.
- Luz LED que simula al freno.
- Luces LED correspondientes a los direccionales traseros.

Para el accionamiento de los consumidores, se ha instalado un interruptor colocado junto al manubrio del acelerador para brindarnos la facilidad de encender cualquiera de los mencionados anteriormente.



**Figura 1-3:** Prueba de consumidores alimentados por termogenerador

**Fuente:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

### 3.2 Análisis Estadístico

En este apartado, se describen los resultados del análisis estadístico, en el cual son registrados varios aspectos del comportamiento tanto del voltaje generado por la inducción, como de la temperatura obtenida. Se ha usado un análisis especial en base a la media, mediana, mínimo y máximo, así como un análisis ANOVA para el cual se aplican varias pruebas de comparación de medias, tanto la LSD como el método de Tukey, ambos para un 95% de confianza. Cabe recalcar que el fin de este estudio es el de definir el momento y las condiciones en las cuales, se pueda observar el voltaje apto para abastecer los consumidores.

#### 3.2.1 *Pruebas de temperatura obtenida en ralentí y a plena carga*

En los ensayos a baja carga y a máxima carga se obtuvieron temperaturas altas, con la particularidad de que la temperatura a plena carga obtiene un valor más alto que la temperatura en ralentí.

Posterior a esto, con el análisis ANOVA se puede observar que ambas temperaturas fueron agrupadas mediante el análisis LSD de Fisher, en el cual se puede observar que no comparten una

letra en la agrupación, por ende, son significativamente diferentes. Cabe recalcar que, en cualquiera de las dos opciones, las celdas son capaces de recibir adecuada inducción de calor y cumplir sus funciones, pero al tener mayor temperatura a plena carga, se recomendaría tomar esa opción.

**Tabla 1-3:** Valores obtenidos de temperatura en pruebas en ralentí y a plena carga

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>
Temperatura (ralentí)	53,549	23,070	55,890	78,170
Temperatura (Plena carga)	58,218	23,240	56,430	84,430

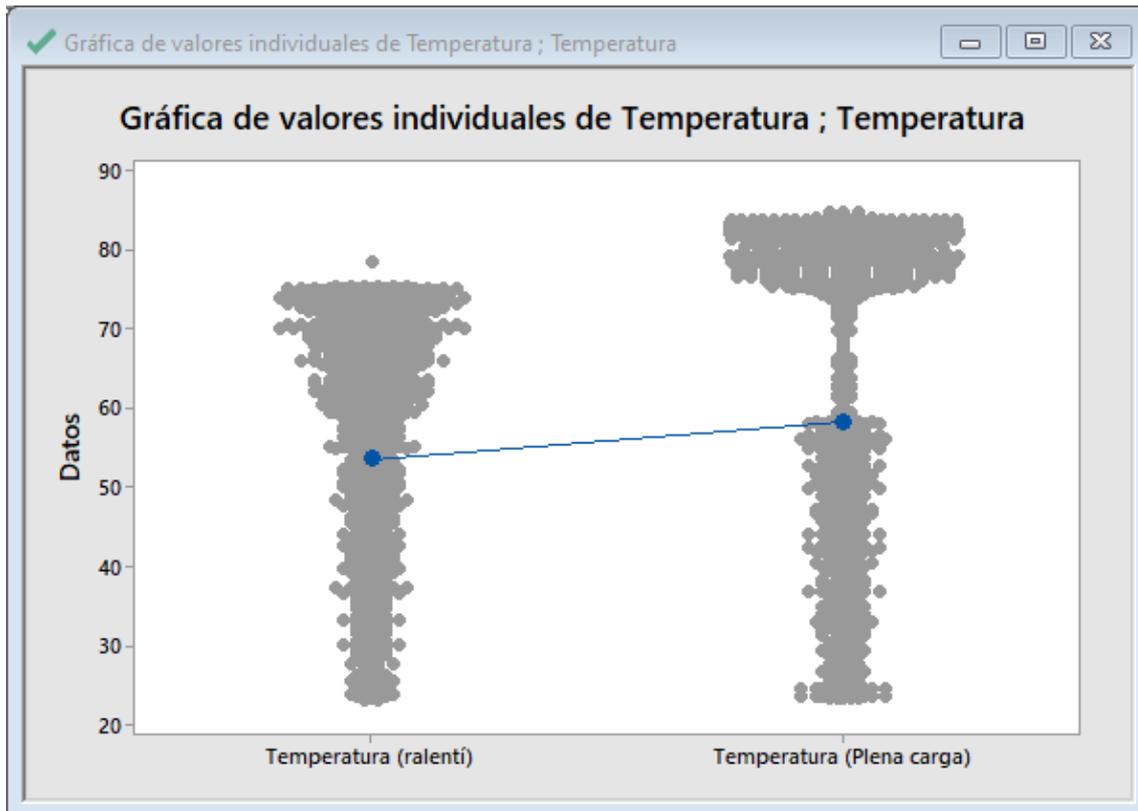
**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

**Tabla 2-3:** Agrupación utilizando el método LSD de Fisher para las pruebas en ralentí en carga

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Temperatura (Plena carga)	1303	58,218	A
Temperatura (ralentí)	1303	53,549	B

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Gráfico 4-3:** Comparación entre las medias de los valores individuales de las dos pruebas

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

### 3.2.2 Pruebas de voltaje obtenido sin la acción del circuito amplificador y con la acción de dicho circuito

En las pruebas realizadas para la obtención de voltaje de las celdas peltier sin accionar el circuito amplificador y accionando este circuito, se obtuvo una diferencia notable en cuanto al voltaje máximo obtenido, y a la media de cada una de las pruebas, lo cual será sustentado con el análisis ANOVA realizado al igual que se hizo con las pruebas de temperatura descritas anteriormente.

**Tabla 3-3:** Valores obtenidos de voltaje en pruebas con y sin acción del circuito amplificador

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo
Voltaje sin amplificador	3,9054	0,0000	4,8000	6,3000
Voltaje con amplificador	2,1479	0,0000	2,5400	2,5900

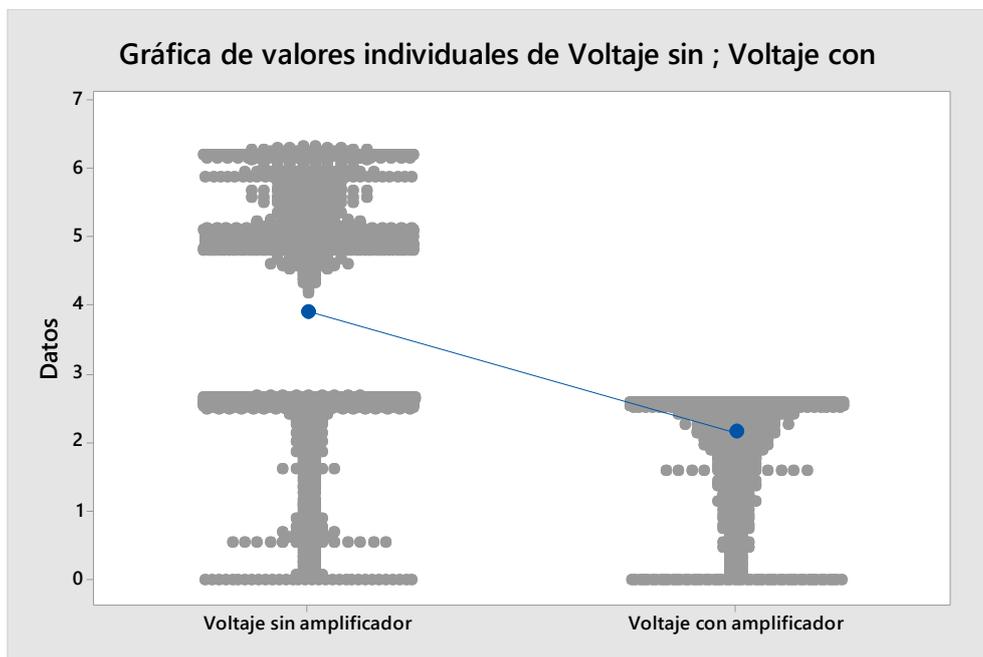
Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

**Tabla 4-3:** Agrupación utilizando el método de LSD de Fisher para las pruebas con y sin el amplificador

Factor	N	Media	Agrupación
Voltaje sin amplificador	1729	3,9054	A
Voltaje con amplificador	1213	2,1479	B

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

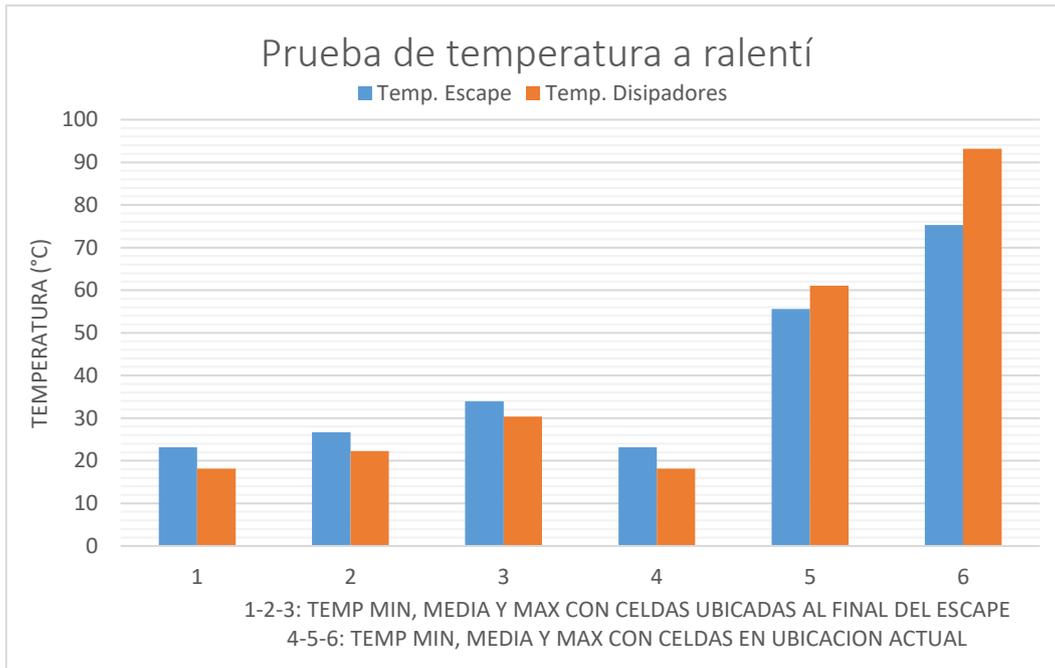


**Gráfico 5-3:** Comparación entre las medias de los valores individuales de las dos pruebas

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

### 3.3 Discusión de Resultados

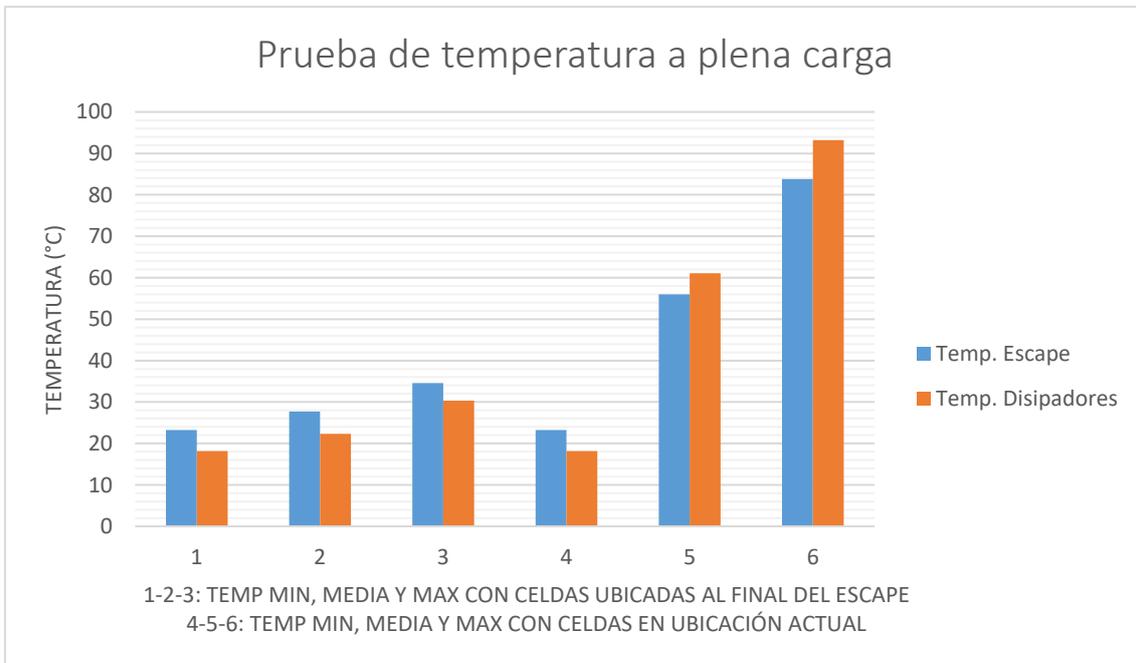
Después de haber realizado las pruebas pertinentes, tomando en consideración las variantes que tuvieron incidencia en el proceso, se pudo observar que las temperaturas generadas fueron lo suficientemente altas como para que las celdas peltier puedan ser inducidas de forma correcta, independientemente de si se lo hace en ralentí o a plena carga, como se muestra en la figura 7-3 y 8-3. Para la obtención de dichos datos se realizó un análisis previo en el tubo de escape para poder determinar el lugar adecuado para la generación de voltaje para aprovechar al máximo las celdas peltier.



**Gráfico 6-3:** Comparativa de temperaturas obtenidas al mismo régimen, pero en diferentes ubicaciones.

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

En el gráfico anterior se puede notar que la temperatura generada al final del tubo de escape dista en gran cantidad de la temperatura generada en el lugar considerado apto para la colocación de las celdas peltier.

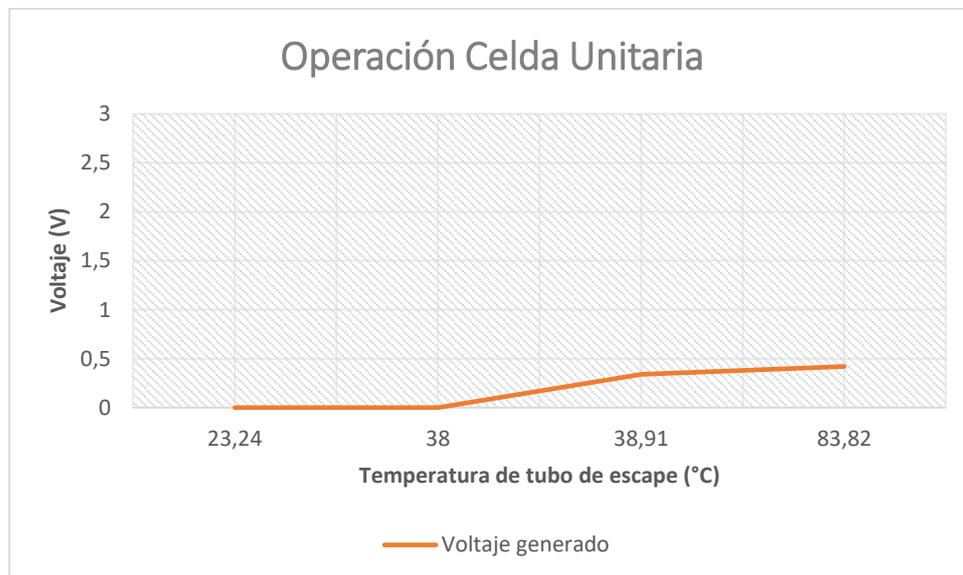


**Gráfico 7-3:** Comparativa de temperaturas

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

En este gráfico se puede apreciar resultados similares al gráfico anterior, en los cuales se halla diferencias en la temperatura del tubo de escape, ya que a plena carga se pudo evidenciar mayor temperatura en el escape que en ralentí; por el lado de los disipadores se puede evidenciar que conservan la misma temperatura que en la prueba anterior. De este modo, se concluyó que el lugar adecuado para la colocación de las celdas peltier es la ubicación actual (posterior a la sección curva del tubo de escape, cerca al motor).

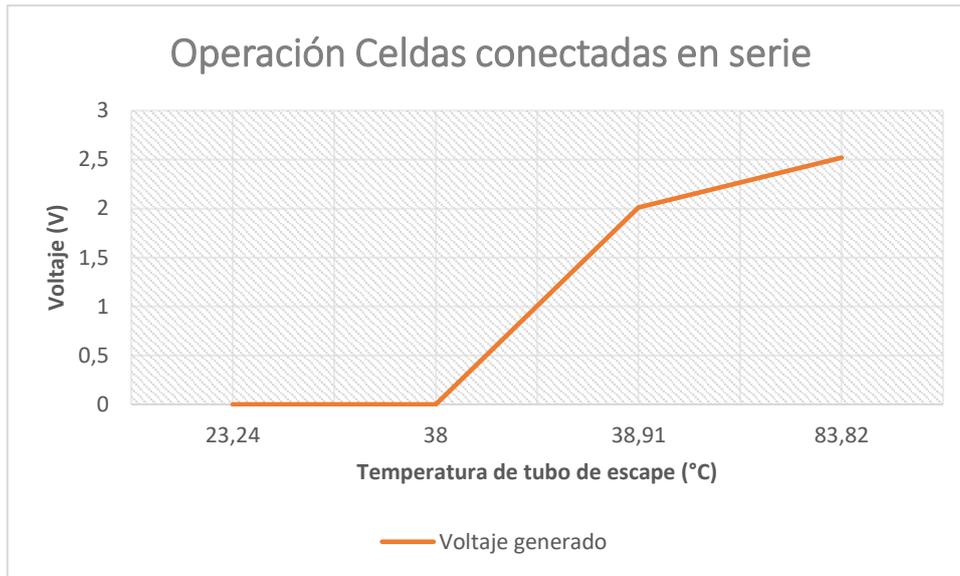
Cabe recalcar que, previamente, se verificó el punto exacto a partir del cual, la celda peltier empieza a operar. Para esta comprobación, se realizó dos pruebas: una se aplicó a la celda unitaria y la otra a todas las celdas conectadas en serie.



**Gráfico 8-3:** Rango de operación celda peltier unitaria en base a temperatura inducida

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

Como se puede evidenciar en la gráfica anterior, la celda peltier empieza a generar voltaje cuando el tubo de escape supera los 38°C de temperatura, llegando a un punto máximo de 0,42V.

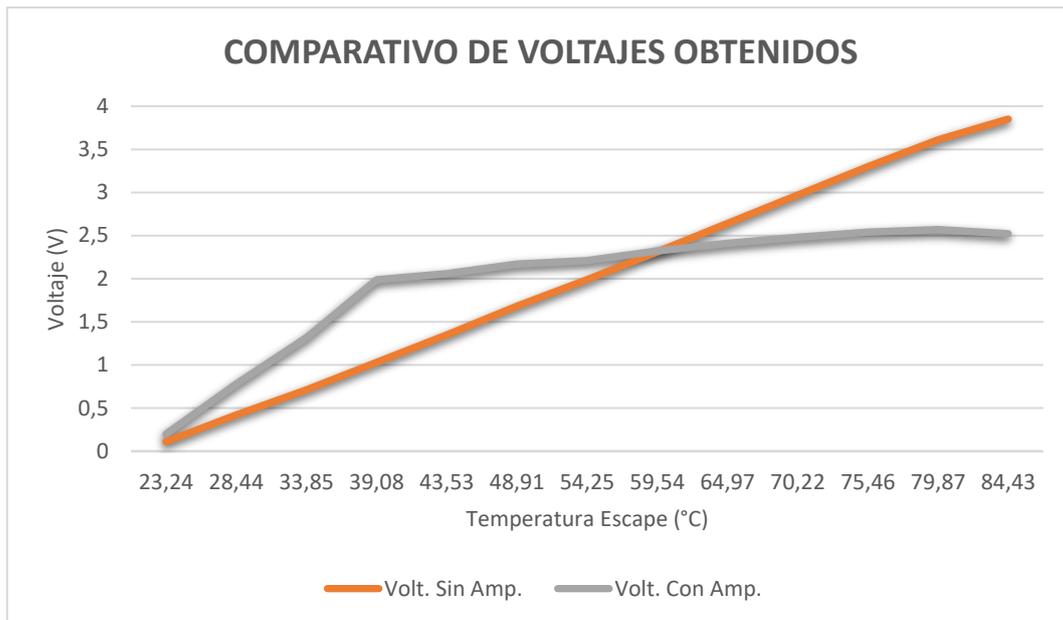


**Gráfico 9-3:** Rango de operación celdas peltier conectadas en serie

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

En esta gráfica tenemos un comportamiento similar al de la gráfica anterior, con la diferencia de que todas las celdas están ya conectadas en serie (6 en total); de igual forma, la generación de tensión se da siempre y cuando el tubo de escape sobrepasa los 38°C, llegando a un punto de generación máximo de 2,52V mientras el escape se encuentra a la máxima temperatura registrada en las pruebas.

Una vez obtenidos todos los datos anteriores, se procedió a realizar las pruebas de generación de voltaje con la acción y sin la acción del circuito amplificador que requerimos para lograr obtener la energía deseada y poder alimentar a los consumidores instalados en la motocicleta.



**Gráfico 10-3:** Comparación de voltajes obtenidos con y sin acción del circuito amplificador

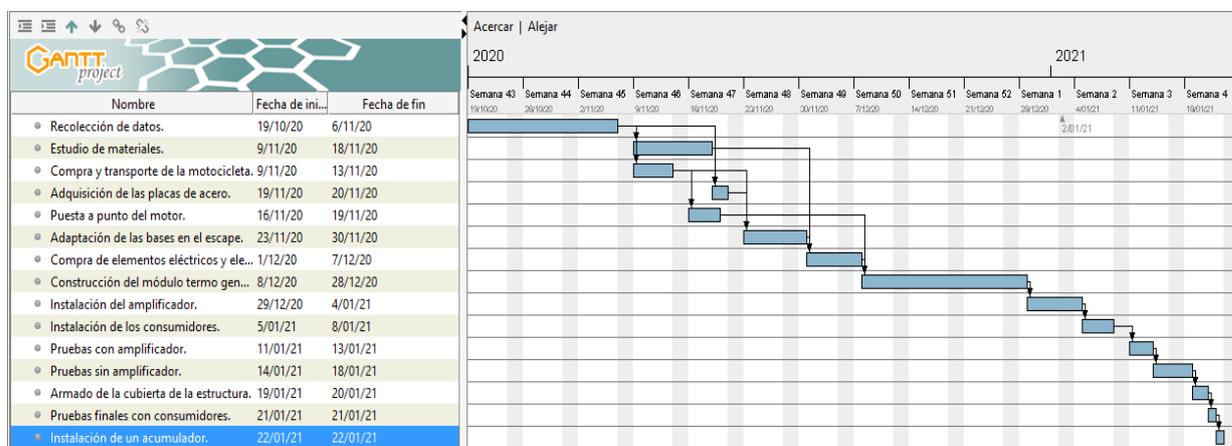
Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

En esta gráfica podemos evidenciar la comparativa entre los dos voltajes obtenidos con y sin la acción del circuito amplificador, la cual coincide con el análisis ANOVA aplicado anteriormente en base a las medias obtenidas de cada prueba realizada.

Pero, este comparativo necesita una justificación por la cual, la tensión de las celdas al estar el amplificador en funcionamiento es inferior al voltaje de las celdas sin el amplificador operando; y esa justificación es: que como el circuito amplificador necesita alimentación para todos sus componentes, el voltaje generado tiende a buscar estabilizarse una vez que entre en operación el amplificador; por esa razón, sin el amplificador, el voltaje puede llegar hasta un valor máximo de 3,85V con una tendencia ascendente constante, mientras que con el amplificador, el voltaje asciende normal hasta sobrepasar los 2V (punto en el que empieza a energizar al circuito amplificador), y la tendencia ascendente empieza a disminuir considerablemente hasta que el valor tiene una leve oscilación entre 2,4V y 2,6V. Pero, a pesar de este valor bajo, el amplificador permite cumplir la función propuesta al termogenerador, que es la de abastecer de energía a los consumidores instalados en la motocicleta.

### 3.4 GESTIÓN DEL PROYECTO

#### 3.4.1 Cronograma



**Figura 2-3:** Cronograma del proyecto.

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

#### 3.4.2 Presupuesto

Para diseñar y construir del prototipo fue necesario la adquisición de materiales, transporte e insumos varios los cuales tuvieron un valor monetario que influyo en el cálculo final del presupuesto del proyecto.

##### 3.4.2.1 Materiales

Para la construcción del prototipo se utilizó distintos materiales y componentes del mercado nacional, todos los materiales utilizados se describen a continuación:

**Tabla 5-3:** Costo de materiales.

COSTO DE MATERIALES			
Elemento	Cantidad	Precio Unitario [USD]	Costo final [USD]
Motocicleta	1	60	60
Placas de acero	4	2,5	10
Pernos de sujeción	20	0,2	4
Celdas peltier	10	6,50	65
Cables de conexión	3	0,8	2,4
Cautín	1	7	7
Estaño	5	0,1	0,5
Terminales	40	0,2	8
Amplificador	1	3,5	3,5
Disipadores	6	5	30
Pasta térmica	2	4,5	9

Luz de stop	1	6	6
Luz direccional	2	15	30
Alógeno led	1	20	20
Batería	1	30	30
Termo retráctil	4	0,3	1,2
Aro neumático delantero	1	20	20
Tubo neumático delantero	1	10	10
Radios neumático delantero	20	0,25	5
Pistón	1	35	35
válvulas	2	10	20
Juego de empaques	1	15	15
Kit de distribución	1	10	10
Plásticos	1	100	100
<b>TOTAL</b>			<b>501,6</b>

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

### 3.4.2.2 Mano de obra

**Tabla 6-3:** Costo de mano de obra.

<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>			
<b>Técnico</b>	<b>No. Horas</b>	<b>Precio Unitario [USD]</b>	<b>Costo final [USD]</b>
Técnico mecánico	20	3,00	60,00
Técnico eléctrico	12	2,00	24,00
Técnico soldador	5	2,00	10,00
<b>TOTAL</b>			<b>94,00</b>

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

### 3.4.2.3 Costos indirectos

Dichos costos se refieren a los costos que no interactúan directamente en la finalización del prototipo.

**Tabla 7-3:** Costos indirectos.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario [USD]</b>	<b>Costo final [USD]</b>
Transporte	1	60,00	60,00
Impresiones y copias	1	35,00	35,00
Imprevistos	1	30,00	30,00
Otros gastos	1	25,00	25,00
<b>TOTAL</b>			<b>150,00</b>

Realizado por: (Molina E, Ruiz R. 2021)

### 3.4.2.4 Costo total del proyecto

Es la suma total entre los costos anteriormente descritos, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 8-3:** Costo total del proyecto.

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>[USD]</b>
COSTOS DE MATERIALES	501,6
COSTOS DE MANO DE OBRA	94,0
COSTOS TOTALES INDIRECTOS	150,0
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>745,6</b>

**Realizado por:** (Molina E, Ruiz R. 2021)

## CONCLUSIONES

Se hizo un estudio exhaustivo del material correspondiente a la acción de los motores de combustión interna, de preferencia los de dos tiempos y cuatro tiempos que suelen usar ciertas motocicletas, los sistemas de escape existentes, los efectos termoeléctricos a aplicar y los elementos eléctricos aptos para sustentar esta investigación, mediante la investigación y recopilación de datos relevantes para el posterior diseño y construcción del prototipo. El circuito del termo generador fue sometido a parámetros reales de funcionamiento a los que el prototipo estará expuesto, lo cual demostró que la aplicación práctica es posible y puede ser usada satisfactoriamente.

Tanto las bases de sujeción como los disipadores fueron hechos con material de Acero inoxidable ASTM A36 y adheridos al tubo de escape mediante suelda debido a que dicho material, en cuanto a sus características, es resistente a la corrosión y es un buen conductor de calor; así como los elementos eléctricos como las celdas peltier, el circuito amplificador y los consumidores se pueden adquirir fácilmente y no representan un costo elevado para el usuario.

Distintas pruebas fueron realizadas considerando varios parámetros para la validación del funcionamiento del prototipo, dentro de las cuales se pudo comprobar que tanto el voltaje obtenido de 2.74V como la intensidad de 1.3A aproximadamente, son capaces de alimentar los consumidores instalados, y al mismo tiempo depositar la corriente extra generada dentro de un acumulador de energía como lo es una batería.

Por último, ya con estos resultados, se pudo concluir que el aprovechamiento de la energía térmica generada por los gases de escape de una motocicleta es muy beneficiosa y posible mediante el uso de un elemento termoeléctrico simple y de un amplificador (en caso de requerir mayor alimentación).

## **RECOMENDACIONES**

Las celdas Peltier deben estar correctamente acopladas al tubo de escape, ya que una mala inducción de calor o de frío puede ocasionar una generación ineficaz de energía. De igual manera la conexión debe ser realizada y aislada minuciosamente de posibles uniones o elementos metálicos que puedan ocasionar corto circuito, debido a que la motocicleta estará en vibración constante. Si se requiere aumentar una o varias celdas peltier para una mayor generación de energía, es necesario tomar en cuenta el punto con mayor temperatura en el tubo de escape para que mediante el acople exista una buena transferencia de calor. Si se coloca arbitrariamente las celdas a lo largo del tubo de escape, es probable que no existe un aprovechamiento adecuado del calor acumulado en el escape generando un desequilibrio en la generación de energía eléctrica. La unión entre la base que permanecerá acoplada al tubo de escape mediante suelda y la celda Peltier debe procurar ser mediante un elemento de fácil desmontaje como un tornillo o perno ya que, si una celda falla y altera el funcionamiento del termo generador, será complicado desmontar todo el sistema para reemplazar el elemento dañado.

## GLOSARIO

**Carga:** en electricidad es una propiedad física propia de ciertas partículas subatómicas manifestada mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas.

**Celda:** es un dispositivo utilizado para la descomposición de sustancias ionizadas denominadas electrolitos por medio de la corriente eléctrica.

**Motor Monocilíndrico:** es un tipo de motor de combustión interna que cuenta con un único cilindro, el cual suele ser mayormente empleado en el mundo de las motocicletas.

**Peltier:** es el nombre del físico francés Jean Charles Peltier, quien descubrió dicho efecto termoeléctrico en el curso de sus investigaciones en el área de la electricidad y sus fenómenos.

**Sistema de Escape:** es el conjunto de tubos o conductos que permiten el escape de los gases combustionados dentro del motor de combustión interna hacia el ambiente.

**Termogenerador:** conocido también como generador termoeléctrico, es un dispositivo capaz de convertir el calor en energía eléctrica a partir de grandes diferencias de temperaturas.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALEM, L.**, *Introducción a la Termoelectricidad* [blog]. Buenos Aires - Argentina: [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <http://descargas.cetronic.es/Termoelectricidad>.

**BALSECA, O., MAYORGA, D., PONCE, C., SILVA, W. & LÓPEZ, S.**, “Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica”. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020, (Ecuador) 6(2), pp. 425–447. [Consulta: 15 octubre 2020]. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857. Disponible en: <http://omniodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>.

**BERNABÉ, A.** *Diferencias entre un motor de 2T y 4T* [blog]. 2019. [Consulta: 1 noviembre 2020]. Disponible en: <https://emacompeticion.com/blog/diferencias-entre-un-motor-de-2t-y-4t/>.

**CENDEL, Y. & GHAFAR, A.**, *Transferencia de calor y masa; Fundamentos y aplicaciones*. 4<sup>o</sup> ed. México D.F - México: McGraw Hill, 2011. ISBN 978-607-15-0540-8, pp. 5–30.

*Clase 6 / Mecánica de Motos* [en línea]. La Plata-Argentina: 2016. [Consulta: 25 octubre 2020]. Disponible en: <https://unlp.edu.ar/frontend/media/5/27505/ba85b705c2b73262c03aca40501afd63.pdf>.

**DÍAZ TARASCÓ, D.**, *Efecto termoeléctrico. Descripción y aplicación*. [en línea]. Miranda - Venezuela: 2008. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.academia.edu/30160231/Efecto\\_termoel%C3%A9ctrico\\_Descripci%C3%B3n\\_y\\_aplicaci%C3%B3n](https://www.academia.edu/30160231/Efecto_termoel%C3%A9ctrico_Descripci%C3%B3n_y_aplicaci%C3%B3n).

**DUSSÁN, F. & SUAVITA, A.**, Diseño y Simulación de una Máquina generadora de energía eléctrica por medio de Celdas de Peltier [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 2018. pp. 21–50. [Consulta: 2020-10-24]. Disponible en: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004567.pdf>.

**GARCÍA, M.**, “Karl Benz y la creación del primer automóvil”. *Historia del Motor* [en línea], 2019, [Consulta: 26 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20191125/471783996973/karl-benz-automovil.html>.

**GODOY, L.**, Diseño, Construcción y Evaluación energética de una cámara con Celdas Peltier (Efecto Termoeléctrico) para refrigeración de Vacunas [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito, Ecuador. 2016. pp. 9–24 [Consulta: 2020-11-02]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16901/1/CD-7481.pdf>.

**HEBEI I.T CO. LTD**, *Thermoelectric Cooler TEC1-12706 Datasheet*. [en línea]. Shanghai - China: HB Corporation, 2011. [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/227422/ETC2/TEC1-12706/99/1/TEC1-12706.html>.

**INCROPERA, F. & DEWITT, D.**, *Fundamentos de Transferencia de Calor*. 4ta ed. México D.F-México: Prentice Hall, 1998. ISBN 970-17-0170-4, pp. 20–25.

**KREITH, F (ed).**, *Principios de Transferencia de Calor*. 7<sup>o</sup> ed. México: Cengage Learning, 2012, pp. 3–22.

**LÓPEZ, M.**, *Cómo sustituir los discos de embrague de tu moto* [blog]. 2020. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.motociclismo.es/consejos/como-sustituir-discos-embrague-tu-moto\\_209035\\_102.html](https://www.motociclismo.es/consejos/como-sustituir-discos-embrague-tu-moto_209035_102.html).

**MECA, F. & JIMÉNEZ, A.**, Horno-Nevera basado en Células Peltier para el ensayo térmico de Dispositivos Electrónicos. [en línea] (Paper). Escuela Politécnica Universidad de Alcalá, Departamento de Electrónica. Alcalá, España. 2013. pp. 1–4. [Consulta: 2020-12-01]. Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/taee:congreso-2004-1139/SP108.pdf>.

**OROMOTO**, *Catálogo motocicletas Oromoto 2015* [blog]. 2015. [Consulta: 3 enero 2021]. Disponible en: <https://issuu.com/pdfpubcidcorp/docs/catalogo>.

**PATTERSON, G. & SOBRAL, M.**, Efecto Peltier. [en línea] (Paper). Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 2007. pp. 1–3. [Consulta: 2020-11-15]. Disponible en: <http://materias.df.uba.ar/labo4Ba2013c2/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>.

**PAYRI, F. & DESANTES, J.**, *Motores de combustión interna alternativos*. 2º ed. Barcelona-España: Editorial Reverté, 2011. ISBN 9788483637050, pp. 2–13.

**PERE, P. & FERNÁNDEZ, P.**, *Del metal al motor: Innovación y atraso en la historia de la industria metal-mecánica española*. Bilbao-España: Fundación BBVA, 2007. ISBN 978-84-96515-32-1, pp. 55–70.

**RADOVITZKY, M.**, Historia del Motor a Combustión. [en línea]. 2011. pp. 10–12. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/mradovitzky/historia-del-motor-a-combustin>.

**RAMÍREZ, J. & BASANTES, J.**, Elaboración de material didáctico en un motor de combustión interna de 4 tiempos en corte con caja de cambios [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito, Ecuador. 2013. pp. 2–32. [Consulta: 2020-10-28]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/147381966.pdf>.

**RODRÍGUEZ, J.E.**, “La recuperación termoeléctrica del Calor Residual, una fuente de Energía ambientalmente amigable”. *Revista de Física N° 41*, n°41 (2010), (Bogotá-Colombia), pp. 3–6.

**ROF BALLÚS, A.**, Estudio y parametrización de un generador termoeléctrico [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Universitaria de Ingeniería. Barcelona, España: 2015. pp. 10–19. [Consulta: 2020-10-22]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/79156/01\\_TFG.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/79156/01_TFG.pdf).

**ROJO, C.**, Modelización de Funcionamiento Termomecánico de un Motor Otto [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería Mecánica. Barcelona, España: 2015. pp. 37–45. [Consulta: 2020-11-20]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/41824617.pdf>.

**ROMERO, C.**, “Transferencia de Calor”. Fenómenos de Transporte [en línea]. 2005. Táchira-Venezuela: Universidad Nacional Experimental del Táchira. [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: [http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F\\_DE\\_T-165.htm](http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-165.htm).

**RUBIO, F.**, *La Energía y su Transferencia* [blog]. 2010. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/CURRO2009/la-energa-y-su-transferencia>.

**RUBIO RAMÍREZ, C., MARTHERYN LIZARAZO, G. & VERA DUARTE, E.**, “Termoelectricidad: Uso de las Celdas Peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones”. *Inventum* [en línea], 2017, vol. 12, no. 22, pp. 3–5. [Consulta: 24 octubre 2020].

ISSN 2590-8219. DOI 10.26620. Disponible en:  
<https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/1502/1452>.

**SÁNCHEZ, R.**, *Motores y Sistemas de Alimentación* [blog]. 2012. [Consulta: 18 octubre 2020]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/motoresysistemasdealimentacion/motor-rotativo-wankel>.

**SANDOVAL, A., ESPINOSA, E., BARAHONA, J. & RAMIREZ, H.**, “Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor.” *Foro Estatal de Investigación Científica y Tecnológica*, n° 11 (2008), (México) pp. 158–160.

**SERRANO, J (ed)**. *Procesos y tecnología de Máquinas y Motores Térmicos*. 2° ed. Valencia-España: Editorial de la UPV, 2019. ISBN 9788497052733. pp. 13–32.

**UNDURRAGA, A.**, Viabilidad de los Materiales Termoeléctricos [en línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 2014. pp. 3–7. [Consulta: 2020-12-18]. Disponible en:  
[http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/56105/1/TFM\\_MERSE\\_AritzUndurraga.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/56105/1/TFM_MERSE_AritzUndurraga.pdf).

**XLSEMI**, *400KHz 60V 4A Switching Current Boost XL6009 Datasheet*. [en línea]. Shanghai – China. 2012. [Consulta: 9 November 2020]. Disponible en: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1132228/XLSEMI/XL6009/250/1/XL6009.html>.

## ANEXOS

### Anexo 1: ANOVA de un solo factor: Temperatura (ralentí); ... atura (Plena carga)

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Temperatura (ralentí); Temperatura (Plena carga)

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	14202	1,73%	14202	14202,2	45,86	0,000
Error	2604	806392	98,27%	806392	309,7		
Total	2605	820594	100,00%				

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	PRESS	R-cuad. (pred)
17,5976	1,73%	1,69%	807631	1,58%

#### Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Temperatura (ralentí)	1303	53,549	15,066	(52,593; 54,505)
Temperatura (Plena carga)	1303	58,218	19,808	(57,262; 59,174)

Desv.Est. agrupada = 17,5976

#### Comparaciones en parejas de Tukey

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Temperatura (Plena carga)	1303	58,218	A
Temperatura (ralentí)	1303	53,549	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

#### Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Temperatura - Temperatura	4,669	0,689	(3,317; 6,021)	6,77	0,000

Nivel de confianza individual = 95,00%

## Comparaciones en parejas de Fisher

### Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

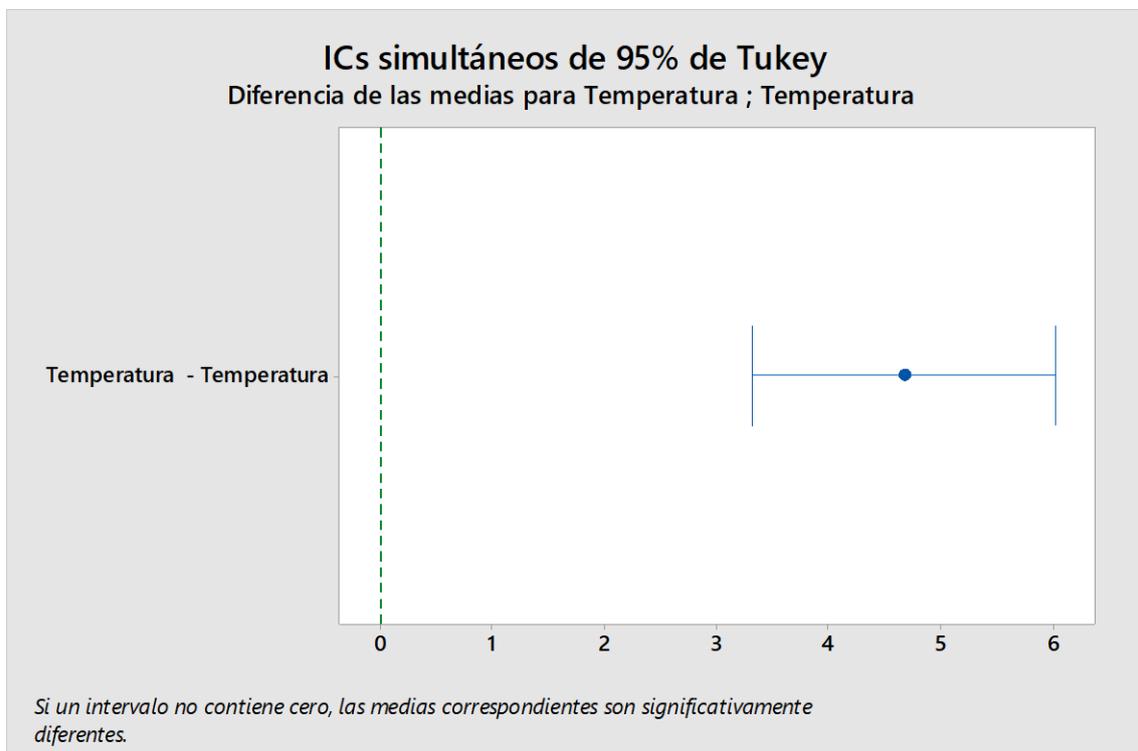
Factor	N	Media	Agrupación
Temperatura (Plena carga)	1303	58,218	A
Temperatura (ralentí)	1303	53,549	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

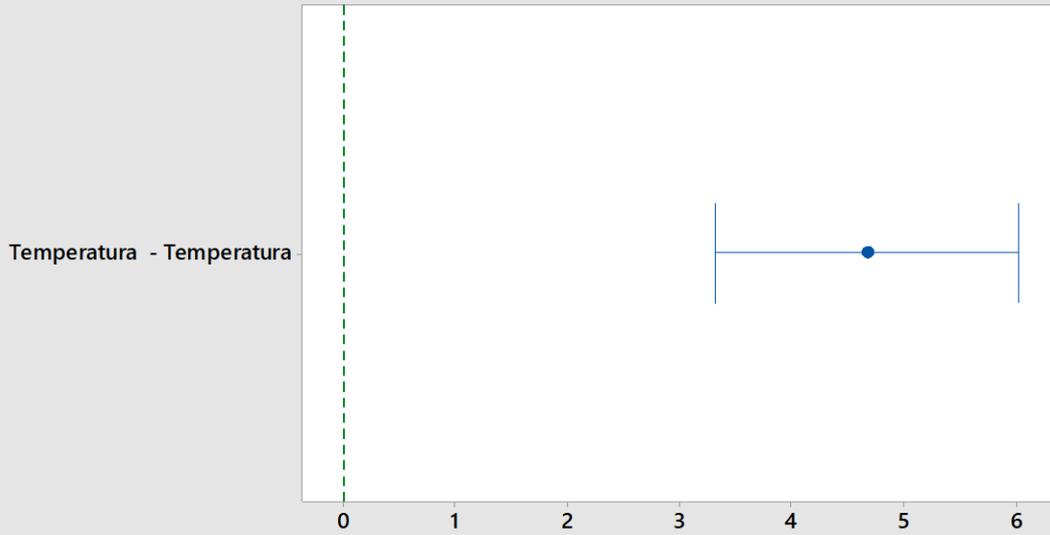
### Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Temperatura - Temperatura	4,669	0,689	(3,317; 6,021)	6,77	0,000

Nivel de confianza simultánea = 95,01%

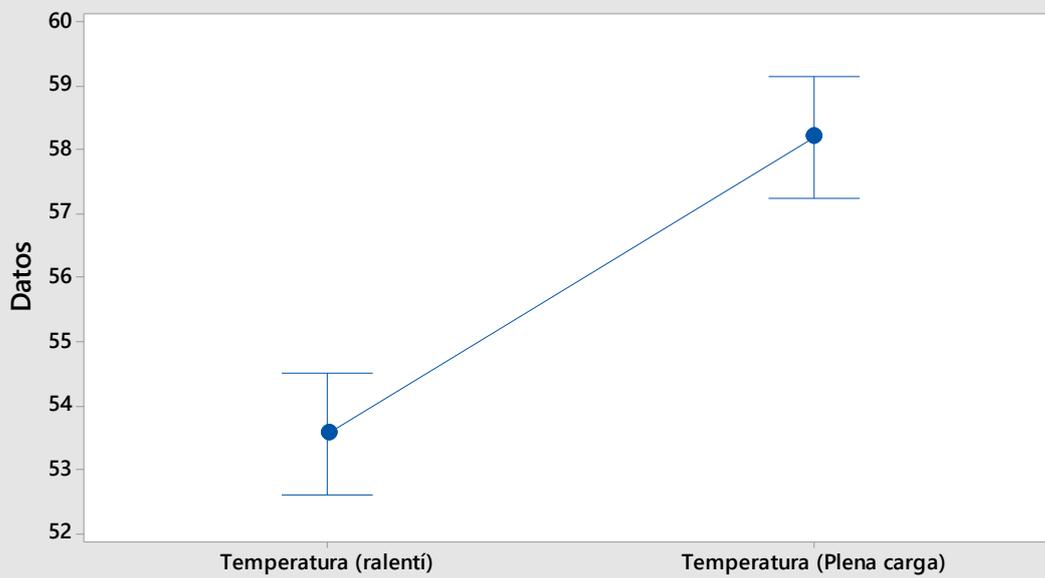


### ICs individuales de 95% de Fisher Diferencia de las medias para Temperatura ; Temperatura

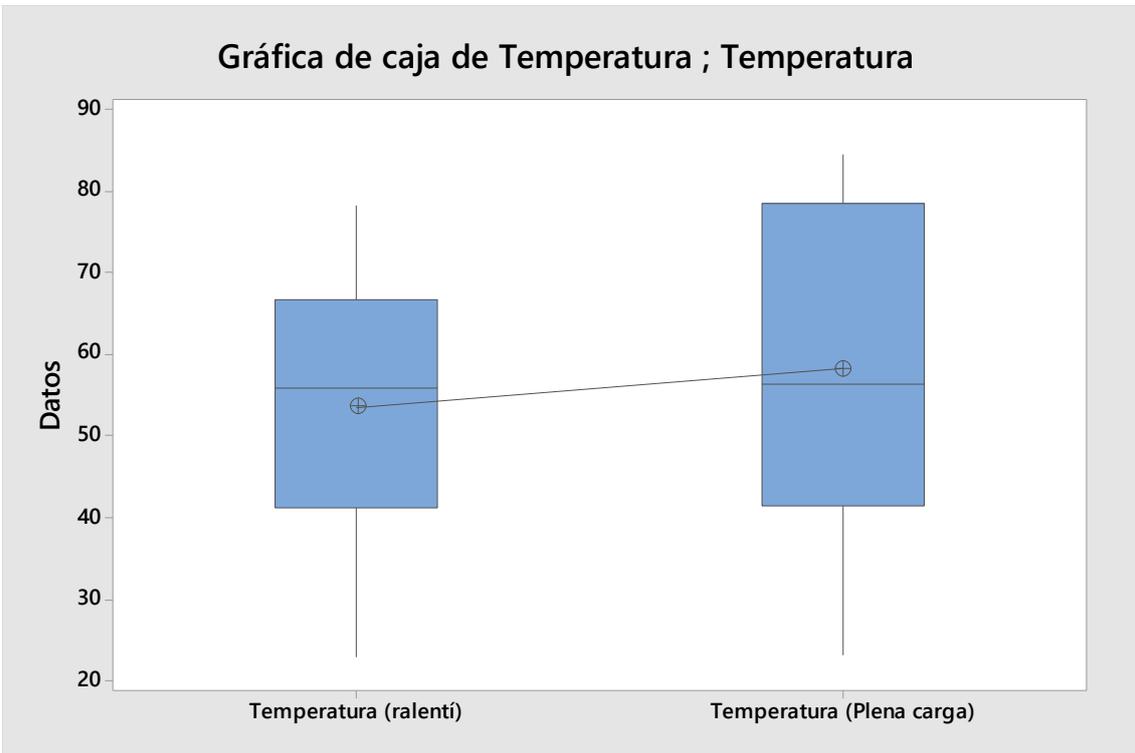
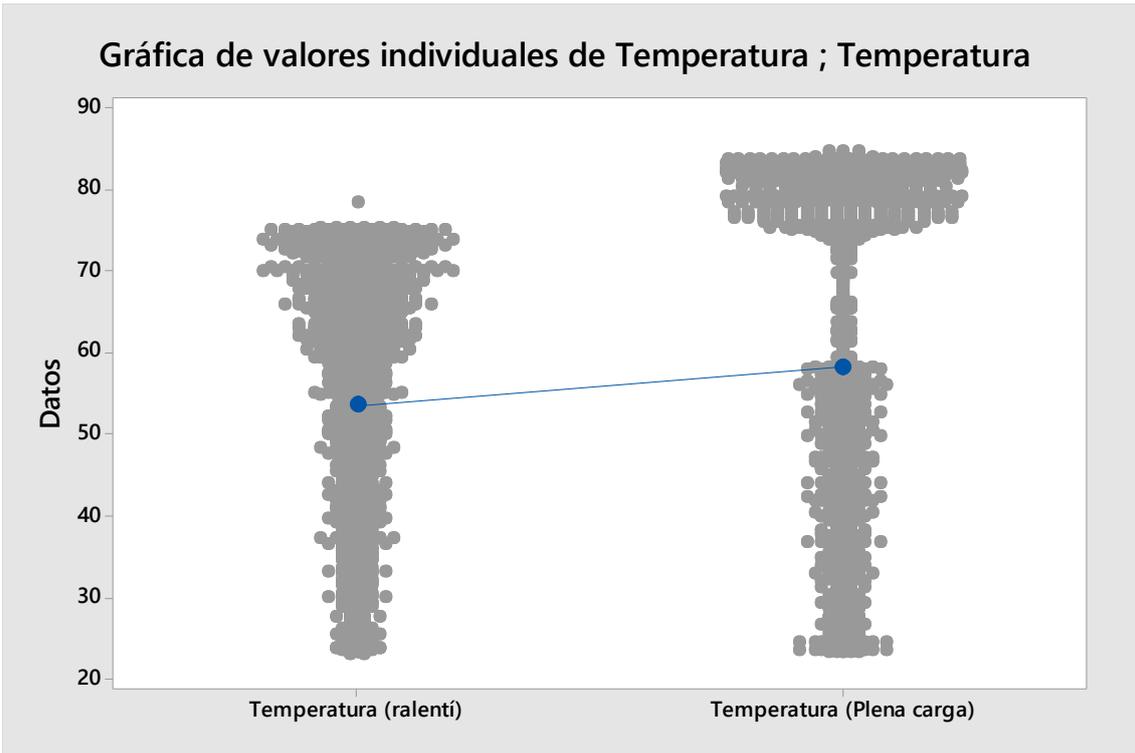


*Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.*

### Gráfica de intervalos de Temperatura ; Temperatura 95% IC para la media

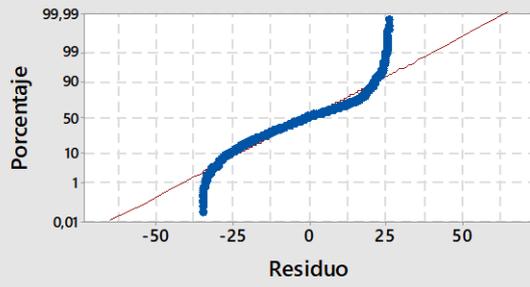


*La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.*

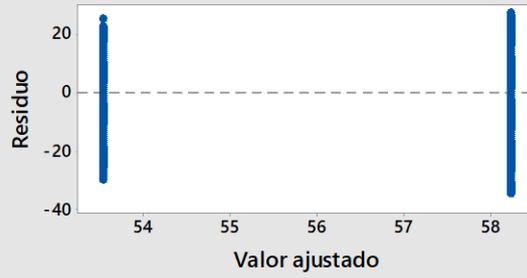


# Gráficas de residuos para Temperatura ; Temperatura

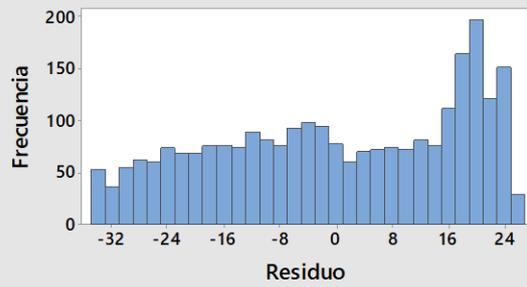
## Gráfica de probabilidad normal



## vs. ajustes



## Histograma



## Anexo 2: ANOVA de un solo factor: Voltaje sin amplificador; ... con amplificador

### Método

Hipótesis nula            Todas las medias son iguales  
Hipótesis alterna        No todas las medias son iguales  
Nivel de significancia    $\alpha = 0,05$   
*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Voltaje sin amplificador; Voltaje con amplificador

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	2202	27,44%	2202	2201,84	1111,79	0,000
Error	2940	5822	72,56%	5822	1,98		
Total	2941	8024	100,00%				

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	PRESS	R-cuad. (pred)
1,40728	27,44%	27,41%	5829,56	27,35%

### Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Voltaje sin amplificador	1729	3,9054	1,7274	(3,8390; 3,9717)
Voltaje con amplificador	1213	2,1479	0,7414	(2,0687; 2,2271)

*Desv.Est. agrupada = 1,40728*

### Comparaciones en parejas de Tukey

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Voltaje sin amplificador	1729	3,9054	A
Voltaje con amplificador	1213	2,1479	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

### Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Voltaje con - Voltaje sin	-1,7575	0,0527	(-1,8608; -1,6541)	-33,34	0,000

Nivel de confianza individual = 95,00%

## Comparaciones en parejas de Fisher

### Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

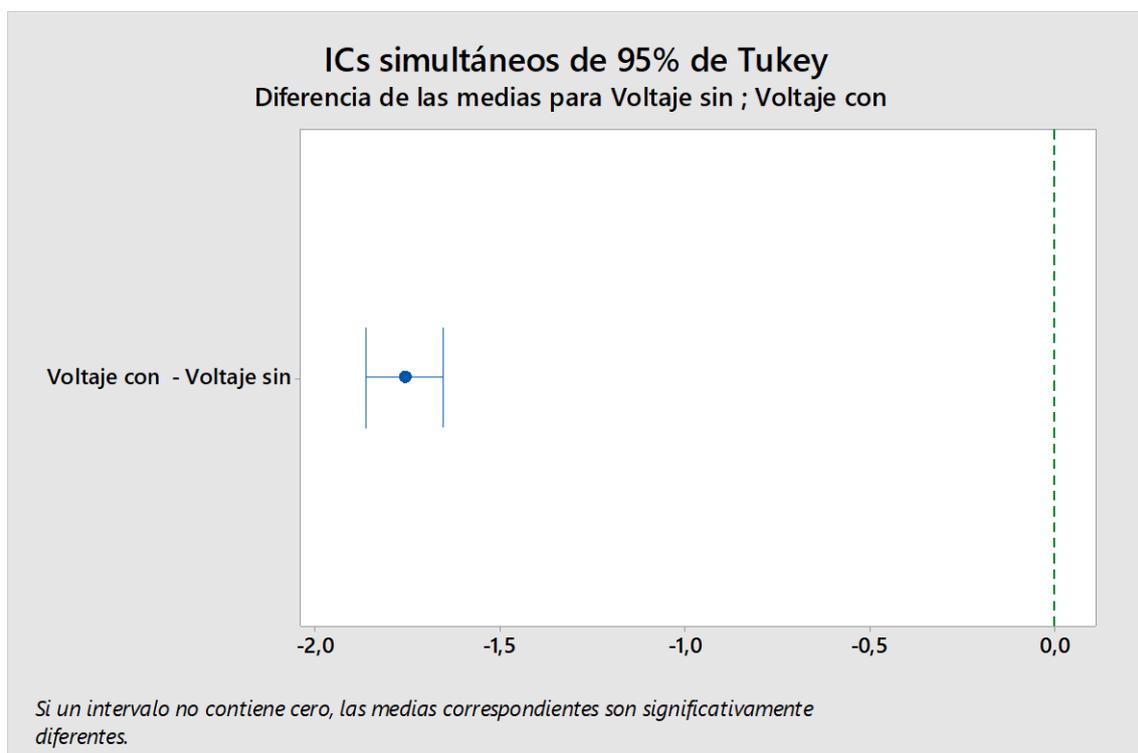
Factor	N	Media	Agrupación
Voltaje sin amplificador	1729	3,9054	A
Voltaje con amplificador	1213	2,1479	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

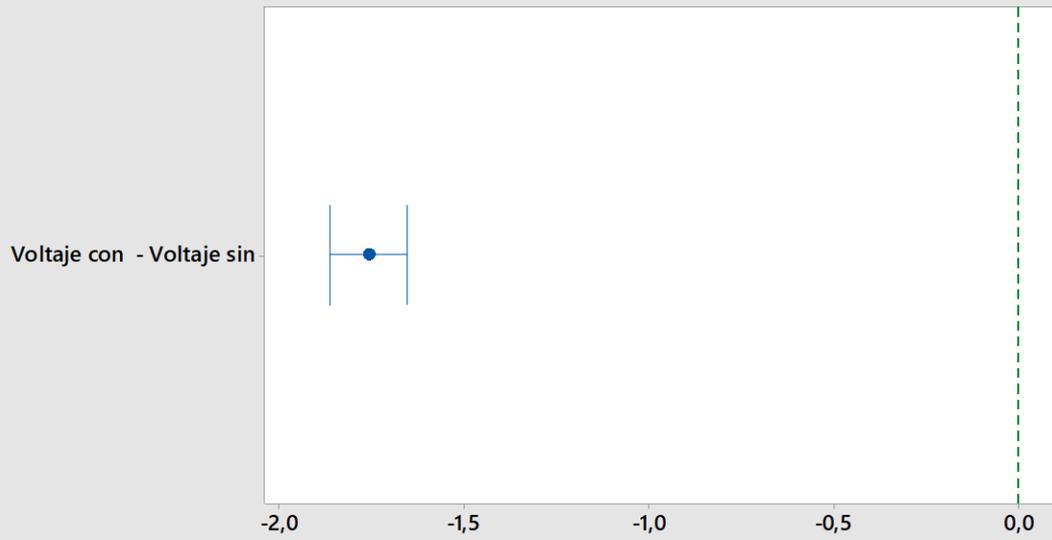
### Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Voltaje con - Voltaje sin	-1,7575	0,0527	(-1,8608; -1,6541)	-33,34	0,000

Nivel de confianza simultánea = 95,01%

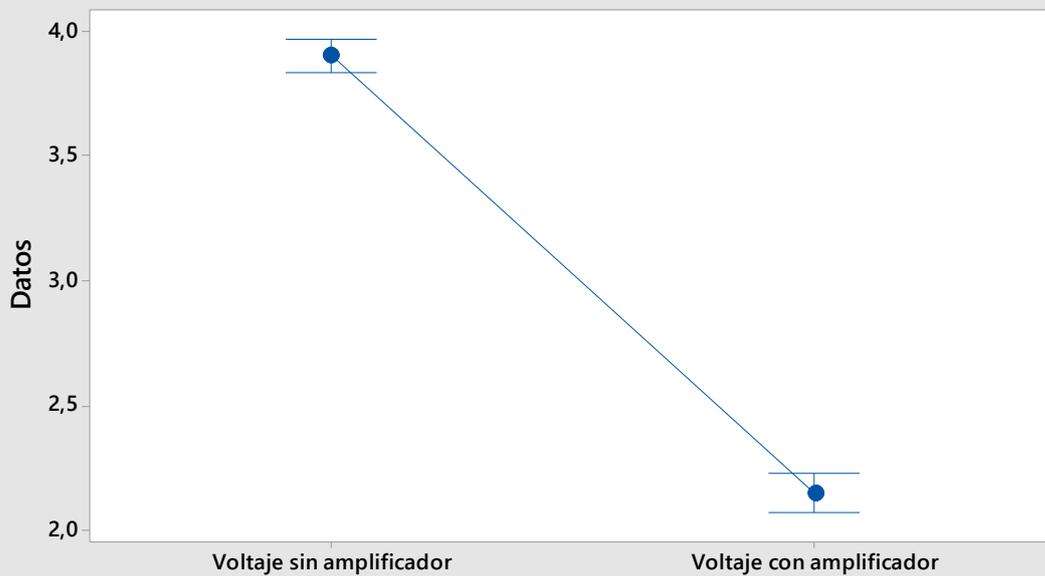


### ICs individuales de 95% de Fisher Diferencia de las medias para Voltaje sin ; Voltaje con



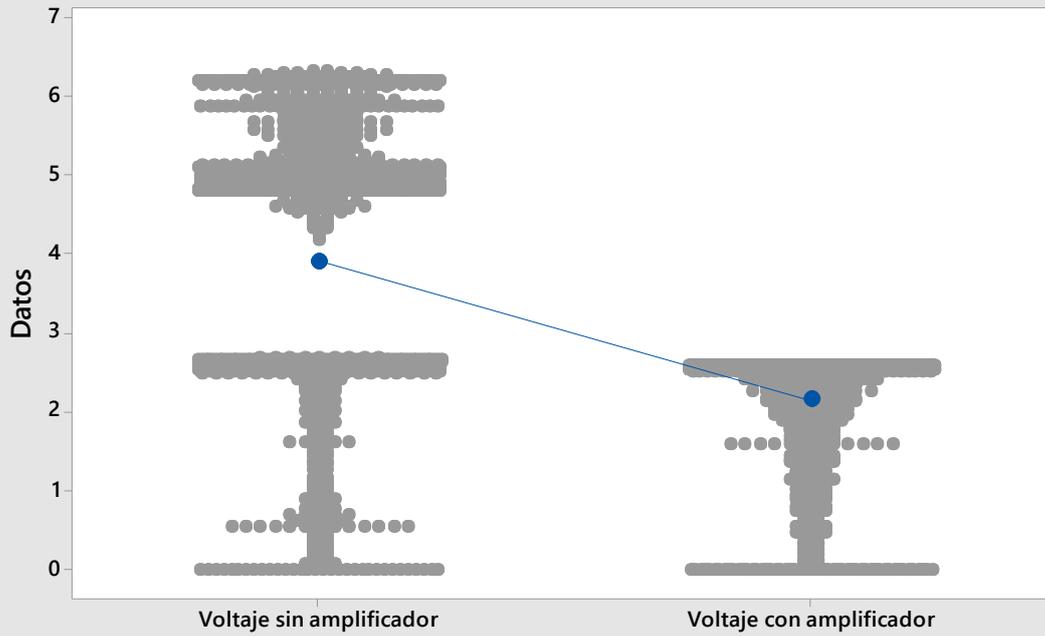
*Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.*

### Gráfica de intervalos de Voltaje sin ; Voltaje con 95% IC para la media

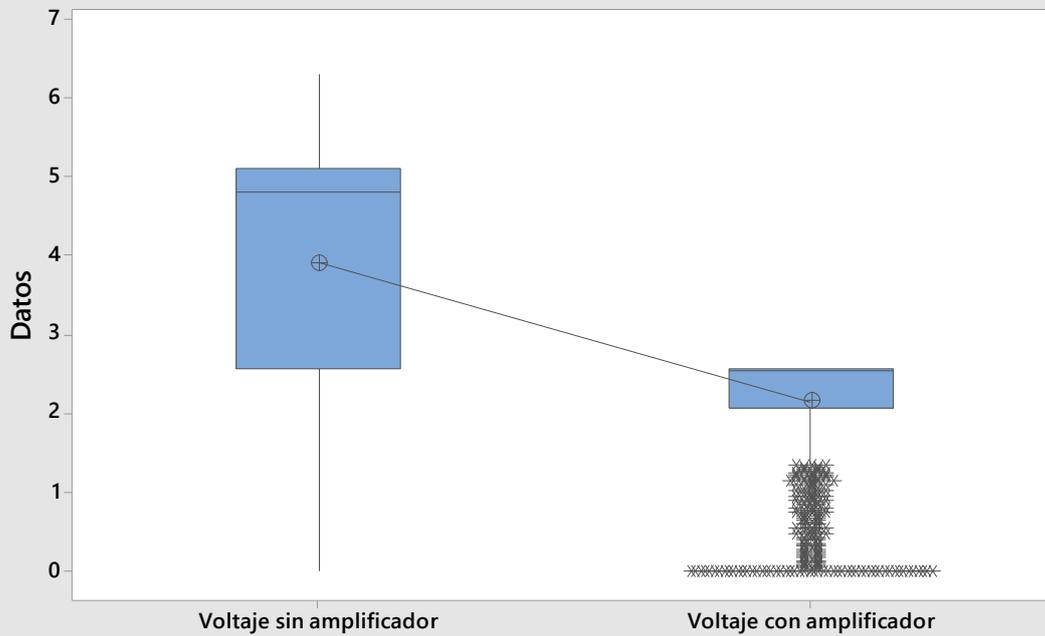


*La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.*

Gráfica de valores individuales de Voltaje sin ; Voltaje con

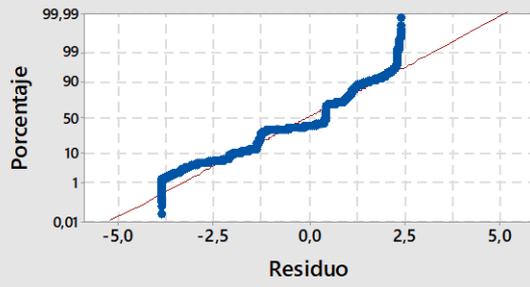


Gráfica de caja de Voltaje sin ; Voltaje con

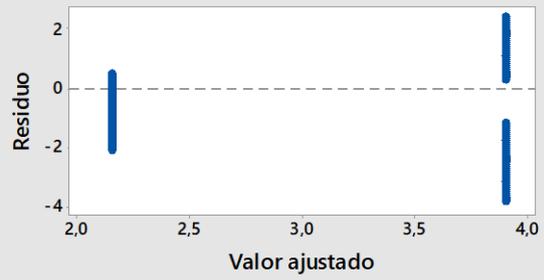


# Gráficas de residuos para Voltaje sin ; Voltaje con

## Gráfica de probabilidad normal



## vs. ajustes



## Histograma

