



Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

**Artículo de Investigación para la obtención del Título de Ingeniería en
Mecánica Automotriz**

**Aprovechamiento de la energía calórica disipada por tubo de escape de un motor a
combustión interna, mediante la implementación de celdas Peltier, para generar
corriente alterna, sustituyendo al alternador como principal recurso de carga a la
batería de una motocicleta.**

Pablo Oswaldo Mera Mora.

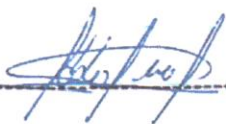
Guillermo Sebastián Loza Cisneros.

Director: Ing. Juan Carlos Rubio Terán

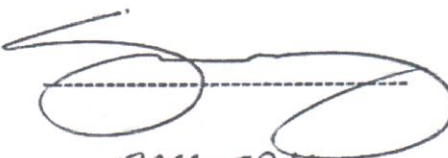
Quito, 2021

CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certificado damos a conocer que el artículo presentado es de la autoría de y, nosotros declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra propiedad intelectual; este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

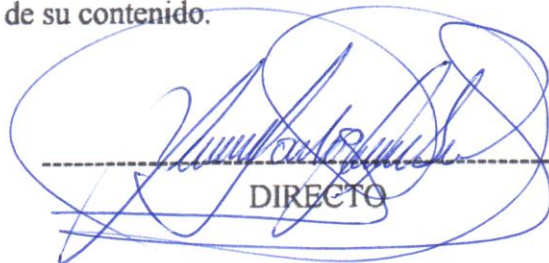


172385858-1



1726605718

Yo, Ing. Juan Carlos Rubio Terán certifico que conozco los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.



DIRECTO

DEDICATORIA J

Contenido

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| CERTIFICACIÓN..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| DEDICATORIA J | 4 |
| Contenido..... | 4 |
| TEMA DEL PROYECTO. | 8 |
| Resumen | 9 |
| Abstract..... | 10 |
| 1) Introducción: | 11 |
| 2) Principio de funcionamiento de un alternador. | 12 |
| 3) Principios de funcionamiento del alternador en generación de corriente eléctrica por inducción electromagnética. | 12 |
| 4) Cargas de un motor de combustión interna. | 13 |
| 5) Energía térmica. | 14 |
| 7) Fenómenos Termoeléctricos. | 14 |
| 8) Efecto Peltier..... | 15 |
| 9) Efecto Seebeck. | 15 |
| El efecto Seebeck, permite que el fenómeno dentro de un circuito formado por dos metales distintos u homogéneos, que para el caso explicativo los denominaremos como | 15 |
| A y B, se encuentran conectados entre sí, y a su vez experimentan temperaturas diferentes ΔT , dichas condiciones variables ejecutarán un flujo de corriente eléctrica J , esto nos permitirá poseer un circuito con una fuerza termo electromotriz (f.t.e.m.), traducido en | |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| palabras diríamos que, Efecto termoelectrico de los materiales AB depende de los metales utilizados en la unión y de la diferencia de temperatura entre las dos uniones, para la proliferación de corriente o voltaje. (Casa Casa, 2019)..... | 15 |
| 10) Efecto Joule. | 16 |
| Es importante comprender que las condiciones y parámetros de una celda Peltier, con llevan a varios fenómenos que permite que sus parámetros de funcionamiento estén ligados a la generación de carga y de igual manera de transferencia de calor. El efecto Joule, sin duda alguna forma parte de la transformación de energía entre un la conducción de corriente eléctrica, y su fenómeno térmico asociado. Dando como resultante el calentamiento del conductor por el que circula la corriente. (Sacristán Gómez, 2011). 16 | |
| 11) Celdas Peltier..... | 16 |
| 12) Disposición de los conductores N y P en la celda Peltier..... | 16 |
| 13) Parámetros de funcionamiento de una celda Peltier. | 16 |
| 15) Analisis de resultados de prueba del sistema de escape | 17 |
| 16) Prueba comparativa entre dos tipos de celdas diferentes | 18 |
| 17) Análisis de resultados de la prueba comparativa entre dos diferentes celdas | 19 |
| 18) Fase de pruebas controladas | 20 |
| 19) Fase de pruebas en condiciones de trabajo..... | 23 |
| Parámetros para el diseño e implementación del sistema..... | 23 |
| Conexión eléctrica del dispositivo de carga. | 24 |
| I. Se realizó la conexión en serie entre las 10 celdas Peltier, conectadas directamente al positivo y negativo de la batería. | 24 |
| II. Los ventiladores se conectaron independientemente y directos a la batería, para garantizar el funcionamiento eficiente de los mismos..... | 24 |
| III. Se implementó un switch en la conexión de los ventiladores, con el fin de tener control de la refrigeración de ser necesario. | 24 |
| Bibliografía..... | 25 |
| | 26 |

DEDICATORIA

A mi madre Tania Mora y a mi padre Pablo Mera por su apoyo incondicional por todo el amor y la paciencia que tuvieron para formarme primero como ser humano y ahora como profesional, les dedico este y todos mis logros porque con su balance perfecto entre responsabilidad y libertad hicieron de mi la persona que hoy me enorgullece decir que soy.

A mi hermana Elena Mera, a mi novia Coral Cornejo, a mi familia y amigos que aportaron su granito de arena para que todo esto sea posible, a todas estas personas que estuvieron en las buenas celebrando mis triunfos y en las malas apoyándome con su cariño y amistad incondicional.

A mis profesores que durante toda esta experiencia supieron la manera correcta enseñarme y alimentar en mi la pasión y el cariño que ahora tengo por la ingeniería mecánica automotriz, pero principalmente agradecer a mi profesor, tutor de tesis y gran amigo Juan Carlos Rubio porque con su esfuerzo por educar mejores profesionales, forjo en mí valores que me harán destacar como un gran ingeniero pero mas aun como ser humano.

A mi compañero de tesis por su esfuerzo y dedicación demostrado a lo largo del desarrollo del proyecto, por aportar su conocimiento y por el compromiso de alcanzar nuestras metas en común.

Atentamente

Pablo Oswaldo Mera Mora

DEDICATORIA.

En primera instancia dedico este merito a Dios, quien ha permitido que se abran las puertas para trascender mis logros durante el proceso de culminar mi carrera como Ingeniero Mecánico automotriz. De igual manera agradezco a mis padres quienes han sido pilar importante en este sueño de verme realizado como profesional, deseando que mi meta nunca sea abandonada y siempre brindándome ese cálido apoyo que solo la familia le puede permitir, en no dejar los sueños planteados.

Deseo también reconocer a mi tutor Juan Carlos Rubio, quien desde aulas de la facultad de Mecánica Automotriz, siempre nos motivó a dar el mejor esfuerzo para ser hombres y profesionales de bien, enfocándonos siempre en la calidez humana de la honestidad y pasión por lo que uno desea ser como profesional, sin lugar a duda es un mérito que deseo dedicar en este proyecto de titulación hacia mi tutor.

A mi compañero de Tesis, por el compromiso y la generosidad prestada a lo largo del desarrollo de este proyecto el cual va ser en beneficio de ambos para culminar la meta compartida.

Atentamente.

Guillermo Sebastián Loza Cisneros.

TEMA DEL PROYECTO.

Aprovechamiento de la energía calórica disipada por tubo de escape de un motor a combustión interna, mediante la implementación de celdas Peltier, para generar corriente alterna, sustituyendo al alternador como principal recurso de carga a la batería de una motocicleta.

Ing. Juan Carlos Rubio Terán
UIDE, Quito, Ecuador
Email: jrubio@uide.edu.ec

Resumen

El presente artículo basa su estudio en implementar un sistema viable, el cual pueda ser de aporte a la innovación y tecnología automotriz, orientado a las nuevas tecnologías en energías limpias y reutilizables, a través de la implementación de dispositivos electrónicos como lo son las celdas de Peltier, cuyas cualidades termoeléctricas nos permitirán aprovechar la energía disipada, producto del cambio térmico que se genera en el escape de un motor a combustión interna cuando este está en funcionamiento, creando una transferencia de calor a una de las placas de las celdas, las cuales por una diferencia de temperaturas en estos dispositivos dará paso a la generación de corriente alterna, posibilitando la sustitución de la corriente generada por el alternador, de esta manera permitirá reducir la carga al funcionamiento del motor.

Palabras Clave: Propiedades termoeléctricas, celda Peltier, semiconductores, temperatura, energías limpias

Abstract

The aim of this article bases its study, on the application of a viable system, which contributes for automotive industries on the way for innovative and technology on behalf of clean energy resources. For the development of this project, the implementation was used by electronic devices as Peltier Cells, which thermoelectric properties give us to approach the dissipated energy, as product of the thermal change that is generated in the exhaust of an internal combustion engine. Creating a heat transference, of one of the faces of the cells, which due to a difference of temperatures on Peltier cells, will give a generation of alternate current, it permits to allow and replace the current generated by the alternator, in this way it will allow to reduce the load to engine operation.

Key Words: Thermoelectric properties, Peltier cell, semiconductors, temperature, clean energy.

1) Introducción:

En la actualidad la industria automotriz ha centrado un enfoque permanente en el uso y aprovechamiento de fuentes alternas de energía ya que la contaminación ambiental es un hecho que crece a pasos agigantados. Las grandes empresas automotrices están orientadas a la construcción de motores de combustión interna cada vez más eficientes y amigables con el medio ambiente, sin embargo, los motores por ser maquinas generadoras de energía térmica desperdician gran parte de esta en su funcionamiento, según el autor del libro Jaime Gilardi citando a Rowoski, nos dice que *“De 100 unidades de energía contenidas en la gasolina, solamente 25 unidades se utilizan para producir movimiento mecánico. El 75% se pierde.”* (Motores de combustión interna, 1978).

Con ello podemos ver claramente que la industria automotriz siendo una de las más importantes en desarrollo e innovación, busca cada vez las maneras de implementar al desarrollo, formas de aliviar la carga en sus motores y que a su vez con lleve a un aporte a la disminución del efecto invernadero en el mundo. Así hoy en día las casas automotrices han implementado sistemas eficientes tales como motores de bajo cilindraje con un excelente desempeño en torque potencia, vehículos electricos, sistemas de inyección electrónica, motores de hidrogeno entre otros.

Dichas nuevas tecnologías han ido impulsando a la ingeniería a batallar día a día con reducir la huella de carbono y el efecto invernadero. Por ello la premura de evitar una devastación ambiental lleva a que el sector que mueve al ser humano busque aprovechamientos de energía alternativa, evitando así colapsar entorno en el que vivimos. Según un informe técnico sobre

gases de efecto invernadero, argumenta que:

“El forzamiento radiactivo del CO2 se ha incrementado en un 20% durante los últimos 10 años (1995-2005), siendo el cambio más grande observado o inferido para una década en los últimos 200 años” (Ballesteros, 2007)

Todo esto nos suma al hecho de querer explotar nuevas ideas que transformen la manera en como la energía contaminante debe de ir reduciéndose poco a poco hasta que su impacto ambiental sea cercano a 0.

Con el pasar de los años los motores han sufrido cambios y mejoras en pro al medio ambiente, sin embargo dichos avances tecnológicos han centrado sus ideas en la sustitución de energía, más no el aprovechamiento de energías disipadas por los motores de combustión interna especialmente.

Sin embargo existen estudios que validan la capacidad del aprovechamiento de energías disipadas y la recuperación de las mismas, citando la famosa frase *“La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma (Antoine-Laurent Lavoisier)”* (Garcia, 2007)

Por tal motivo el enfoque de este estudio es poner en práctica la aplicación de celdas Peltier que suplan el recurso energético de un alternador que dota de carga a un vehículo, y que a su vez depende netamente de una energía externa la cual sería mecánica para poder funcionar, esto a su vez aprovecha una parte de la energía del motor y de igual manera el alternador para funcionar se convierte en una carga para el mismo motor.

Por lo que la implementación de celdas Peltier como fuente de carga en la batería busca aprovechar la energía térmica disipada por el tubo de escape de un

motor de combustión interna, y transformarla en energía eléctrica limpia utilizable.

2) Principio de funcionamiento de un alternador.

Un alternador no es más que un generador de corriente alterna, los cuales transforman la energía mecánica en energía eléctrica. Estos componentes dependen de los principios electromagnéticos para la operación que están destinados y emanar una carga hacia la batería.

Dichos generadores poseen principios de funcionamiento, los cuales se manejan de la siguiente manera:

- **Primer Principio:** Se llama **INDUCCIÓN** o **ACCIÓN DEL GENERADOR**, en este principio el voltaje se induce a un conductor que está dentro del campo magnético, esto sucede cuando existe flujo magnético y se corta por el conductor. Este principio toma la energía mecánica para producir movimiento.
- **Segundo principio:** se le denomina **ACCIÓN DEL MOTOR**, este principio es la fuerza mecánica que existe entre los imanes, entonces, las fuerzas generadas entre los dos campos magnéticos producen el movimiento. (ENRIQUEZ HARPER, 2004)

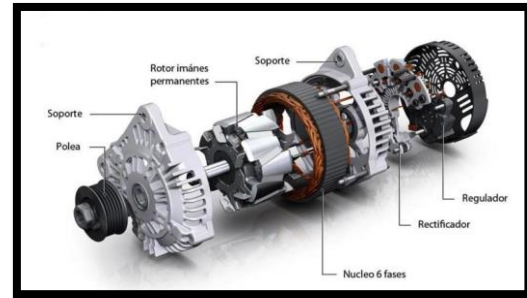


Figura 1: Partes de un alternador

Fuente: (Navarrete)

3) Principios de funcionamiento del alternador en generación de corriente eléctrica por inducción electromagnética.

Sabemos muy bien que el alternador basa su funcionamiento en el principio de Faraday, por el cual consiste en generar corriente eléctrica mediante una bobina e imanes, a este fenómeno se lo denominan electromagnetismo.

De los cuales conocemos que un campo magnético es generado por el flujo o circulación de corriente eléctrica y el movimiento relativo entre bobina y un campo magnético que nos genera una electricidad.

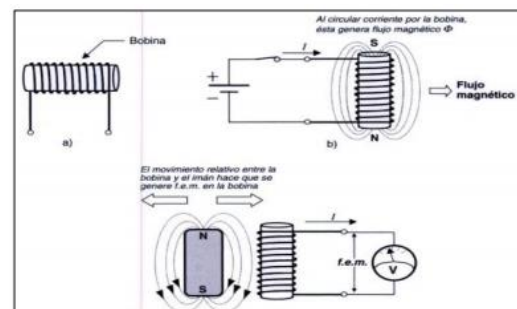


Figura 2: Generación de flujo magnético

Fuente: (HERMOSA DONATE, 1999)

El continuo incremento de aparatos eléctricos instalados en un vehículo con objeto de aumentar la seguridad y confort en la experiencia de manejo, han obligado a que los consumos de carga por parte del alternador tengan una relevancia importante, debido a que el motor cumple ciertos parámetros de

funcionamiento donde se ve obligado a girar a bajos regímenes, incluso en ralentí, durante largos periodos de tiempo, siendo imprescindible satisfacer las necesidades de los distintos consumidores de un vehículo. Para ello los generadores deben estar pensados para trabajar en condiciones adversas, en las cuales puedan cargar la batería de una manera suficiente, en condiciones de bajas revoluciones y que permitan ceder potencia de funcionamiento.

Sabemos que un alternador requiere una energía de inicio para que a su vez éste produzca movimiento entre un electro imán hacia sus semiconductores, los cuales abrirán paso a una corriente alterna, sin embargo es un proceso que requiere de un constante régimen de giro la cual denominaremos como F.E.M (fuerza electromotriz), debe siempre estar inducida a un imán, obteniendo una curva de tensión de aspecto sinusoidal, en caso de que el generador carezca de energía mecánica para su funcionamiento, no existirá f.e.m inducida, cortando líneas de fuerza por parte del inductor. Es decir que nuestro alternador va estar ligado al par motor y su carga o producción de corriente alterna estará ligada a abastecer al número de consumidores que posea el vehículo y directamente esto generara una carga considerable al motor, ya que este tendrá que mantener un régimen de giro para funcionar y dar vida a la producción de carga de un alternador.

En el siguiente esquema se explica cómo es el ciclo de carga de un alternador es directamente proporcional al giro para generar producción de corriente alterna, notando que este jamás deba recibir cortes o paros de movimiento en el mismo.

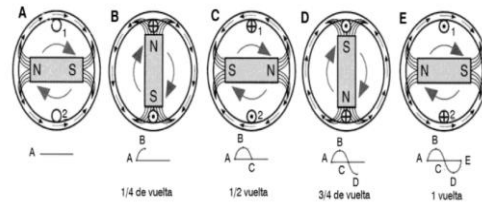


Figura 3: Secuencia de Producción de un alternador.
Autor: (ALONSO PEREZ, 2007)

En la figura 3, podemos observar las fases de giro, partiendo en punto 0 donde no tenemos un ciclo de carga y los conductores activos se encuentran a 90 grados de cada polo, en la segunda fase, $\frac{1}{4}$ de vuelta podemos ver que en los polos norte y sur tienen a contrastar con los conductores activos generando una excitación de electrones que darán paso a un incremento y producción de tensión, fase 3 o $\frac{1}{2}$ vuelta, tenemos un punto 0 donde no hay contacto entre polos y semiconductores, cortando en ese ciclo sus líneas de fuerza, en la fase 4 a los $\frac{3}{4}$ de vuelta vemos un contacto entre polos y conductores activos, esta vez las caras de los polos son opuestas al ciclo 2, por lo que el sentido de giro de la f.e.m va ser opuesta. Revelando el sentido de giro podemos ver que visto desde la línea horizontal, la curva de tensión baja, y cuando topa a punto 0 los polos del imán y conductores se alejan progresivamente, formando una curva sinusoidal producto de una energía mecánica inducida que debe ser constante.

4) Cargas de un motor de combustión interna.

Para estudiar los diferentes causales de carga de un motor de combustión interna, es clave poder entender su principio básico de funcionamiento, y para ello se realizara una pequeña introductoria al tema acerca de estas máquinas térmicas.

Los motores de combustión interna, son máquinas térmicas de desplazamiento, los cuales basan su trabajo en el mecanismo biela manivela, al ser

producto de un estado térmico generado por un fluido que evoluciona en el motor.

En la siguiente figura se muestra los componentes que hacen frente a un motor de combustión interna.

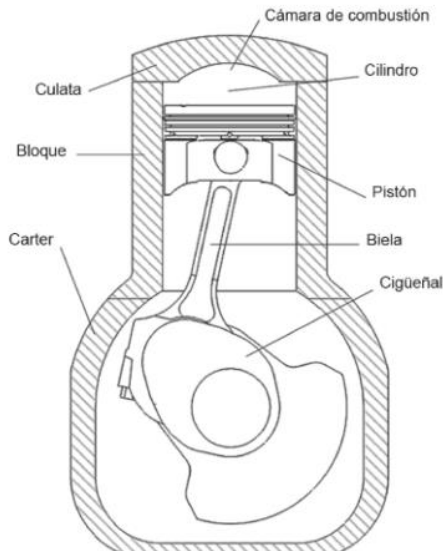


Figura 4: componentes de un motor de combustión interna. (Rovira & Domingues, 2015)

“El motor durante su funcionamiento realiza una serie de procesos que se repiten periódicamente y constituyen un ciclo termodinámico abierto”. (Rovira & Domingues, 2015)

Una vez definida los conceptos propiamente dichos de un motor de combustión interna se tiene claro, que basa sus principios de funcionamiento en parámetros térmicos, y que dentro del trabajo como tal de un motor existirán consumidores o cargas que se vean aprovechadas por la energía de nuestra máquina térmica.

5) Energía térmica.

La energía térmica es la manifestación de energía en forma de calor desprendida o disipada de un cuerpo. Para su generación, la energía térmica dependerá directamente del movimiento de los átomos de un material, es decir la energía

térmica será producto de una energía primaria que al realizar un trabajo desprenderá calor, como consecuencia de una reacción física, química, eléctrica o mecánica. Toda esta energía disipada en calor se la denominara como energía térmica. (ARIAS, 2002)

Un ejemplo de energía térmica disipada, sería la consecuencia de una reacción química, como un combustible que al reaccionar con factores físicos produce trabajo mecánico en un motor de combustión interna, el disipamiento de energía no utilizada se lo encuentra específicamente en el colector de escape donde se evidencia un foco de calor elevado por el trabajo de un ciclo de Carnot. En la siguiente figura se explica de mejor manera la evidencia de dicha energía térmica disipada.

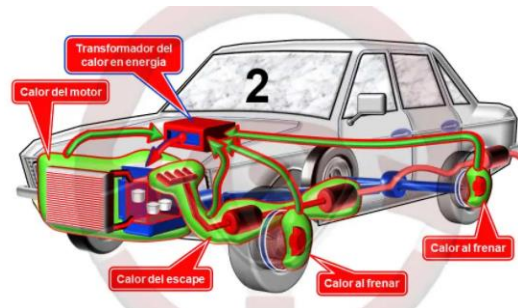


Figure 5: Cogeneración térmica

6) Energía Eléctrica.

“La energía eléctrica se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores” (construmatica, s.f.).

7) Fenómenos Termoeléctricos.

El término, efecto termoeléctrico, permite asociar tres variantes como temperatura entre materiales, semiconductores, generando potencial eléctrico y la inductancia de voltaje.

A estos fenómenos se los conoce de la siguiente manera por sus descubridores:

Efecto Seebeck.
 Efecto Peltier.
 Efecto Joule.

En una breve síntesis podemos decir que el efecto termoeléctrico, abre paso a la combinación de generación de electricidad aplicando grados de temperatura entre materiales semiconductores de tipo P y tipo N.

Un dispositivo termoeléctrico genera un voltaje cuando existe una diferencia de temperatura a cada lado de sus caras, por otro lado si la variante es una ejecución a la inversa, donde se le aplica un voltaje, creara una diferencia de temperatura, este fenómeno se lo conoce como efecto Peltier. Dicho fenómeno se lo puede comparar similar a un gas clásico que se expande cuando se calienta, salvo que en este caso los portadores se cargan como producto de una gradiente de temperatura, convergiendo a una excitación entre electrones el cual permitirá una producción de energía.

8) Efecto Peltier

El efecto Peltier consiste en pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes, cuyas uniones que están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso al Seebeck (efecto termoeléctrico). Donde se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. (PÉREZ, 2018)

Analizando la presente cita, podemos ver que el efecto Peltier, es la aplicación de intensidad de voltaje entre materiales de tipo X. Y, donde existe absorción de calor en una unión y una disipación en la otra. En el presente esquema podemos comprender de mejor manera el funcionamiento de dicho fenómeno cuando se incide un potencial electrico.

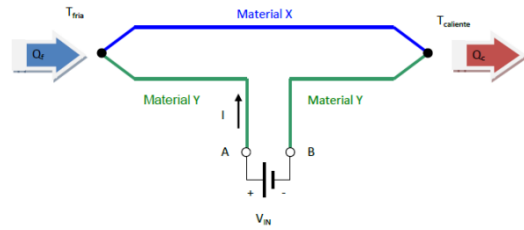


Figure 6: Esquema Peltier.

(ALONSO PEREZ, 2007)

9) Efecto Seebeck.

El efecto Seebeck, permite que el fenómeno dentro de un circuito formado por dos metales distintos u homogéneos, que para el caso explicativo los denominaremos como A y B, se encuentran conectados entre sí, y a su vez experimentan temperaturas diferentes ΔT , dichas condiciones variables ejecutarán un flujo de corriente eléctrica J , esto nos permitirá poseer un circuito con una fuerza termo electromotriz (f.t.e.m.), traducido en palabras diríamos que, Efecto termoeléctrico de los materiales AB depende de los metales utilizados en la unión y de la diferencia de temperatura entre las dos uniones, para la proliferación de corriente o voltaje. (Casa Casa, 2019)

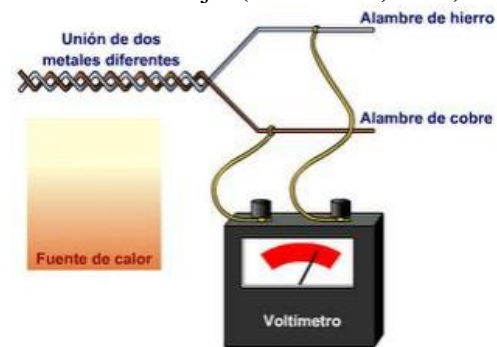


Figura 7: Esquema Seebeck

10) Efecto Joule.

Es importante comprender que las condiciones y parámetros de una celda Peltier, con llevan a varios fenómenos que permite que sus parámetros de funcionamiento estén ligados a la generación de carga y de igual manera de transferencia de calor. El efecto Joule, sin duda alguna forma parte de la transformación de energía entre un la conducción de corriente eléctrica, y su fenómeno térmico asociado. Dando como resultante el calentamiento del conductor por el que circula la corriente. (Sacristán Gómez, 2011).

11) Celdas Peltier.

“La célula de efecto Peltier es un dispositivo termoeléctrico semiconductor en el cual, al hacer circular una corriente por él, aparece una diferencia de temperatura entre sus caras, es decir, una de sus caras de caliente y la otra se enfría.” (Sacristán Gómez, 2011).

Las celdas Peltier son dispositivos que funcionan con corriente continua, las cuales constan de dos materiales aislantes fabricados de cerámica, las cuales se pondrán más frías o más calientes en función de la polaridad de la corriente y de la cantidad de amperios que se haga circular por la célula. Por último, la célula está fabricada en su parte interior con un material conductor. Este material está compuesto por dos metales diferentes o semiconductores tipo P y tipo N que están conectados entre sí por medio de soldaduras. En la figura 9 podemos ver el esquema de nuestra célula Peltier.

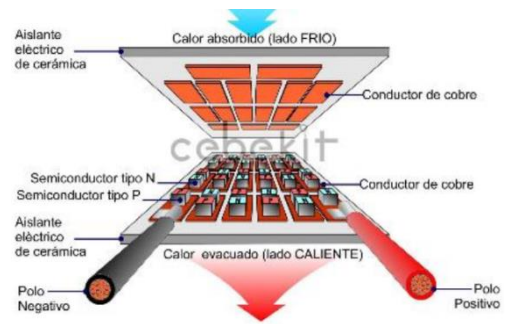


Figura 8: Componentes de una celda Peltier. (Inda, 2016)

12) Disposición de los conductores N y P en la celda Peltier.

Los semiconductores que componen las células de Peltier, participan de aislante térmico y conductores de potencial, dependiendo de la temperatura ambiente a la que se encuentren, los conductores N y P están fabricados con Teluro y Bismuto generalmente, y estos a su vez están conformados mediante su conexión eléctrica en serie y su conexión térmica en paralelo encerrado todo esto entre dos placas cerámicas paralelas. (Casa Casa, 2019)



Figure 9: Semiconductores N y P en célula Peltier. (Sacristán Gómez, 2011).

13) Parámetros de funcionamiento de una celda Peltier.

Una vez explicado los principios físicos y los fenómenos de las termopilas, conocemos que estas conforman su umbral de trabajo mediante el efecto Seebeck (termoeléctrico), y Peltier (inducción de potencial a la ΔT). Es importante saber que para efectos de este estudio se debió contemplar los siguientes parámetros de trabajo de la termopila en función de las cargas asociadas a efectos termoeléctricos, donde los semiconductores añaden un cierto número de átomos para poder

aumentar el número de portadores de carga libre en electrones, siendo el semiconductor N el encargado de dicho proceso. El semiconductor tipo P por otro lado lleva un proceso de dopado, añadiendo un cierto tipo de átomos aumentando el número de portadores de carga libres en este caso positivo. Dando como punto de partida al enfoque del proyecto en el aprovechamiento de la generación de potencial al añadir variantes de temperatura.

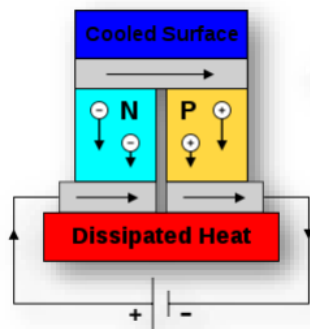


Figure 10: Flujo de electrones y protones en la célula Peltier. Datasheet celda Peltier TEC112706.

14) Pruebas para ubicación y condiciones de trabajo

Una vez se ha entendido que las celdas Peltier requieren de una diferencia de temperaturas entre sus caras para funcionar, es necesario determinar en qué parte exacta del sistema de escape de la motocicleta se implementara el sistema, para esto se tomaras dos valores en cuenta, el primero es la temperatura constante de trabajo de cada parte del sistema y la segunda la superficie de contacto que esta tiene.

Para esta prueba se pondrá en marcha la motocicleta y se la mantendrá en un uso contante conduciéndola por un circuito que asemeje un uso normal y trafico al que esta expuesto, esta clase de vehículos durante 30 minutos

después de este tiempo la moto abra alcanzado una temperatura constante de trabajo en su sistema de escape y se procederá a tomar las temperaturas de las diferentes partes del sistema por medio de un termómetro infrarrojo,

La segunda parte de la prueba consiste en tomar medidas de las superficies de contacto en el sistema de escape para determinar cual es la mejor para la instalación del sistema, cave recalcar que esto no solo dependerá de la temperatura a la que trabaje sino de la accesibilidad y ventajas que permita al momento de la instalación y correcto funcionamiento del sistema.

15) Analisis de resultados de prueba del sistema de escape

Se logró determinar las temperaturas a las que trabaja el sistema de escape de la moto:

- Salida del motor: 110-120 grados
- Segmento intermedio: 90-100 grados
- Silenciador salida: 80-90 grados

A partir de estas temperaturas se podría determinar que cualquiera de las partes del sistema de escape es idónea para el funcionamiento de una celda Peltier ya que la temperatura de trabajo de la cara caliente de las celdas según su data sheet es de 138 grados.

En cuanto a la superficie que se va a escoger para la implementación del conjunto de las celdas Peltier, se ha analizado todo el sistema y

el lugar que presenta mejores características es el segmento final, precisamente en el silenciador que tenemos un diámetro de 9.46cm y una superficie de transferencia de calor de 13.35cm x 29.43cm.

La salida del escape nos hubiera proporcionado una temperatura más alta pero el lugar era muy poco accesible y con poca superficie de contacto ya que el tubo solo tiene un diámetro de 4.32cm y por su forma de U no va a ser posible instalar un el conjunto de celdas, el segmento intermedio también trabaja a una temperatura ideal pero por su localización junto al motor y donde se encuentran las piernas del conductor cuando maneja, es poco viable que se considere para la instalación del sistema.

En conclusión, el conjunto de las celdas Peltier se ubicarán en el segmento final del escape justamente en el silenciador, donde podrá trabajar a una temperatura aproximada de 90 grados y donde el conjunto no interferirá en el manejo de la motocicleta y se podrá obtener la refrigeración del medio ambiente, otra ventaja que nos proporciona esta configuración es en las conexiones, que se realizaras por debajo del asiento y con fácil acceso a la batería.

16) Prueba comparativa entre dos tipos de celdas diferentes

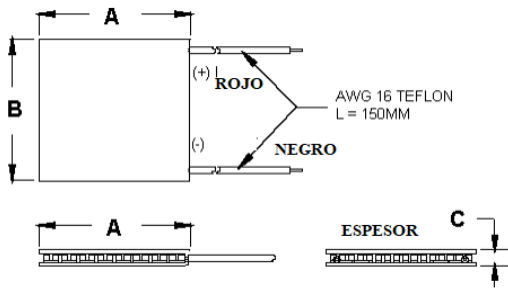
Una vez estudiado la teoría del funcionamiento de las celdas Peltier vamos a realizar diferentes pruebas controladas que nos permitan determinar que celda Peltier

es la adecuada para la finalidad del proyecto y cuáles son las características que esta debe poseer para un rendimiento más efectivo.

Para esto se realizara una prueba comparativa entre una celda Peltier TEC1-12706 y una TEC1-12730.

En la siguiente prueba se expondrá la cara caliente de cada celda al promedio de temperatura al que trabajan los tres segmentos del sistema de escape, es decir a 120 grados, a 100 grados y a 90 grados simulando el calor obtenido del trabajo del motor y transmitido en el tubo de escape, mientras que en la otra cara se mantendrá a temperatura ambiente, esto con el fin de ver qué tipo de celdas entregan un mejor rendimiento y cuáles son los posibles beneficios que podría aportar cada celda, se ha escogido una TEC1-12706 por ser la celda más común y de más fácil acceso en el mercado nacional mientras que se ha importado una celda TEC1-12730 porque teóricamente funciona igual pero podría aportar más voltaje y se necesitarían implementar menos para alcanzar el objetivo planteado.

Data sheet Peltier TEC112706.



| | |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| TEMPERATURA DE TRABAJO | 138 C |
| VIDA UTIL | 200.000 HORAS |
| MATERIAL | *CERAMICO Alúmina (Al ₂ O ₃) |
| RESISTENCIA | 1.98-2.30 Ω |

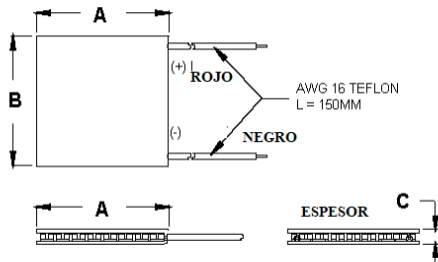
| | | |
|----------|----------|----------|
| A | B | C |
| 40 | 40 | 3.9 |

Figura 11: Peltier TEC112706. (Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.)
<https://peltiermodules.com/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf>

17) Análisis de resultados de la prueba comparativa entre dos diferentes celdas

| PRUEBAS CON DOS DIFERENTES CELDAS | | |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Tº CALIENTE | TEC1-12706 | TEC1-12730 |
| 120º | 0.25V | 0.07V |
| 100º | 0.32V | 0.11V |
| 90º | 0.38V | 0.13V |

Data sheet Peltier TEC1-12730.



| | | |
|----------|----------|----------|
| A | B | C |
| 62 | 62 | 3.9 |

| | |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| TEMPERATURA DE TRABAJO | 138 C |
| VIDA UTIL | 200.000 HORAS |
| MATERIAL | *CERAMICO Alúmina (Al ₂ O ₃) |
| RESISTENCIA | 0.27-0.31 Ω |

De los voltajes de valores obtenidos en esta prueba podemos concluir que la celda TEC1-12706 al trabajar a una temperatura caliente entre 90-120 grados es capaz de proporcionar más de tres veces más el voltaje obtenido de la celda TEC1-12730 trabajando bajo las mismas condiciones, esto se debe a que la celda TEC1-12706 es más pequeña y sus materiales son más delgados y menos resistentes que la celda TEC1-12730 es decir que es más sensible a las temperaturas fría y caliente y tiene una mejor capacidad de absorción de refrigeración así que es más fácil que se produzca una mayor diferencia de temperaturas entre caras.

18) Fase de pruebas controladas

Para iniciar con la fase de pruebas de las celdas es necesario tener una idea de qué condiciones de funcionamiento demandan las celdas Peltier para entregar determinados valores de voltaje, es por esto que la primera prueba se llevó a cabo en un ambiente controlado, donde la temperatura caliente la mantendremos aproximadamente a 90 grados y las frías las iremos variando por medio de la refrigeración de un disipador con ventilación:

➤ *Prueba controlada con una sola celda*

- 1) Para realizar la primera prueba los materiales necesarios son una la celda Peltier TEC1-12706, disipadores, ventilador, vela, multímetro y termómetro.



- 2) Se colocó una fuente de calor debajo del disipador del lado caliente de la celda con el fin de conseguir la temperatura de funcionamiento de 90 grados, mas menos 1, constante en esta cara para esto controlaremos la temperatura con el termómetro.
- 3) Colocamos sobre la cara fría de la celda el otro disipador junto con el ventilador con el que iremos variando la temperatura fría e incrementando la diferencia de temperaturas.
- 4) Para conocer los valores de voltaje se colocan las puntas del multímetro respetando la polaridad de la celda.



Para obtener los valores mostrados a continuación se siguió el proceso mostrado en el anexo # 13

| PRUEBAS CON CELDA UNICA | | | |
|-------------------------|---------|---------------|---------|
| T° CALIENTE | T° FRIA | DIFERENCIA T° | VOLTAJE |
| 90° | 49.32° | 40.68° | 0.42V |
| 90° | 45.21° | 44.79° | 0.69V |
| 90° | 41.02° | 48.98° | 0.93V |
| 90° | 35.91° | 54.09° | 1.10V |
| 90° | 29.87° | 60.13° | 1.52V |
| 90° | 24.36° | 65.64° | 1.74V |
| 90° | 20.47° | 69.53° | 1.91V |

Tabla 1: Promedios de valores medidos en la primera prueba controlada

Análisis de resultados de la prueba con celda única:

- De los valores de voltaje obtenidos se puede observar que el comportamiento de las celdas es progresivo y dependiente de la diferencia de temperatura entre las caras de las celdas, por lo que los valores de voltaje aumentan hasta casi 1.91V al tener una diferencia de temperatura de alrededor de 70° C, cabe recalcar que los equipos de medición utilizados son fiables, sin embargo debido a las condiciones de aplicación de las celdas, no se puede realizar una medición directa, y por ende obtener valores de temperatura 100% reales.
- Según las curvas de temperatura, podemos apreciar que los valores de (TC) no varían se podría decir que se mantienen estables en aproximadamente 90 grados y (TF) varían aproximadamente 5 grados aumentando la refrigeración entre cada medición, por

lo que se espera una pérdida de rendimiento de las celdas al aplicarse en condiciones reales de trabajo.

- Los valores mostrados en la tabla son promedios obtenidos a partir de los valores observados al repetir 3 veces cada medición realizada para minimizar el error de medición, debido a las variaciones producidas en la temperatura durante el control de la refrigeración.

➤ *Prueba de conexión en serie*

Una vez que ya contamos con los datos iniciales de una sola celda, los que demuestran que una sola celda TEC1-12706 no es capaz de proporcionar el voltaje requerido para reemplazar al alternador se debe probar diferentes conexiones con varias celdas para encontrar cual tiene un mejor desempeño en el funcionamiento de las celdas y que permita conseguir entre 13 y 15V, de esta manera determinar cuántas celdas son necesarias para la aplicación deseada.

Para obtener los valores mostrados a continuación se siguió el proceso mostrado en el anexo # 14

| PRUEBAS CON DOS CELDAS EN SERIE | | | |
|---------------------------------|---------|---------------|---------|
| Tº CALIENTE | Tº FRIA | DIFERENCIA Tº | VOLTAJE |
| 90º | 51.45º | 38.55º | 0.76V |
| 90º | 45.74º | 45.21º | 1.29V |
| 90º | 40.29º | 49.71º | 1.83V |
| 90º | 35.11º | 54.89º | 2.36V |
| 90º | 30.87º | 59.13º | 2.71V |
| 90º | 24.98º | 65.02º | 3,22v |
| 90º | 21.47º | 68.53º | 3.54V |

Tabla 2: Promedios de los valores medidos en la segunda prueba controlada.

Análisis de resultados de la prueba con dos celdas en serie:

Con el voltaje obtenido en la prueba con dos celdas TEC1-12706 en serie en condiciones y temperatura de trabajo se puede observar que el comportamiento de las celdas se mantiene progresivo y dependiente de la diferencia de temperatura existente entre las caras de las celdas, por lo que los valores máximos de voltaje se mantienen cercanos a los 3.5V al tener una diferencia de temperatura de alrededor de 68.53° C, cabe recalcar que los valores de temperatura caliente medidos siguen siendo constantes aproximadamente a 90 grados, esta es la temperatura de trabajo estable de la salida del tubo de escape en la moto. Los valores de voltaje se mantienen similares a la primera prueba, en este caso se tuvo que agregar otra fuente de calor para la segunda celda ya que se aumentó la superficie de contacto y

también un ventilador más grande.

- Según las curvas de temperatura, podemos apreciar que los valores máximos (TC) no superan los 90 grados y los (TF) se mantienen controlados aunque siempre al momento de configurar la temperatura deseada se producen desniveles por lo que se espera una pérdida de rendimiento de las celdas al aplicarse en condiciones reales de trabajo
- Los valores mostrados en la tabla son un solo promedio para ambas celdas, obtenido a partir de los valores observados al repetir 3 veces cada medición realizada en el arreglo de 2 celdas para minimizar el error de medición.

19) Fase de pruebas en condiciones de trabajo

Una vez estudiado el comportamiento de las celdas y sus conexiones bajo condiciones controladas simulando las temperaturas a las que serían sometidas durante el funcionamiento del motor, es momento de realizar un dispositivo compuesto por 10 celdas Peltier, TEC1-12706 capaces de absorber el calor producido por el tubo de escape en una de sus caras y obtener refrigeración producida por disipadores con ventilación en la otra, se ha decidido implementar 10 celdas, analizando los resultados de las anteriores pruebas, donde se llegó a la conclusión de que cada celda es capaz de aportar entre 1.33v a 1.52v lo que indica que 10 celdas conectadas en serie son capaces de producir entre 13 y 15v , lo suficiente para cargar la batería y reemplazar el trabajo del alternador.

Para la implementación del sistema se ha escogido una motocicleta UM 200cc del 2012 de tipo enduro y como superficie de contacto utilizaremos el silenciador ya que al tener un diámetro más grande que el resto del sistema de escape nos ofrece una mayor superficie de contacto y por su posición, el dispositivo no va a interferir con el correcto manejo de la motocicleta.

En el silenciador encontraremos una temperatura de trabajo que va entre los 80 y 100 grados centígrados lo que nos permite obtener un promedio constante de temperatura caliente de 90 grados.

Parámetros para el diseño e implementación del sistema.

- I. Como superficie de transferencia de calor, se escogió una platina de aluminio, de 5 pulgadas de ancho por 10 pulgadas de largo, con un espesor de 2 mm, donde

irán las celdas ubicadas en dos filas, de 5 celdas distribuidas a lo largo de la superficie con mayor contacto en el silenciador, para mejor absorción calórica.

Ilustración 1 : plancha de aluminio. Autores (Loza, Mera 2021)



- II. Para protección de las celdas se colocó pasta térmica en la superficie de contacto de una celda, con el aluminio y los disipadores.

Ilustración 2: Recubrimiento Pasta Térmica.

Autores (Loza, Mera 2021)

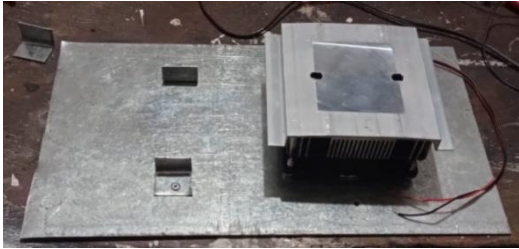


- III. Se instaló los disipadores a la platina de aluminio, manteniendo

el contacto permanente de las caras de las celdas.

Ilustración 3: instalación de disipadores térmicos.

Autores (Loza, Mera 2021)



IV. Se implementó a cada disipador 2 ventiladores de 3 pulgadas de diámetro de 3 voltios cada uno.

Ilustración 4: Implementación de ventiladores a disipadores de calor.

Autores (Loza, Mera 2021)



V. Contemplando el diseño del conjunto energético (celdas Peltier, disipadores y ventiladores), se adaptó soportes de sujeción al conjunto, a la platina de aluminio.

VI. Se fabricaron 2 abrazaderas a medida del silenciador, que sujeten al conjunto platina, celdas Peltier, disipadores y ventilador, manteniéndolo en contacto continuo con el sistema de escape de la motocicleta.

Ilustración 5: Montaje del sistema al silenciador de la motocicleta.

Autores (Loza, Mera 2021)



Conexión eléctrica del dispositivo de carga.

- I. Se realizó la conexión en serie entre las 10 celdas Peltier, conectadas directamente al positivo y negativo de la batería.
- II. Los ventiladores se conectaron independientemente y directos a la batería, para garantizar el funcionamiento eficiente de los mismos.
- III. Se implementó un switch en la conexión de los ventiladores, con el fin de tener control de la refrigeración de ser necesario.

Bibliografía

- ALONSO PEREZ, J. M. (2007). *Técnicas del automóvil. Equipo eléctrico*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NjRs-lxnOIwC&oi=fnd&pg=PA3&dq=el+alternador+&ots=uahB6p3poG&sig=St2C4QY1Jv1b-3pT1KOY-uxEst8#v=onepage&q&f=false>
- ARIAS, A. G. (2002). <https://www.researchgate.net/>. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Arnaldo_Gonzalez_Arias/publication/28104547_El_concepto_energia_en_la_ensenanza_de_las_ciencias/links/5605f0b608aea25fce342982/El-concepto-energia-en-la-ensenanza-de-las-ciencias.pdf
- Ballesteros, H. O. (08 de Diciembre de 2007). *cloudfront.net*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50544101/Gases_de_Efecto_Invernadero_y_el_Cambio_Climatico.pdf?1480106107=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DINFORMACION_TECNICA_SOBRE_GASES_DE_EFECTO.pdf&Expires=1611725015&Signature=F2oqg4jGZzXnMTqb5e
- Casa Casa, R. I. (febrero de 2019). *Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi : <http://181.112.224.103/bitstream/27000/5623/1/PI-001147.pdf>
- construmatica. (s.f.). *construmatica*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Energ%C3%ADa_El%C3%A9ctrica
- ENRIQUEZ HARPER, G. (2004). <https://books.google.com.ec/>. (M. Limusa, Ed.) Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover&dq=el+libro+practico+de+los+generadores+enriquez+harper&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi%20E05m6iNvjAhXyzVvKKhfltDAkQ6wEIKDAA#v=onepage&q=el%20libro%20practico%20de%20los%20generadores%20enri>
- García, H. (2007). Antoine L. Lavoisier El investigador del fuego. En H. García, *Antoine L. Lavoisier El investigador del fuego*. Mexico: Pax Mexico.
- HERMOSA DONATE, A. (1999). *Principios de electricidad y electrónica II*. Obtenido de googlebook: https://books.google.com.ec/books?id=OBGdJcvSvCQC&pg=SA1-PA38&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false
- Inda, O. M. (25 de junio de 2016). *academica-e.unavarra*. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/21759/Memoria.pdf?sequence=1>
- Mecánico., L. P. (Agosto de 2017). *Tecnomundo*. Obtenido de Tecnomundo : <http://tecnoautomundo.blogspot.com/2017/08/ruidos-en-el-automovil-que-significan-y.html>
- Motores de combustion interna. (1978). En J. Gilardi. Costa Rica.: Instituto Interamericano de Coperación para la Agricultura IICA.
- Navarrete, J. (2011). *actualidad motor*. Obtenido de actualidad motor: <https://www.actualidadmotor.com/alternador-coche/>
- PÉREZ, J. A. (febrero de 2018). <https://riunet.upv.es/>. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101498/MOYA%20-%20Estudio%20de%20aplicaci%C3%B3n%20de%20c%C3%A9lulas%20Peltier%20para%20la%20obtenci%C3%B3n%20de%20electricidad%20en%20autom%C3%B3viles.pdf?sequence=1>
- Rovira, A., & Domingues, M. M. (octubre de 2015). *books.google*. Obtenido de Motores de combustion Interna: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EfLCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=cargas+en+un+motor+de+combusti%C3%B3n+interna&ots=D14mtJty7v&sig=Hkzo0QIqVSwdeYG-hlrl8zoxZKo#v=onepage&q&f=false>
- Sacristán Gómez, A. (Junio de 2011). *Biblioteca Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Eléctrica*. Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/13561#preview>

