



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL**

Rafael André Herrarte Vásquez

Asesorado por el Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza

Guatemala, noviembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RAFAEL ANDRÉ HERRARTE VÁSQUEZ
ASESORADO POR EL ING. GILBERTO ENRIQUE MORALES BAIZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería mecánica, con fecha 3 de mayo de 2021.



Rafael André Herrarte Vásquez

Guatemala, 12 de octubre 2023

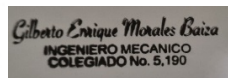
Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Morales:

Por este medio hago constar que he revisado y aprobado el trabajo de graduación del estudiante Rafael André Herrarte Vásquez, con registro académico 201612347 y CUI 3001725830101, el cual lleva como título: **"ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL"**.

En base a lo anterior, hago de su conocimiento esta información a efecto de continuar con el trámite respectivo para su aprobación, sin otro particular.

Atentamente,



Ingeniero Gilberto Enrique Morales Baiza
Asesor
Colegiado 5190

Ref.EIM.058.2023

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL** desarrollado por el estudiante: **Rafael André Herrarte Vásquez** con Registro Académico **201612347** y CUI **3001725830101** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.07.EIM.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL**, presentado por: **Rafael André Herrarte Vásquez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2024

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.047.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO MECÁNICO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LOS DE MOTORES DE CICLO OTTO Y CICLO DIÉSEL**, presentado por: **Rafael André Herrarte Vásquez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, febrero de 2024

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por concederme una vida rodeada de personas increíbles.
Mis padres	Enma Jeaneth Vásquez, por inspirarme con su ejemplo de superación, entrega y amor; y, Ángel Rafael Herrarte Colindres, por ser influencia y apoyo en mi toma de decisiones.
Mi hermano	Job David, por ser un segundo padre para mí, y enseñarme a aplicar la bondad en todo lo que hago.
Mi abuelito	Jerónimo Cabrera (q. e. p. d.), quien desde el cielo me sigue enseñando con su legado, a buscar la excelencia.
Mi abuelita	Valeria Vásquez, por siempre admirar y creer en mis capacidades, darme ánimos y nunca dejar que salga con hambre de su casa.
Mis sobrinos	Ximena, Abigail y en especial a Sebastián, esperando que con este ejemplo sigan adelante hasta culminar con esta fase.

Mi mejor amigo

Fabrizio Gómez (q. e. p. d.), que con su risa me llenaba el alma de vida, hasta allá al cielo te envío este logro que es nuestro.

Mi novia

Elena Izabel Odalys Cipriano, por ser ese soporte vital que me acompaña siempre y por darme ese último aventón que necesitaba.

Mis primos

Valery Rosales y José Andrés Cappa por siempre creer en lo que soy capaz, y en especial a Betzy Cappa por demostrarme que la excelencia no tiene tiempo de caducidad.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma máter que me mostró el camino hacia la grandeza.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme materializar mi sueño de convertirme en ingeniero.
Mis amigos de la Facultad	Fabrizio Gómez (q. e. p. d.), Verónica Pérez, Mariela Guevara, Andrés de León y Juan Xicay, por siempre tenderme la mano cuando lo necesité.
Ing. Gilberto Morales	Por brindarme su asesoría para este trabajo de tesis.
Ing. Carlos Pérez	Reconocer su entrega y buena disposición en ayudar a todos los estudiantes en esta etapa de investigación.
Honeywell González	Por apoyarme a expandir mis horizontes en el campo profesional.
Mis amigos de Kinal	Abner Juárez y Eduardo Pérez, por enseñarme que no existe idea tan descabellada que no pueda ser materializada en realidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. EXPERIENCIAS DE DESEMPEÑO COMPARATIVO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y DE CICLO OTTO Y DIÉSEL	1
1.1. Funcionamiento del vehículo de combustión interna	1
1.1.1. Tipos de estructuras y sistemas	1
1.1.2. Componentes.....	1
1.1.3. Motor de combustión interna	2
1.1.3.1. Partes del motor	2
1.1.3.2. Motor de ciclo Otto	6
1.1.3.3. Motor de ciclo diésel.....	7
1.1.4. Transmisión	8
1.1.5. Transmisión automática.....	8
1.1.6. Transmisión mecánica.....	9
1.2. Funcionamiento de los vehículos eléctricos	11
1.2.1. Componentes de los vehículos eléctricos	12
1.2.2. Motor eléctrico	13
1.2.2.1. Principio de funcionamiento	13
1.2.2.2. Fuerza contra electromotriz inducida en un motor	13

	1.2.2.3.	Número de escobillas.....	14
	1.2.3.	Sistema de baterías.....	14
	1.2.4.	Bancos de baterías de litio	15
	1.2.5.	Supercapacitores.....	15
	1.2.6.	Sistema de frenos regenerativos.....	15
2.		INDICADORES TEÓRICOS DE DESEMPEÑO PARA VEHÍCULOS.....	17
	2.1.	Potencia	17
	2.2.	Emisión de sonido.....	19
	2.3.	Torque.....	22
	2.4.	Rango de operación	24
	2.5.	Eficiencia térmica.....	24
3.		TABLA PARETO PARA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO APLICANDO INDICADORES.....	25
	3.1.	Potencia	25
	3.2.	Torque.....	25
	3.3.	Trabajo	26
	3.4.	Rango de operación	27
	3.5.	Consumo energético.....	28
	3.6.	Emisiones	29
	3.7.	Costos y mantenimiento	30
4.		RESULTADOS DE LA TABLA DE PARETO PARA EL DESEMPEÑO DE LOS VEHÍCULOS.....	33
	4.1.	Resultados del desempeño entre motor eléctrico y ciclo Otto	33
	4.2.	Resultados del desempeño entre motor eléctrico y ciclo diésel.....	37

4.3.	Análisis final o resumen	41
CONCLUSIONES		43
RECOMENDACIONES.....		45
REFERENCIAS		47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Bloque del motor	2
Figura 2.	Cigüeñal	3
Figura 3.	Eje de levas.....	5
Figura 4.	Ciclo Otto	6
Figura 5.	Transmisión manual.....	11
Figura 6.	Niveles de ruido para motores.....	21
Figura 7.	Frecuencias para vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos	22
Figura 8.	Tabulación de datos de potencia.....	34
Figura 9.	Aceleración Otto vs eléctrico	35
Figura 10.	Torque eléctrico vs Otto.....	36
Figura 11.	Tabulación de datos de desempeño motor diésel y motor eléctrico (potencias).....	38
Figura 12.	Aceleración diésel vs eléctrico.....	39
Figura 13.	Torque eléctrico vs diésel	40

TABLAS

Tabla 1.	Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico	12
Tabla 2.	Desempeño de potencia	25
Tabla 3.	Torque y rpm que produce	26
Tabla 4.	Pareto de autonomía	27
Tabla 5.	Pareto de consumo energético.....	29

Tabla 6. Pareto de periodicidad de mantenimientos 31

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
hp	Caballos de fuerza
CV	Caballos de vapor, potencia
GPa	Giga Pascales, presión
g	Gramo, masa
Hz	Hertz, frecuencia eléctrica
kg	Kilogramo
kgf	Kilogramo fuerza
km/h	Kilómetro por hora
kW.h	kiloWatt por hora
m	Metro
Nm	Newton por metro
%	Porcentaje
rpm	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Caballos de fuerza	Medición de la potencia de una máquina basada en la potencia de los caballos de tiro.
DOHC	Del inglés <i>double overhead camshaft</i> , significando doble árbol de levas en culata.
PM	Partículas producto del proceso de combustión.
PMI	Punto muerto inferior, posición más baja de un pistón de un motor de combustión interna.
P-V	Diagrama presión versus volumen.

RESUMEN

La industria automotriz ha sido dominada, en su mayoría, por los vehículos impulsados por los derivados del petróleo provocando que todos los países dependan de este tipo de recursos, esto provoca no solo una dependencia del petróleo, sino que limita la entrada de métodos alternativos, en este caso hablaremos de los vehículos eléctricos, alimentados por baterías de litio.

Siendo Guatemala un país con poco acceso a este tipo de tecnología, la infraestructura para sostenerla es casi nula, en comparación con otros países que cuentan con una red de cargadores eléctricos desplegados como gasolineras, aquí los vehículos híbridos y eléctricos deben ser recargados en casa. Con esta tesis de investigación pretendo proveer una noción más amplia de las ventajas de los vehículos eléctricos, así como de sus desventajas, intentando promover el uso de ambas alternativas.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio comparativo del desempeño de los vehículos eléctricos y los de combustión interna.

Específicos

1. Describir la experiencia en cuanto al desempeño de los vehículos eléctricos y con motor de combustión interna.
2. Recolectar información sobre los indicadores de desempeño para aplicarlos en vehículos eléctricos y los de ciclo Otto y diésel.
3. Evaluar el desempeño aplicando indicadores en vehículos eléctricos y en vehículos con motor de ciclo Otto y diésel, por medio de una tabla o lista de Pareto en que se plasme la comparación del rendimiento mecánico de los vehículos.
4. Tabular los resultados del análisis del rendimiento mecánico comparativo.

INTRODUCCIÓN

Vehículos eléctricos y de combustión interna han coexistido desde hace varios cientos de años, siendo los eléctricos los primeros en tener mayor auge, hasta 1930 con la aparición de los automotores de combustión interna la balanza se inclinó a su favor. Actualmente se ha ido retomando a pasos la cultura del vehículo eléctrico, con varias marcas iniciando en el mercado de los autos híbridos, un auto con motor eléctrico y de combustión interna, hasta algunos que optaron a lanzar vehículos puramente eléctricos.

Cada uno supone sus ventajas individuales, las cuales serán descritas más adelante, por ejemplo, los vehículos con motores de combustión interna no necesitan permanecer horas en una estación de carga para poder seguir circulando, basta con ir a una gasolinera y obtener de nuevo un rango de operación; por otro lado, los vehículos eléctricos gozan de una curva de torque y potencia lineal, es decir no necesitan estar funcionando a ciertas rpm para poder desarrollar potencia, esta es inmediata.

Desarrollaré las características de cada uno por separado, haciendo una comparación objetiva entre ambas tecnologías.

.

1. EXPERIENCIAS DE DESEMPEÑO COMPARATIVO ENTRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y DE CICLO OTTO Y DIÉSEL

1.1. Funcionamiento del vehículo de combustión interna de pistón

El motor de combustión interna es una máquina que produce energía mecánica, mediante energía química generada por la quema de un combustible dentro del motor. La energía liberada durante la combustión del combustible se transmite a un émbolo o pistón, el cual posee movimiento alternativo, que posteriormente mediante el mecanismo biela-manivela se convierte en movimiento rotatorio.

1.1.1. Tipos de estructuras y sistemas

Los motores tienen los mismos elementos principales: (bloque, cigüeñal, biela, pistón, culata, válvulas) y otros específicos de cada uno, como la bomba inyectora de alta presión en los motores diésel, o antiguamente el carburador en los Otto.

1.1.2. Componentes

La electrificación del automóvil requiere una serie de componentes específicos que, en muchas ocasiones, y como ocurre en los vehículos de combustión, llegan a las líneas de producción de los fabricantes suministrados por terceros.

1.1.3. Motor de combustión interna

Los motores de combustión interna pueden ser encendidos por chispa (gasolina) o por compresión (diésel). En los motores encendidos por chispa la combustión se debe a la explosión de una mezcla aire-gasolina ocasionada por la chispa originada por una bujía. En los motores encendidos por compresión la combustión se debe a que el diésel es inyectado en el cilindro cuando el aire dentro del mismo ya ha sido comprimido, por lo que al entrar en contacto el diésel con el aire a elevada temperatura se provoca la explosión.

1.1.3.1. Partes del motor

Se puede decir que el bloque es el cuerpo del motor, que mediante una serie de componentes adicionales le dan vida al motor de combustión interna. Dentro del bloque se encuentran los cilindros del motor.

Figura 1.

Bloque del motor



Nota. Presentación gráfica de un bloque de motor. Obtenido de Mundo del Motor (2018). *Coches, motos, mecánica, electrónica.* (<https://www.mundodelmotor.net/>), consultado el 19 de julio de 2022. De dominio público.

Dentro del cilindro se lleva a cabo la combustión que proporciona la energía necesaria para el movimiento del pistón. Este es conocido como la cámara de combustión, cerrado por un extremo y dentro del cual se desliza el pistón. El pistón está ajustado adecuadamente para que este pueda realizar su movimiento alternativo, por lo que posee unas ranuras en la parte superior donde se alojan los anillos que se adosan fuertemente contra las paredes del cilindro proporcionando un cierre de manera que cuando el pistón asciende el aire atrapado es arrastrado y comprimido en la parte superior del cilindro.

En realidad, dentro del cilindro entra cierta cantidad de aire que se comprime cuando el pistón asciende. Al estar el pistón en su punto más alto se inyecta diésel vaporizado, que al entrar en contacto con el aire caliente provoca la combustión que lanza el pistón hacia abajo.

El cigüeñal es un eje con codos o acodado y contrapesos que se coloca en la parte inferior del bloque motor. Este ayuda a transformar el movimiento alterativo de los pistones en movimiento rotativo.

Figura 2.

Cigüeñal



Nota. Presentación gráfica de un cigüeñal. Obtenido de Mundo del Motor (2018). *Coches, motos, mecánica, electrónica.* (<https://www.mundodelmotor.net/>), consultado el 19 de julio de 2022. De dominio público.

La culata o tapa del bloque es la parte superior del motor que permite el cierre de las cámaras de combustión de los cilindros. Esta cuenta con orificios ya que aquí están ubicadas las válvulas que permiten la admisión y escape de los gases. La culata se une al motor mediante tornillos y una junta o empaque.

El motor posee dos o cuatro aberturas en el extremo cerrado del cilindro. Cuando posee dos aberturas, una es la que permite el ingreso del aire y la otra es la que deja salir los gases que resultan de la combustión, estos tiempos son conocidos como admisión y escape, respectivamente. Cuando el motor posee cuatro aberturas, dos aberturas realizan cada tarea. En la figura 8 se puede observar una culata con los orificios y las válvulas.

Eje de levas posee una leva por cada válvula o par de válvulas. Este eje es a su vez gobernado por el movimiento del cigüeñal, que realiza la transmisión de movimiento por medio de engranes o cadena. En la siguiente figura se puede observar un eje de levas.

Figura 3.

Eje de levas



Nota. Presentación gráfica de eje de levas. Obtenido de Mundo del Motor (2018). *Coches, motos, mecánica, electrónica.* (<https://www.mundodelmotor.net/>), consultado el 19 de julio de 2022. De dominio público.

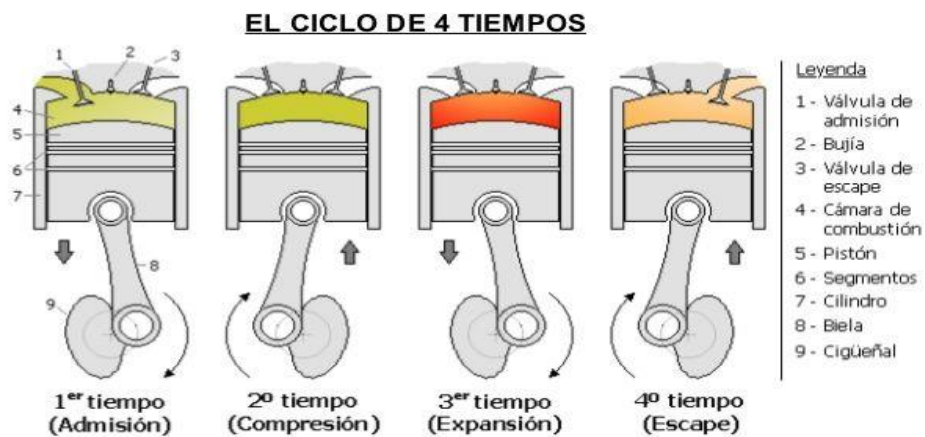
El cárter es la parte inferior del motor en donde se encuentra todo el aceite lubricante necesario para evitar el desgaste entre las piezas del motor. Este va unido al bloque motor en la parte de abajo con varios tornillos. Es muy importante mencionar que el motor posee una serie de ductos internos por donde circula el aceite que evita la fricción entre piezas. Cada una de las partes internas del motor que está en movimiento necesita estar siendo lubricada constantemente para que el motor no se dañe.

1.1.3.2. Motor de ciclo Otto

En la mayoría de las máquinas de encendido por chispa el pistón ejecuta cuatro tiempos completos (dos ciclos mecánicos) dentro del cilindro, y el cigüeñal completa dos revoluciones por cada ciclo termodinámico. Estas máquinas son llamadas máquinas de combustión interna de cuatro tiempos.

Figura 4.

Ciclo Otto



1º) Admisión: entra la mezcla de gasolina y aire. Baja el pistón

2º) Compresión-ignición: se comprime la mezcla al subir el pistón. Explota por la chispa de una bujía (los de gasolina) o por comprimirlo mucho (diesel)

3º) Expansión: la explosión hace bajar fuertemente el pistón, produciendo trabajo.

4º) Escape: al subir el pistón por inercia manda los gases de la explosión al exterior (por el tubo de escape)

Nota. Ejemplo de un motor de ciclo Otto. Obtenido de Mundo del Motor (2018). *Coches, motos, mecánica, electrónica.* (<https://www.mundodelmotor.net/>), consultado el 19 de julio de 2022. De dominio público.

1.1.3.3. Motor de ciclo diésel

Es un motor de combustión endotérmica, constituye su principal diferencia el sistema de alimentación y la forma que se realiza la combustión los elementos constitutivos son similares a un motor de explosión, aunque existen variaciones constructivas específicas para proporcionar mayor robustez a aquellas partes que soportan presiones de trabajo más elevadas.

La teoría del funcionamiento se basa en cuanto más se comprime una determinada cantidad de gas, más aumenta la temperatura, lo contrario sucede cuando se expande el volumen del gas, además a mayor diferencia entre las temperaturas del gas y por consiguiente en los dos volúmenes antes y después de la compresión mejor funciona el motor, es decir que mayor, es el trabajo producido al suministrar una determinada cantidad de energía.

La creación y desarrollo del motor diésel se fundamenta en la obtención de un mayor rendimiento que el motor a gasolina, esto se consigue con la utilización de un combustible pesado y una relación volumétrica de compresión elevada, esta última es posible porque se aspira y comprime únicamente aire, en lugar de una mezcla. El combustible que utiliza esta clase de motor debe introducirse a una presión aproximada entre cien y doscientos cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado y mezclarse con el aire comprimido. El combustible líquido entra en forma de chorro finamente pulverizado que se evapora rápidamente al absorber calor de la alta temperatura existente en la cámara de combustión, al combinarse de forma homogénea con el aire y reaccionar con el oxígeno se produce la combustión.

1.1.4. Transmisión

Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

1.1.5. Transmisión automática

Al conducir un automóvil con transmisión automática se pueden percibir dos grandes diferencias con las transmisiones mecánicas.

- Ausencia de un pedal de embrague.
- Al conectar la transmisión en posición D (drive), todo se vuelve automático.

La transmisión automática posee el convertidor de torque y la transmisión mecánica el embrague, ambos cumplen exactamente el mismo objetivo de transmitir la potencia del motor a la transmisión, cada uno lo hace de forma diferente. La clave que hace la diferencia entre transmisiones automáticas y transmisiones mecánicas radica en la forma de conectar y desconectar los diferentes juegos de engranajes en el eje de salida, para poder obtener la relación deseada en cada condición de manejo, en la transmisión mecánica es seleccionado por el conductor mientras que en la transmisión automática un set de engranajes epicíclicos hace posible lo anterior en forma automática, silenciosa y eficiente.

Al observar dentro de una transmisión automática, se encuentra una gran cantidad de piezas móviles y estáticas colocadas de forma muy ingeniosa dentro de un espacio reducido, algunas de las piezas son:

- Un set de engranajes epicíclicos.
- Un set de bandas de freno para bloquear partes del juego de engranes.
- Un set de tres embragues húmedos para bloquear otras partes en el juego de engranes.
- Un funcional sistema hidráulico para el control de los embragues y las bandas de freno.
- Una bomba hidráulica para mover el fluido dentro de la transmisión y por todas las partes móviles de esta.

1.1.6. Transmisión mecánica

Los vehículos necesitan de una transmisión para poder manejar la potencia erogada por el motor, dirigirla hasta el eje de transmisión y posterior a las ruedas, el arreglo normal para un vehículo con tracción en el eje trasero.

Para entender correctamente cómo trabaja este sistema, es necesario describir cada una de las partes:

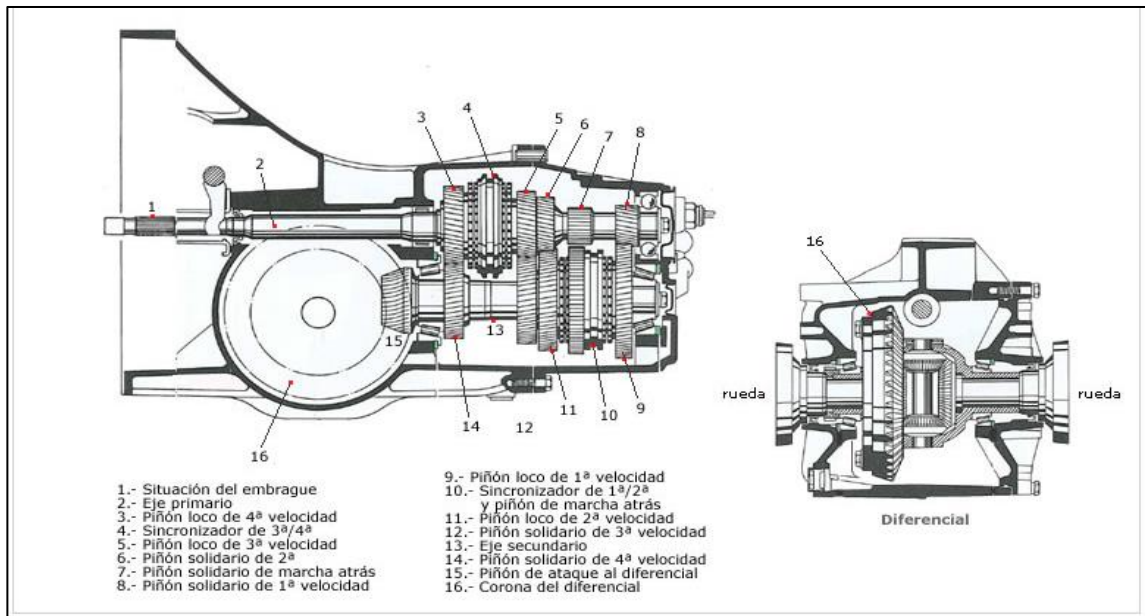
- El eje de entrada del motor sale del sistema de embrague y tiene las mismas revoluciones que el motor, tiene conectado un engrane y funcionan como una unidad. Sin la existencia del embrague no sería posible operar el motor sin que esté el automóvil en movimiento, esto quiere decir que, si el embrague está acoplado, el motor gira a un número de rpm, y la caja a uno totalmente diferente, ya sea mayor, menor o en alto total.
- El eje de conexión y los engranes del mismo funcionan como una pieza única, giran a una misma cantidad de rpm. El eje de entrada del motor y el de conexión se encuentran conectados por medio de engranes con una

relación fija, esto quiere decir que al desacoplar el embrague los dos ejes giran recibiendo la potencia erogada por el motor.

- El eje de salida hacia el diferencial es estriado y este es la salida de la transmisión, se conecta con el eje diferencial mediante el eje cardan, lo que da a entender que, si el automóvil está en movimiento, el eje también se encuentra en rotación.
- Los engranes del eje de salida están montados sobre cojinetes y son libres de girar.
- El collarín que se encuentra montado sobre el eje de salida y es libre de moverse entre los dos engranes adyacentes, está conectado con este por medio de estrías, y hace que gire como una pieza única con el eje de salida. El collarín posee unos dientes llamados dientes de perro, los cuales se acoplan con las cavidades en los engranes.

Figura 5.

Transmisión manual



Nota. Ejemplo del funcionamiento de la transmisión manual. Obtenido de BOSCH (s.f.). *Inyección directa de gasolina con Bosch Motronic MED 7.* (p. 21.) BOSCH.

1.2. Funcionamiento de los vehículos eléctricos

Es aquel que utiliza energía química procedente de sus acumuladores o baterías recargables, para alimentar sus motores eléctricos que lo impulsarán. Las cuales pueden ser recargadas mientras este se encuentra parqueado o aprovechando la energía cinética de su movimiento (Rosell, 2012).

Tabla 1.

Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico

Ventajas	Inconvenientes
Potencialmente sistema de propulsión limpio, menor impacto ambiental.	Prestaciones y autonomía, se limita a lo que las baterías puedan rendir.
Posibles exenciones fiscales, por medio de normativas y reglamentos claros.	Necesidad de mejoras en la red o red logística, su recarga representará cambios a la red de distribución puesto que la demanda de la recarga es considerable.
Costes, no necesita de la gran cantidad de dispositivos y mecanismos que los vehículos de combustión interna precisan.	Desarrollo de baterías, limitante principal debido a los materiales de elaboración, vida de uso y desechos que representarán.

Nota. Descripción de las ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico. Elaboración propia, realizado con Excel.

Hasta el momento se han desarrollado dos grandes clases de vehículos que incorporan un sistema de tracción eléctrica.

- Vehículo híbrido, tradicional y enchufable.
- Eléctrico puro (BEV o Battery Electric Vehicle) o vehículo eléctrico, el cual será del interés de la presente investigación.

1.2.1. Componentes de los vehículos eléctricos

- Cargador: el cargador o transformador convertidor es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para así poder cargar la batería principal.
- Batería: las baterías se pueden clasificar en dos tipos primarios, el primer tipo se caracteriza por no poder renovar su carga a menos que se sustituya la sustancia química de la cual está compuesta, y el segundo tipo son las que pueden recargarse a través de una señal eléctrica inversa al flujo de

la corriente eléctrica, en el sentido contrario a aquel que la corriente de la batería fluye normalmente. (Tabima, 2019).

1.2.2. Motor eléctrico

El motor eléctrico puede ser un motor de corriente alterna (AC) o de corriente continua (DC). La diferencia entre estos los dos tipos, principalmente, es la forma de alimentación. El de corriente continua se alimenta directamente desde la batería principal, y el de corriente alterna se alimenta a través de la energía que emite la batería previamente transformada en corriente alterna a través del inversor.

1.2.2.1. Principio de funcionamiento

En el interior del motor eléctrico encontramos un estator, que es su componente estático y un embobinado de cables por los que pasa la corriente eléctrica y genera un campo magnético que gira en el interior del estator. En el centro se encuentra el rotor que contiene un campo magnético fijo, debido al campo giratorio que produce el embobinado el rotor es arrastrado produciendo movimiento de giro que a su vez transmite movimiento a las ruedas del automóvil por medio de una serie de engranajes (Pérez, 2018).

1.2.2.2. Fuerza contra electromotriz inducida en un motor

Se define como una característica de los receptores que mide en voltios la energía por unidad de carga que consume el mismo. Se opone al paso de la corriente eléctrica en una inductancia, reduciendo después de unos milisegundos el consumo de la misma.

1.2.2.3. Número de escobillas

Las escobillas colocan en cortocircuito las bobinas situadas en la zona neutra; si la máquina tiene dos polos, tenemos también dos zonas neutras. En consecuencia, el número total de escobillas ha de ser igual al número de polos de la máquina. En cuanto a su posición, será coincidente con las líneas neutras de los polos. En realidad, si un motor de corriente continua en su inducido lleva un bobinado imbricado, se deberán poner tantas escobillas como polos tiene la máquina, pero si en su inducido lleva un bobinado ondulado, como solo existen dos trayectos de corriente paralela dentro de la máquina, en un principio es suficiente colocar dos escobillas, aunque si se desea se pueden colocar tantas escobillas como polos.

1.2.3. Sistema de baterías

Las baterías representan una parte fundamental en el VE. Estos proveen la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los motores y por tanto condicionará el desempeño y su autonomía. Teniendo aspectos de interés los cuales son:

- Costes: actualmente las baterías suponen una parte de suma importancia en cuanto a los costes del VE, limitando en gran medida la comercialización de estos.
- Capacidad de almacenamiento: este aspecto repercute en la autonomía del VE, puesto que, a mayor capacidad de acumulación de energía, mayor será la distancia que el VE podrá recorrer.

- Vida útil: aspecto muy determinante puesto que las baterías por representar un gran porcentaje del coste del VE, deberán tener una vida útil considerablemente alta, no siendo hasta el momento así en otras aplicaciones comerciales que estas pueden tener.

1.2.4. Bancos de baterías de litio

La United States Advanced Battery Consortium (USABC) considera las baterías de litio como una solución a largo plazo para los vehículos eléctricos debido a que poseen una concentración de energía específica muy alta. Estas baterías pueden permitir que en el futuro un vehículo tenga rangos de operación mayores, equiparables a los de combustión interna.

1.2.5. Supercapacitores

Un capacitor es un dispositivo de almacenamiento rápido de energía eléctrica que permite ciclos rápidos de carga y descarga, pero presentan ciertas limitaciones desde el punto de vista de almacenamiento energético. Es aquí donde entran en juego los supercapacitores que son una nueva generación de condensadores que se presentan como un buen complemento, al rescatar la energía en los ciclos de carga y descarga y la capacidad de almacenamiento de las baterías (Martínez, 2013).

1.2.6. Sistema de frenos regenerativos

En un freno regenerativo en su lugar se emplea un generador eléctrico, que traducido es un motor eléctrico realizando su función a la inversa, para absorber la energía cinética del vehículo transformándola en energía eléctrica.

2. INDICADORES TEÓRICOS DE DESEMPEÑO PARA VEHÍCULOS

2.1. Potencia

El principio de funcionamiento de los motores de combustión interna, consiste en transformar el calor liberado por la combustión en trabajo. La virtud de un motor en convertir cierta cantidad de calor en trabajo aumenta a medida que se eleva el índice de compresión, durante el ciclo de combustión el gas ejerce sobre las paredes del cilindro que lo rodean una determinada presión, la que naturalmente afecta también al pistón y es tanto mayor cuando más alta es la relación de compresión y cuando más grande es la cantidad de mezcla aspirada.

La potencia es la fuerza que ejercen los gases producto de la combustión sobre el pistón, multiplicada por la carrera del pistón en el tiempo de trabajo. Esta potencia no es transferida totalmente hacia el cigüeñal, debido a que existen pérdidas de calor, rozamiento, vibraciones, entre otros, que reducen la potencia. En el motor se tienen 3 diferentes tipos de potencia:

- Potencia indicada: es la potencia desarrollada por el fluido de trabajo dentro del cilindro y se la calcula con ayuda del diagrama indicado del motor. Potencia efectiva y par motor: estos se obtienen de las pruebas de banco con ayuda de un freno.
- Par motor: es la fuerza que empuja al pistón y que hace girar el codo del cigüeñal mediante el mecanismo biela-manivela, es decir el torque que produce el movimiento de rotación.

- Potencia efectiva: se obtiene al multiplicar el par motor por la velocidad de rotación, también es conocida como potencia al freno, debido a que es obtenida mediante la aplicación de un freno al motor.
- Potencia absorbida: esta se obtiene de la diferencia entre la potencia indicada y la potencia al freno. Esta es la utilizada para vencer el rozamiento de los elementos que conforman el motor (pistones, cigüeñal, cojinetes) y también para mover elementos complementarios del motor como son: la bomba de agua, bomba de aceite y alternador.
- El consumo de combustible para producir la potencia: se comporta en el motor de gasolina como se muestra en la curva, puede apreciarse que hay un punto con el consumo de combustible mínimo, y un relativo ancho rango donde se mantiene muy próximo al mínimo, cambiando drásticamente al alza, para las bajas velocidades y especialmente para las altas. De este comportamiento se desprende, que, si quiere ahorrarse gasolina, deben evitarse las altas velocidades. Los motores diésel tienen su punto de menor consumo específico a velocidades de rotación más altas, por lo que, en este caso, lo más conveniente, es utilizarlo cerca de la potencia máxima.
- Consumo específico: es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor. Teóricamente el consumo específico debería ser igual a cualquier número de revoluciones de rotación, siendo independiente de la cilindrada del motor, pero en la práctica no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor. A velocidades de giro medias o velocidad de crucero, la riqueza de la mezcla se puede reducir por debajo de la relación

estequiométrica, ya que el motor trabaja en buenas condiciones con esfuerzos moderados, y por lo tanto, el consumo específico disminuye. En los motores diésel, como trabajan con exceso de aire, el trabajo efectuado varía con el combustible inyectado y la curva de consumo tiene pocas variaciones.

- rpm máximos: las rpm, es decir, el número de vueltas que da el cigüeñal por cada minuto. Su cifra en comparación con la potencia máxima, es importante porque cuando la potencia se consigue a bajo régimen, el motor proporciona un empuje mayor a bajas velocidades. Es lo que ocurre tradicionalmente con los motores diésel, que su potencia máxima suele conseguirse a 4,000 rpm o menos, mientras que en los de gasolina, las cifras habituales están entre 5,000 y 6,000 rpm, aunque algunos motores pueden llegar a tener valores superiores.

2.2. Emisión de sonido

La utilización de sistemas de propulsión eléctricos presenta numerosas ventajas medioambientales que no solo suponen una disminución en la emisión de gases contaminantes, sino también una reducción significativa de la contaminación sonora en ambientes urbanos. Una de las principales diferencias entre vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos es el bajo nivel de ruido generado por estos últimos a baja velocidad.

El ruido generado por los vehículos tiene su origen en numerosas fuentes sonoras, pudiendo relacionar cada una de ellas con diferentes partes del automóvil. El efecto de cada fuente dependerá en mayor o menor medida de la posición en la que se sitúe el receptor, distinguiendo entre interior o exterior del vehículo. Algunas de estas fuentes están directamente ligadas al sistema de

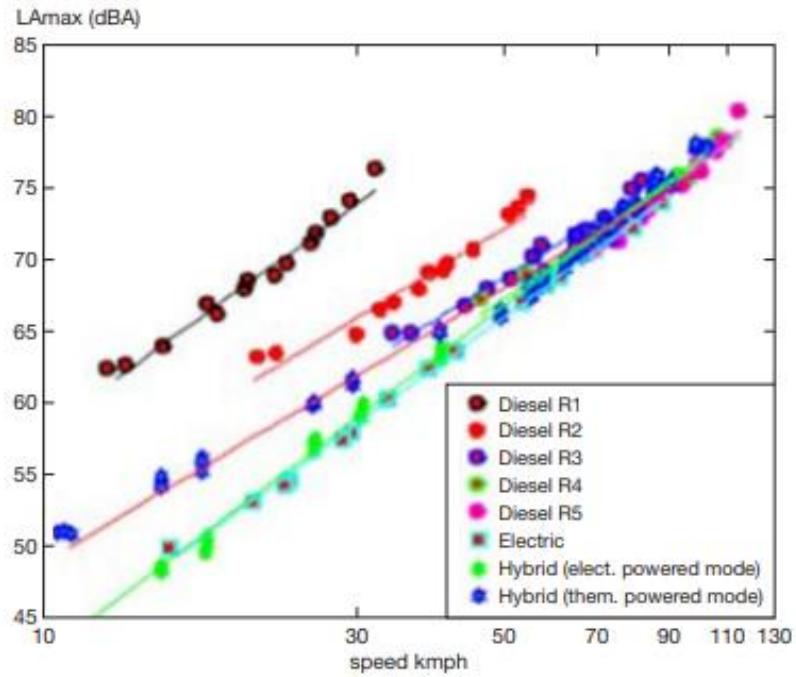
propulsión empleado y, por tanto, se verán afectadas en mayor medida por la utilización de motores eléctricos.

De acuerdo con el estudio realizado por Lelong & Michelet (2001), explica que “a baja velocidad los vehículos eléctricos o híbridos resultan muy silenciosos en comparación con los vehículos de gasolina o diésel” (p. 12). Esta diferencia en el nivel de ruido generado puede superar los 6 dB(A) a 10 km/h, disminuyendo según se incrementa la velocidad. El ruido generado por ambos sistemas de propulsión se iguala a una velocidad aproximada de 50 km/h, momento en el que el ruido de rodadura comienza a ser dominante.

Según Sakamoto et al. (2012) “el espectro de frecuencias de un vehículo de combustión interna y un vehículo eléctrico difieren considerablemente a baja velocidad (10 km/h), especialmente para frecuencias altas. Conforme la velocidad se incrementa, esta diferencia disminuye, llegando a ser prácticamente similares” (p. 32).

Figura 6.

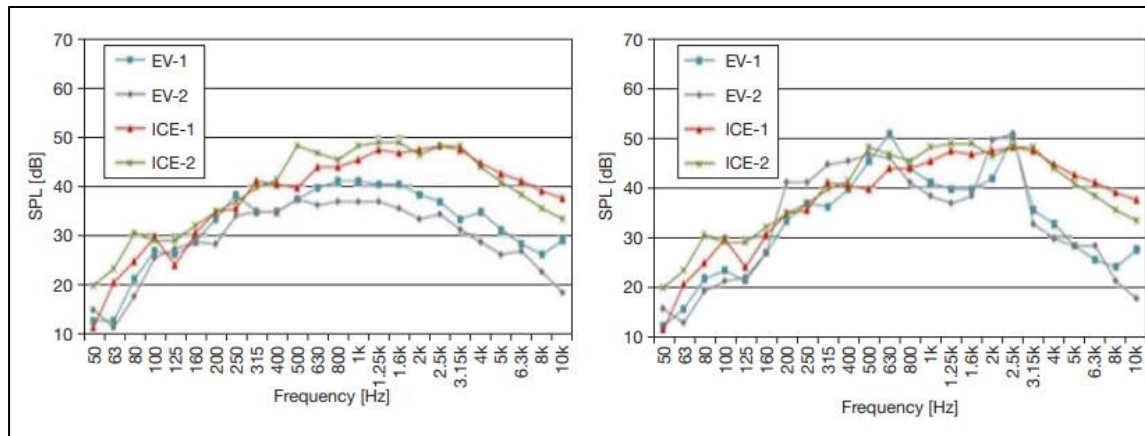
Niveles de ruido para motores



Nota. Gráfica de niveles de ruido de motor. Obtenido de I. Sakamoto, et al. (2001). *Report on basic research for standardization of measures for quiet vehicles in Japan.* (122.) Intermit Report.

Figura 7.

Frecuencias para vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos



Nota. Gráficas de espectro de frecuencias para vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos a velocidad constante (arriba 10km/h). Obtenido de I. Sakamoto, et al. (2001). *Report on basic research for standardization of measures for quiet vehicles in Japan*. (p. 124.) Intermit Report.

2.3. Torque

Se impulsa este mecanismo de prueba debido a que es el modo más confiable del que se dispone localmente para realizar pruebas de laboratorio bajo condiciones controladas. El motor a ser empleado no pretende ser el de un bus de prueba, sino un motor de similares características, pero adquirido en forma independiente como actualmente se hace dentro de los programas internacionales y con el objeto de poder determinar algunas variables importantes para el estudio. Dentro del equipamiento que se busca se encuentran los equipos de medición de partículas en los gases de escape, equipos que aportarían grandemente a la determinación de la efectividad de diferentes tecnologías y su eventual impacto sobre los motores.

Para la evaluación de estas pruebas es necesario realizar curvas de velocidad, las cuales consisten en graficar torque, potencia y consumo de combustible en función de la velocidad de giro (rpm), esta prueba es muy común cuando se requiere determinar las curvas características y por ende el comportamiento del motor. De igual manera las curvas de carga permiten conocer el comportamiento del motor, pero variando la aceleración y fundamentalmente la posibilidad de comparar parámetros relacionados como la potencia y el torque.

La carga, con el régimen, es la variable principal del funcionamiento de un motor. El motor funciona a plena carga cuando el conductor tiene el acelerador al máximo, en carga parcial cuando la aceleración es menor y en ralentí cuando no se acelera. La carga se puede expresar en términos absolutos o relativos; en términos absolutos, la curva de carga según el régimen es igual a la curva del par motor. Y en términos relativos, se expresa como una proporción de la máxima carga posible en cada régimen.

La forma de variar la carga en un motor diésel es variando la posición del acelerador. Por otro lado, las curvas de ajuste son una parte importante de toda prueba puesto que el objetivo principal es el determinar el comportamiento de parámetros que pueden resultar secundarios; así por ejemplo medir temperaturas y contrapresión de los gases de escape, opacidad y la verificación del comportamiento de un motor diésel, con y sin la utilización de un filtro de partículas post combustión, así como evaluar la capacidad de filtrado del dispositivo.

2.4. Rango de operación

Los autos eléctricos carecen de un gran número de piezas móviles y de desgaste y son realmente fiables, aprovechando adicionalmente más del 90 % de la energía que consumen. Por otra parte, también juegan con la ventaja de no requerir apenas mantenimiento.

2.5. Eficiencia térmica

Los motores de gasolina y diésel son máquinas térmicas y, por tanto, están limitadas por el máximo absoluto de Carnot, pero su funcionamiento es sustancialmente distinto y, por definición, menos eficiente, que el de la máquina reversible y perfecta por muchos motivos. Así pues, sería más exacto hacer un modelo teórico de un motor diésel o gasolina ideales para conocer su eficiencia máxima e insuperable.

Según Sakamoto, et al (2001), empezando por un motor de Ciclo Otto (gasolina convencional) tomando datos razonables para las variables implicadas, la eficiencia máxima de un motor teórico perfecto de gasolina con relación de compresión 8:1 es de un 56,5 %.

En el caso del ciclo diésel, que difiere ligeramente de la gasolina y permite relaciones de compresión mayores, en este cálculo realizado sobre el modelo teórico de este ciclo, se puede ver que su rendimiento perfecto para una relación de compresión de 18:1 sería de un 63,2 %.

3. TABLA PARETO PARA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO APLICANDO INDICADORES

3.1. Potencia

La curva ideal de potencia es en la cual la potencia aumenta de forma gradual a medida que incrementa las revoluciones del motor. Un detalle que hay que notar es que hay motores más eficientes que otros, en la mayoría de los casos entre más potencia dan más combustible consumen.

Tabla 2.

Desempeño de potencia

Vehículo	Fabricante	Motor	Desplazamiento	Tipo de transmisión
Veloster turbo	Hyundai	1593cm ³	201.22 hp a 6,000 rpm	Automática
Yaris GR	Toyota	1618cm ³	257.45 hp a 6,500 rpm	Mecánica
3	Mazda	1998cm ³	153.00 hp a 6,000 rpm	Automática

Nota. Descripción del desempeño de potencia. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2. Torque

De igual manera las curvas de carga permiten conocer el comportamiento del motor, pero variando la aceleración y fundamentalmente la posibilidad de comparar parámetros relacionados como la potencia y el torque. La carga, con el régimen, es la variable principal del funcionamiento de un motor. El motor funciona a plena carga cuando el conductor tiene el acelerador al máximo, en carga parcial cuando la aceleración es menor y en ralentí cuando no se acelera.

Tabla 3.

Torque y rpm que produce

Vehículo	Fabricante	Motor	Torque N m	RPM
Cayman	Porsche	2.0L Gasolina	380	2150
Corolla	Toyota	1.8L Gasolina	170	3900
Tahoe LS	Chevrolet	5.3L Diesel	519	4100

Nota. Descripción del torque y rpm que produce. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.3. Trabajo

La eficiencia de un vehículo se puede definir como la cantidad de energía que es convertida en trabajo útil, a pesar de todos los avances hechos durante el siglo pasado, la eficiencia de los motores de combustión interna sigue siendo muy baja, pero lo que más influye en el consumo de combustible, es el conductor y el tráfico. Normalmente, en las ciudades los vehículos viajan en una marcha baja y se mantienen en ralentí por largos periodos de tiempo. Además, un motor de combustión interna tiende a consumir más gasolina mientras alcanza la temperatura operacional para la que fue diseñado.

El vehículo híbrido no ha hecho de los motores de gasolina una maquina más eficiente termodinámicamente, solo se vale de una serie de controladores, 56 electrónicos y dispositivos para intercambiar de fuentes de impulso, para usar cada una en el momento en que son más eficientes. Un motor eléctrico utiliza la energía de manera más eficiente que un motor de gasolina o un motor diésel y al utilizarlo de manera adecuada en combinación con los anteriores puede disminuir significativamente el consumo de combustible, pero el motor de combustión interna de un vehículo híbrido no es más eficiente termodinámicamente que el de un vehículo convencional, pero el tren de potencia en conjunto si mejora de manera mensurable su eficiencia total.

3.4. Rango de operación

El consumo de combustible para producir la potencia, se comporta en el motor de gasolina como se muestra en la curva, puede apreciarse que hay un punto con el consumo de combustible mínimo, y un relativo ancho rango donde se mantiene muy próximo al mínimo, cambiando drásticamente al alza, para las bajas velocidades y especialmente para las altas. De este comportamiento se desprende que, si quiere ahorrarse gasolina, deben evitarse las altas velocidades. Los motores diésel tienen su punto de menor consumo específico a velocidades de rotación más altas, por lo que, en este caso, lo más conveniente, es utilizarlo cerca de la potencia máxima.

Tabla 4.
Pareto de autonomía

Vehículo	Fabricante	Motor	Autonomía	Cantidad de combustible
CX-5	Mazda	2.2 L	640 km	58L Gasolina
Tahoe	Chevrolet	3.0 L	850 km	90L Diésel
EV6	KIA	239 kW	410 km	77.4kWh
Ariya	Nissan	160 kW	348 km	63.0 kWh

Nota. Tabla con autonomías de distintos vehículos. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Consumo específico: Es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor.

Teóricamente el consumo específico debería ser igual a cualquier número de revoluciones de rotación, siendo independiente de la cilindrada del motor, pero en la práctica no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor. A velocidades de giro medias o velocidad de crucero, la riqueza de la mezcla se puede reducir por debajo de la relación estequiométrica,

ya que el motor trabaja en buenas condiciones con esfuerzos moderados, por tanto, el consumo específico disminuye.

En los motores diésel, como trabajan con exceso de aire, el trabajo efectuado varía con el combustible inyectado y la curva de consumo tiene pocas variaciones.

3.5. Consumo energético

Es importante aclarar que el concepto de eficiencia (también llamada rendimiento energético) varía de acuerdo con el tipo de motor. Para un motor eléctrico la eficiencia se define como la relación entre energía eléctrica que absorbe de las baterías, y la energía mecánica obtenida, mientras que para un motor a combustión se define como la relación entre la energía química contenida en el combustible, y la energía mecánica obtenida.

Considerando lo anterior, se tiene que el rendimiento energético de los motores eléctricos es sumamente superior al existente en los motores a combustión. Mientras en los motores eléctricos la eficiencia tiene una media de 90 %, alcanzando incluso el 95 % según algunos fabricantes, para los motores a combustión la cifra no supera el 25 % para motores de gasolina, ni el 30 % para motores diésel.

Tabla 5.*Pareto de consumo energético*

Vehículo	Fabricante	Consumo
CX-5	Mazda	9.1 L / 100 km
Tahoe	Chevrolet	10.6 L / 100 km
EV6	KIA	18.9 kW / 100 km
Ariya	Nissan	18.1 kW / 100 km

Nota. Descripción del consumo de distintos vehículos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.6. Emisiones

Emisiones por el bloque: debido a que los aros de los pistones deben llevar ciertas holguras de ajuste, parte de los gases de la combustión pasan al cárter. Estos gases deben ser evacuados del interior del cárter ya que de no ser así se generaría una presión en el interior del cárter que haría que tanto retenes como juntas quedarían destruidos. también se producirían pérdidas de aceite por el retén del cigüeñal. Este aceite caliente en contacto con él lo que se vaporizaría. La manera de evitar estos gases es enviarlos por medio de una desaireación del cárter a la admisión para quemarlos.

Las emisiones por evaporación se deben a que el combustible es muy volátil sobre todo la gasolina. Los puntos donde se produce son:

- El carburador (en la cuba), actualmente este problema no existe ya que el sistema de inyectores es totalmente hermético.
- El depósito: no se pueden evitar, la mejor manera de evitarlos era descargarlos al exterior. Actualmente no está permitido por lo que se idean sistemas que vuelvan a consumir estos vapores. Estos vapores se forman con el motor parado ya que cuando el motor está en marcha el consumo

de gasolina impide que la presión interna del depósito aumente evitando gran parte de estos gases volátiles. Existen varias soluciones para el depósito.

- Válvula obturadora de vapores: puede ser de tipo neumática, se abre o cierra en función del vacío en el colector de admisión. Actualmente es de tipo eléctrico y comandada por la UEC. Con esta válvula, los vapores almacenados en el canister son consumidos por el motor cuando este se encuentre en funcionamiento y siempre que la UEC determine que quemar más gasolina en ese momento no es perjudicial para el motor, como por ejemplo a plena carga, en aceleraciones bruscas o en frío.
- Filtro de carbón activo: está compuesto de gránulos de carbón activo que retienen los vapores de gasolina. Tiene una entrada conectada directamente al depósito, una entrada de aire exterior que sirve para ventilar el filtro cuando entra en funcionamiento el sistema y una salida que va conectada a la válvula del sistema por donde descargará al circuito.

3.7. Costos y mantenimiento

Los vehículos eléctricos cuentan un con 60 % menos de componentes en su motorización y transmisión de potencias versus su contraparte, los vehículos con motores de ciclo diésel y Otto. Por los que el costo de mantenimiento de un vehículo eléctrico disminuye hasta en un 30 %.

Tabla 6.
Pareto de periodicidad de mantenimientos

Vehículo	e-208	208
Marca	Peugeot	Peugeot
Tipo	Eléctrico	Gasolina
Revisiones periódicas	Cada 25,000 km o 2 años	Cada 20,000 km o 1 año
Cambio líquido de frenos	Cada 2 años	Cada 180,000 km o 10 años
Cambio líquido refrigerante	Cada 175,000 km o 10 años	Cada 20,000 km o 1 año
Sustitución filtros de cabina	No procede	Cada 20,000 km o 1 año
Sustitución filtro de aire	No procede	Cada 40,000 km o 4 años
Sustitución de bujías	No procede	Cada 100,000 km o 6 años
Sustitución de cadena de transmisión	No procede	Cada 100,000 km o 6 años
Sustitución de faja de distribución y bomba	No procede	Cada 100,000 km o 6 años
Sustitución de faja de tiempo	No procede	Cada 200,000 km o 12 años

Nota. Tabla de la descripción de un diagrama de Pareto el mantenimiento de un coche eléctrico en comparación a uno de combustión. Obtenido de A. Otero (2020). *El mantenimiento de un coche eléctrico en comparación a uno de combustión: menos desgaste y un ahorro del 30 %*, según Peugeot. (<https://goo.su/0m4MPh>), consultado el 19 de julio de 2022. De dominio público.

4. RESULTADOS DE LA TABLA DE PARETO PARA EL DESEMPEÑO DE LOS VEHÍCULOS

4.1. Resultados del desempeño entre motor eléctrico y ciclo Otto

Se va a comparar el desempeño de un vehículo con motor eléctrico y uno con motor de ciclo Otto gasolina en los siguientes parámetros bajo su régimen de giro:

- Torque
- Potencia
- Aceleración

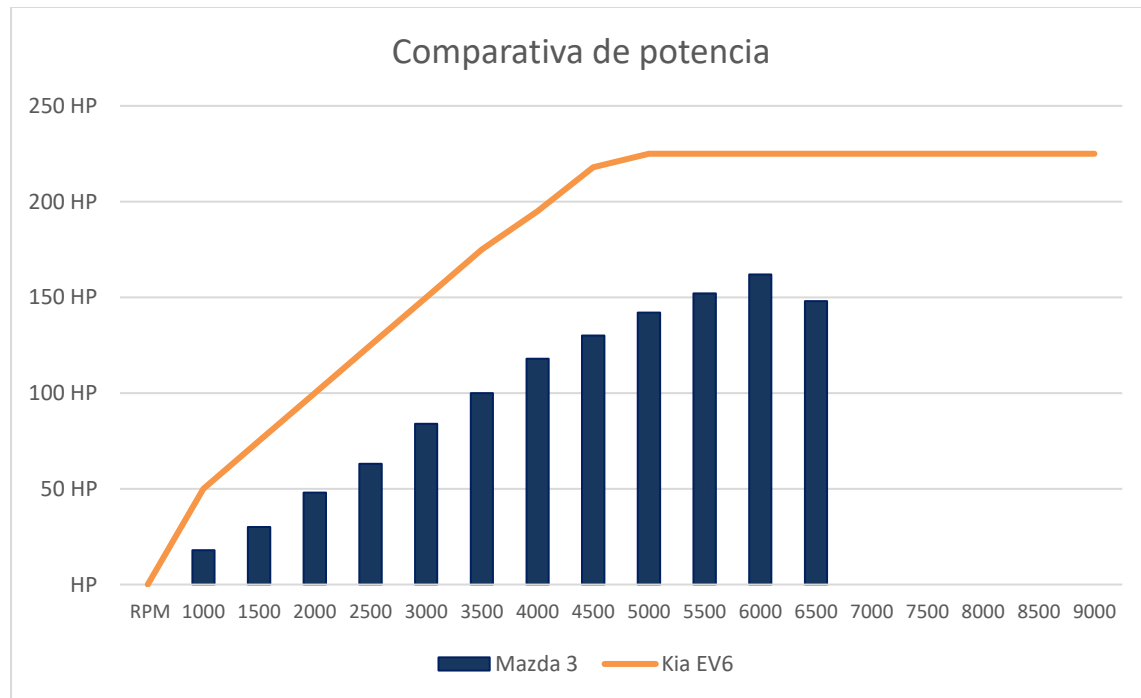
Esto a través de un modelo gráfico y una tabla donde se tabularán los datos para facilidad de análisis.

Modelos elegidos para este análisis son:

- | | | | |
|---|----------------|--------------|--------------------------------------|
| • | Vehículo | 3 | EV6 |
| • | Marca | Mazda | Kia |
| • | Tipo | 2.0 Gasolina | Eléctrico |
| • | Peso | 1815 kg | 2425 kg |
| • | Potencia | 162 hp | 168kW |
| • | Velocidad Máx. | 210km/h | 185 km/h (Limitado electrónicamente) |

Figura 8.

Tabulación de datos de potencia

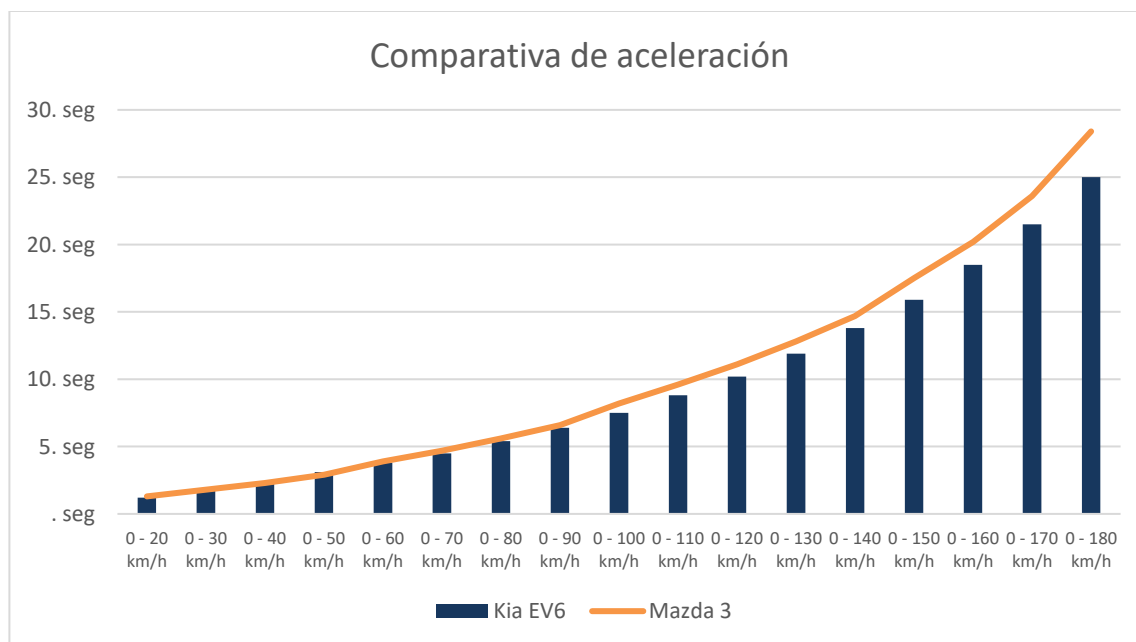


Rpm	Potencia EV6	Potencia Mazda 3
1000	50 hp	18 hp
1500	75 hp	30 hp
2000	100 hp	48 hp
2500	125 hp	63 hp
3000	150 hp	84 hp
3500	175 hp	100 hp
4000	195 hp	118 hp
4500	218 hp	130 hp
5000	225 hp	142 hp
5500	225 hp	152 hp
6000	225 hp	162 hp
6500	225 hp	148 hp
7000	225 hp	
7500	225 hp	
8000	225 hp	
8500	225 hp	
9000	225 hp	

Nota. Descripción de los datos de potencia Kia EV6 2021 y Mazda 3 2013. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 9.

Aceleración Otto vs eléctrico

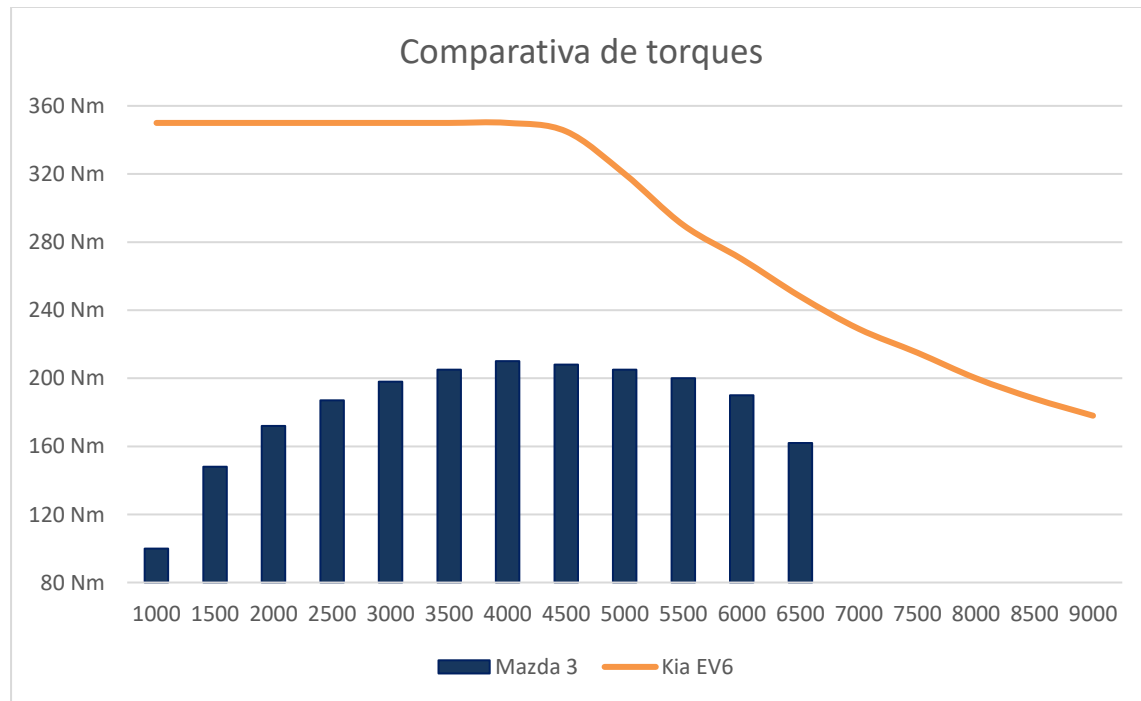


Velocidad	Tiempo Kia EV6	Tiempo Mazda 3
0-20 km/h	1.2 segundos	1.3 segundos
0 – 30 km/h	1.8 segundos	1.8 segundos
0 – 40 km/h	2.4 segundos	2.3 segundos
0 – 50 km/h	3.1 segundos	2.9 segundos
0 – 60 km/h	3.8 segundos	3.9 segundos
0 – 70 km/h	4.5 segundos	4.7 segundos
0 – 80 km/h	5.4 segundos	5.6 segundos
0 – 90 km/h	6.4 segundos	6.6 segundos
0 – 100 km/h	7.5 segundos	8.2 segundos
0 – 110 km/h	8.8 segundos	9.6 segundos
0 – 120 km/h	10.2 segundos	11.1 segundos
0 – 130 km/h	11.9 segundos	12.8 segundos
0 – 140 km/h	13.8 segundos	14.7 segundos
0 – 150 km/h	15.9 segundos	17.5 segundos
0 – 160 km/h	18.5 segundos	20.2 segundos
0 – 170 km/h	21.5 segundos	23.6 segundos
0 – 180 km/h	25.0 segundos	28.4 segundos

Nota. Descripción de los datos de aceleración Kia EV6 2021 y Mazda 3 2013. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 10.

Torque eléctrico vs Otto



Rpm	Torque EV6	Torque Mazda 3
1000	350 Nm	100 Nm
1500	350 Nm	148 Nm
2000	350 Nm	172 Nm
2500	350 Nm	187 Nm
3000	350 Nm	198 Nm
3500	350 Nm	205 Nm
4000	350 Nm	210 Nm
4500	345 Nm	208 Nm
5000	320 Nm	205 Nm
5500	290 Nm	200 Nm
6000	270 Nm	190 Nm
6500	248 Nm	162 Nm
7000	229 Nm	
7500	215 Nm	
8000	200Nm	
8500	188 Nm	
9000	178 Nm	

Nota. Descripción de los datos de torque Kia EV6 y Mazda 3. Elaboración propia, realizado con Excel

4.2. Resultados del desempeño entre motor eléctrico y ciclo diésel

Se presentan los resultados del desempeño motor diésel y motor eléctrico.

Vamos a comparar el desempeño de un vehículo con motor eléctrico y uno con motor de ciclo Otto gasolina en los siguientes parámetros bajo su régimen de giro:

- Torque
- Potencia
- Aceleración

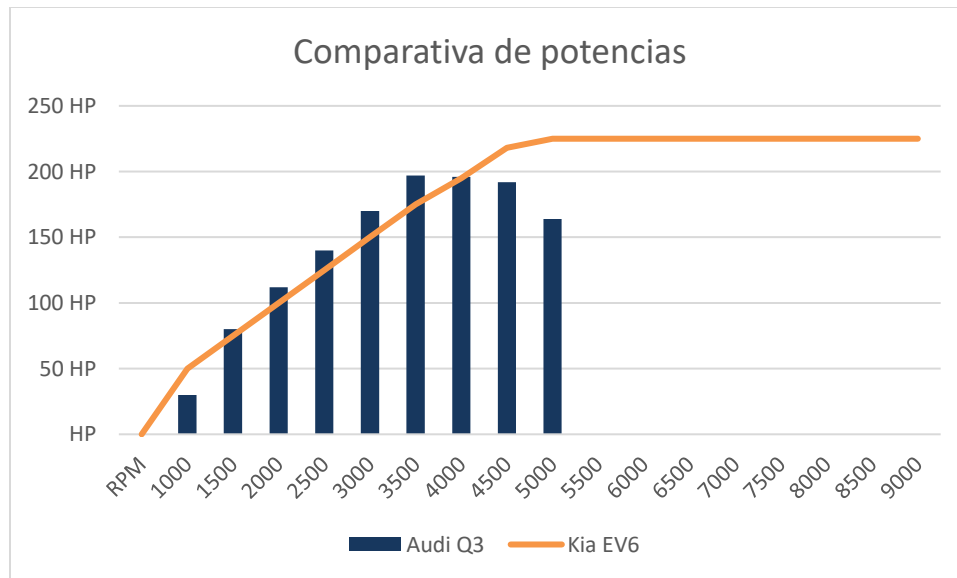
Esto a través de un modelo gráfico y una tabla donde se tabularán los datos para facilidad de análisis.

Los modelos elegidos para este análisis son:

- | | | | |
|---|----------------|--------------|--------------------------------------|
| • | Vehículo | Q3 Sportback | EV6 |
| • | Marca | Audi | Kia |
| • | Tipo | 2.0 Diesel | Eléctrico |
| • | Peso | 1815 kg | 2425 kg |
| • | Potencia | 197 hp | 168kW |
| • | Velocidad Máx. | 224 km/h | 185 km/h (Limitado electrónicamente) |

Figura 11.

Tabulación de datos de desempeño motor diésel y motor eléctrico (potencias)

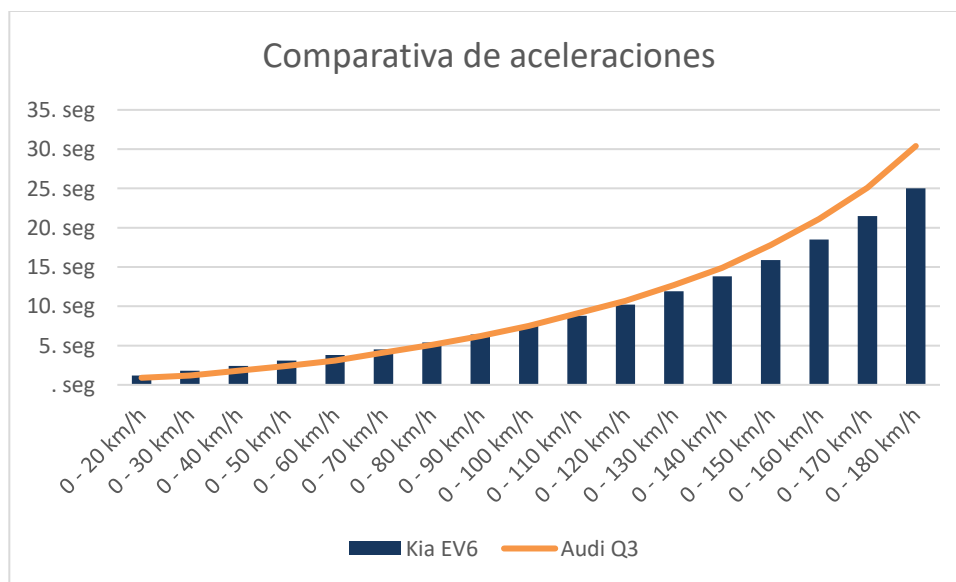


rpm	Potencia EV6	Potencia Audi Q3
1000	50 hp	18 hp
1500	75 hp	30 hp
2000	100 hp	48 hp
2500	125 hp	63 hp
3000	150 hp	84 hp
3500	175 hp	100 hp
4000	195 hp	118 hp
4500	218 hp	130 hp
5000	225 hp	142 hp
5500	225 hp	152 hp
6000	225 hp	162 hp
6500	225 hp	148 hp
7000	225 hp	
7500	225 hp	
8000	225 hp	
8500	225 hp	
9000	225 hp	

Nota. Descripción de desempeño del motor diésel y motor eléctrico. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 12.

Aceleración diésel vs eléctrico

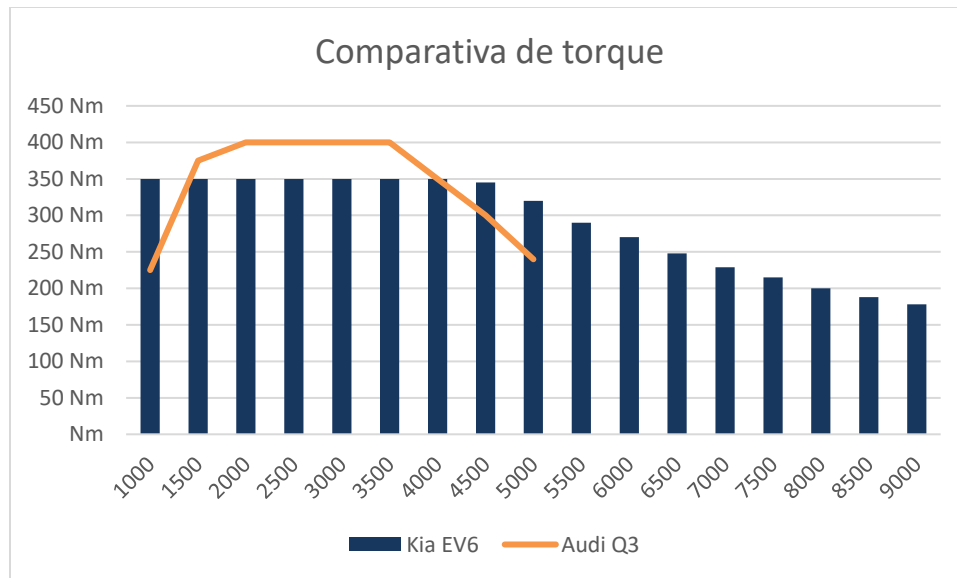


Velocidad	Tiempo Kia EV6	Tiempo Audi Q3
0-20 km/h	1.2 segundos	0.9 segundos
0 – 30 km/h	1.8 segundos	1.2 segundos
0 – 40 km/h	2.4 segundos	1.8 segundos
0 – 50 km/h	3.1 segundos	2.4 segundos
0 – 60 km/h	3.8 segundos	3.1 segundos
0 – 70 km/h	4.5 segundos	4.1 segundos
0 – 80 km/h	5.4 segundos	5.1 segundos
0 – 90 km/h	6.4 segundos	6.2 segundos
0 – 100 km/h	7.5 segundos	7.5 segundos
0 – 110 km/h	8.8 segundos	9.1 segundos
0 – 120 km/h	10.2 segundos	10.7 segundos
0 – 130 km/h	11.9 segundos	12.7 segundos
0 – 140 km/h	13.8 segundos	14.9 segundos
0 – 150 km/h	15.9 segundos	17.8 segundos
0 – 160 km/h	18.5 segundos	21.1 segundos
0 – 170 km/h	21.5 segundos	25.1 segundos
0 – 180 km/h	25.0 segundos	30.4 segundos

Nota. Descripción de datos de aceleración Kia EV6 2021 y Mazda 3 2013. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 13.

Torque eléctrico vs diésel



Rpm	Torque EV6	Torque Mazda 3
1000	350 Nm	225 Nm
1500	350 Nm	375 Nm
2000	350 Nm	400 Nm
2500	350 Nm	400 Nm
3000	350 Nm	400 Nm
3500	350 Nm	400 Nm
4000	350 Nm	350 Nm
4500	345 Nm	300 Nm
5000	320 Nm	240 Nm
5500	290 Nm	
6000	270 Nm	
6500	248 Nm	
7000	229 Nm	
7500	215 Nm	
8000	200Nm	
8500	188 Nm	
9000	178 Nm	

Nota. Descripción de datos de torque Kia EV6 y Audi Q3. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.3. Análisis final o resumen

Para facilidad del análisis se tomó la decisión de comparar el mismo motor eléctrico con dos motores que operan bajo el principio del ciclo Otto y ciclo diésel y que presentaran una aceleración muy similar y que además fueran vehículos de uso comercial, esto con el objetivo de presentar un análisis más apegado a la realidad del consumidor y poder mostrar resultados que provean una mejor guía a la hora de tomar una decisión de compra entre un modelo y otro.

Entrando en materia y dejando de lado el rango de operación de los motores eléctricos, podemos concluir que el desempeño, solamente hablando del motor, es superior al de sus contrapartes, ciclo Otto y ciclo diésel. Al analizar a detalle las curvas de torque y potencia se puede observar un comportamiento más lineal y estable del lado eléctrico mientras que las curvas del de diésel y gasolina experimentan solamente picos obtenidos cuando el motor está operando a un régimen de revoluciones muy alto.

En cuanto a eficiencia, el motor eléctrico vuelve a llevarse la delantera, con un consumo menor de energía es capaz de entregar mejores resultados de desempeño, en lo único que podemos reprocharle es en la autonomía, que depende más de la tecnología de baterías que del mismo motor, el cual es un problema latente que no permite que una mayor parte de la población se decante por este tipo de automotores.

CONCLUSIONES

1. Un motor de combustión interna funciona por medio de picos en sus curvas de desempeño, mientras que un motor eléctrico es un aumento progresivo más estable.
2. El concepto de potencia expresa cuántas veces está disponible el par motor en el tiempo, es decir, con qué velocidad se puede disponer del par. La potencia desarrollada por un motor depende de la relación de compresión y de la cilindrada, ya que a mayores valores de estas le corresponde mayor explosión y más fuerza aplicada al pistón; también depende íntimamente de las rpm a las que gira el motor
3. Al estar el vehículo sometido a carga, por ejemplo, al transitar por una pendiente, se obtiene un mayor torque y potencia con el incremento de la velocidad, siempre y cuando el vehículo aún este trabajando en su régimen útil de revoluciones, es decir, que aún no haya llegado a su máximo régimen de funcionamiento.
4. Los motores eléctricos y de ciclo Otto y ciclo diésel varían en sus rendimientos mecánicos debido a más factores que sólo el combustible que requieren para mover sus piezas.

RECOMENDACIONES

1. Recordar que la industria del vehículo eléctrico tiene el reto de adaptarse a una nueva demanda, pero el sector eléctrico juega un papel fundamental en la transformación de este nuevo modelo de movilidad, puesto que es el protagonista en el despliegue de servicios de recarga teniendo en cuenta a la vez, la integración de este modelo en los sistemas de generación transporte y distribución.
2. Puntualizar que la industria de las baterías es la clave fundamental en el avance y desarrollo de los vehículos eléctricos en el futuro. Debido a que este ha sido el mayor inconveniente en el avance de esta tecnología, actualmente existen diversas investigaciones alrededor de este tema, cuyo fin es disminuir su costo y tiempo de recarga logrando a su vez una mayor eficiencia de las misma.
3. Informar adecuadamente a los consumidores, previo a adquirir un automóvil, sobre las opciones, características y ventajas de las transmisiones instaladas en el modelo de la marca a seleccionar, para así obtener un producto acorde a sus necesidades particulares de conducción y demanda de operación.
4. Resaltar las diferencias que existen entre los distintos tipos de motores, no sólo entre cada categoría sino que también entre ellos mismos.

REFERENCIAS

BOSCH. (s.f.). *Inyección directa de gasolina con Bosch Motronic MED 7*. BOSCH.

Lelong, J., Michelet, R. (2001). *Passenger cars. Power unit and tyre-road noise, driving behaviour: what are the stakes In Inter*. The Hague.

Martínez, J. (2013). *Vehículo eléctrico: Análisis y prospectiva de factores tecnológicos y económicos*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Valladolid]. Archivo digital.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6296/PFC-P-94.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mundo del Motor. (2018). *Coches, motos, mecánica, electrónica*. MundoMotor. <https://www.mundodelmotor.net/>

Otero, A. (20 de julio de 2020). *El mantenimiento de un coche eléctrico en comparación a uno de combustión: menos desgaste y un ahorro del 30 %, según Peugeot*. Motorpasion.com. <https://goo.su/0m4MPh>

Pérez, A. (2018). *¿Cómo funciona un motor eléctrico?* Auto Bild España. <https://www.autobild.es/noticias/como-funciona-motor-electrico-186528>

Rosell, P. (2012). *Modelado de la demanda de carga lenta y rápida de vehículos eléctricos para el estudio del impacto en la red de distribución*. ETSEIB.

Sakamoto, I., Houzu, H., Tanaka, T., Sekine, M., Morita, K., Nagai, Y. & Suehiro, K. (2012). *Report on basic research for standardization of measures for quiet vehicles in Japan*. Intermit Report.

Tabima, A. (2019). *Evaluación del desempeño de un vehículo eléctrico transformado a partir de un vehículo de combustión interna*. [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. Archivo digital. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/9195dc16-3983-4d18-8930-b5edd4f2f927/content>