



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO  
AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA  
DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO”**

**AUTORES: PASQUEL LÓPEZ JAIRO FERNANDO  
GORDILLO LÓPEZ IVÁN JAVIER**

**DIRECTOR: ING. ROMMEL IMBAQUINGO MSC.**

**IBARRA, FEBRERO 2018**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100311172-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	PASQUEL LÓPEZ JAIRO FERNANDO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	CALIXTO MIRANDA 2-90 Y LUIS TORO MORENO. IBARRA		
<b>EMAIL:</b>	jfpasquell@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	(06) 264-0066	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0996403051

<b>DATOS DE CONTACTO 2</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100302986-3		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	GORDILLO LÓPEZ IVÁN JAVIER		
<b>DIRECCIÓN:</b>	CARLOS EMILIO GRIJALVA Y JUAN DE LA ROCA. IBARRA		
<b>EMAIL:</b>	ijgordillo@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	(06) 260-1346	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0991956530

<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	"CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO"		
<b>AUTORES:</b>	PASQUEL LÓPEZ JAIRO FERNANDO GORDILLO LÓPEZ IVÁN JAVIER		
<b>FECHA: AAAA/MM/DD</b>	2017/10/02		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>PREGRADO</b>	<b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	ING. ROMMEL IMBAQUINGO MSC.		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD


Nosotros, **JAIRO FERNANDO PASQUEL LÓPEZ**, con cédula de identidad Nro. **1003111729**, y, **GORDILLO LÓPEZ IVÁN JAVIER** con cédula de identidad Nro. **100302986-3** en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

Loa autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de febrero del 2018.

### LOS AUTORES:

  
Firma: .....  
Nombre: Jairo Fernando Pasquel López  
Cédula: 100311172-9

  
Firma: .....  
Nombre: Gordillo López Iván Javier  
Cédula: 100302986-3



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, **JAIRO FERNANDO PASQUEL LÓPEZ**, con cédula de identidad Nro. **1003111729**, y, **GORDILLO LÓPEZ IVÁN JAVIER** con cédula de identidad Nro. **100302986-3**, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 21 días del mes de febrero del 2018.

Firma: .....

Nombre: Jairo Fernando Pasquel López

Cédula: 100311172-9

Firma: .....

Nombre: Gordillo López Iván Javier

Cédula: 100302986-3

## DEDICATORIA

Quiero empezar agradeciendo a Dios por la vida, por haberme dado la sabiduría y fortaleza para que fuera posible alcanzar este triunfo y a todos quienes siempre estuvieron a mi lado aportando con un granito de arena para que este proyecto salga adelante.

A mis abuelitos Lauro López y Zoila Rivera, gracias por contar con su apoyo sincero e incondicional en cada etapa de mi vida, mis abuelitos Jesús Pasquel y Amada Endara quienes también sé que se sentirán orgullosos y sé que me están cuidando desde arriba.

A mis padres Fernando Pasquel y Patricia López porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en cada momento de mi carrera gracias por todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanas Alejandra y Andrea gracias por haberme fomentado en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo en la vida. A mi sobrino Nicolás por tu cariño, tu amor y grandes manifestaciones de afecto eres una gran bendición de dios.

Gracias a mi novia Anita Andrade te agradezco por tanta ayuda y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis sino también para mi vida eres mi inspiración y motivación.

Un especial y caluroso agradecimiento a mi hermano, compañero y gran amigo Jonathan Yandún por todo el tiempo compartido, sé que Dios tuvo un plan diferente para ti, pero sé que ahora te encuentras en un mejor lugar. Siempre mantendré vivo tu recuerdo con nuestras experiencias vividas. Un agradecimiento a mis amigos y familiares que también estuvieron a mi lado aportando con su ayuda de una u otra manera, muchas gracias a todos por su apoyo incondicional.

Jairo Pasquel L.

## DEDICATORIA

Empiezo agradeciendo a Dios y todos cuantos me dieron una mano para la realización de este proyecto de titulación y de la carrera mismo que inicio como una simple pasión y termino convirtiéndose en el día a día.

Agradezco puntualmente a mi papá Iván que desde corta edad me inicio en el mundo tuerca y con mucha paciencia me supo enfocar hacia el triunfo en cada uno de mis logros. A mi mamá Liliana, quien me dio la vida y supo darme consejos para mejorar cada día, ser una persona de bien, mostrándome el camino correcto a seguir y formándome con valores que agradezco tenerlos hoy y para todo el futuro laboral.

A mi novia y futura esposa Mayte Vega con quien he luchado desde el primer día que la conocí, con altos y bajos, pero con amor infinito enfocados en un futuro juntos para nosotros y los nuestros, de igual manera a su familia quien me empujó hacia el éxito con consejos y ánimos en los momentos precisos para no decaer.

No puede faltar la presencia de mis abuelitos quienes me apoyaron, me dieron todo su amor, sus enseñanzas y su ánimo en el transcurso de mi vida y mi carrera. A mi hermano Sebastián que es la fuerza para crecer y ser alguien mejor cada momento para con ello poder ser un pilar y una imagen que seguir.

A mi hermano Jonathan Yandún con quien compartí experiencias y disfrutamos la pasión tuerca dentro y fuera de las aulas mientras estuvo presente y luego me cuidaba y alentaba desde el cielo con mis ideas y proyectos.

A mis familiares y amigos quienes están y estuvieron en el transcurso de este camino que culmina y abre las puertas a un nuevo comienzo.

Iván Gordillo L.

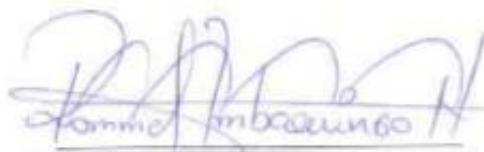
## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO” presentado por los señores: PASQUEL LÓPEZ JAIRO FERNANDO con número de cédula 100311172-9, y, GORDILLO LÓPEZ IVÁN JAVIER con número de cédula 100302986-3, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

Atentamente:



ING. ROMMEL IMBAQUINGO MSC  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## **AGRADECIMIENTOS**

Un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por brindarnos la oportunidad de formar parte del alma mater y prepararnos como futuros profesionales.

De manera muy especial a la facultad por ser nuestro segundo hogar durante toda nuestra vida universitaria.

De igual forma a nuestro director de trabajo de grado, que más que un docente es considerado un amigo quien compartió sus conocimientos con nosotros.

**LOS AUTORES**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
<b>CARÁTULA</b>	<b>i</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b>	<b>ii</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>vi</b>
<b>ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR</b>	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>xvii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xix</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xx</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xxi</b>
<b>1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Delimitación temporal y espacial	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Justificación	4
1.7. Políticas y lineamientos	5
1.8. Metodología de la investigación	6
1.8.1. Tipo de investigación	6
1.8.1.1. Investigación bibliográfica	6
1.8.1.2. Investigación cuantitativa	6

1.8.1.3. Investigación tecnológica	6
1.8.1.4. Investigación experimental	7
1.8.1.5. Investigación descriptiva	7
1.8.1.6. Investigación exploratoria	7
1.9. Métodos	7
1.9.1. Análisis sintético	7
1.9.2. Método adaptación	7
1.9.3. Técnicas e instrumentos	7
1.9.3.1. Medición	8
1.9.3.2. Adaptación	8
1.9.3.3. Análisis de mecanismos	8
1.9.3.4. Pruebas de funcionamiento	8
1.9.3.5. Construcción	8
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1. Vehículos eléctricos	9
2.2. Introducción	9
2.2.1. Propulsión eléctrica	9
2.2.2. Propulsión de los vehículos eléctricos	10
2.2.3. La historia de la electro-movilidad	11
2.2.4. Historia de la Electrónica de Potencia	13
2.3. Motores	13
2.3.1. Motores de combustión interna	14
2.3.1.1. Motor convencional del ciclo Otto	14
2.3.1.2. Motor alternativo de ciclo diésel	15
2.3.2. Vehículos híbridos	16
2.3.2.1. Híbridos en serie	16
2.3.2.2. Híbridos en paralelo	17
2.3.2.3. Híbridos mixtos	18
2.3.3. Motores de tracción eléctrica	18
2.3.3.1. Tipos de motores para automóviles eléctricos	20
2.3.3.2. Motor de inducción	21
2.3.3.3. Motor síncrono de imanes permanentes	21

2.3.3.4. Motor sin escobillas de imanes permanentes	22
2.3.3.5. Motor de reluctancia conmutada	22
2.4. Sistemas de transmisión	23
2.4.1. Transmisión manual	24
2.4.2. Transmisión automática	24
2.5. Componentes principales de un vehículo eléctrico	25
2.5.1. Cargador	25
2.5.2. Baterías	25
2.5.3. Conversor	25
2.5.4. Inversor	26
2.5.5. Motor eléctrico	26
2.6. Componentes eléctricos	26
2.6.1. Fusible	26
2.6.2. Diodo	27
2.6.3. Resistencia de precarga	27
2.6.4. Contactores o solenoides	28
2.6.5. Transistores	28
2.6.5.1. Como interruptor:	28
2.6.5.2. Como amplificador	28
2.6.6. Capacitores	29
2.6.7. Relés	29
2.6.8. Potbox (potenciómetro)	30
2.6.9. Llave de emergencia	30
2.6.10. Cables de potencia	31
2.7. Kit AutoLibre AC 40hp EmPower:	31
2.7.1. Motor AC 72V 40hp 6800rpm	31
2.7.2. Controlador electrónico 72V 30Kw	32
2.7.3. Cargador de baterías de cuatro etapas 2.5 KW 72V	33
2.7.4. Convertidor DC/DC 72V-12V-500W	34
2.7.5. Acelerador electrónico	34
2.7.6. Medidor de carga de batería	35
2.7.7. Placa de sujeción del motor hacia la caja de cambios	35

<b>3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b>	<b>37</b>
3.1. Investigación y preparación de la conversión	37
3.2. Selección de componentes	37
3.2.1. Vehículo	37
3.2.1.1. Peso	37
3.2.1.2. Caja de cambios	37
3.2.1.3. Frenos	39
3.2.1.4. Tipo de tracción	39
3.3. Restauración de la maqueta del vehículo	40
3.3.1. Diseño y construcción de acople de sujeción motor-caja de cambios	43
3.3.2. Diseño pieza de unión entre motor y volante motor de embrague	46
3.3.2.1. Pieza chavetera	46
3.3.2.2. Pieza central y pieza unión	46
3.3.3. Instalación de la pieza de unión	47
3.3.3.1. Orden de ensamblaje utilizando una pieza chavetera	48
3.3.3.2. Orden de ensamblaje utilizando una pieza central y de unión	49
3.4. Conexión de motor y caja de cambios	49
3.4.1. Sistema de sujeción del motor	50
3.5. Instalación eléctrica	51
3.5.1. Baterías	53
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>54</b>
4.1. Objetivo de investigación	54
4.2. Sistema de Electro-movilidad	54
4.3. Reconstrucción de la carrocería	56
4.4. Construcción del roll bar	57
4.4.1. Selección de la tubería	57
4.5. Pruebas comparativas	58
4.5.1. Motor Otto	58
4.5.2. Motor Eléctrico	59
4.5.3. Comparación de Motores	59
4.6. Pruebas Justificativas	60
4.6.1. Prueba dinamómetro	60

4.6.2. Resultados Dinamómetro del vehículo con el motor eléctrico	61
4.6.3. Curvas Características del Vehículo con motor de Combustión	62
4.6.4. Análisis torque - potencia	62
4.7. Autonomía del vehículo	63
4.7.1. Consumo eléctrico en función de la velocidad	63
4.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.8.1. CONCLUSIONES	66
4.8.2. RECOMENDACIONES	67
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA NÚM.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Diagrama a bloques funcional del sistema de propulsión de los VE's	10
2.2	Historia de la electrónica de potencia	13
2.3	Motor de combustión Interna ciclo Otto	15
2.4	Motor de ciclo Diésel	16
2.5	Configuración en serie de un vehículo Híbrido	17
2.6	Arquitectura vehículo híbrido en paralelo	17
2.7	Arquitectura mixta de un vehículo híbrido	18
2.8	Clasificación de los motores de vehículos eléctricos	19
2.9	Motor Corriente Continua DC	20
2.10	Motor de Corriente Alterna AC	20
2.11	Motor jaula de ardilla	21
2.12	Motor síncrono de imanes permanentes	22
2.13	Transmisión manual	24
2.14	Transmisión automática	25
2.15	Fusible usado en protecciones	26
2.16	Modelo de diodo	27
2.17	Resistencia de precarga	27
2.18	Modelo de contactor	28
2.19	Modelo de transistores	28
2.20	Modelos de capacitores	29
2.21	Potbox o potenciómetro	30
2.22	Modelo de llave de emergencia	30
2.23	Cable de potencia	31
2.24	Motor AC 72V 30kw 6800rpm	32
2.25	Controlador de velocidad 72V 30Kw	33
2.26	Cargador de baterías de cuatro etapas 2,5 Kw 72V	34
2.27	Convertidor DC DC 72V - 12V - 500W	34
2.28	Acelerador Electrónico	35
2.29	Medidor estado de batería	35
2.30	Placa de sujeción	36

<b>3.1</b>	Caja de cambios manual vista frontal	38
<b>3.2</b>	Caja de cambios manual vista preliminar	38
<b>3.3</b>	Bomba de frenos	39
<b>3.4</b>	Sistema de tracción trasera	40
<b>3.5</b>	Imagen frontal del vehículo	41
<b>3.6</b>	Sistema de amortiguación deteriorado	42
<b>3.7</b>	Restauración del piso del vehículo	42
<b>3.8</b>	Maqueta restaurada	43
<b>3.9</b>	Diseño acople de sujeción	44
<b>3.10</b>	Acople de sujeción de caja	44
<b>3.11</b>	Plano del acople de motor	45
<b>3.12</b>	Acople realizado las perforaciones	45
<b>3.13</b>	Forma de pieza chavetera	46
<b>3.14</b>	Pieza central	47
<b>3.15</b>	Pieza de unión	47
<b>3.16</b>	Ensamblaje utilizando pieza chavetera	48
<b>3.17</b>	Ensamblaje utilizando la pieza central y de unión	49
<b>3.18</b>	Adaptación del motor eléctrico a la caja de cambios	50
<b>3.19</b>	Bases de la caja y motor	51
<b>3.20</b>	Diagrama eléctrico de un circuito del vehículo eléctrico	51
<b>3.21</b>	Diagrama de conexión de cables de corriente al convertidor	52
<b>3.22</b>	Interruptor de señales	52
<b>3.23</b>	Baterías	53
<b>4.1</b>	Acople de sujeción del motor a la caja de cambios	55
<b>4.2</b>	Pieza chavetera	55
<b>4.3</b>	Motor acoplado a la caja de cambios	56
<b>4.4</b>	Construcción del roll bar	57
<b>4.5</b>	Aseguramiento de la maqueta al dinamómetro	60
<b>4.6</b>	Prueba dinamómetro motor eléctrico	61
<b>4.7</b>	Gráfica del motor de combustión	62
<b>4.8</b>	Circuito Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar	65
<b>AIII.1</b>	Kit de conversión al momento de llegar a la aduana	79
<b>AIII.2</b>	Kit de conversión EmPower	79

<b>AIII.3</b>	Construcción del roll bar	80
<b>AIII.4</b>	Ubicación de las baterías	80
<b>AIII.5</b>	Fijación del roll bar al piso del vehículo	81
<b>AIII.6</b>	Construcción del roll bar terminada	81
<b>AIII.7</b>	Maqueta realizando prueba de autonomía	82
<b>AIII.8</b>	Transporte de la maqueta al Autódromo Internacional de Yahuarcocha	82
<b>AIII.9</b>	Pruebas de autonomía	83
<b>AIII.10</b>	Revisión de instrumentos	83
<b>AIV.1</b>	Pruebas dinamómetro	84



## ÍNDICE DE TABLAS

### DESCRIPCIÓN

<b>TABLA NÚM.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pág.</b>
<b>2.1</b>	Aplicación de motores de vehículos eléctricos	11
<b>2.2</b>	Comparación motores eléctricos	23
<b>2.3</b>	Especificaciones técnicas del motor eléctrico	32
<b>4.1</b>	Ficha técnica VW Escarabajo	58
<b>4.2</b>	Ficha técnica motor eléctrico	59
<b>4.3</b>	Comparación fichas técnicas	59
<b>4.4</b>	Datos comparativos	63
<b>4.5</b>	Cálculos de autonomía	64
<b>4.6</b>	Datos técnicos del Autódromo Internacional de Yahuarcocha	64
<b>AI.1:</b>	Datos de los diferentes tipos de motor del VW Escarabajo	74
<b>AII.1</b>	Lista de precios sin cargos de importación	78

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **DESCRIPCIÓN**

<b>ANEXO</b>		<b>Pág.</b>
<b>NUM</b>		
<b>1</b>	Fichas técnicas de Volkswagen escarabajo	74
<b>2</b>	Lista de precios de los componentes utilizados en la conversión	78
<b>3</b>	Imágenes de la conversión	79
<b>4</b>	Resultado de la prueba realizada al motor eléctrico en el dinamómetro	84

## **RESUMEN**

El trabajo de titulación realizado “Maqueta Didáctica de un Vehículo eléctrico” es un proyecto que nace de la necesidad de disminuir los índices de contaminación que existe en el medio ambiente por el uso de vehículos de combustión interna, teniendo ya la problemática, surge la idea de utilizar la conversión a vehículo eléctrico donde se utilizan los componentes base del vehículo como es la caja de cambios, carrocería, suspensión y frenos prosigue a acoplar un motor eléctrico de una potencia previamente calculada de acuerdo al peso del vehículo con y sin pasajeros. Una vez realizado la conversión se pudo realizar pruebas de potencia y torque más las respectivas pruebas de rendimiento, consiguiendo así cumplir los objetivos planteados al inicio del proyecto logrando luz verde para la construcción de futuros diseños con algunas acotaciones que se expresan en las recomendaciones. El proyecto trata la factibilidad de uso de kits de conversión en vehículos, buscando así la circulación y el funcionamiento de vehículos con un bajo costo y sobre todo la baja contaminación por uso de productos derivados del petróleo como está pasando en la actualidad con países de primer orden como EE. UU., Reino Unido, España entre los pioneros. Ecuador es un país que está entrando a la nueva era de combustibles alternativos donde aparte de reducir las emisiones contaminantes buscan eficiencia energética con proyectos que luego de un par de años se verá salir a luz beneficiando a cada uno de los conductores y más aun de los peatones al poder respirar aires sin desechos tóxicos o en bajos niveles de contaminantes.

## **SUMMARY**

The degree work carried out "Didactic Model of an Electric Vehicle" is a project that arises from the need to reduce the levels of pollution that exist in the environment by the use of internal combustion vehicles, having already the problem, the idea arises to use the conversion to electric vehicle where the base components of the vehicle such as the gearbox, body, suspension and brakes are used to attach an electric motor of a power previously calculated according to the weight of the vehicle with and without passengers. Once the conversion was made it was possible to perform power and torque tests plus the respective performance tests, thus achieving the objectives set at the beginning of the project, achieving green light for the construction of future designs with some dimensions that are expressed in the recommendations. The project deals with the feasibility of using conversion kits in vehicles, thus seeking the circulation and operation of vehicles with a low cost and above all the low contamination due to the use of petroleum products, as is currently happening with first-class countries. order like USA, United Kingdom, Spain among the pioneers. Ecuador is a country that is entering the new era of alternative fuels where, apart from reducing polluting emissions, they seek energy efficiency with projects that, after a couple of years, will come to light benefiting each one of the drivers and even more so pedestrians to breathe air without toxic waste or low levels of pollutants.

## INTRODUCCIÓN

Teniendo como problemática actual la contaminación del medio ambiente y las enfermedades causadas a los seres vivos que están expuestos por vivir en grandes ciudades infestadas de emisiones gaseosas surge un proyecto, el cual está destinado a mejorar la calidad de vida de las personas en general reduciendo notablemente el uso de combustibles fósiles y por ende la emisión de gases.

Al enfocarse en un automotor con bajos niveles de contaminación se llegó al vehículo eléctrico donde se tiene 0% de emisiones de gases contaminantes logrando el cometido, así se inició el planteamiento de este proyecto donde se muestra paso a paso la implementación de un motor eléctrico sustituyendo al motor de combustión interna, usando todo el resto del vehículo para reducir costos de producción y facilitar a personas de clase media y baja a tener un medio de transporte para facilidad movilización.

El presente proyecto se realizó con tutoría de ingenieros docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte mostrando el adelanto tecnológico que se lleva a cabo en las aulas de la casona estudiantil para el bienestar de la población y esperando llegar a la concientización del medio ambiente como pide el gobierno de la república del Ecuador.

El primer capítulo está enfocado al estudio de la historia del motor eléctrico en el mundo con una recopilación bibliográfica de sucesos históricos, la contextualización del problema, la delimitación temporal y espacial a realizarse y por ende la metodología a utilizarse en el proyecto, también cuenta con los objetivos planteados para el estudio de la presente.

El capítulo dos denominado marco teórico es la recopilación de todos los datos necesarios para un estudio más exhaustivo del vehículo eléctrico, a su vez un breve estudio de los tipos de motores que encontramos en el medio común como son los de combustión interna por gasolina, diésel y dando un salto a los vehículos híbridos con su respectiva indagación y breve especificación de su funcionamiento, también se presenta los componentes que serán utilizados en la conversión del vehículo mostrando el uso y funcionamiento de cada uno de ellos con una gráfica para iniciar a reconocerlos.

En el capítulo tres se presenta el desarrollo de la propuesta donde paso a paso se va mostrando el camino recorrido mientras se realizaba la reconstrucción de la maqueta y la

implementación de un motor con las características específicas para dicho automotor y su óptimo funcionamiento.

El cuarto capítulo está enfocado en el análisis de resultados haciendo una breve, pero puntual comparación entre el motor eléctrico y el motor antes utilizado en la estructura del vehículo utilizada como es la del Volkswagen escarabajo con motor 1600cc. Con esto se pudo obtener resultados tanto favorables como en contra pues al ser un proyecto no se realizó con tecnología de punta sino más bien con tecnología al alcance del estudiante en el medio.

Con todo esto especificado se llegan a las conclusiones del proyecto y las debidas recomendaciones en caso se logre a inspirar a futuros colegas en el estudio de la implementación de motores eléctricos al medio cotidiano.

# CAPÍTULO I

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

Ante las constantes evoluciones tecnológicas a través del tiempo se tornan más escasos los recursos para el combustible y vivimos en una etapa en la que buscamos cambiar todo de raíz con el fin de disminuir el impacto ambiental que día a día generan estos.

Se sabe que el sector del transporte en la Unión Europea es responsable de aproximadamente el 30% del consumo total de energía y el 27% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI). Otras emisiones atmosféricas aportadas por el sector del transporte son los óxidos de nitrógeno (NOx) (42%), las partículas (PM inferiores a 10 µm) (14%) y los compuestos orgánicos volátiles no metálicos (COVNM) (16%). A pesar de las mejoras tecnológicas y una alta reducción de las emisiones específicas (por kilómetro), los vehículos de combustión interna (ICV) siguen contribuyendo sustancialmente a la contaminación atmosférica, siendo una de las principales fuentes de NOx, PM <10, COVNM y carbono Monóxido y dióxido de carbono (CO, CO<sub>2</sub>). Los efectos de las emisiones de vehículos son significativos para las zonas urbanas donde el tráfico suele estar muy congestionado y la dispersión de los contaminantes puede ser limitada. (Baumann, Simon, Dura, & Weil, 2012 (Pg. 02-24))

Los vehículos eléctricos de batería (BEVs) pueden ayudar a reducir las tasas de emisión en el tráfico urbano. Debido a la falta de emisiones del tubo de escape, los vehículos eléctricos contribuyen a una reducción de la contaminación atmosférica directa y local. En este sentido, el transporte electrificado se considera una tecnología de emisión cero. (Baumann, Simon, Dura, & Weil, 2012 (Pg. 02-24))

Los automóviles han contribuido al desarrollo de la sociedad moderna. Sin embargo, grandes cantidades de consumo de combustible y emisiones de contaminantes como resultado del creciente número de automóviles han llamado la atención de los investigadores y desarrolladores hacia una fuente de energía más eficiente y los automóviles ecológicos. El vehículo eléctrico híbrido (HEV) ha proporcionado una solución prometedora hacia la movilidad sostenible. A diferencia de los vehículos propulsados por motores de combustión interna convencionales (ICE), los HEV pueden lograr una mayor economía de combustible

y reducir las emisiones contaminantes. (Lin, Wang, Bogdan, Chang, & Pedram, 2015 (Pg. 18))

## **1.2. Planteamiento del problema**

El crecimiento total de la producción de vehículos a motor, especialmente desde fines de la Segunda Guerra Mundial, ha sido impresionante, aumentando desde unos cinco millones de unidades al año hasta más de sesenta millones, aproximadamente un millón adicional de vehículos se ha fabricado al año, en comparación con el año anterior, alcanzándose una producción de casi sesenta y seis millones de vehículos en 2005. (Walsh, 2008 (Pg. 12))

Muchas enfermedades han aumentado de manera importante en las últimas décadas en los países en vías de desarrollo, particularmente las enfermedades crónicas, las cuales estarían asociadas a contaminantes ambientales que pueden estar en el agua y en el aire.

En esta época, las naciones se enfrentan a problemas de contaminación cada vez más graves causados por una variedad de fuentes. El ruido es una de las fuentes de contaminación más citadas. En particular, el ruido del tráfico está ganando cada vez más atención debido al rápido crecimiento del número de vehículos en carretera. En las áreas urbanas, los edificios residenciales se han construido cerca de las carreteras. La exposición al ruido del tráfico durante la noche causa una reducción significativa en la calidad del sueño. Un estudio anterior muestra que la calidad del sueño puede verse significativamente afectada cuando ocurren más de 30 eventos de ruido, aunque los niveles máximos de ruido de estos eventos son sólo de alrededor de 60 dB. (Shi, Gan, Chong, Apoorv, & Song, 2013 (Pg. 18))

Por otro lado, la actividad antropogénica está produciendo cambios sin precedentes al medioambiente global. La acumulación de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano, entre otros, tienen implicaciones en el clima del planeta. El mundo se ha calentado en aproximadamente 0,6 °C en las últimas tres décadas. El tiempo que el CO<sub>2</sub> reside en la atmósfera excede los 100 años, por lo cual, lo que hoy se haga en la tierra tendrá repercusiones en las futuras generaciones. (Gonzales, y otros, 2014 (Pg. 02-18))

Los combustibles fósiles son recursos limitados que se utilizan para obtener energía. Su uso provoca contaminación atmosférica, gases generadores del efecto invernadero, lluvia ácida y enfermedades respiratorias.



Los carbones se usan como combustible en las centrales térmicas que producen energía eléctrica. El petróleo es la base de un gran número de productos como son pinturas, disolventes y, sobre todo, los combustibles. Aproximadamente el 95% del transporte mundial consume derivados del petróleo. (Leva & Mier del Saz, 2011 (Pg. 01))

Hace años que los climatólogos vienen advirtiendo que el uso intensivo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) a nivel mundial amenaza al planeta con un cambio climático inducido por los humanos. El aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, consecuencia de la combustión de combustibles fósiles, calentaría el planeta trastocando el patrón de lluvias y tormentas y haciendo subir el nivel de los mares. Ahora esos cambios están teniendo impacto en los cuatro puntos cardinales. (Sachs, 2012 (Pg. 01))

En torno a la realidad que se vive en la actualidad en el estado ecuatoriano, se puede evidenciar que el principal problema que sufren las grandes ciudades es la contaminación emitida por los vehículos de combustión interna. En la actualidad son muy pocas las casas comerciales que se atreven a introducir al mercado vehículos eléctricos, las razones pueden ser muchas teniendo en cuenta los elevados costos en el mercado, falta de conocimiento de su tecnología y falta de información en el consumidor sobre estas tecnologías que no son nuevas a nivel mundial, pero en el Ecuador apenas se están introduciendo en el mercado modelos básicos a comparación de los que existen en países industrializados.

En la actualidad son pocos los casos conocidos en el país en donde se haya realizado la conversión de un vehículo de combustión interna, es decir, que su funcionamiento depende de combustibles fósiles, a un vehículo eléctrico que únicamente depende de cualquier fuente de carga eléctrica para cumplir su función.

Dentro del mismo contexto se puede indicar que este tipo de modificación no aporta a la seguridad de movilización, debido a que únicamente se está adaptando un motor eléctrico como reemplazo del motor de combustión. La seguridad de los ocupantes dependerá de las características y sistemas de seguridad que vengan incorporados al vehículo desde su fabricación.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo construir una maqueta didáctica de un vehículo eléctrico?

#### **1.4. Delimitación temporal y espacial**

La realización de este proyecto se llevará a cabo por un periodo de tiempo aproximado de 18 meses, a partir el mes de octubre del 2016 el cual se desarrolla para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, para el beneficio y a aprendizaje de sus estudiantes.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Construir una maqueta didáctica de un vehículo eléctrico mediante la sustitución de un motor de combustión interna por un eléctrico, con el fin de determinar la viabilidad del uso de la energía eléctrica aplicado a un automotor reduciendo niveles de contaminación y el uso de derivados del petróleo.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Realizar una investigación bibliográfica sobre los vehículos eléctricos.
- Adaptar del motor eléctrico a una caja de cambios de un vehículo de combustión.
- Modificar y reconstruir una maqueta didáctica de un vehículo eléctrico.
- Realizar pruebas comparativas.

#### **1.6. Justificación**

El principal problema de los motores de combustión es la contaminación ambiental y auditiva, en este momento se tiene una solución práctica. Se puede ayudar a mejorar al mundo utilizando un motor eléctrico en nuestro vehículo bajando los índices de contaminación ambiental y aprovechando la tecnología de actual.

En la actualidad por el alto grado de contaminación que emiten los vehículos que poseen motores de combustión tanto de gasolina como de combustible diésel, los gobernantes actuales y la población en general se encuentran preocupados por las consecuencias del calentamiento global por lo que se encuentran en la búsqueda de energías alternativas que no sean a base del petróleo.

Es de ahí de donde surge la idea de consumir energía limpia que no emite gases contaminantes hacia la atmosfera, y se empiezan a construir e innovar maneras de poder adaptar un motor eléctrico directo hacia la caja de trasmisión de un vehículo de combustión.

Se puede encontrar en el mercado vehículos puramente eléctricos, pero por su alto costo de producción y de venta al público se busca maneras de reciclar vehículos que no tenían ningún uso para transformarlos a eléctricos, con cero porcentajes de emisión de gases contaminantes y de un costo muy económico a diferencia de un vehículo nuevo eléctrico. (Navarra, 2014 (Pg. 02)). Al basarnos en los Objetivos Plan Nacional para el buen vivir podemos tomar como referencia el 7mo objetivo pues el mismo habla de la contaminación ambiental de todas las formas habidas y mencionando como una de las principales a los hidrocarburos, este literal nos habla de la contaminación desde los procesos de extracción, producción, consumo y posconsumo de los dichos hidrocarburos haciendo constancia que hasta el 2011 se logró eliminar un 19% de las fuentes generadoras de los mismos pero recalcando que aún hay mucho por hacer y aportar con la ecología dentro del país. (Senplades, 2013 (Pg. 221))

Siguiendo con este propósito encontramos la presencia del plan nacional de calidad del aire (MAE2010b), el cual tiene como principal objetivo alcanzar una gestión ambiental adecuada basándonos a la calidad del recurso aire para con ello proteger la salud humana, los recursos naturales y el patrimonio cultural.

Un dato curioso que nos muestra este artículo haciendo destacar que en el 2008 Ecuador ha marcado una huella ecológica inferior a su biocapacidad llegando a ser un deudor ecológico. (Senplades, 2013 (Pg. 221))

### **1.7. Políticas y lineamientos**

Para este trabajo de grado se consideran utilizar los artículos 7.2 y 7.7 del Plan Nacional para el Buen Vivir basados en la protección hacia la fauna y el medioambiente, cuidando su integridad y protegiéndola de efectos dañinos que pudiésemos provocar. (Senplades, 2013 (Pg. 221))

**“7.2.** Conocer, valorar, conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre, acuática continental, marina y costera, con el acceso justo y equitativo a sus beneficios” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

**“c)** Desarrollar mecanismos integrales de prevención, monitoreo, control y/o erradicación de especies invasoras, para precautelar la salud pública y la protección de los ecosistemas y su biodiversidad, particularmente de las especies nativas, endémicas y en peligro de extinción.” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

“7.7. Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables como medida de prevención de la contaminación ambiental.” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

“a) Implementar tecnología, infraestructuras y esquemas tarifarios, para promover el ahorro y la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía.” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

“b) Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

“c) Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en el transporte y sustituir los vehículos convencionales, fomentando la movilidad sustentable.” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

“d) Elaborar un inventario de fuentes y demanda de energías renovables y no renovables, así como de sus emisiones, incorporando alternativas tecnológicas.” (Senplades, 2013 (Pg. 221)).

## **1.8. Metodología de la investigación**

### **1.8.1. Tipo de investigación**

El presente proyecto es una investigación tecnológica, bibliográfica, cuantitativa, experimental, descriptiva y exploratoria

#### **1.8.1.1. Investigación bibliográfica**

Se revisarán artículos de investigación donde se podrá conocer lo mayor posible sobre motores eléctricos, datos principales de manipulación de estos, la manera correcta de trabajar con corrientes y los diferentes sistemas que trae consigo este tipo de vehículos.

#### **1.8.1.2. Investigación cuantitativa**

Se realizará una investigación cuantitativa por las pruebas ejecutadas en el Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar donde se calculará la autonomía del vehículo y por las pruebas en el dinamómetro donde se medirá el torque y la potencia.

#### **1.8.1.3. Investigación tecnológica**

La investigación tecnológica en el armado de nuestro proyecto ya que se someterá a pruebas para sacar cálculos y datos similares a los motores tradicionales de combustión interna para hacer una relación de funcionalidad y saber si es factible o no.

#### **1.8.1.4. Investigación experimental**

Se realizará una investigación experimental en donde exploraremos nuevos campos de la materia, basándonos en proyectos de adaptación y conversión realizados en distintas ciudades y países del mundo.

#### **1.8.1.5. Investigación descriptiva**

Guarda relación con este tipo de investigación en la especificación de las propiedades, características y los componentes importantes de nuestro trabajo de grado, recolectando información de cada uno de los componentes que se utilizará.

#### **1.8.1.6. Investigación exploratoria**

Se Investigará un tema poco estudiado del cual se tiene muchas dudas, se investigará desde el principio de funcionamiento de los vehículos eléctricos y proceder a cumplir con los objetivos planteados.

### **1.9. Métodos**

Para este tipo de investigación, se cuenta con los métodos prácticos de: adaptación, técnicas e instrumentos y método de análisis sintético

#### **1.9.1. Análisis sintético**

Se basa en la recolección de información a través de catálogos de materiales, soldadura, análisis y procesos de construcción en estructuras y con ello se logrará una investigación exitosa también se apoyará esta investigación en libros, fuentes de la red, como también las normas necesarias para la construcción de una maqueta de un vehículo eléctrico.

#### **1.9.2. Método adaptación**

Se creará las bases necesarias para la adaptación y sujeción necesario para el funcionamiento de este proyecto de grado utilizando lo aprendido en clases y solicitando asesoría de profesionales. A demás se fijarán bases sobre la carrocería para la adopción del roll bar de protección.

#### **1.9.3. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas que utilizaremos en este proyecto serán medición, construcción, adaptación, revisión de fotos y videos, análisis de mecanismos, pruebas de funcionamiento, pues al ser

un tema complejo, hay que realizarlo de la mejor manera para aprovechar la energía al 100% obteniendo los resultados más exactos.

**1.9.3.1. Medición:** medición de todas las áreas y superficies de manera metódica y exacta para el acoplamiento correcto del motor en la caja de cambios.

**1.9.3.2. Adaptación:** adaptación del motor eléctrico en la caja de cambios para que trabajen conjuntamente y obtener el resultado requerido.

**1.9.3.3. Análisis de mecanismos:** se realizará un análisis de todos los mecanismos y elementos que se van a utilizar en la construcción de la maqueta del vehículo eléctrico.

**1.9.3.4. Pruebas de funcionamiento:** se realizarán pruebas de funcionamiento de la maqueta construida para diagnosticar su funcionamiento y corregir fallas de ser necesario.

**1.9.3.5. Construcción:** se realizará la construcción de un roll bar de protección para los pasajeros que aborden el vehículo y las partes expuestas de la maqueta como el motor, baterías entre otros.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Vehículos eléctricos

A lo largo de la historia ha existido la necesidad de incorporar la potencia eléctrica a los sistemas de tracción y de los procedimientos industriales impulsados por sistemas tipo Otto, o también conocidos como sistemas de combustión. La potencia electrónica es una composición de la electrónica, la energía y el control; la energía tiene que ver con la potencia giratoria para transmitir, generar y distribuir la energía eléctrica que se ocupan en los emisor-receptor de datos de estado sólido para el control deseado.

#### 2.2. Introducción

Este capítulo tiene como finalidad estudiar la historia bibliográfica de los vehículos eléctricos, desde sus comienzos, cómo es lo que ha avanzado la tecnología con el transcurso de los años hasta el presente. La contaminación asociada hacia los vehículos eléctricos comienza desde la generación de la electricidad cuando se usa para cargar las baterías, y no así en su uso como medio de transporte. Tomando en cuenta este dato en el peor de los casos la generación que usa la electricidad como fuente de energía generará muchas menores emisiones contaminantes de una generación que usa combustibles fósiles como fuente de energía. Una simulación realizada en 1995 la cual sustituía los motores accionados por combustibles fósiles por motores eléctricos podría reducir majestuosamente las emisiones de gases contaminantes: NMOG (Nonmethane Organic Gas) 98%, NO<sub>x</sub> (Óxidos de nitrógeno) 92%, CO (Monóxido de Carbono) 99%. Sabiendo que la generación de potencia eléctrica se ubica en zonas no urbanas, esta contaminación no afecta a las ciudades.

Algunas compañías automotrices como General Motors, Nissan, Honda, Toyota y Tesla Motors siendo la pionera en vehículos eléctricos han desarrollado vehículos eléctricos. Algunos VE's emplean dispositivos semiconductores de potencia llamados MOSFET's/IGBT's. (Palafox, 2009 (Pg. 03))

##### 2.2.1. Propulsión eléctrica

Es la interfaz que existe entre las baterías almacenadoras de energía y las ruedas, transfiriendo su energía en la dirección requerida, aprovechando su eficiencia al máximo y controlando el flujo de potencia todo el tiempo. Se llega a la conclusión desde el un punto

de vista funcional que se divide en dos partes, por un lado, encontramos la parte eléctrica que está formada por las baterías como fuente de almacenamiento de energía, el motor encargado de transformar la energía eléctrica en mecánica, el controlador electrónico y el convertidor de potencia. Y la parte mecánica que está conformada por la transmisión y las ruedas que van a hacer que el vehículo pueda trasladarse de un lugar a otro. En algunos casos el dispositivo de transmisión es opcional, por el cual se podría instalar un motor individual para cada rueda suspendiendo así el sistema de transmisión. (Palafox, 2009 (Pg. 03))

La propulsión eléctrica, juega un papel muy importante en lo que se refiere a vehículos eléctricos, es considerada como el corazón de los VE's.

### 2.2.2. Propulsión de los vehículos eléctricos

La Figura 2.1 ilustra un diagrama del funcionamiento de un vehículo eléctrico, en donde se puede apreciar que las flechas delgadas representan las señales y las gruesas el flujo de potencia.

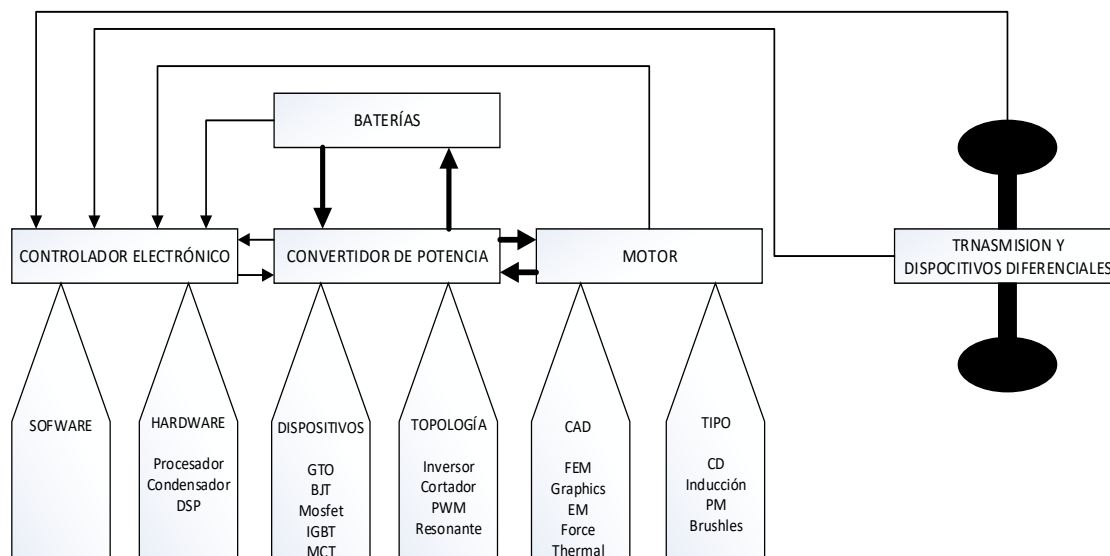


Figura 2.1: Diagrama a bloques funcional del sistema de propulsión de los VE's

Fuente: (Palafox, 2009 (Pg. 03))

Debido a la posibilidad de que el vehículo cuente con un sistema de frenado regenerativo el flujo de potencia es reversible. Dependiendo de los datos obtenidos de los sensores se proporciona las señales que se envían al controlador de potencia para que se amplifiquen activando así la potencia del motor y finalmente el motor transfiere la potencia al tren motriz de la transmisión y ejerciendo así fuerza motriz a las ruedas y el vehículo pueda desplazarse.



En la Tabla 2.1 se muestran algunos de los modelos de los vehículos eléctricos y los tipos de motores empleados en ellos.

**Tabla 2.1:** Aplicación de motores de vehículos eléctricos

<b>Modelos De VE's</b>	<b>Motores De VE's</b>
Fiat Panda Elettra	Motor de CD Serie
Mazda Bongo	Motor CD Shunt
Conceptor G-Van	Motor de CD Excitado Separadamente
Suzuki Senior Tricycle	Motor de CD de Imán permanente
Fiat Seicento Elettra	Motor de Inducción
Ford Think City	Motor de Inducción
GM EV1	Motor de Inducción
Honda EV Plus	Motor de imán permanente tipo serie
Nissan Altra	Motor de imán permanente tipo serie
Toyota RAV 4	Motor de imán permanente tipo serie
Choride Lucas	Motor de CD SR

Fuente: (Palafox, 2009 (Pg. 03))

### **2.2.3. La historia de la electro-movilidad**

La movilidad eléctrica al pasar de los años siempre ha sido un argumento que ha fomentado el desarrollo de la construcción de vehículos eléctricos. Si bien con el transcurso de los años el tema permaneció en el olvido, cuando pensábamos que las reservas de petróleo eran inagotables, cada vez el tema va tomando notabilidad al darnos cuenta de que dichas reservas cada vez están más próximas a terminarse, es decir, teniendo en cuenta que son reservas limitadas y pronto van a agotarse y por las consecuencias desastrosas que ha presentado el uso excesivo de combustibles fósiles, se ha hecho necesario para proteger el medio ambiente. (VOLKSWAGEN AG, 2011 (Pg. 08))

En 1821 Thomas Davenport inicia con la construcción del primer vehículo eléctrico el cual no poseía una batería recargable y su autonomía rondaba entre los 15 y 30 km dependiendo de la velocidad a la que transitara. En 1860 se hace real la idea del primer acumulador de energía a base de plomo recargable. En 1881 se lanza en París el primer vehículo eléctrico oficialmente reconocido el cual contaba con tres ruedas elaborado por M. Gustave Truvé. Contando con su acumulador de plomo recargable logra alcanzar la velocidad máxima de hasta 12 km/h.

Ernst Werner Siemens en 1882 monta un tranvía de tracción eléctrica. El vehículo, conocido también como “Elecktro-Motte” o “Elektromote”, es actualmente considerado como el primer trolebús creado en el mundo. En 1898 de Charles Jeantaud, ubicada en París, es líder en la construcción de vehículos eléctricos, con uno de sus vehículos consigue batir el récord actual de la época alcanzando una velocidad de 37,7 km/h. Ferdinand Porsche en los años de 1900 exhibía en la exposición mundial de París un vehículo con un motor de cubo de rueda montado en una de las ruedas del eje delantero.

En 1902 como pionero en el ámbito de la electro-movilidad en Suiza, A. Tribelhorn construyó los primeros vehículos con motor eléctrico. Durante casi 20 años, su empresa fabricó, sobre todo, vehículos comerciales eléctricos, mientras que sólo llegó a construir un número reducido de turismos, la mayoría en calidad de prototipos. En 1913 se abre la primera gasolinera en Pittsburgh (EE. UU.). Poco después le seguirían otras gasolineras en todas las ciudades. La mejora de las infraestructuras, el bajo precio de la gasolina, así como el continuo desarrollo de los motores de combustión y su mayor autonomía propiciaron el avance imparable de los vehículos con motor de combustión. En 1960 Charles Alexander Escoffery presenta lo que probablemente sería el primer vehículo solar del mundo. Se trata de un Baker Electric de 1912, matriculado en California, que incorpora un panel fotovoltaico compuesto de 10.640 células individuales.

En 1969 se desarrolla el "Lunar Rover" para el programa espacial americano. Incorpora un motor eléctrico en cada rueda. Como fuente de energía se utilizan dos baterías de plata-cinc que le confieren al "Lunar Rover" una autonomía de unos 92 km. En 1973 La primera crisis del petróleo hace ver a los estados industrializados su dependencia de los países exportadores de petróleo. Los precios del combustible se incrementan considerablemente. En 1985 Se celebra en Suiza la primera carrera mundial con coches solares, conocida como "Tour de Sol". En 1987 Se celebra la "World Solar Challenge", una competición de vehículos solares.

En 1991 el THINK es uno de los primeros coches diseñados como vehículo exclusivamente eléctrico y que no es fruto de ninguna transformación. En 1992 la empresa automovilística alemana Volkswagen AG desarrolla el VW Golf Citystromer, un Golf transformado que equipa un motor eléctrico. En 1995 PSA Peugeot Citroën fabrica, de 1995 – 2005, 10.000 vehículos eléctricos. En 1996 General Motors ofrece el coupé eléctrico biplaza, el EV 1' (Electric Vehicle 1), con baterías de plomo y ácido de 500 kg. Posteriormente, las baterías de níquel e hidruro metálico permitirán incrementar el rendimiento del vehículo.

En 2008 sale en el mercado norteamericano el “Tesla Roadster” de la casa Tesla Motors, un vehículo de tracción exclusivamente eléctrica que incorpora 6187 celdas conectadas en serie, semejantes a las utilizadas en los portátiles. En 3,8 segundos acelera de 0 a 100 km/h. En 2009 Alemania aprueba el plan nacional para desarrollo de la electro-movilidad (NEPE, por sus siglas en alemán). Su objetivo es impulsar en Alemania la investigación y el desarrollo, la adaptación al mercado y el lanzamiento de vehículos eléctricos propulsados mediante baterías. Se pretende así que para 2020 se alcance 1 millón de vehículos eléctricos en el mercado alemán y que Alemania se convierta en el mercado líder en materia de electro movilidad. (VOLKSWAGEN AG, 2011 (Pg. 08))

#### 2.2.4. Historia de la Electrónica de Potencia

Todo comenzó a principios de 1948 con la creación del primer transistor de silicio, la gran mayoría de tecnologías de la electrónica avanzada tiene su origen de esta invención. Desde entonces, la microelectrónica actual ha ido evolucionando a partir de la invención de los semiconductores fabricados de silicio. Luego vino un nuevo avance para la electrónica en 1958 con la invención y desarrollo del primer tiristor comercial, es desde entonces que se han introducido diversos tipos de dispositivos semiconductores de potencia al mercado. (Palafox, 2009 (Pg. 03))

A finales de los años 80's y comenzando la época de los 90's la electrónica de potencia tuvo grandes avances tecnológicos. La siguiente línea de tiempo de la Figura 2.2 muestra los avances tecnológicos a través del tiempo de la electrónica de potencia.

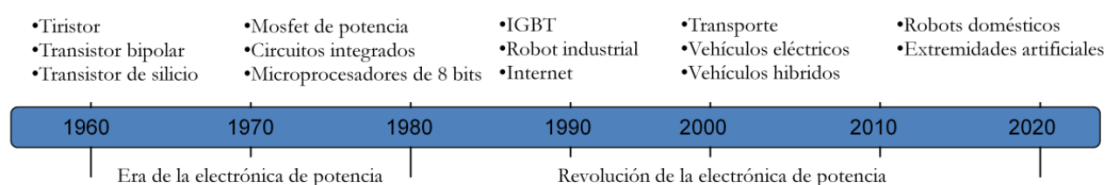


Figura 2.2: Historia de la Electrónica de Potencia

Fuente: (Palafox, 2009 (Pg. 03))

### 2.3. Motores

Los motores eléctricos han estado disponibles en el mercado por hace más de un siglo, pero su evolución ha sido larga y lenta a diferencia de los motores de combustión que gracias a las ganancias existentes por el impacto petrolero de la época han tenido un exitoso avance

hasta el siglo XXI, pero por las grandes emisiones que éstos atraen al sistema nuevamente se están enfocando en una tecnología atrasada.

### **2.3.1. Motores de combustión interna**

Es un tipo de máquina que mediante la energía química de un combustible fósil que arde dentro de la cámara de combustión obtiene energía mecánica. De los cuales podemos encontrar:

#### **2.3.1.1. Motor convencional del ciclo Otto**

La principal característica del motor de ciclo Otto el cual se muestra en la Figura 2.3 es que el combustible, ya esté en estado gaseoso o en estado líquido, se mezcla con la cantidad de aire necesaria para que se produzca la combustión. La mezcla de aire y combustible es admitida en el cilindro por el movimiento descendente del pistón. El encendido de la mezcla se produce en el instante en el que salta la chispa eléctrica. Actualmente, los motores ciclo Otto de cuatro tiempos son conocidos como motores de encendido por chispa o motores de encendido controlado. Los motores ciclo Otto más comunes son motores de cuatro tiempos, porque el ciclo se cumple en cuatro carreras del pistón, o lo que es lo mismo, cada dos revoluciones del cigüeñal. Por lo tanto, es el pistón el que se encarga de expulsar los gases quemados del cilindro. Al momento que finaliza la fase de expansión, los gases quemados son sustituidos por una nueva mezcla de aire y combustible, necesaria para llevar a cabo el siguiente ciclo. (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suáres, 2009 (Pg. 18-50))

El ciclo de cuatro tiempos de un motor que funciona según el ciclo Otto incluye las siguientes fases:

En la admisión pistón se desplaza desde el punto muerto superior al punto muerto inferior. La válvula de admisión se abre y la mezcla aire/combustible es aspirada en el interior del cilindro a causa de la depresión producida por el pistón. (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suáres, 2009 (Pg. 18-50))

En el tiempo de compresión, el pistón se desplaza desde el PMI al PMS. Las válvulas de admisión y de escape están cerradas, y el pistón comprime la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión. (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suáres, 2009 (Pg. 18-50))

En la explosión o trabajo el aumento casi instantáneo de la presión genera la expansión de los gases producidos en la combustión empujando al pistón desde el PMS al PMI. Las

válvulas permanecen cerradas durante toda la fase de trabajo. Esta es la fase activa del ciclo; de hecho, la presión de los gases quemados, en expansión, provoca la carrera del pistón y aporta la correspondiente energía. (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suáres, 2009 (Pg. 18-50))

Y por último en el escape cuando el pistón termina su carrera alcanzando el PMI, la válvula de escape se abre y los gases quemados, salen rápidamente.



Figura 2.3: Motor de combustión interna ciclo Otto

Fuente: (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suáres, 2009 (Pg. 18-50))

### 2.3.1.2. Motor alternativo de ciclo diésel

Los motores diésel, al igual que los de explosión, son motores alternativos endotérmicos de combustión interna, es decir, transforman la energía en el interior del cilindro.

Estos motores como el que se muestra en la Figura 2.4 se caracterizan por su sistema de alimentación, por la forma de realizar la combustión y por su alto rendimiento, al conseguir trabajar a presiones muy elevadas. Los motores diésel únicamente comprimen aire, por lo que la relación de compresión puede ser mayor, siendo introducido el combustible a una presión muy elevada en el tiempo de trabajo, para producir la combustión.

Entre las fases de un motor de ciclo diésel, y un motor de ciclo Otto solo encontramos una diferencia: mientras en el diésel, el aire y el combustible entran por separado en el cilindro, en el ciclo Otto se produce una admisión conjunta de la mezcla aire-combustible. (Escudero, Gonzáles, Rivas, & Suáres, 2009 (Pg. 18-50))



Figura 2.4: Motor de ciclo diésel

Fuente: (RUEDAS, 2016 (Pg. 05))

### 2.3.2. Vehículos híbridos

El funcionamiento de un vehículo híbrido se basa en la combinación de dos tipos de motores, uno eléctrico y otro convencional o de combustión interna, a través de un sofisticado sistema de control híbrido y de un paquete de baterías. (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

En general, un vehículo híbrido funciona como uno convencional al que se le ha unido un motor eléctrico cuya misión es bien ayudar al motor de combustión cuando se precise una mayor potencia o bien impulsar él solo al vehículo, con el motor de combustión desconectado, cuando la potencia requerida sea pequeña, por ejemplo, en condiciones favorables de conducción. Los vehículos híbridos se clasifican en tres tipos atendiendo al modo en que se conectan ambos motores: híbridos en serie, híbridos en paralelo e híbridos mixtos.

#### 2.3.2.1. Híbridos en serie

En los híbridos en serie el vehículo como el que se muestra en la Figura 2.5 son impulsados enteramente por el motor eléctrico gracias a la electricidad suministrada por el motor de combustión, el cual arrastra a su vez un generador eléctrico. La batería actúa por lo tanto como acumulador de la electricidad (energía) sobrante y, cuando está cargada, permite la desconexión temporal del motor de combustión, de forma que el vehículo puede impulsarse momentáneamente de manera totalmente eléctrica. (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

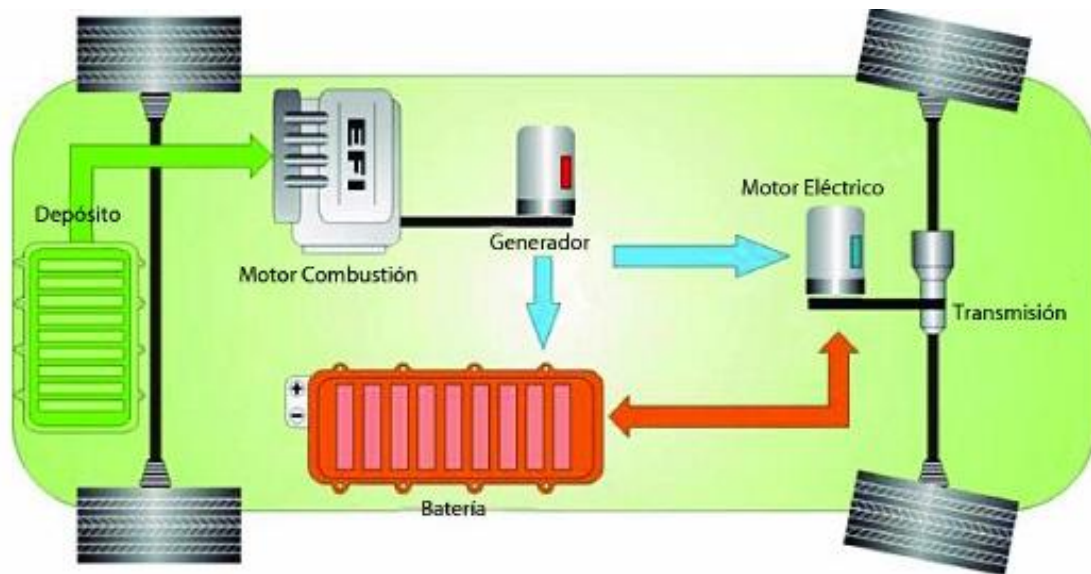


Figura 2.5: Configuración en serie de un vehículo Híbrido

Fuente: (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

### 2.3.2.2. Híbridos en paralelo

En los híbridos con arquitectura paralela mostrado en la Figura 2.6, tanto el motor de combustión como el motor eléctrico trabajan simultáneamente para impulsar las ruedas del vehículo. El sistema de tracción no es demasiado complejo mecánicamente en esta arquitectura, puesto que el motor eléctrico simplemente trabaja en paralelo con el motor de combustión. Esto supone una notable simplificación a la hora de desarrollar una hibridación por parte de cualquier fabricante. (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

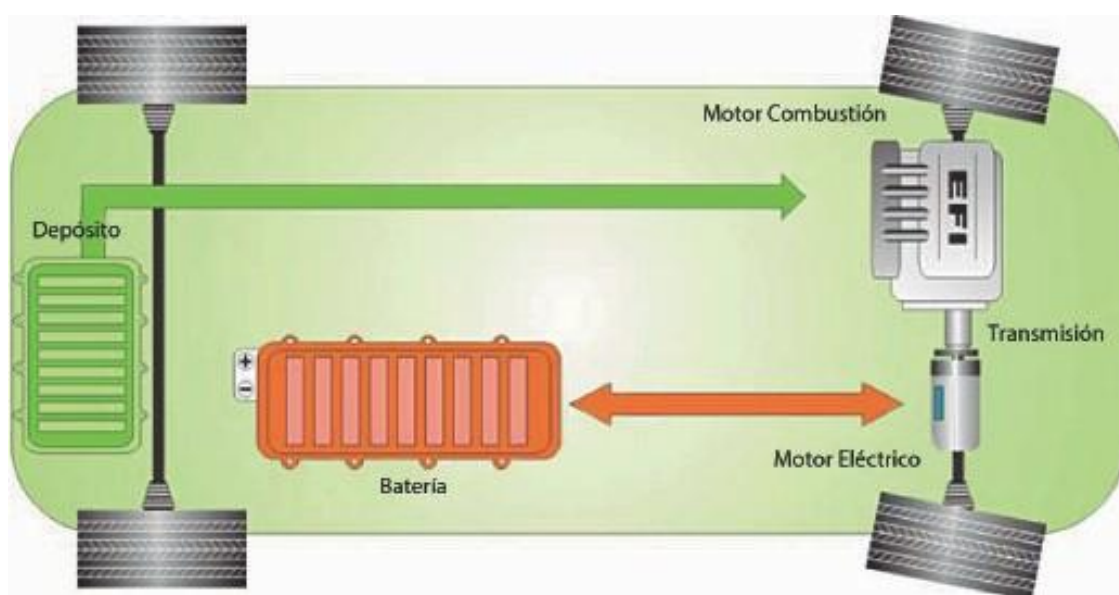


Figura 2.6: Arquitectura vehículo híbrido en paralelo

Fuente: (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

### 2.3.2.3. Híbridos mixtos

Esta configuración proporciona la posibilidad de propulsar al vehículo enteramente mediante el motor de combustión, enteramente mediante el motor eléctrico o mediante una combinación de ambos motores.

El concepto de un vehículo mixto es el de un vehículo híbrido con arquitectura serie en el que se ha conectado el motor de combustión directamente a las ruedas. Así, tanto el motor de combustión como el generador y el motor eléctrico están todos ellos interconectados a través de un sistema de engranajes el cual, a su vez, está conectado a la transmisión del vehículo. (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

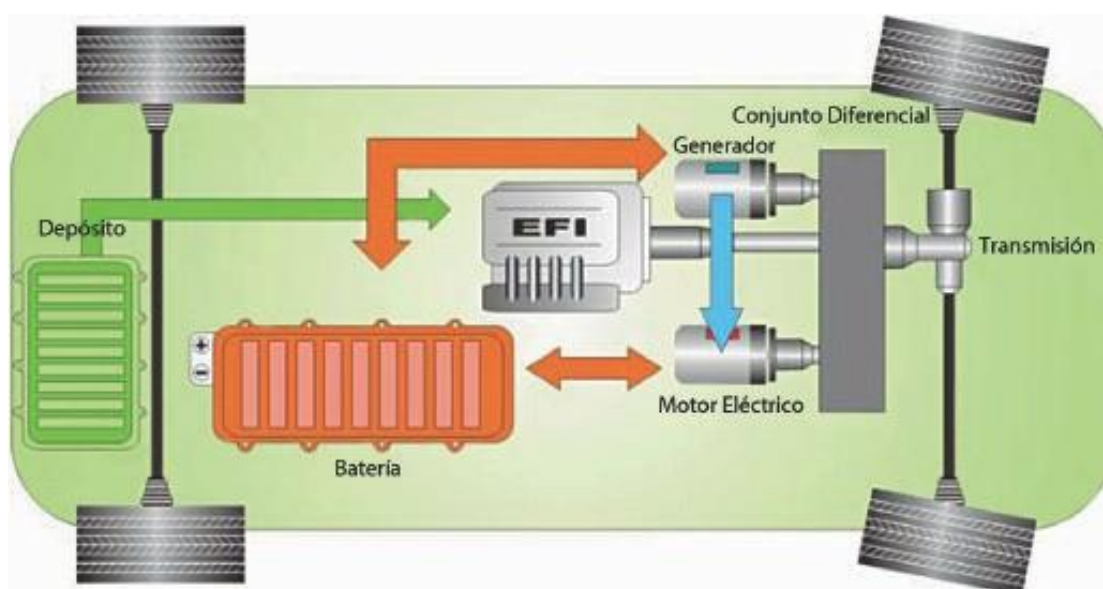


Figura 2.7: Arquitectura mixta de un vehículo híbrido

Fuente: (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

### 2.3.3. Motores de tracción eléctrica

Son los que obtiene el empuje para su movimiento y en ocasiones, para el funcionamiento de los accesorios a partir de una fuente eléctrica. Los motores de combustión interna convencionales obtienen la energía a partir de la quema de un combustible fósil, mientras que el motor eléctrico puede obtenerla a partir de:

- Energía química almacenada en baterías, ya sean de plomo, litio, sales de sodio, etc.
- Alimentación externa a través de una red o cable, como en los trenes o tranvías.
- Energía solar, células de combustible a bordo para generar energía.

La clasificación de los motores eléctricos se clasifica en dos grupos, tenemos los conmutados y los no conmutados. Los motores de Corriente Alterna (CA) con conmutador ya son



obsoletos para su uso en VE. En la Figura 2.8, se puede observar la clasificación de los motores para vehículos eléctricos, los tipos de motores que se observan en las elipses han sido empleados en varios modelos y marcas de vehículos eléctricos. (Fitsa, 2006 (Pg. 08-11))

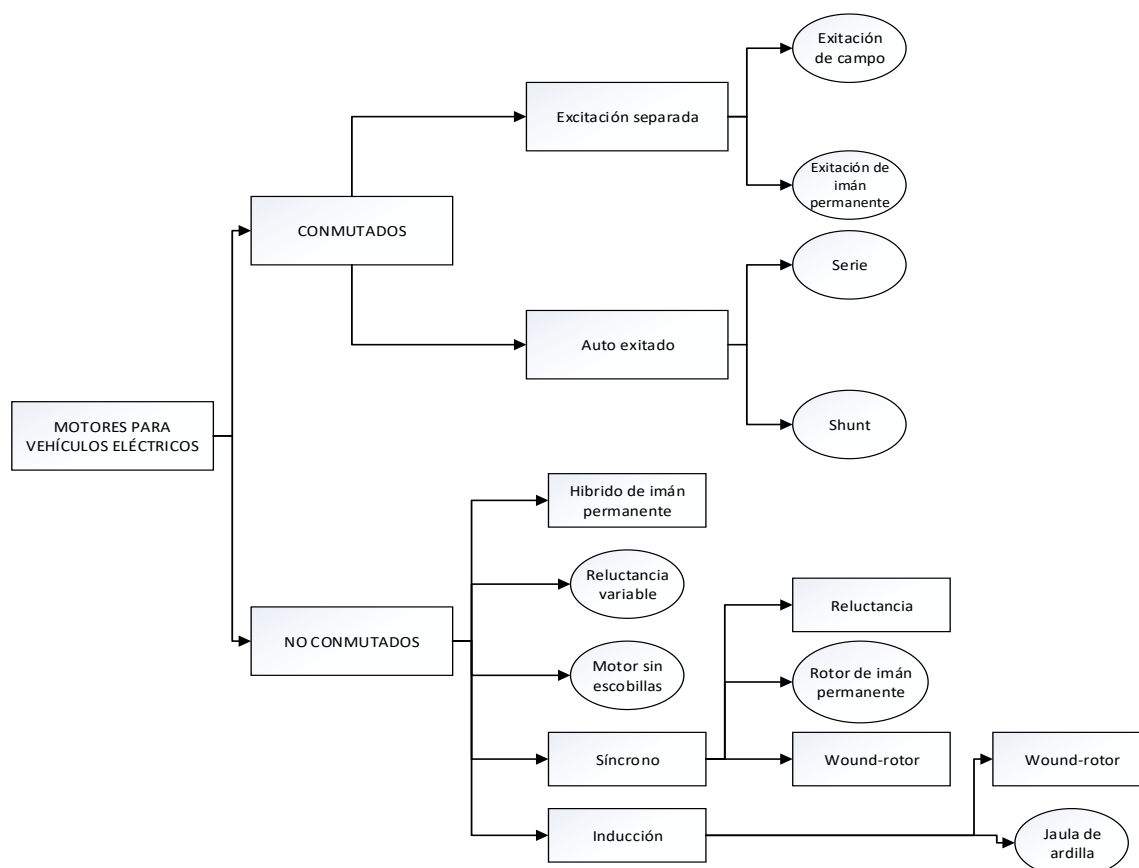


Figura 2.8: Clasificación de los motores de vehículos eléctricos

Fuente: (Palafox, 2009 (Pg. 03))

Los motores que poseen imanes permanentes dan una vida útil al motor, el inconveniente más relevante es el costo reflejado en la compra de dichos motores. Los motores de CD que poseen materiales de mejores características se han usado en los VE's, sin embargo, el problema más común en estos motores es su costo de mantenimiento al momento de reemplazar los conmutadores y escobillas.

Con los recientes avances de la tecnología se han desarrollado mejores motores de Corriente Alterna con respecto a los motores de Corriente Directa o Continua con una tasa de alta eficiencia, una mejor densidad de potencia, mayor confiabilidad, su bajo costo y no necesitan de mantenimiento.

### 2.3.3.1. Tipos de motores para automóviles eléctricos

El tipo de motor eléctrico más empleado en tracción de automóviles eléctricos es el de corriente continua como el de la Figura 2.9, ya que es de fácil regulación. La regulación puede ser clásica con resistencias, o por puente rectificador controlado. Esta última es electrónica y se emplea según el tipo de alimentación. La mayor desventaja de los motores de corriente continua es su elevado costo de mantenimiento.



Figura 2.9: Motor Corriente Continua DC

Fuente: (Gonzalez, 2009 (Pg. 01))

Dentro de los motores de corriente alterna, el más usado es el asíncrono, trifásico y monofásico. Actualmente se regulan electrónicamente regulando la tensión y la frecuencia de la alimentación por medio de onduladores semi controlados. Los motores síncronos necesitan un ondulator totalmente controlado en el inducido y puente rectificador en el inductor. Al ser necesario controlar exactamente la frecuencia de alimentación, su regulación es difícil, siendo poco usado



Figura 2.10: Motor de Corriente Alterna AC

Fuente: (Gonzalez, 2009 (Pg. 01))

### 2.3.3.2. Motor de inducción

Existen dos tipos de motores de inducción; el motor de rotor jaula de ardilla y el motor de rotor bobinado. Los usados en vehículos híbridos y eléctricos son del tipo rotor jaula de ardilla mostrado en la Figura 2.11, por lo tanto, se explica sobre este motor. El rotor está formado por barras de cobre o aluminio a lo largo de la periferia, es decir en la dirección axial, las barras están en corto circuito pues a los extremos están unidos por anillos conductores, formando así una jaula de ardilla. Los devanados del estator son tres y se distribuyen de forma espaciada en 120 grados a lo largo de la circunferencia del estator. El devanado del rotor no está conectado al circuito excitación del motor, está aislado. El voltaje es aplicado al devanado del estator, produciendo un campo magnético que gira a velocidad síncrona; ya que el rotor gira a velocidad distinta a la síncrona (incluso a velocidad de rotor cero), los conductores del rotor cortan el campo magnético del estator y se genera una variación en el flujo del circuito del rotor, lo que induce un voltaje en las barras o devanado del rotor. El voltaje inducido en el rotor causa que las corrientes fluyan en el circuito del rotor, ya que el devanado o barras se encuentran cortocircuitadas. El torque se produce por la interacción del campo magnético del estator y del campo magnético inducido del rotor. (Ferrari, 2015 (Pg. 03))

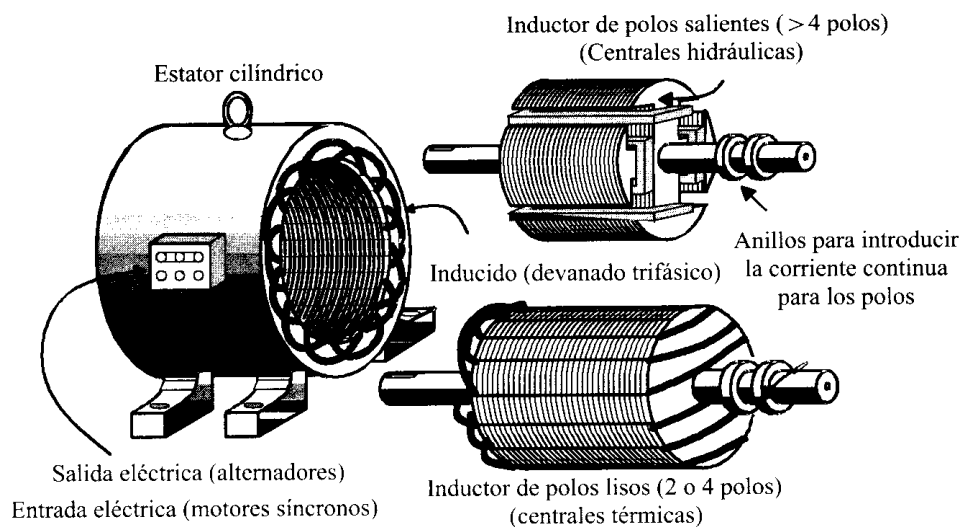


Figura 2.11: Motor jaula de ardilla

Fuente: (Ferrari, 2015 (Pg. 03))

### 2.3.3.3. Motor síncrono de imanes permanentes

Es un motor cuyo rotor está compuesto por imanes. El estator tiene tres devanados distribuidos cada 120 grados en la circunferencia del estator. La fuerza magneto motriz es producida por los imanes permanentes. Al utilizar imanes de materiales raros (neodimio,

samarium-cobalto), se incrementa la densidad de flujo en la brecha de aire y en consecuencia se incrementa la densidad de potencia del motor. Este motor, al tener una densidad de potencia alta, es de menor tamaño en comparación a un motor de inducción de misma potencia. El motor síncrono de imanes permanentes, Figura 2.12, es más fácil de enfriar que el motor de inducción, ya que no tiene pérdidas en el cobre del rotor. El torque electromecánico es producido por la interacción de los campos generados en el estator y en el rotor. (Larco, 2014 (Pg. 04-18))

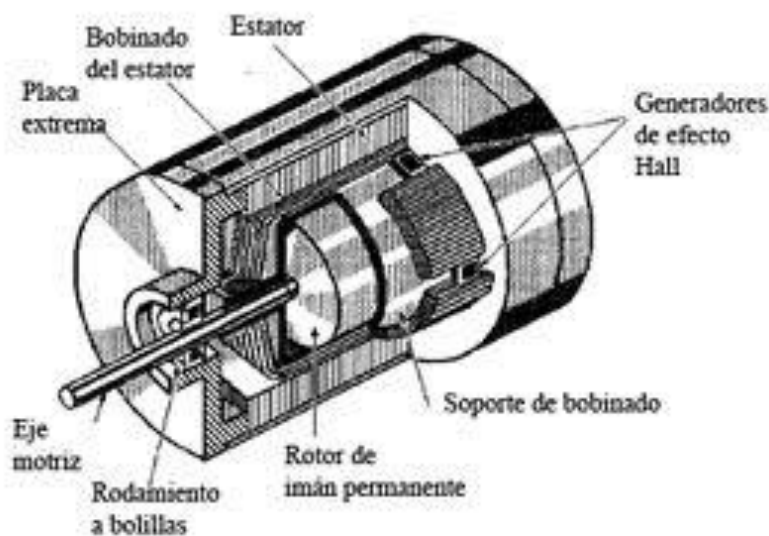


Figura 2.12: Motor síncrono de imanes permanentes

Fuente: (Fmagnet XINFENG, 2013 (Pg. 26))

#### 2.3.3.4. Motor sin escobillas de imanes permanentes

La diferencia de este motor con el motor síncrono de imanes permanentes (MSIP) es la forma trapezoidal de la onda. La onda de este motor es trapezoidal debido a los devanados concentrados del mismo, en el motor síncrono de imanes permanentes los devanados están distribuidos de forma sinusoidal. El funcionamiento de este motor es igual al del MSIP. (Larco, 2014 (Pg. 04-18))

#### 2.3.3.5. Motor de reluctancia conmutada

El rotor y el estator están hechos de láminas de acero magnético, el rotor no tiene bobinado ni imanes. Estos motores pueden tener varias combinaciones de polos en el estator/rotor. El devanado del estator que se encuentra en polos diametralmente opuestos puede estar conectado en serie o en paralelo para formar una fase del motor. El torque se produce cuando una fase del estator es energizada y la pareja de polos más adyacente del rotor es atraída hacia el estator energizado, con el fin de disminuir la reluctancia del camino magnético. Al

energizar fases consecutivas en sucesión, se puede desarrollar torque constante en cualquier sentido de rotación. Una gran ventaja sobre otros motores eléctricos es que la temperatura máxima permisible del rotor es mayor. Este tipo de motor eléctrico se usa en aplicaciones de tracción, ya que se pueden diseñar con una región amplia de potencia constante. (Larco, 2014 (Pg. 04-18)). En la Tabla 2.2 se muestran las características de los diferentes tipos de motores eléctricos ocupados para la electromovilidad.

**Tabla 2.2:** Comparación motores eléctricos

<b>Tipo de Motor</b>	<b>Experiencia</b>	<b>Rango de Potencia (kW)</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Inducción</b>	Muy amplia, más de un siglo	Hasta 180	- Robustos - De bajo Costo	- Baja densidad de potencia
<b>Síncrono de Imanes permanentes</b>	Media	Hasta 60	- Alta densidad de potencia	- Alto costo - Se pueden desmagnetizar los imanes
<b>Sin escobillas de imanes permanentes</b>	Mejora de una tecnología existente	Hasta 135	- Alta densidad de potencia - Son de fácil control electrónico	- Alto costo - Necesita sistema de detección de posición
<b>Reluctancia conmutada</b>	Tipología reciente	Hasta 10	- elevado par de arranque - Fácil de fabricar	- Alto ruido - Alta ondulación de torque

Fuente: (Larco, 2014 (Pg. 04-18))

#### 2.4. Sistemas de transmisión

La transmisión permite entregar la potencia generada por el MCI hacia el eje de transmisión y este transmite la potencia a las ruedas. Los vehículos híbridos y eléctricos cuya tracción es posterior, cuentan con un diferencial. Si el vehículo dobla en una esquina, la rueda posterior externa debe girar más rápido que la rueda posterior interna. El diferencial es un sistema planetario de engranajes, los cuales permiten que una rueda gire más rápido que la otra cuando sea necesario. La transmisión permite operar en todo el rango de velocidad del vehículo, desde estar parado hasta la velocidad máxima del vehículo. La transmisión puede

engranar distintas relaciones de transmisión con la finalidad de satisfacer el torque y velocidad requerida por el usuario. Existen tres tipos de transmisiones; manual, automática y continuamente variable.

#### 2.4.1. Transmisión manual

La caja de cambios manual, Figura 2.13, es un conjunto de ejes, engranajes, sincronizadores, los cuales permiten tener diferentes relaciones de transmisión para transmitir la potencia del motor al eje de transmisión. En la transmisión manual, el usuario debe embragar para poder realizar los cambios y así conseguir las distintas relaciones de transmisión. La potencia se transmite del eje de entrada, luego al eje secundario y por último al eje de salida por medio de engranajes, así transmitiendo la fuerza motriz necesaria hacia las ruedas para generar el movimiento del vehículo. (Larco, 2014 (Pg. 04-18))

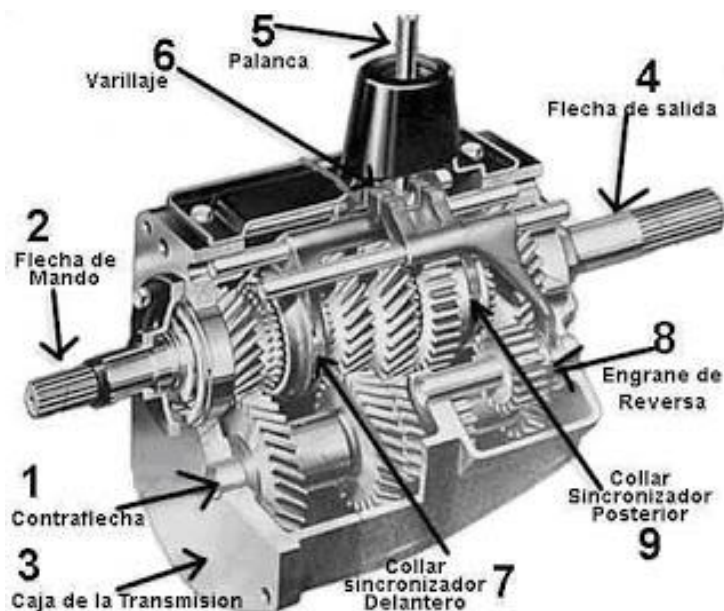


Figura 2.13: Transmisión manual

Fuente: (Rivas, 2011 (Pg. 03))

#### 2.4.2. Transmisión automática

La transmisión automática, Figura 2.14 es capaz de seleccionar todas las velocidades sin que tenga que intervenir un conductor. El cambio de una marcha a otra se produce en función de la velocidad del vehículo como del régimen de giro del motor, así que no se requiere un pedal o de palanca de cambios. En él, con el simple hecho de pisar el acelerador se hará el cambio de velocidad conforme el motor cambia de revoluciones. (ROSHFRANS, 2016 (Pg. 02))

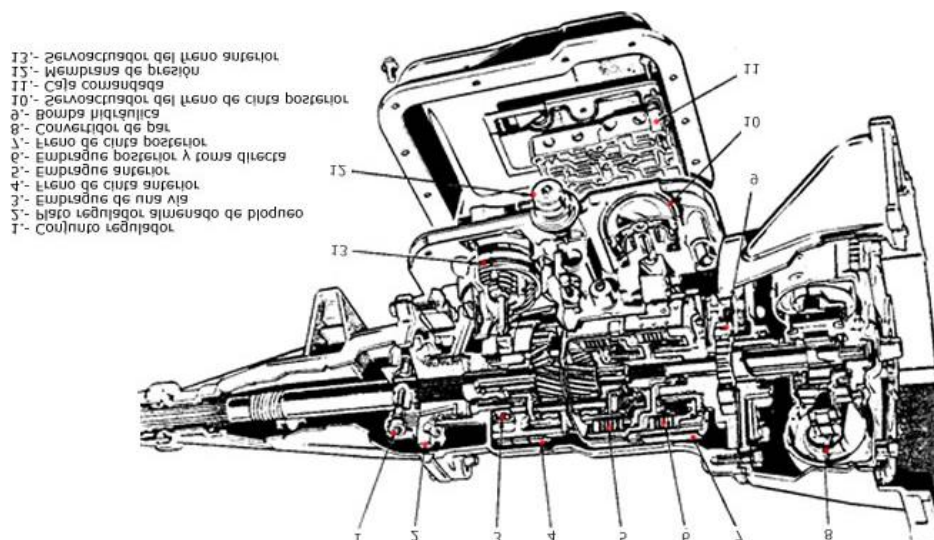


Figura 2.14: Transmisión Automática

Fuente: (Meganeboy, 2014 (Pg. 01))

## 2.5. Componentes principales de un vehículo eléctrico

### 2.5.1. Cargador

Es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red eléctrica local y la transforma en corriente continua para así poder cargar la fuente de energía principal que dará movimiento al vehículo. (González, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))

### 2.5.2. Baterías

Las baterías en conversiones de bajo costo son de plomo y de ciclo profundo para que duren más años. Las baterías comunes de arranque no sirven. Las baterías que se recomiendan utilizar son las que vienen incorporadas con tecnología AGM o de GEL. Estas son utilizadas en sistemas de reserva para UPS o energía de aerogeneradores y paneles foto electrónicos. (González, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))

### 2.5.3. Conversor

El conversor transforma la alta tensión de corriente continua, que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Este tipo de corriente es el que se utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares eléctricos del coche. (González, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))

#### 2.5.4. Inversor

Los inversores u onduladores son los encargados de transformar la corriente continua que cede la batería principal, en corriente alterna. De esa manera se puede alimentar el motor en corriente alterna del coche eléctrico. En el caso de coche con el motor en corriente continuo, este componente no existiría. (Gonzáles, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))

#### 2.5.5. Motor eléctrico

El motor de un coche eléctrico puede ser un motor de corriente alterna o de corriente continua. 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. (Gonzáles, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

### 2.6. Componentes eléctricos

#### 2.6.1. Fusible

Son elementos que se utilizan en la electrónica, tienen un punto de fusión muy bajo. Se lo utiliza dentro del circuito electrónico para interrumpir el paso de corriente eléctrica cuando ésta es excesiva. Un fusible interrumpirá el circuito de la batería para prevenir que se produzcan graves daños. El objetivo principal es el de proteger el cableado eléctrico y las baterías y en segundo el controlador y el motor eléctrico. El fusible debe ser instalado en cada grupo de baterías. (Gonzáles, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))



Figura 2.15: Fusible usado en protecciones

Fuente: (Gonzáles, Manual de conversión, 2014 (Pg. 01-05))



### 2.6.2. Diodo

Es un dispositivo de protección en la bobina del contactor. La bobina crea un campo magnético para activar el contactor. Cuando el contactor se desconecta, el campo magnético colapsa causando una contra tensión que puede dañar el controlador. El diodo asegura el sentido de circulación de energía. (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))



Figura 2.16: Modelo de Diodo

Fuente: (González, 2013 (Pg. 02))

### 2.6.3. Resistencia de precarga

Es un dispositivo que descarga lentamente los condensadores alojados dentro del controlador electrónico. Sin esta resistencia, Figura 2.17, al cerrar el controlador se generarían grandes arcos electrónicos en los contactos. Por lo general, se conecta en los terminales grandes del contactor, esta actúa como precarga para los capacitores del controlador. (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

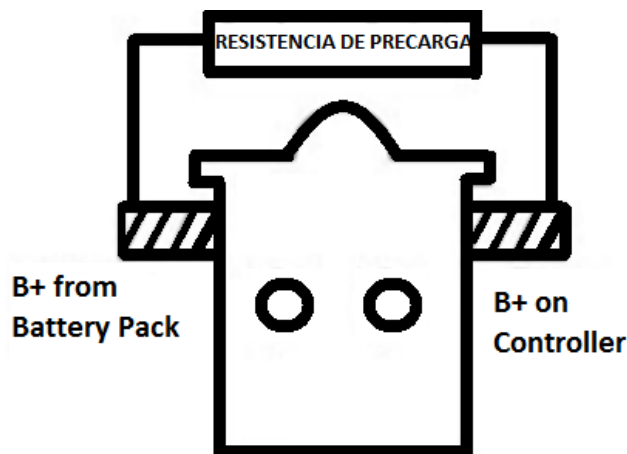


Figura 2.17: Resistencia de precarga

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

#### 2.6.4. Contactores o solenoides

Se considera un interruptor normalmente abierto impulsado electrónicamente para cerrar un circuito capaz de transportar grandes cantidades de corriente. (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11)). Podemos encontrar solenoides, en los automóviles como el de la Figura 2.18. El solenoide de arranque del vehículo, cuando se gira la llave, se acopla al motor de arranque a través de un eje y logra generar el movimiento necesario para que el motor gire. (Gardey, 2016 (Pg. 01))

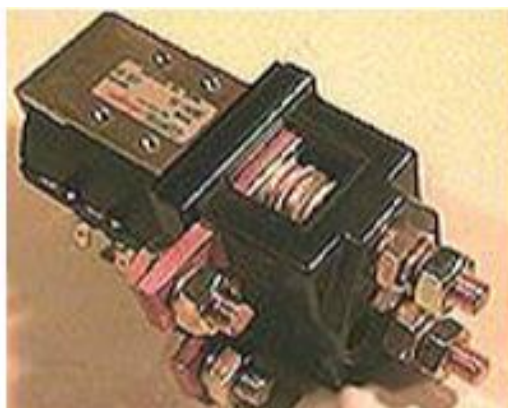


Figura 2.18: Modelo de contactor

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

#### 2.6.5. Transistores

Son componentes que se usan en la electrónica, su empleo ha permitido disminuir el tamaño de los circuitos electrónicos. Tiene dos tipos de aplicaciones:

**2.6.5.1. Como interruptor:** al no aplicarse corriente en su base, actúa como interruptor abierto. Si se le da corriente a la base, esta se cierra permitiendo el paso de corriente desde el colector hacia el emisor.

**2.6.5.2. Como amplificador:** aplicando una corriente baja en la Base, el transistor permite un mayor paso de corriente desde el Colector hacia el emisor amplificando la señal.



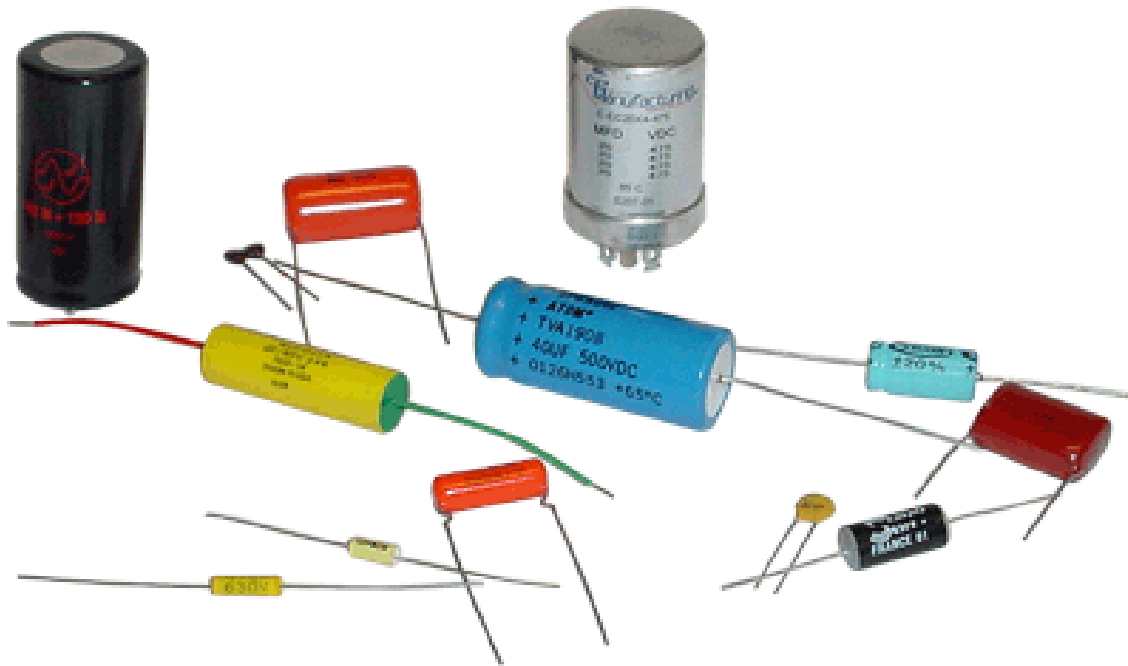
Figura 2.19: Modelo de transistores

Fuente: (Santos A. , 2009 (Pg. 04))

### 2.6.6. Capacitores

También son conocidos como condensadores, son dispositivos usados tanto en la electricidad como en la electrónica, son utilizados para almacenar energía manteniendo un campo eléctrico. Su unidad de medida es el faradio (F). En sus aplicaciones se los usa como:

- a) Dispositivos de almacenamiento de energía
- b) Filtros
- c) Dispositivo para evitar caídas de tensión en los circuitos
- d) Memorias (D & P., 2012 (Pg. 14-19))



2.20: Modelos de capacitores

Fuente: (Santos A. , 2014 (Pg. 01))

### 2.6.7. Relés

También conocido como relevador es un dispositivo electromecánico para dirigir o hacer circular elevadas corrientes por circuitos separados. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona el juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos electrónicos independientes. (Automatisme I Control Eléctric, 2012 (Pg. 03)).

### 2.6.8. Potbox (potenciómetro)

El potbox, Figura 2.21, es un potenciómetro de 5K ohmios conectado al controlador y accionado por el acelerador del pie. Tiene una palanca conectada al actual acelerador por cable.



Figura 2.21: Potbox o potenciómetro

Fuente: (Casto, 2015 (Pg. 03))

### 2.6.9. Llave de emergencia

Es un dispositivo de seguridad que desconecta a las baterías, cortando el circuito durante una emergencia. Esta llave puede ser instalada bajo el capo y puede ser activada desde el habitáculo del conductor del vehículo mediante un cable tirador. (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))



Figura 2.22: Modelo de llave de emergencia

### 2.6.10. Cables de potencia

El sistema de cableado, Figura 2.23, de un vehículo eléctrico es muy importante y a veces se pasa por alto su correcto cálculo durante el diseño de una instalación. Si la selección del cable es inferior a la necesaria obtendremos el recalentamiento de terminales y la disminución de la vida útil del controlador.

Son básicamente usados como cables de alimentación de energía por ello tienden a ser calibres robustos y dependiendo del ambiente de instalación, éstos tendrán recubrimientos específicos para soportar el desgaste del uso. Para la selección de los cables se debe tener en cuenta su aislamiento, que depende de la temperatura, corriente y voltaje de operación. Si no se tiene certeza de las especificaciones del cable, se deben realizar algunas pruebas de corriente, para tener seguridad en su correcta operación en un uso normal. (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))



Figura 2.23: Cable de potencia

### 2.7. Kit AutoLibre AC 40hp EmPower:

El kit AC40 está compuesto del motor, controlador, cargador de baterías, acelerador, convertidor DCDC y medidor de baterías.

#### 2.7.1. Motor AC 72V 40hp 6800rpm

Motor de inducción y corriente alterna que produce una excelente curva de potencia y par motor en excelentes niveles de eficiencia. Algunas de las ventajas de un motor de inducción AC son un mejor rango de potencia, más altas RPM, frenado regenerativo, y fácil puesta en

retroceso. No requiere contactor, resistencias de precarga o diodos. Este motor puede impulsar varios tipos de vehículos de hasta 1400 Kg con velocidades de 80 a 90 Km/h.

**Tabla 2.3:** Especificaciones técnicas del motor eléctrico

<b>Especificaciones del motor</b>	
<b>Diámetro</b>	25cm
<b>Peso</b>	45 kg
<b>Voltaje</b>	72 – 84 voltios
<b>Intensidad máxima</b>	400 amperios
<b>Eficiencia del motor</b>	90%
<b>Torque</b>	90 Nm
<b>Pico de potencia</b>	40 hp
<b>RPM máximo</b>	6800
<b>Diseño</b>	Uso para tracción
<b>Refrigeración</b>	Aire
<b>Controlador</b>	72 a 84 voltios – 500 Amperes

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

En la Tabla 2.3 se puede observar las especificaciones técnicas del motor eléctrico que se utilizará para reemplazar el motor de combustión original del vehículo, es un motor compacto, mayor eficiencia y menor peso del motor original produciendo similares fuerzas del original.

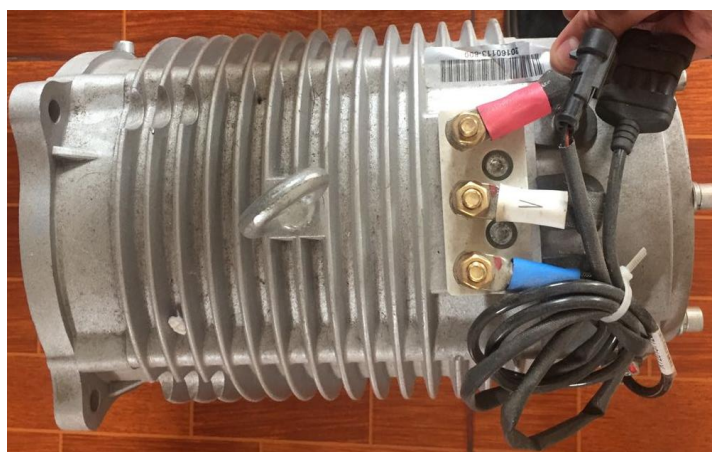


Figura 2.24: Motor AC 72V 30kw 6800rpm

### 2.7.2. Controlador electrónico 72V 30Kw

Es un dispositivo capaz de trabajar de 72 a 108 Voltios y como un máximo de 500 Amperes. Su diseño fue construido para tracción con frenado regenerativo y refrigerado por aire. La

selección de este dispositivo se realiza según el tipo de motor, voltaje y corriente de operación.

Si se utiliza un motor de inducción trifásico como en este caso, se recomienda utilizar un controlador/inversor trifásico, que está compuesto por tres fuentes de voltajes de onda cuadrada, donde se varía la frecuencia de señal, para así controlar la velocidad y potencia del motor. Esta frecuencia es controlada a su vez por una resistencia variable conectada como acelerador.

En el controlador Enpower mostrado en la Figura 2.25 lo que se ve desde B+ y B- a la derecha es interno, solo como detalle de esquema. En conversiones, no se utiliza el selector de avance, retroceso. Con un interruptor de tablero que conecte en modo avance es suficiente, pues la reversa será con la palanca de marchas del vehículo. Como este modelo de controlador usa un muy preciso acelerador electrónico se deberá colocar en lugar del acelerador del vehículo y en una posición similar. Como se ve en el esquema el inicio de funcionamiento es a partir de alimentar el pin 1 del controlador con B+ (72, 80 o 96V) lo que se realiza a través de un releé estándar de 12 V activado por la llave de contacto original del coche. (González, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))



Figura 2.25: Controlador de velocidad 72V 30Kw

### 2.7.3. Cargador de baterías de cuatro etapas 2.5 KW 72V

El cargador de baterías indicado en la Figura 2.26 adecuado para nuestra maqueta debe tener corte electrónico, para poder dejarlo durante toda la noche y que le mismo deje de cargar cuando las baterías se encuentren en su carga máxima. A demás se recomienda el uso de cargadores inteligentes de 3 o 4 etapas de carga, donde el mismo va evaluando el estado de

carga de las baterías y las recarga optimizando la duración en el tiempo de vida de nuestro grupo de baterías, logrando en algunos casos más de 650 ciclos. (6 años)



Figura 2.26: Cargador de baterías de cuatro etapas 2,5 Kw 72V

#### 2.7.4. Convertidor DC/DC 72V-12V-500W

Este tipo de convertidor es en realidad un transformador, Figura 2.27. Es utilizado en realidad para transformar la tensión continua de alto voltaje a una tensión de carga adecuada y correspondientemente baja para cargar la batería de la red manteniendo 12V. Los convertidores y transformadores DC/DC suelen ir agrupados con otros componentes electrónicos del sistema de alto voltaje en un módulo electrónico de potencia.



Figura 2.27: Convertidor DC DC 72V - 12V - 500W

#### 2.7.5. Acelerador electrónico

Es un dispositivo completamente electrónico, que informa al controlador la posición del pedal del acelerador, para determinar el paso de energía de las baterías hacia el motor y controlar la velocidad del vehículo. En su interior se encuentra un potenciómetro de 5 ohmios.





Figura 2.28: Acelerador Electrónico

#### 2.7.6. Medidor de carga de batería

Es un dispositivo utilizado para informar al conductor sobre la carga disponible en las baterías para identificar el tiempo aproximado del que dispone para seguir utilizando el vehículo.



Figura 2.29: Medidor estado de batería

#### 2.7.7. Placa de sujeción del motor hacia la caja de cambios

Es una placa diseñada en aluminio o en acero inoxidable que cumple la función de acoplar el motor eléctrico directamente hacia la caja de cambios. Se la realiza con el díselo de la caja de cambios para la sujeción de los pernos y evitar funcionamientos erróneos.



**Figura 2.30: Placa de sujeción**

Fuente: (Barrios & Gonzáles, 2008 (Pg. 07))

## CAPÍTULO III

### 3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1. Investigación y preparación de la conversión

Se recomienda realizar una investigación sobre el tema, puesto que para poder realizar la conversión de un vehículo se necesitan conocimientos especiales sobre el tema, así como los avances tecnológicos que encontramos actualmente. Es aquí en donde se debe indagar de los diferentes avances tecnológicos existentes y las aplicaciones funcionales, con ello pudiendo realizar una adecuada planificación de construcción y realizar una selección adecuada de los componentes que vamos a utilizar.

#### 3.2. Selección de componentes

Esta fase es primordial, ya que las selecciones de los componentes definen su correcto funcionamiento y con ello el rendimiento final al momento de completar la conversión. Los componentes de una conversión son las siguientes:

##### 3.2.1. Vehículo

Para elegir el vehículo es necesario considerar los siguientes aspectos:

###### 3.2.1.1. Peso

Se recomienda que el vehículo, chasis o maqueta dónde se va a realizar la conversión no posea un elevado volumen, para así poder lograr una superior aceleración. El peso es un factor que considerar para realizar la selección del motor que lo va a propulsar, es por lo que debe ser tomado en consideración. Para ello se utilizará el chasis o piso de la carrocería concretamente, eliminando por completo la carrocería disminuyendo notablemente su peso y obteniendo así el espacio y condiciones adecuadas para la ubicación de las baterías logrando con ello una excelente ventilación para evitar daños a terceros.

###### 3.2.1.2. Caja de cambios

Se puede seleccionar para el vehículo o maqueta una caja de cambios mecánica o automática. Este proyecto se hizo con una caja de cambios mecánica, Figura 3.1, debido a que las cajas de cambios automáticas necesitan que el motor este siempre en movimiento, por lo tanto, deben mantener constante la presión del líquido lubricante dentro de la caja. Generalmente la presión de la caja de cambios automática es mantenida por el ralentí del motor. En el caso

que se considere realizar la conversión utilizando una caja de cambios automática, es necesario incorporar al sistema una bomba para así mantener la presión necesaria para un funcionamiento adecuado. La conversión de realizarse con una caja de cambios automática es muy compleja y no existen sencillas soluciones en la actualidad, es por ello por lo que se recomienda el uso de una caja de cambios mecánica, siendo más sencillo trabajar con ésta y no necesita ningún dispositivo adicional para su correcto funcionamiento.



Figura 3.1: Caja de cambios manual vista frontal

En este proyecto se utilizará la caja de cambios original del vehículo para evitar mayores requerimientos o adaptaciones para fijar la caja a sus bases. Es necesario realizar una revisión exhaustiva para comprobar que todos los componentes y mecanismos poseen un correcto funcionamiento.



Figura 3.2: Caja de cambios manual vista preliminar

### 3.2.1.3. Frenos

Los frenos son una parte crucial del vehículo, siendo un elemento de seguridad indispensable del vehículo. Es por ello por lo que se debe tener conocimiento si el vehículo o maqueta posee frenos servoasistidos o hidráulicos. Es indispensables conocer esto sabiendo que los frenos servoasistidos utilizan un componente externo (una bomba), Figura 3.3 que ayuda la asistencia al conductor, mejorando su efectividad al instante de frenar. Por otro lado, los frenos normales utilizan la fuerza aplicada por el conductor en el pedal.



Figura 3.3: Bomba de frenos

En la Figura 3.3 se puede observar cómo eran las condiciones al inicio de la restauración donde presenta óxido por fuera, al empezar la reconstrucción se sustituyó la bomba y demás componentes en pésimas condiciones para obtener un correcto funcionamiento del sistema de frenos.

### 3.2.1.4. Tipo de tracción

Si el vehículo viene configurado para tracción posterior, el motor debe ser insertado en su forma original, es decir, longitudinalmente. Esto es acoplando directamente en su caja de cambios, que a su vez está unida a través de un eje al diferencial posterior. Si el vehículo cuenta con una configuración de tracción delantera, el motor necesita ser instalado en forma transversal a lo ancho del vehículo, y de igual manera que en la configuración posterior va conectado en forma directa a la caja de cambios que también está en forma transversal.



Figura 3.4: Sistema de tracción trasera

### 3.3. Restauración de la maqueta del vehículo

Al definir como restauración de un coche o en este caso de una maqueta se refiere al proceso de renovación de todos los componentes para obtener así un eficiente funcionamiento de todas sus partes y sistemas, en este caso hablamos del llamado piso de la carrocería que estamos utilizando para el funcionamiento de este práctico proyecto.

Con el pasar del tiempo la restauración de coches se da por varias razones como pueden ser la necesidad de transportarse en un vehículo, reparar alguna falla que tenga para circular, otros lo hacen por competir en concursos de restauración y otros en cambio solo por pasatiempo.

Al hablar de un proceso se refiere a un sin número de pasos realizados para llegar al punto esperado como se especificará a continuación.

- a. Lavado de la carrocería
- b. Lijar el óxido y partes deterioradas de la carrocería
- c. Realizar un pequeño inventario de las piezas necesarias para la restauración (bujes, axiales, homocinéticos, cauchos varios.)
- d. Colocar brea y pintar

Procediendo a realizar un análisis completo de la estructura metálica, se puede observar que se encuentra afectada por la humedad y, además, el transcurso del tiempo deterioró por completo el piso del vehículo como puede observar en la Figura 3.5, se puede prestar atención cómo se encontró el piso de la carrocería antes de comenzar su restauración.

El vehículo se encuentra en condiciones deteriorables de funcionamiento como podemos ver en la Figura 3.5 que se muestra a continuación:



Figura 3.5: Imagen frontal del vehículo

El piso del vehículo se encuentra en pésimas condiciones de funcionamiento, pero los componentes que necesitamos para la reconstrucción de la maqueta se encuentran en buenas condiciones y se pueden utilizar. Con un mantenimiento correctivo necesario, pintura, cambio de rodamientos, pernos oxidados, empaques y otros componentes que sean necesarios sustituir, podremos ocupar todo el sistema necesario para realizar este proyecto sin consecuencias negativas.



Figura 3.6: Sistema de amortiguación deteriorado

Se observa a simple vista, los componentes y sistemas se encuentran extremadamente afectados por las condiciones climáticas. Se realizó un trabajo exhaustivo en la limpieza de componentes y toda la carrocería para proceder a lijar y pintar. Para la restauración del piso del vehículo se inició puliendo cuidadosamente verificando que no existan daños mayores causados por el óxido y se comenzó a pintar utilizando una pintura resistente a la corrosión evidenciando una mejor presentación de la maqueta.



Figura 3.7: Restauración del piso del vehículo



Se han realizado cambios y modificaciones en la reconstrucción obteniendo el resultado deseado, se reemplazaron componentes en deterioro por nuevos, aun así, conservando el objetivo de la maqueta que es de reutilizar y restaurar el mayor número de componentes y no generar desperdicios para el medio ambiente como se observa en la Figura 3.8.



Figura 3.8: Maqueta restaurada

### 3.3.1. Diseño y construcción de acople de sujeción motor-caja de cambios

Con el objetivo de crear los planos de diseño de esta pieza importante, se necesita seguir los siguientes pasos:

En primer lugar, para obtener la forma del acople del motor eléctrico se observa el diseño del motor original de combustión, si se da el caso de que no se posea el motor original se puede utilizar tomando la forma de la caja de cambios. Su diseño está basado tomando la forma de la parte del motor que sujeta con la caja de cambios. Ya logrando obtener la forma del acople procedemos a marcar los orificios los cuales fijarán el acople con pernos a la caja de cambios. (González, Conversión de auto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

Un dato necesario para el diseño es la disposición de los agujeros de fijación del motor eléctrico, Figura 3.9, la que se puede obtener de la hoja de datos del motor. El motor utilizado en esta memoria tiene las siguientes fijaciones:

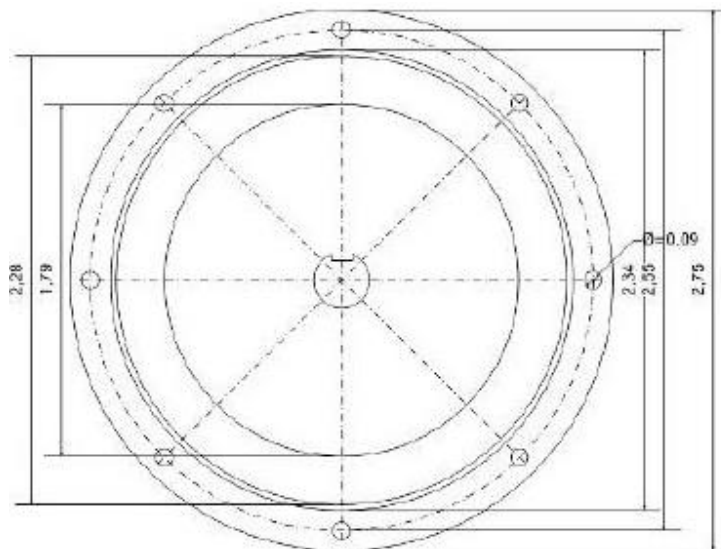


Figura 3.9: Diseño acople de sujeción

En esta imagen clara de la placa, Figura 3.10, se le cambió de color para poder marcar los orificios de entrada de los pernos que van a unir al motor con la caja de cambios, se toma la distancia de los orificios de la caja de cambios, para el diámetro exterior. Luego se toman la distancia de los orificios del motor para el diámetro interior. Se debe comprobar que el modelo de caja de cambios sea simétrico respecto al centro.



Figura 3.10: Acople de sujeción de caja

Se toman las medidas con cuidados para que sean precisas evitando así tener percances o vibraciones excesivas por mal apriete o mala fijación de los componentes sobre la placa. El diseño del acople utilizado en este proyecto es el que se muestra en la Figura 3.11:

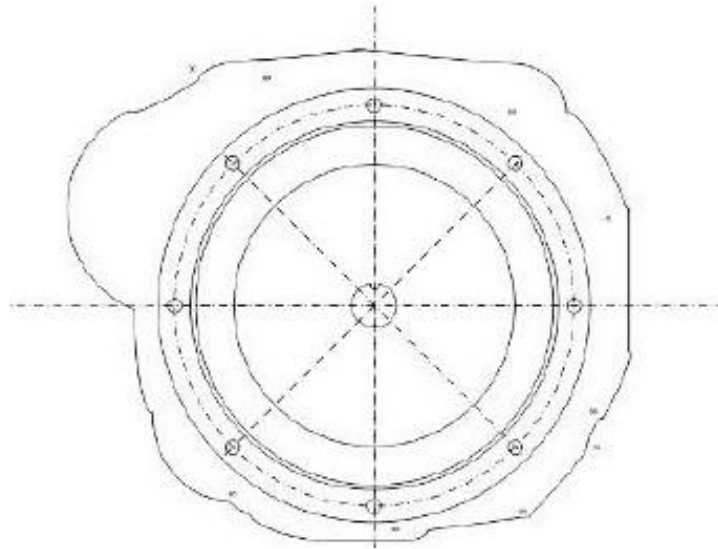


Figura 3.11: Plano del acople de motor

Para construir el acople se utiliza una fresadora o suelda de plasma que permita cortar el tipo de material. Luego de tener cortada la pieza, con el plano del diseño, se deben marcar las perforaciones que se realizarán. Es importante tener el tamaño de las perforaciones y su forma. Para estas perforaciones es recomendable utilizar un taladro de pedestal, el que permite perforar con una posición y ángulo precisos. (González, Conversión de aunto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

Se realiza las perforaciones necesarias para fijar la platina hacia el motor y se puede observar el eje con chavetero. También se encuentran realizados las perforaciones necesarias para atornillar la caja de cambios.

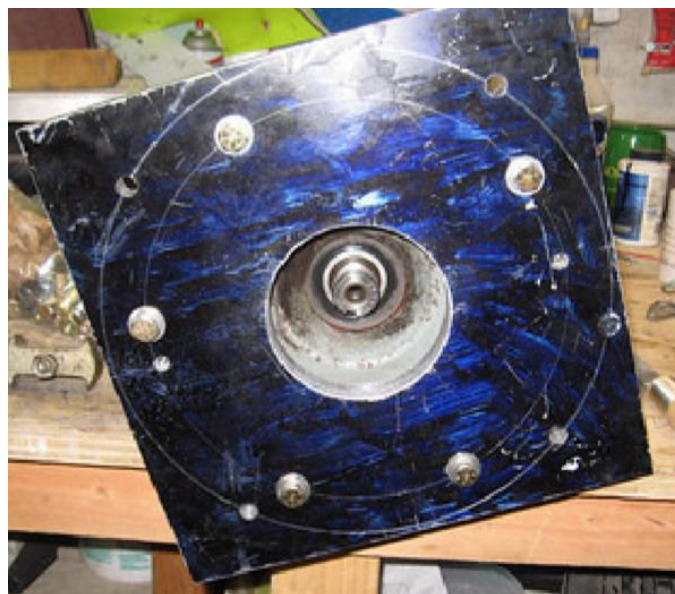


Figura 3.12: Acople realizado las perforaciones

### 3.3.2. Diseño pieza de unión entre motor y volante motor de embrague

Esta pieza debe encontrarse bien diseñada y construida con la intención de alinear de manera perfecta el eje del motor con el embrague, ya que define el centro del volante motor y así evitar vibraciones en el sistema de tracción del vehículo. Además, también tiene como propósito transferir la fuerza motriz y el torque desde el eje del motor hacia el volante motor del embrague. Por este motivo, el diseño de esta pieza es muy importante para lograr el correcto funcionamiento del vehículo. Existen dos diseños posibles para esta pieza, las cuales son: (Gonzáles, Conversión de auto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

#### 3.3.2.1. Pieza chavetera

Es una única pieza con la cual se une el eje del motor y el volante motor. Ésta se une al eje del motor mediante una chaveta común en el eje y se acopla en el volante motor usando la cantidad necesaria de pernos. Para lograr la unión y fijación del eje y la pieza, se utilizan, por lo menos, dos pernos prisioneros de fijación en la chaveta. Esta pieza termina con un plato que permite fijar el volante motor del embrague a la pieza mediante pernos y, por ende, se une al eje del motor. Para el diseño de esta pieza se deben conocer las formas y medidas del volante motor, como también las del eje del motor eléctrico. (Gonzáles, Conversión de auto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

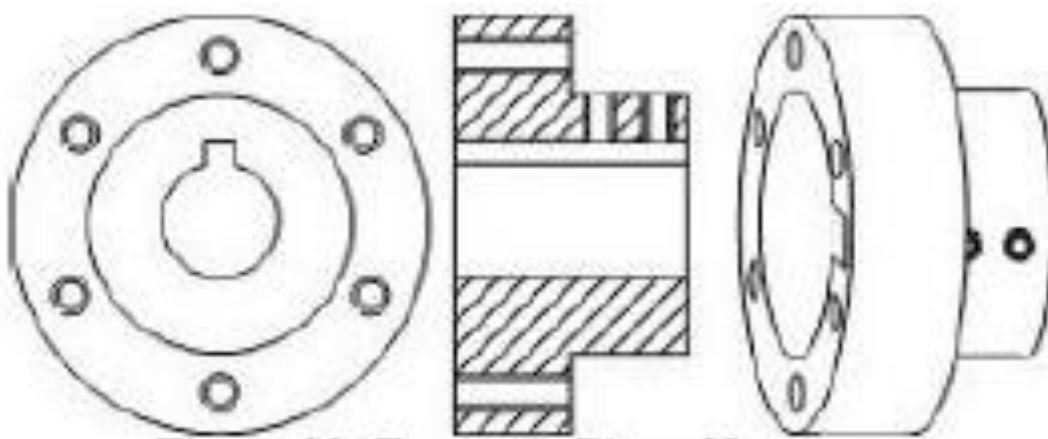


Figura 3.13: Forma de pieza chavetera

#### 3.3.2.2. Pieza central y pieza unión

Aquí se utilizan dos piezas, la pieza de unión y la pieza central. La pieza de unión, Figura 3.14, permite unir la pieza central con el eje del motor, la que tiene una forma especial que permite acceder a una fácil alineación entre el volante motor y el motor.

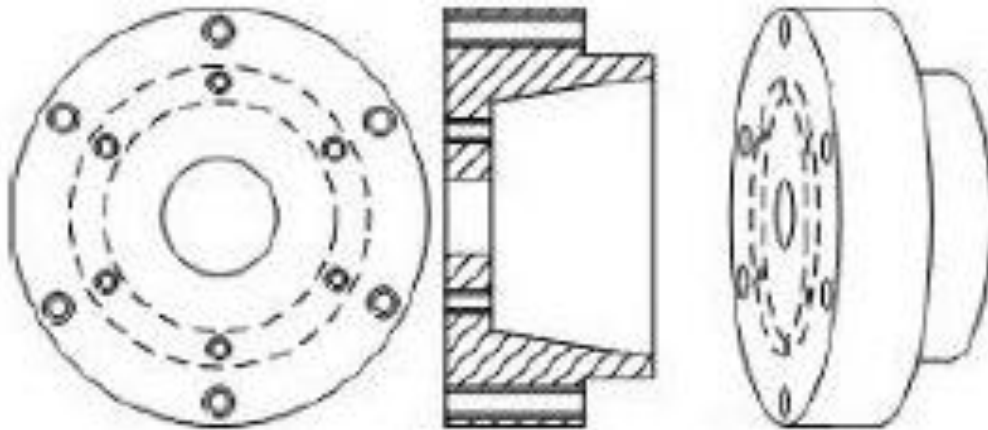


Figura 3.14: Pieza central

Esta pieza de unión permite variar la inclinación del volante motor, lo que facilita la tarea de alineación. Estas piezas van colocadas en línea, las que son complementarias, esto es, las dos funcionan en forma conjunta. Para el diseño de estas piezas se utilizan las dimensiones del volante motor y el eje del motor eléctrico. (Gonzáles, Conversión de aunto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

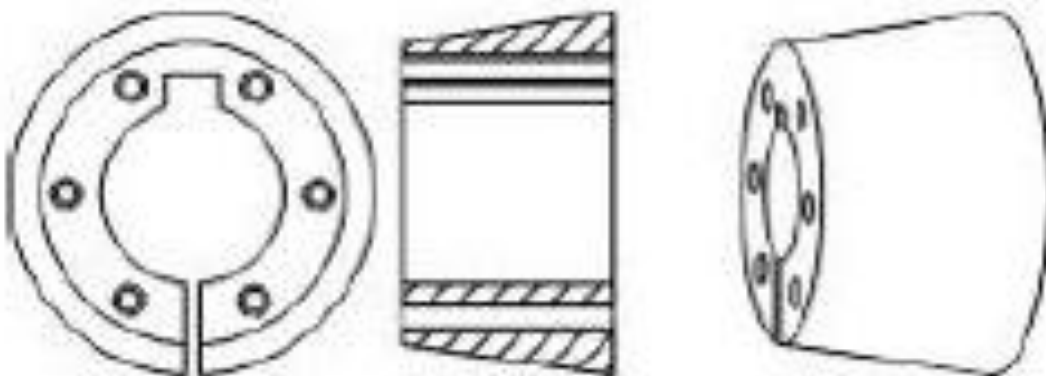


Figura 3.15: Pieza de unión

### 3.3.3. Instalación de la pieza de unión

Para poder conseguir la instalación de estas piezas se necesita la mayor precisión del caso, palla ello, esta instalación se procede a realizar los pasos indicados en la Figura 3.16: Primero, se une el motor con el embrague utilizando las piezas ya construidas y se realiza, en primer lugar, la unión del volante motor y el eje del motor eléctrico, con el uso de las piezas correspondientes. Y luego se ensambla el embrague en el volante motor. Para lograr este trabajo correctamente, se necesita utilizar el motor eléctrico, la chaveta y la pieza chavetera o piezas de unión y central. Estas piezas van ensambladas como se muestra a

continuación, dependiendo de la pieza que se use: (González, Conversión de auto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

Esta pieza de unión es la encargada de transmitir la energía suministrada por el motor eléctrico hacia la transmisión y así lograr la suficiente fuerza motriz para impulsar las ruedas y generar el movimiento del vehículo.

### 3.3.3.1. Orden de ensamblaje utilizando una pieza chavetera

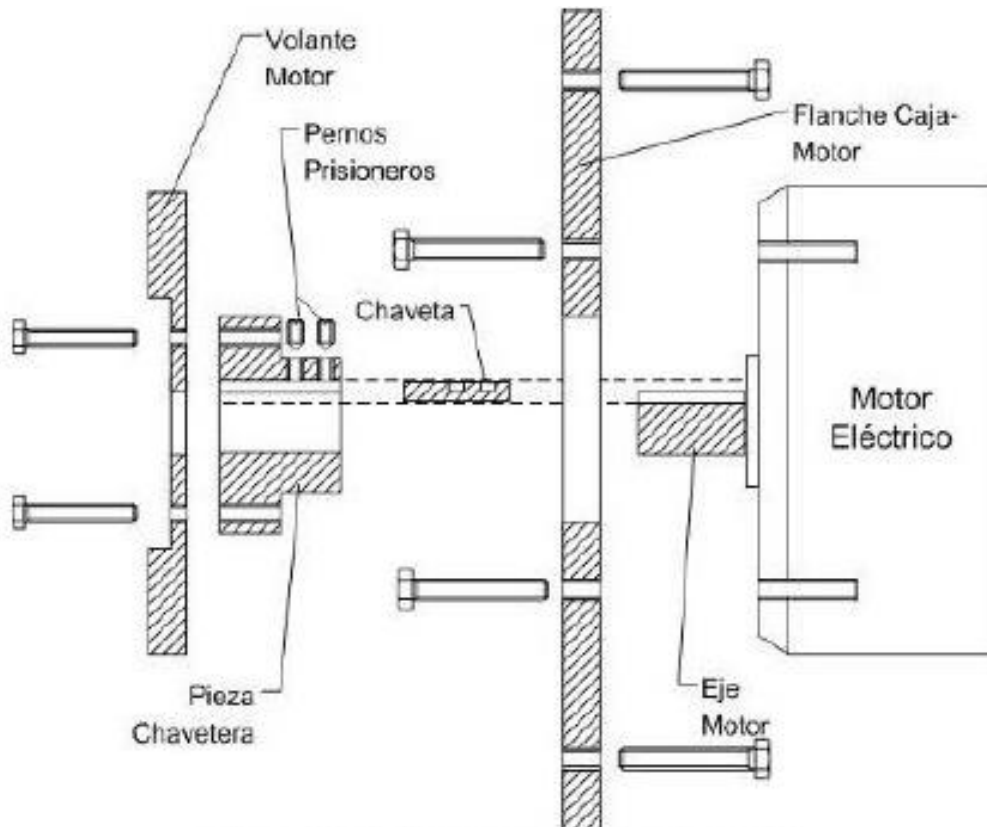


Figura 3.16: Ensamblaje utilizando pieza chavetera

Para entender mejor el ensamblaje, se explica la instalación en detalle, apoyándose en las Figuras 3.16 y 3.17. para ello se deben seguir los siguientes pasos:

Primero se instala la pieza unión que une al motor eléctrico con el eje de la caja, esta unión debe ser de tal forma que la pieza quede alineada con el eje de manera firme, puesto que ésta es la que recibe toda la fuerza del embrague. Es por este motivo que la fijación de la pieza se la realiza utilizando dos pernos prisioneros permitiendo una correcta fijación. Luego de tener fijada la pieza unión se instala el volante motor que debe estar fijado con seis pernos para poder soportar las altas torsiones que existen y puesto que también por ello se determina la tracción del vehículo.

Luego de realizados los pasos anteriores se procede a instalar el sistema del embrague, esto

corresponde al disco de embrague y el cable del pedal. El embrague se lo coloca en su posición original alineada con el volante motor. Ya instalados estos sistemas se procede a unir el motor eléctrico con la caja de cambios, ara esto se necesita tener ya construidos los soportes del motor para la fijación, o como en este caso, se usarán las bases originales del motor de combustión para filar directamente a ellas.

### 3.3.3.2. Orden de ensamblaje utilizando una pieza central y de unión

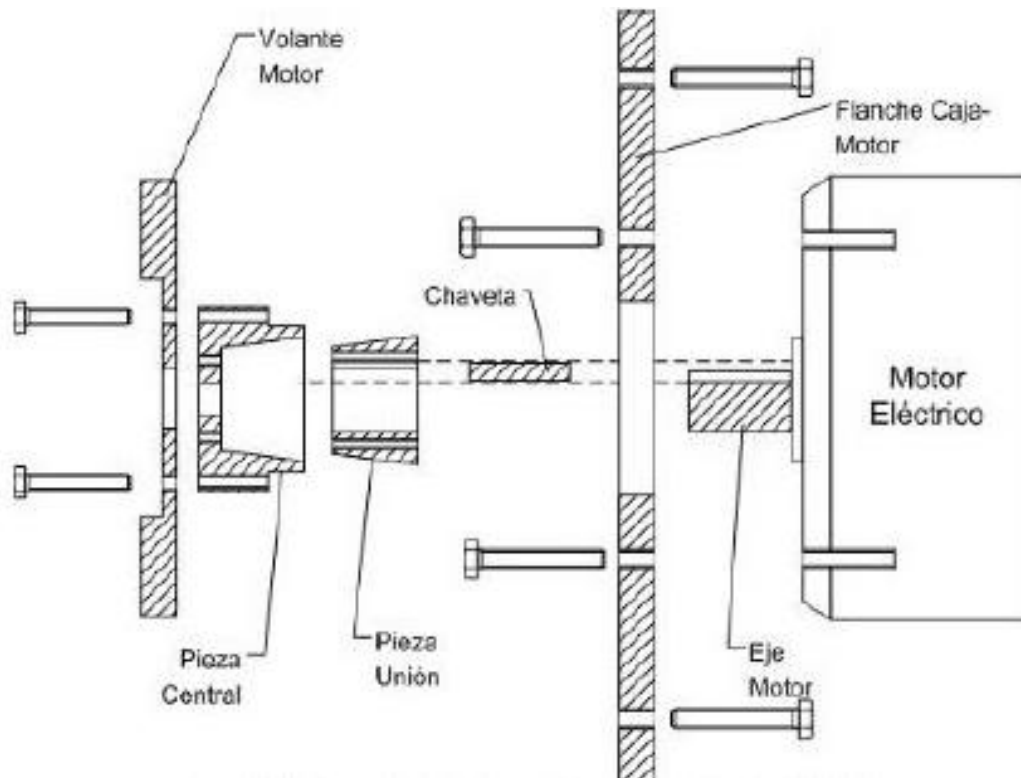


Figura 3.17: Ensamblaje utilizando la pieza central y de unión

### 3.4. Conexión de motor y caja de cambios

En este punto se explicará brevemente los pasos realizados para la conexión del motor eléctrico a la caja de cambios del VW Escarabajo con sus respectivos fijadores para obtener el funcionamiento base adecuado.

Primero se realiza el corte de una placa de acero con la forma de caja de cambios y mostrando el punto centro por donde pasa el eje principal de la misma, seguido se ubica la altura del eje del motor con el eje de la caja de cambios, y se procede a realizar los huecos donde estará fijado a la placa tanto el motor como la caja de cambios.

Ya con el acople de sujeción terminado tenemos el motor suspendido y los ejes totalmente a nivel y distancia, aquí se realiza una pieza chavetera en la fresadora donde va a sujetar los

estriados tanto del eje motriz y del eje del motor sujetos con pasadores de pernos para sujeción más exacta y rígida como se muestra en la Figura 3.18.



Figura 3.18: Adaptación del motor eléctrico a la caja de cambios

#### **3.4.1. Sistema de sujeción del motor**

Existen diversas formas de fijar el motor en el vehículo, las cuales tienen la misma base de diseño. El primer paso por seguir es fijar el motor en su posición correspondiente, de tal manera de eliminar los movimientos axiales y ubicar la caja de cambios en su posición original, a continuación, el sistema de sujeción debe contrarrestar las fuerzas angulares provocadas por el giro del motor que mueve el vehículo. En general, estos soportes se ubican en las perforaciones del vehículo que utilizaba el motor a combustión. De esta forma, se tiene la seguridad de estar anclando los soportes del motor en un lugar diseñado para este objetivo. (González, Conversión de auto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23))

En este proyecto se va a ser uso de las bases originales del vehículo que sostienen la caja y el motor como se observa en la Figura 3.19 no se necesita realizar o construir piezas



adicionales para sostener el motor. Exclusivamente se reemplazaron las bases de la caja para obtener un óptimo funcionamiento ya que por el deterioro y la humedad provocaron que se rompan y fue necesario que sean reemplazadas.



Figura 3.19: Bases de la caja y motor

### 3.5. Instalación eléctrica

Para realizar la instalación eléctrica nos guiamos en el diagrama de la Figura 3.20 proporcionado por el fabricante del motor, evitando así tener fallas futuras, cortes de corriente o pérdida innecesaria de energía.

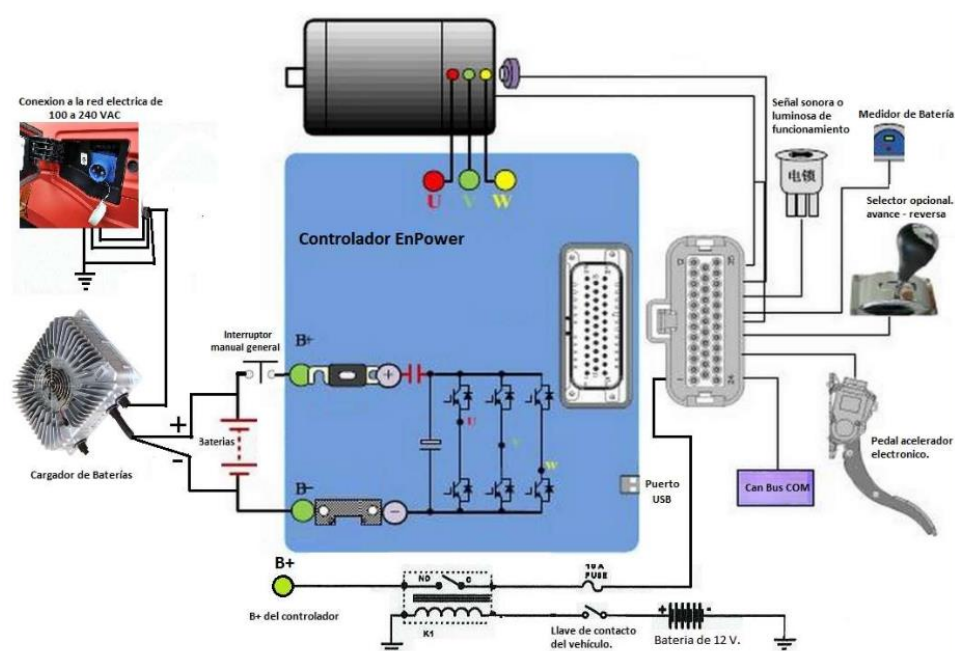


Figura 3.20: Diagrama eléctrico de un circuito del vehículo eléctrico

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

En el controlador Enpower lo que se ve desde B+ y B- a la derecha es interno, solo como detalle de esquema indicado en la Figura 3.21. En conversiones, no se utiliza el selector de avance, retroceso. Con un interruptor de tablero que conecte en modo avance es suficiente, pues la reversa será con la palanca de marchas del vehículo.

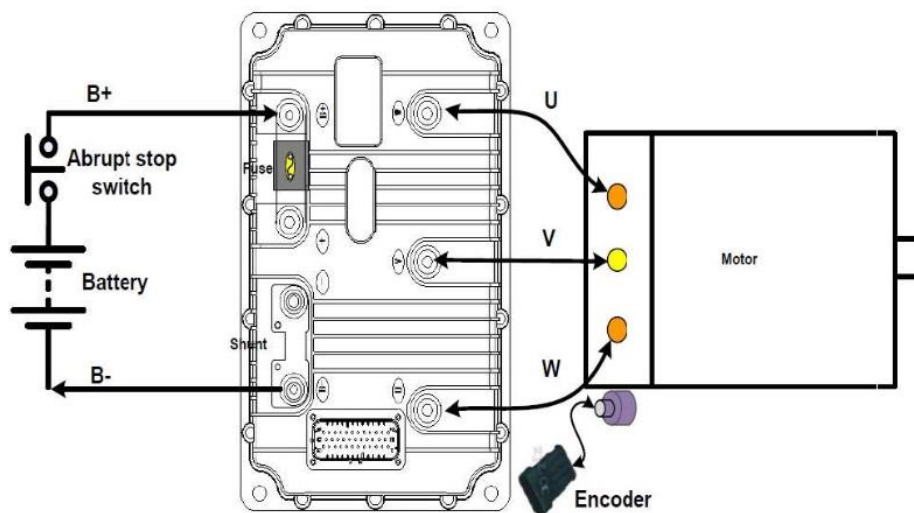


Figura 3.21: Diagrama de conexión de cables de corriente al convertidor

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

Como este modelo de controlador usa un muy preciso acelerador electrónico se deberá colocar en lugar del acelerador del vehículo y en una posición similar. Como se ve en la Figura 3.20 el inicio de funcionamiento es a partir de alimentar el pin 1 del controlador con B+ (72, 80 o 96V) lo que se realiza a través de un relee estándar de 12 V activado por la llave de contacto original del coche. (González, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))

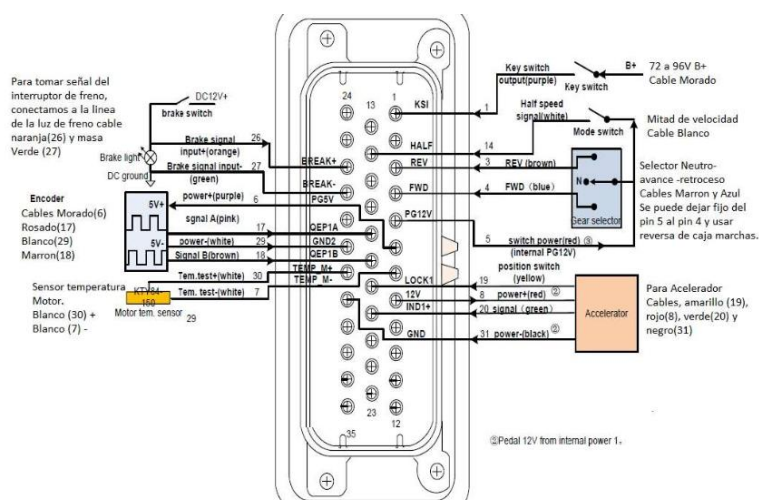


Figura 3.22: Interruptor de señales

Fuente: (González, Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower, 2015 (Pg. 01-06))

### 3.5.1. Baterías

Se recomienda buscar una ubicación indicada para colocar las baterías, para ello se debe cumplir con las especificaciones adecuadas usando las posiciones seleccionadas con libre acceso hacia ellas. Se utilizará contenedores cerrados teniendo en cuenta la ventilación que las baterías necesitan para evacuar los gases, y así evitar el contacto con los tripulantes. Los contenedores de las baterías por seguridad hacia los tripulantes son recubiertos internamente con revestimientos de goma que son resistentes a estos gases, en el caso de las baterías de plomo-ácido, los gases liberados son hidrógeno de Sulfuro, Trióxido de Sulfuro y vapor de ácido sulfúrico. (González, Conversión de auto convencional a eléctrico, 2012 (Pg. 02-23)). Por ello donde vayan ubicadas baterías deben poseer conductos de ventilación y especialmente en el momento de carga donde más probablemente se liberan estos gases. Las baterías deben encontrarse fijadas al vehículo para evitar accidentes. Además, se debe tomar en cuenta al momento de fijar las bases de las baterías que los bornes de ellas sean de fácil acceso para el conductor, para realizar mantenimientos o posibles reparaciones.



Figura 3.23: Baterías

Las baterías usadas de gel de 12 V y 135 amperios especialmente diseñadas para sillas de ruedas eléctricas, carritos de golf, barredoras, fregadoras y en nuestro caso para vehículos de movilidad. Con un peso de 45 Kg cada una obteniendo así la fuerza y energía necesaria para romper la inercia del motor y producir el movimiento necesario para ejercer el correcto funcionamiento del vehículo.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se sintetizarán las pruebas realizadas al vehículo tanto en el dinamómetro como las realizadas en el Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar para captación de los objetivos propuestos en este estudio, y con ello identificar la factibilidad de este proyecto puesto a que es un tema que recién se empieza a tratar en países pertenecientes al tercer mundo.

#### 4.1. Objetivo de investigación

Para iniciar con el proyecto de titulación se necesitó verificar el conocimiento del estudiante e incrementar los datos de captación por medio de estudios anteriormente realizados en países de primer orden y con mayor tecnología en la puerta.

Al obtener varias fuentes bibliográficas pudimos ilustrarnos de conocimiento para la realización de todo en cuanto a conexiones electrónicas y funcionamiento básico de un vehículo eléctrico y su factibilidad en otros países por lo que se prosiguió con el desarrollo del proyecto de grado.

Al tener un promedio de 15 fuentes confiables para iniciar el proyecto se sumaron los manuales emitidos por Auto Libre que, al ser una fuente confiable, la información es fundamental para el proyecto pues con ello se consiguió la totalidad del proyecto.

#### 4.2. Sistema de Electro-movilidad

Luego del estudio se comienza el trabajo donde como primer paso era unir el motor eléctrico a la caja de cambios propia del vehículo, el cual implicaba realizar un acople respectivo y conseguir la correcta funcionalidad de este. El acople de sujeción como se muestra en la Figura 4.1 se diseñó de acuerdo con la caja de cambios tomando, así como referencias los orificios de la caja de cambios para una correcta sujeción del motor a ella.

Se tomará las medidas respectivas tanto de la caja como del motor para poder realizar la plancha de acero inoxidable de forma exacta, pues esta será la que sujetará el motor con la caja de cambios.



Figura 4.1: Acople de sujeción del motor a la caja de cambios

Al momento de concluir el acople de sujeción mostrado en la Figura 4.2 se inició la creación de una pieza chavetera que presenta estriado interno cuya finalidad es acoplar el eje motriz de la caja de cambios al eje del motor, pues esa es la manera por la cual se transmitirá el par motor a los engranajes y seguido a las ruedas, esta pieza debió ser realizada en acero para la robustez de este y así poder transmitir la potencia del motor sin riesgo de sufrir fisuras durante el trabajo proporcionado.



Figura 4.2: Pieza chavetera

Una vez terminada la pieza chavetera como se observa en la Figura 4.2 se prosiguió al ensamblaje cuya fijación se realizó mediante una chaveta y para mayor fijación se le sujetó con dos pernos prisioneros como se puede observar en la Figura 4.3. Una vez asegurada se

conectó el sistema de embrague y se instaló el acople de sujeción realizado con anterioridad para el correcto funcionamiento de este, y el montaje de este hacia la caja de cambios obteniendo así el acople requerido.



Figura 4.3: Motor acoplado a la caja de cambios

### **4.3. Reconstrucción de la carrocería**

Una vez acoplada la caja de cambios al motor se adecuó el piso de la carrocería para poder realizar la maqueta con sus respectivas normas de seguridad para el piloto y el acompañante, es decir la instalación de un roll-bar de protección. Se logró conseguir un vehículo Volkswagen escarabajo modelo 1977 en condiciones deplorables para realizar la reconstrucción y abaratar costos, de esta manera comenzamos la puesta a punto limpiando y lijando toda la estructura para poder soldar en donde corresponda con el fin de restaurar y reforzar la misma.

Seguido a ello se realizó una estructura de seguridad conocida como roll-bar donde se le ancló directamente con suelda a la estructura antes reconstruida para con ello obtener la estructura final. En el proceso se dispuso los espacios respectivos para la ubicación de controladores y baterías, las cuales son fundamentales pues son la fuente de energía del mismo motor eléctrico.

Durante la restauración estética se lijo el piso de la carrocería, el roll-bar y sus puntos de solda para con ello pintar utilizando el producto bate piedra pues con ello evitamos la corrosión del metal en una forma más práctica y brindando una visualización personalizada.

#### 4.4. Construcción del roll bar

La construcción e implementación de un roll bar se ejecuta para la protección del piloto y copiloto y por otro lado también de los componentes del motor, para que en caso de colisión no se vean afectados los usuarios. En lo referente al armado de la estructura, se refuerza los ángulos con los tubos haciendo un cordón de soldadura para que con ello se solidifique la estructura, se le ancla con solda al armazón y refuerzo con ángulos para una sujeción más profunda de la misma hacia la carrocería.



Figura 4.4: Construcción del roll bar

##### 4.4.1. Selección de la tubería

Se escogió tubería de varias medidas para realizar según lo necesario, por ejemplo, la parte más robusta que va a cuidar la integridad de piloto y copiloto es realizada con tubería de 2 pulgadas el resto está realizada con tubería de 1½ pulgadas y parte de tubería cuadrada en las bases del roll- bar facilitando la fijación con la base de la carrocería. Se seleccionó esta tubería considerando la seguridad tanto de los ocupantes como de los elementos que comprenden el sistema eléctrico del vehículo. Se consideró la soldadura SMAW (electrodo E6011) que es la adecuada para realizar cordones resistentes en la fijación de la tubería.

#### 4.5. Pruebas comparativas

Con los datos proporcionados por el fabricante y las pruebas realizadas se puede llegar a una comparación de rendimiento y consumo con los dos tipos de motores y concluir si es viable realizar este tipo de conversiones en los vehículos de combustión a eléctricos. Se presenta el tipo de motor Otto convencional de 4 tiempos del Volkswagen escarabajo con una cilindrada de 1600cc y el motor eléctrico que vamos a utilizar en esta conversión que es un motor de procedencia China marca HEPU modelo HPQ7.5-72-22W

##### 4.5.1. Motor Otto

En la Tabla 4.1 se reflejan los datos básicos de un motor Otto a combustión interna específicamente de un Volkswagen escarabajo cilindrada 1600cc donde podemos observar que presenta una alimentación por carburador y su potencia máxima es de 49 hp a 4000 rpm llegando a una velocidad máxima de 125 km/h.

Con los datos obtenidos de artículos científicos y fuentes externas confiables sobre los vehículos de combustión serán analizados con detenimiento y comparados con el motor eléctrico para obtener resultados, éstos pueden ser favorables o negativos. Estos datos obtenidos del motor Otto de 4 tiempos son el resultado de las pruebas realizadas por los fabricantes en vacío, es decir que no tienen ninguna carga o pérdida mecánica y a la altura del nivel del mar.

**Tabla 4.1:** Ficha técnica VW Escarabajo

<b>Ficha Técnica VW Escarabajo Motor 1600cc</b>	
<b>Tipo</b>	Trasero longitudinal de 4 cilindros opuestos(bóxer) con válvulas en la culata
<b>Cilindraje</b>	1600cc
<b>Alimentación</b>	Carburador solex 28PCI
<b>Potencia máxima</b>	49hp @ 4000 rpm
<b>Par máximo</b>	78 libra-pie @ 2800rpm
<b>Refrigeración</b>	Aire
<b>Velocidad máxima</b>	125 km/h
<b>Par motor</b>	78 libra-pie @ 3000rpm
<b>Relación de compresión</b>	6.8: 1
<b>Carga máxima</b>	750 kg

Fuente: (López, 1980 (Pg. 02))



#### 4.5.2. Motor Eléctrico

En la Tabla 4.2 se indica los elementos eléctricos en el vehículo, pues se justifican los rangos de potencia y especificaciones técnicas del motor según el fabricante para tener más claro los resultados obtenidos con el vehículo, a continuación, se realiza la comparación con el motor de combustión que normalmente funcionaba en la estructura original.

**Tabla 4.2:** Ficha técnica motor eléctrico

<b>Ficha Técnica Motor Eléctrico</b>	
<b>Motor</b>	<b>AC 40hp Inducción asincrónica sin escobillas</b>
<b>Controlador de voltaje</b>	72 voltios 400 amperios
<b>Carga máxima</b>	1300 kg
<b>Potencia</b>	40hp
<b>Motor corriente máxima</b>	350A/min
<b>Corriente nominal</b>	275 amperios
<b>Corriente máxima</b>	10 segundos 500 Amperios
<b>Baterías</b>	AMG de gel 12V - 135Amperios
<b>Refrigeración</b>	Aire
<b>Rendimiento</b>	60 – 90 km.
<b>Velocidad máxima</b>	95 km/h

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

#### 4.5.3. Comparación de Motores

En la Tabla 4.3 se observa las comparaciones con respecto al motor eléctrico del motor de combustión interna, en donde observamos que el motor eléctrico tenemos una mayor potencia con un menor par motor, con ello constamos con resultados similares con diferencia al consumo y a las emisiones de gases nocivos para las personas y el planeta en general.

**Tabla 4.3:** Comparación fichas técnicas

<b>Cuadro Comparativo Motor Otto Vs Motor Eléctrico</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COMBUSTIÓN</b>	<b>ELÉCTRICO</b>
<b>Motor</b>	Otto 4 tiempos 1300cc	Motor trifásico
<b>Potencia del motor</b>	49hp	40hp
<b>Par motor</b>	78 libra-pie @ 2800rpm	66,32 libra-pie @6500rpm
<b>Velocidad máxima</b>	120km/h	95km/h
<b>Autonomía</b>	8.5 litros - 100 km	90km/carga de 4 - 6 horas
<b>Refrigeración</b>	Aire	Aire

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

Si bien contamos con una velocidad final inferior podemos justificar diciendo que en un predio urbano para lo cual es desarrollado el vehículo obtenemos la velocidad máxima permitida por la ley, a de más de traer consigo ventajas al reducir los índices de contaminación en una ciudad y reduciendo costos de mantenimiento al propietario del vehículo, pues en este no requerimos mayor mantenimiento debido a que no contiene fluidos extras a excepción del líquido de frenos.

#### 4.6. Pruebas Justificativas

Los resultados están basados en la potencia del vehículo según el rodamiento de las ruedas en el respectivo dinamómetro mostrado en la Figura 4.5. Las pruebas se realizaron a un régimen de trabajo máximo de 3850 rpm y un mínimo de 750 rpm, con ello se obtuvo que el vehículo tiene 40hp y un par de 50.61 libra-pie con una potencia de 18.68hp en cuarta marcha a 1937 rpm consiguiendo con ello datos suficientes para obtener el resto de los resultados y poder realizar el cuadro comparativo.



Figura 4.5: Aseguramiento de la maqueta al dinamómetro

##### 4.6.1. Prueba dinamómetro

La prueba se realizó con el vehículo asegurado al dinamómetro en cuarta marcha, al principio con un régimen bajo de revoluciones, de 750 rpm, se prosiguió a acelerar a fondo la marcha del motor obteniendo como resultado un máximo de 3580 rpm. Se obtuvieron los siguientes resultados, el torque máximo obtenido a las 1937 rpm fue de 50.61 libra-pie como se puede observar en la Figura 4.6 con la línea azul, la potencia máxima con la línea de color rojo se observa es de 18,68 hp a 1950 rpm, la línea negra en este caso representa al turbo que nuestra maqueta no posee por ello es una línea constante y la línea de color verde representa el

consumo de combustible, que al igual que el turbo se encuentra constante ya que nuestro vehículo únicamente consume energía eléctrica.

En la prueba se puede definir que el vehículo demuestra pérdidas de potencia para ganar torque y es un punto favorable puesto que con nuestra ubicación geográfica y por el tipo de vías usuales que posee el país se necesita más fuerza que potencia. A continuación, podemos observar en la Figura 4.6 la gráfica del resultado de la prueba.

#### 4.6.2. Resultados Dinamómetro del vehículo con el motor eléctrico

Luego de realizar la prueba respectiva en el dinamómetro se pudo observar una disminución de potencia, puesto que las fuentes de carga usadas no son las recomendadas por el fabricante. Las baterías utilizadas en este proyecto son baterías de 12 voltios y 135 amperios y lo que los fabricantes recomiendan es que se usen baterías de 12 voltios 200 amperios o superior. Para una eficiencia energética correcta el fabricante sugiere el uso de baterías de litio.

Con ello se puede verificar la fiabilidad de la construcción integral de la maqueta y el funcionamiento correcto obteniendo resultados de primera para así pasar a la formulación de las conclusiones y las recomendaciones de este proyecto estableciendo futuros trabajos de análisis de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

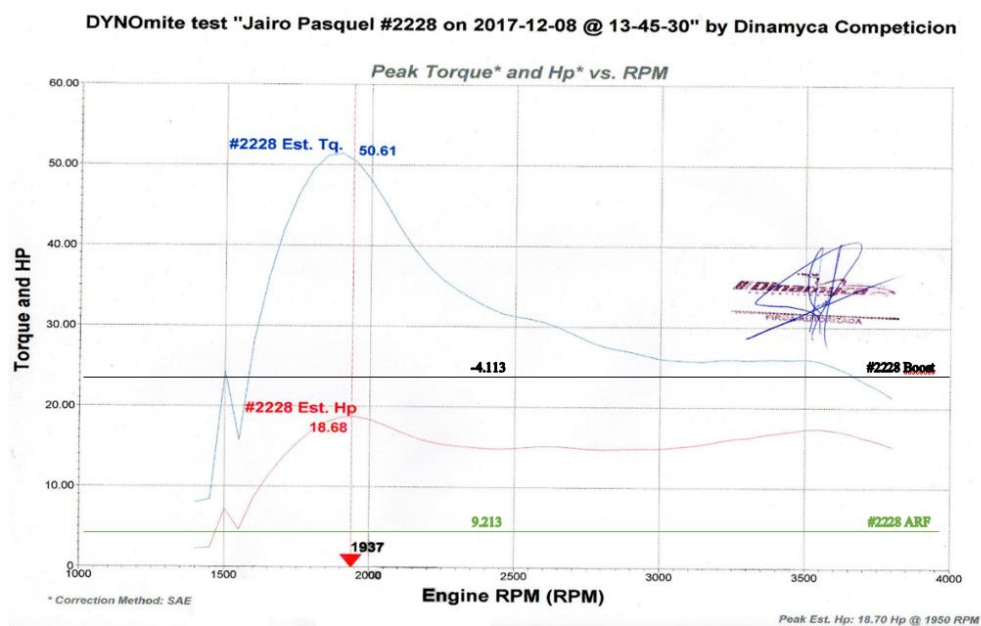


Figura 4.6: Prueba dinamómetro motor eléctrico

Fuente: (Espinoza, 2017 (Pg. 01))

### 4.6.3. Curvas Características del Vehículo con motor de Combustión

En la siguiente imagen se observa el comportamiento del vehículo Volkswagen escarabajo año 1977 con una cilindrada de 1600cc en donde se puede observar que alcanza su pico máximo de potencia en los 43.7 hp a 1850rpm y un torque máximo de 40 libra-pie a 1550rpm.



Figura 4.7: Gráfica del motor de combustión

Fuente: (Dalglish's, 2015 (Img. 01))

Siendo los datos originales del vehículo se observa en la Figura 4.7 que la potencia es superior a la obtenida en el vehículo con el motor eléctrico y se puede deducir que mientras que el vehículo de combustión tiene más potencia que torque, el eléctrico obtiene más torque, es decir más fuerza que potencia

### 4.6.4. Análisis torque - potencia

Con los datos obtenidos al realizar las pruebas correspondientes del vehículo eléctrico en el dinamómetro y los datos obtenidos de la ficha técnica del vehículo Volkswagen escarabajo del año 1977 y 1600cc se puede realizar una tabla comparativa mostrando los datos obtenidos de ambos vehículos. En los datos originales del vehículo Volkswagen escarabajo obtenidos de la ficha técnica se observa que el torque máximo es de 78 libra-pie a 2800rpm mientras que el motor eléctrico alcanza un torque máximo de 50,61 libra-pie a 1875rpm mientras que a 2800rpm alcanza 28 libra-pie. En la tabla 4.4 se puede observar más detallados estos datos.

**Tabla 4.4:** Datos Comparativos

<b>Datos Comparativos</b>		
	<b>Ficha técnica Volkswagen escarabajo</b>	<b>Datos obtenidos en el dinamómetro del vehículo con el motor eléctrico</b>
<b>Torque máximo</b>	78 libra-pie @ 2800rpm	50 libra-pie @ 1875rpm
<b>Potencia máxima</b>	43,7 hp @ 4000rpm	18,68 hp @ 1937rpm
<b>Autonomía</b>	54km/gal	90km por carga de 4 - 6 horas
<b>Torque máximo a 2800rpm</b>	78 libra-pie	26.9 libra-pie
<b>Potencia máxima a 4000rpm</b>	43,7hp	12hp

Fuente: (López, 1980 (Pg. 02))

#### **4.7. Autonomía del vehículo**

La autonomía real del vehículo va siempre a depender de la manera de conducir del usuario, del uso de accesorios consumidores del vehículo como el aire acondicionado, calefacción, desempañador, considerados como mayores consumidores de energía. Con estos datos que mostraremos a continuación se podrá obtener un valor aproximado del rendimiento del vehículo según las condiciones el usuario ponga en marcha éste.

##### **4.7.1. Consumo eléctrico en función de la velocidad**

Se presentan los resultados mediante tablas que en primera instancia se puede observar el consumo de Vatios-hora por kilómetro y como se representa en función a la velocidad de circulación dentro del predio urbano (Se considera un máximo de peso de un vehículo de hasta 1300 kg de peso total en un rango de funcionamiento de mínimo consumo) el vehículo no cuenta con aire acondicionado o calefacción y con dos pasajeros. Luego de obtener los resultados tomados por el dinamómetro comenzamos a realizar las respectivas pruebas de autonomía en el Autódromo Internacional Yahuarcocha José Tobar Tobar con lo cual luego de días de pruebas logramos obtener la Tabla 4.5.

La carga de baterías es importante aclarar que tiene un lapso de carga aproximado de 6 a 8 horas conectado a una fuente de energía constante que proporciona 110 voltios. El tiempo

de carga disminuye mientras se aumenta la fuente de carga, pero esto conlleva a que las baterías disminuyan su tiempo de vida.

**Tabla 4.5:** Cálculos de autonomía

<b>Velocidad km/h</b>	<b>Autonomía en km</b>
<b>10</b>	110 km
<b>20</b>	100 km
<b>40</b>	97 km
<b>50</b>	95 km
<b>60</b>	93 km
<b>80</b>	90 km

Fuente: (González, Componentes Eléctricos, 2009 (Pg. 01-11))

Los valores que se presentan en la Tabla 4.5 son el resultado de las pruebas obtenidas en funcionamiento continuo en carreteras con poca elevación. Se puede observar que a mayor velocidad el consumo de energía es mayor y por lo tanto su autonomía final disminuye notablemente, se puede determinar cómo uso prolongado para dentro del perímetro urbano de una ciudad respetando los límites de velocidad de 50km/h, para tener un buen rendimiento del vehículo y una buena autonomía, ya que a dicha velocidad se pudo alcanzar los estándares de fiabilidad necesarios para el uso dentro del perímetro urbano.

**Tabla 4.6:** Datos técnicos del Autódromo Internacional de Yahuarcocha

<b>Datos Técnicos Del Autódromo Internacional De Yahuarcocha Anexo 2</b>	
<b>Longitud</b>	3.5 – kilómetros (3,591 metros)
<b>Localización</b>	Ibarra – Ecuador
<b>Ancho de vía</b>	14 metros constantes
<b>Longitud de recta</b>	770 metros (0,480 millas); Curvas: 13 cuervas; 4 izquierdas; 9 derechas
<b>Sentido de giro</b>	Normalmente a favor de las manecillas del reloj
<b>Temperatura promedio</b>	18°C (64°F)
<b>Numero de pits</b>	43 puestos

Fuente: (CATI, 2017 (Pg. 03))

Estos datos se realizaron al recorrer el circuito de Yahuarcocha anexo 2 que tiene una distancia de 3.591 metros como se muestra en la Tabla 4.6, es decir que al hablar de 90 km se dio un promedio de 25 vueltas con velocidad promedio de 80km/h constante.

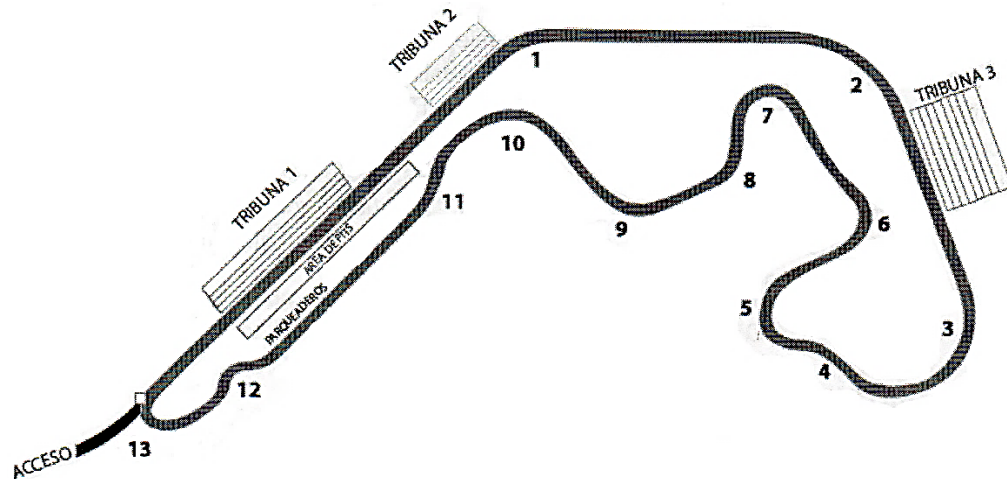


Figura 4.8: Circuito del Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar

Fuente: (CATI, 2017 (Pg. 03))

Como se puede observar en la Tabla 4.6, la teoría sobre la relación de consumo dice que a mayor aceleración es menor el tiempo de la duración de la carga y con ello una menor autonomía.

Los parámetros captados sobre la relación de peso potencia, tenemos de igual manera puesto a que nuestro motor como se ha expuesto anteriormente soporta una cantidad 1300kg mientras que nosotros constamos con un peso de 900 kg así que logramos captar parámetros interesantes del comportamiento de dicha maqueta.

## 4.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.8.1. CONCLUSIONES

- El rendimiento de un vehículo eléctrico es superior al de combustión puesto a que desde el inicio obtenemos una eficiencia del 99.9% al acelerar.
- La relación peso potencia de acuerdo con los datos bibliográficos del motor eléctrico es quizás el aspecto principal por considerar al momento de realizar una conversión a un motor eléctrico, por tanto, para un mejor desempeño se redujo de 830 kilogramos a 700 kilogramos.
- La elección de materiales es otro aspecto que considerar al momento de realizar el acople de sujeción al motor y la pieza chavetera, puesto que ellos serán los encargados de transmitir la fuerza motriz y necesitan ser resistentes y a la vez livianos.
- Al momento de realizar las pruebas comparativas se determinó que es demasiado costoso la conversión de un vehículo de combustión eléctrica, conlleva un gasto considerable, pero a la vez repercute en la reducción en costos de mantenimiento al no necesitar fluidos derivados del petróleo.
- Este tipo de estudios deberían ser impulsados ya que aparte de guardar la autonomía en el sector urbano, guarda consigo bajos niveles de contaminación ambiental lo que no ocurre con el vehículo de combustión interna, que al ser a carburador se convierte en un potencial contaminante del medio ambiente.
- Es viable realizar la conversión sabiendo que seguimos los lineamientos del plan nacional del buen vivir el cual se basa en la conservación del medio ambiente reduciendo en un alto porcentaje las emisiones contaminantes, puesto que este motor no necesita de mantenimientos ni fluidos elaborados a base de derivados del petróleo.
- Mediante los datos obtenidos se determinó la no viabilidad de esta conversión si se requiere recorrer grandes o mayores exigencias del motor, pero es totalmente viable para recorridos urbanos debido a su autonomía carga vs distancia recorrida, además de promover la conservación ambiental.



#### 4.8.2. RECOMENDACIONES

- Al momento de fabricar las piezas, tomar en consideración su correcto diseño y precisa fabricación, para cumplir lo requerido de acuerdo con los estándares de calidad requeridos para la realización del proyecto.
- Realizar la adaptación de un motor eléctrico a una caja de cambios automática para con ello tener una noción más clara de las pérdidas energéticas por rozamiento en una caja manual.
- Realizar pruebas comparativas con baterías de plomo y litio para poder realizar un análisis de cuáles tendrían una mejor autonomía y considerar el costo- beneficio.
- El tipo de partes electrónicas que contemplan este proyecto de titulación al ser importadas desde China a Ecuador, puesto que son realmente frágiles deben ser manipuladas con cuidado para evitar daños causados por cortocircuitos, funcionamientos erróneos o resultados no confiables.
- La autonomía del vehículo netamente se enfoca en el tipo de baterías que se utilice, es recomendable usar baterías de litio, pero por su alto costo se usan baterías de gel que son de descarga profunda y tienen mayor durabilidad.
- Sería factible realizar la conversión de vehículos antiguos que producen grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, puesto que se está implementando controles de emisiones de gases en las revisiones vehiculares a nivel mundial, los cuales sacaran de circulación si no buscan una alternativa amigable con el medio ambiente.
- Se recomienda realizar un proyecto de la implementación de un sistema de frenado regenerativo que sirva de carga constante a las baterías y así aumentar la autonomía del vehículo.
- El vehículo pierde potencia por las pérdidas de rozamiento que existen en la transmisión y en la caja, sería mucho más eficiente instalar el motor en una caja automática para realizar pruebas adecuadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Automatismes I Control Eléctric, S. (2012 (Pg. 03)). *Componentes electrónicos, Relés*.  
Obtenido de Componentes de Automatización: <http://www.acesa.es/producto-automatizacion.php?id=47>
2. Barrios, & Gonzáles. (2008 (Pg. 07)). Proyecto de vehículo eléctrico. En G. G. Barrios.  
Montevideo: ORGANIZACIÓN AUTOLIBRE.
3. Baumann, M., Simon, B., Dura, H., & Weil, M. (2012 (Pg. 02-24)).  
<http://ieeexplore.ieee.org>. Obtenido de The contribution of electric vehicles to  
the changes of airborne emissions:  
<http://ieeexplore.ieee.org/document/6347724/>
4. Casto, I. R. (2015 (Pg. 03)). *Conversión de Automóvil Estándar de Combustión Interna  
a Eléctrico*. Obtenido de Universidad Tecnológica del centro de Veracruz:  
<http://www.colpamex.org/Revista/Art17/77.htm>
5. CATI. (2017 (Pg. 03)). *Reglamento Particular, Club de Automovilismo y Turismo de  
Imbabura*. Ibarra.
6. D, J., & P., R. (Septiembre de 2012 (Pg. 14-19)). *Tesis de grado*. Obtenido de  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2915/1/UPS-CT002474.pdf>
7. Dalgliesh's, L. (2015 (Img. 01)). *photobucket.com*. Obtenido de  
<http://s425.photobucket.com/user/T25Turbo/library/?sort=3&page=1>
8. Escudero, S., Gonzáles, J., Rivas, J., & Suárez, A. (2009 (Pg. 18-50)). *Motores de  
combustión interna*. Iberia: MACMILLAN Iberia S.A.
9. Espinoza, A. (2017 (Pg. 01)). *Dinámica Competición*. Quito.
10. Ferrari, H. (12 de 01 de 2015 (Pg. 03)). *Electricidad Páctica*. Obtenido de Motores  
eléctricos: <https://www.educ.ar/recursos/128940/motor-y-generator-electrico>
11. Fitsa, F. I. (2006 (Pg. 08-11)). *Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias  
científicas de su eficacia*. Obtenido de  
<https://inventosticoleonfelipe.wikispaces.com/file/view/13-Hibridos.pdf>

12. Fmagnet XINFENG. (08 de 2013 (Pg. 26)). *Imanes de neodimio*. Obtenido de Motores eléctricos: <http://www.imanes-de-neodimio.com/news/Motor-Sincronico-de-Im-n-Permanente-268.html>
13. Gardey, J. P. (Enero de 2016 (Pg. 01)). *Definición de solenoide*. Obtenido de <http://definicion.de/solenoide/>
14. Gonzáles, G. (Febrero de 2009 (Pg. 01-11)). *Componentes Eléctricos*. Obtenido de Organización Autolibre conversión de vehículos de combustión a eléctricos: <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/4-Componentes-El%C3%A9ctricos-Informe-t%C3%A9cnico-en-Espa%C3%B1ol.pdf>
15. Gonzáles, G. (06 de 2012 (Pg. 02-23)). *Conversión de aunto convencional a eléctrico*. Obtenido de Organización Autolibre vehículos eléctricos: <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/Curso-de-Conversion-de-Vehiculos-1.pdf>
16. Gonzáles, G. (2014 (Pg. 01-05)). Manual de conversión. *Manual de Conversión Vehículos eléctricos*, 5.
17. Gonzáles, G. (2015 (Pg. 01-06)). Manual de Conversión de vehículos eléctricos mediante Kit AC Enpower. *Armado de un vehículo eléctrico con sistemas de alta eficiencia*, Organización Autolibre conversión de vehículos eléctricos, 6.
18. Gonzáles, G. (2016 (Pg. 01)). *Listado de productos para realizar conversiones*. Obtenidode: Conversión de vehículos de combustión a eléctricos. Organización Autolibre: <http://www.autolibreelectrico.com/archives/category/productos>
19. Gonzales, G. F., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Nuñez, D. G., Cabezas, C., & Steenland, K. (2014 (Pg. 02-18)). CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA REVISIÓN DEL IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN PERUANA. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública*, 547-556.
20. González, A. G. (23 de 5 de 2013 (Pg. 02)). *PANAMAHITEK*. Obtenido de Conceptos básicos de electrónica: <http://panamahitek.com/conceptos-basicos-de-electronica-el-diodo/>

21. Gonzalez, G. (05 de 2009 (Pg. 01)). *Auto Libre*. Obtenido de Motores Eléctricos:  
<http://autolibre.blogspot.com/2009/05/cual-es-el-mejor-motor-para-un-auto.html>
22. Google. (2017 (Pg. 01)). *Google Maps*. Obtenido de Dinámica Competición:  
<https://www.google.com.ec/maps/place/Dinamica+Competicion/@-0.1535707,-78.4848117,290m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x91d59aafac7275b9:0xa7944fa99c9d7dd7!8m2!3d-0.1535724!4d-78.484118?authuser=1>
23. Larco, V. A. (octubre de 2014 (Pg. 04-18)). *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Obtenido de Propuesta de las Características Técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima Metropolitana:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5767/ZU%C3%91IGA\\_VICTOR\\_VEHICULO\\_ELECTRICO\\_PRIVADO.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5767/ZU%C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1)
24. Leva, M. R., & Mier del Saz, A. (2011 (Pg. 01)). *La actividad Geológica Externa del Planeta*. Obtenido de  
[http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esobiologia/3quincena1/3quincena1\\_presenta\\_1a.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esobiologia/3quincena1/3quincena1_presenta_1a.htm)
25. Lin, X., Wang, Y., Bogdan, P., Chang, N., & Pedram, M. (28 de Junio de 2015 (Pg. 18)). <http://ieeexplore.ieee.org>. Obtenido de Optimizing fuel economy of hybrid electric vehicles using a Markov decision process model: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7225769/>
26. López, G. (Agosto de 1980 (Pg. 02)). *Road test de autos importados*. Obtenido de Revista Corsa Nro 74: <http://importados.testdelayer.com.ar/test/volkswagen-escarabajo.htm>
27. Meganeboy, D. (2014 (Pg. 01)). *Aficionados a la mecánica*. Obtenido de Cajas de cambio y transmisión de vehículos urbanos de combustión interna:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios3.htm>
28. Navarra, G. d. (Julio de 2014 (Pg. 02)). *Información de contaminantes de CO2*. Obtenido de Calidad del Aire:

[http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Calidad+del+aire/Informacion/Contaminantes/CO2.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Calidad+del+aire/Informacion/Contaminantes/CO2.htm)

29. Palafox, G. (Página 45, de 12 de 2009 (Pg. 03)). *Jupiter.utm.mx*. Obtenido de Diseño y construcción de un vehículo eléctrico:  
[http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/10990.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10990.pdf)
30. Rivas, J. (Página 3, de 12 de 2011 (Pg. 03)). *Transmisiones*. Obtenido de Tipos de transmisiones utilizadas en los vehículos de transporte urbano: <http://miguel-transmisiones-miguel.blogspot.com/2011/12/transmision-estandar.html>
31. Rodriguez, D. M. (2008 (Pg. 10)). *Máquinas Asíncronas*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CANTABRIA:  
<http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/asincronas%20camino.pdf>
32. ROSHFRANS. (Junio de 2016 (Pg. 02)). *El funcionamiento de la transmisión automática*. Obtenido de ROSHFRANS: <http://www.roshfrans.com/el-funcionamiento-de-la-transmision-automatica/>
33. RUEDAS, D. (15 de Abril de 2016 (Pg. 05)). <http://dieciochoruedas.blogspot.com>. Obtenido de Motores diésel:  
<http://dieciochoruedas.blogspot.com/2016/04/man-d3876-motor-diesel-del-ano-2016.html>
34. Sachs, J. D. (29 de Julio de 2012 (Pg. 01)). *El uso de combustibles fósiles amenaza al planeta*. Obtenido de La nación: <http://www.lanacion.com.ar/1494182-el-uso-de-combustibles-fosiles-amenaza-al-planeta>
35. Santos, A. (Página 6 de 04 de 2009 (Pg. 04)). *Mantenimiento de equipos de cómputo*. Obtenido de Transistor, equipos electrónicos:  
<http://es.calameo.com/read/001177751faf3dee05df9>
36. Santos, A. (04 de 2014 (Pg. 01)). *Física Electromagnética*. Obtenido de Capacitores:  
<https://alexandersantosblog.wordpress.com/segundo-corte-2/capacitores-y-dielectricos/>
37. Senplades. (2013 (Pg. 221)). *La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades)*. Obtenido de Plan nacional del desarrollo / Plan nacional para el

buen vivir 2013 - 2017: [https://issuu.com/buen-vivir/docs/plan\\_nacional\\_para\\_el\\_buen\\_vivir\\_2013-2017?e=8910223/4403527](https://issuu.com/buen-vivir/docs/plan_nacional_para_el_buen_vivir_2013-2017?e=8910223/4403527)

38. Shi, C., Gan, W.-S., Chong, Y.-K., Apoorv, A., & Song, K.-S. (29 de Octubre de 2013 (Pg. 18)). *http://ieeexplore.ieee.org*. Obtenido de A vehicular noise surveillance system integrated with vehicle type classification: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6694290/>
39. VOLKSWAGEN AG, W. (Octubre de 2011 (Pg. 08)). *Fundamentos de la tracción eléctrica en el automóvil*. Obtenido de Diseño y funcionamiento: <https://es.scribd.com/doc/304924633/ssp-499-Fundamentos-Traccion-Elctrica-pdf>
40. Walsh, M. P. (2008 (Pg. 12)). *TENDENCIAS GLOBALES EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR*. Obtenido de Contaminación ambiental producida por los vehículos de combustión interna: [https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20160304/asocfile/20160304094947/rev114\\_mwalsh\\_contaminacion.pdf](https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20160304/asocfile/20160304094947/rev114_mwalsh_contaminacion.pdf)
41. Wicht, G.-A. P. (2015 (Pg. 03)). *GW-Auto Parts Inh. Gerald Wicht*. Obtenido de VW Käfer Motor-Daten: <http://www.gw-autoteile.de/Service/Kaefer10.htm#Service-VW-K%C3%A4fer>

# ANEXOS

## ANEXO I

## FICHAS TÉCNICAS DE VOLKSWAGEN ESCARABAJO

TABLA AI.1: Datos de los diferentes tipos de motor del VW Escarabajo

<b>Datos del motor VW Escarabajo</b>	
<b>1200 motor de 30 CV a 07h65:</b>	
Potencia del motor en CV	30 a 3400 rpm
Potencia del motor en KW	22 a 3400 rpm
Par motor máximo en Nm	75.5 a 2000 rpm
Diámetro del cilindro de diámetro	77 mm
golpe	64 mm
Desplazamiento del motor calculado	1192 cm <sup>3</sup>
compresión	6.6
requerimiento de octanaje	84 RON
Peso del motor seco	90 kg
Punto de ignición del motor no. 695282 conectado a 850 rpm mangueras de vacío	7.5 ° antes del TDC
Punto de ignición del motor no. 5000000 a 850 U / min. Mangueras de vacío eliminadas	10 ° antes del TDC
habitar	44 ° - 50 °
Presión de compresión en barra	5.5 - 8.5
Diferencia de la presión máxima de compresión	2.0
Velocidad de ralentí en rpm	800 - 900
Holgura de la válvula cuando el motor está frío	0.10 mm
<b>1200 motor 34hp código de motor D de 08.60:</b>	
Potencia del motor en CV	34 a 3600 rpm
Potencia del motor en KW	25 a 3600 rpm
Par motor máximo en Nm	82.4 a 2000 rpm
Diámetro del cilindro de diámetro	77 mm
golpe	64 mm
Desplazamiento del motor calculado	1192 cm <sup>3</sup>
compresión	7.0
requerimiento de octanaje	87 RON
Peso del motor seco	108 kg
Punto de ignición del motor no. 0095050 a 850 rpm mangueras de vacío retiradas	7.5 ° antes del TDC



**TABLA AI.1:** Datos de los diferentes tipos de motor del VW Escarabajo  
(Continuación)

Punto de ignición del motor no. 0675001 a 850 rpm mangueras de vacío retiradas	0 °
habitar	44 ° - 50 °
Presión de compresión en barra	6.0 - 9.0
Diferencia de la presión máxima de compresión	2.0
Velocidad de ralentí en rpm	800 - 900
Holgura de la válvula cuando el motor está frío	0.15 mm
<b>Código de motor 1300 del motor 40hp F a 07.70:</b>	
Potencia del motor en CV	40 a 4000 rpm
Potencia del motor en KW	29 a 4000 rpm
Par motor máximo en Nm	87.3 a 2000 rpm
Diámetro del cilindro de diámetro	77 mm
golpe	69 mm
Desplazamiento del motor calculado	1285 cm <sup>3</sup>
compresión	7.3
requerimiento de octanaje	87 RON
Peso del motor seco	111 kg
Punto de ignición del motor no. 0000001 a 850 rpm mangueras de vacío retiradas	7.5 ° antes del TDC
habitar	44 ° - 50 °
Presión de compresión en barra	6.5 - 9.5
Diferencia de la presión máxima de compresión	2.0
Velocidad de ralentí en rpm	800 - 900
Holgura de la válvula cuando el motor está frío	0.15 mm
<b>Código de motor 1300 Engine 44PS AB / AR a 07.70:</b>	
Potencia del motor en CV	44 a 4100 rpm
Potencia del motor en KW	32 a 4100 rpm
Par motor máximo en Nm	86.3 a 3000 rpm
Diámetro del cilindro de diámetro	77 mm
golpe	69 mm
Desplazamiento del motor calculado	1285 cm <sup>3</sup>
compresión	7.5
requerimiento de octanaje	91 RON
Peso del motor seco	120 kg
Punto de ignición del motor no. 0000001 conectado a 850 rpm mangueras de vacío	5 ° después del TDC

**TABLA AI.1:** Datos de los diferentes tipos de motor del VW Escarabajo  
(Continuación)

Punto de ignición del motor no. 0313346 a 850 rpm, mangueras de vacío retiradas	7.5 ° antes del TDC
habitar	44 ° - 50 °
Presión de compresión en barra	6.5 - 9.5
Diferencia de la presión máxima de compresión	2.0
Velocidad de ralentí en rpm	800 - 900
Holgura de la válvula cuando el motor está frío	0.15 mm
<b>Código de motor 1500 de motor 44hp H a 07.70:</b>	
Potencia del motor en CV	44 a 4000 rpm
Potencia del motor en KW	32 a 4000 rpm
Par motor máximo en Nm	100 a 2000 rpm
Diámetro del cilindro de diámetro	83 mm
golpe	69 mm
Desplazamiento del motor calculado	1493 cm <sup>3</sup>
compresión	7.5
requerimiento de octanaje	91 RON
Peso del motor seco	114 kg
Punto de ignición del motor no. 0204001 a 850 rpm Se quitaron las mangueras de vacío	7.5 ° antes del TDC
habitar	44 ° - 50 °
Presión de compresión en barra	7.0 - 10.0
Velocidad de ralentí en rpm	800 - 900
Holgura de la válvula cuando el motor está frío	0.15 mm
<b>1600 motor 50 hp código de motor AD / AS de 08.70:</b>	
Potencia del motor en CV	50 a 4000 rpm
Potencia del motor en hp	49 a 4000 rpm
Potencia del motor en KW	37 a 4000 rpm
Par motor máximo en libras pie	78 a 2800 rpm
Diámetro del cilindro de diámetro	85.5 mm
golpe	69 mm
Desplazamiento del motor calculado	1584 cm <sup>3</sup>
compresión	7.5
requerimiento de octanaje	91 RON
Peso del motor seco	115 kg
Punto de ignición del motor no. 0000001 a 850 rpm mangueras de vacío retiradas	5 ° después del TDC

**TABLA AI.1:** Datos de los diferentes tipos de motor del VW Escarabajo  
(Continuación)

Punto de ignición del motor no. 0285022 a 850 rpm mangueras de vacío retiradas	7.5 ° antes del TDC
habitar	44 ° - 50 °
Presión de compresión en barra	7.0 - 10.0
Diferencia de la presión máxima de compresión	2.0
Velocidad de ralentí en rpm	800 - 900
Holgura de la válvula cuando el motor está frío	0.15 mm

Fuente: (López, 1980 (Pg. 02))

## ANEXO II

### LISTA DE PRECIOS DE LOS COMPONENTES UTILIZADOS EN LA CONVERSIÓN

**TABLA AII.1:** Lista de precios sin cargos de importación

<b>Lista de Precios</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total USD</b>
1	Motor AC 40hp + controlador 72-96V 400A	\$1100
1	Motor AC 50hp + controlador 96-108V 500A	\$1550
1	Motor AC3 90hp + Controlador Curtis 144V 650Amperes	\$5240
1	Medidor de carga de batería	\$20
1	Acelerador electrónico	\$50
1	Cargador de baterías inteligente de 2,5 Kw	\$295
1	Convertidor DC/DC 400W	\$90
1	Bomba de vacío de freno 12V – Reserva	\$130
1	Baterías de Litio nuevas	\$4000
1	Baterías de Gel 12v 200A	\$300
1	Baterías AMG 12V 135Amperes	\$150
	Flete aéreo vía FedEx o DHL aproximado desde China hacia Ecuador dependiendo del motor a utilizar	\$490 - \$900

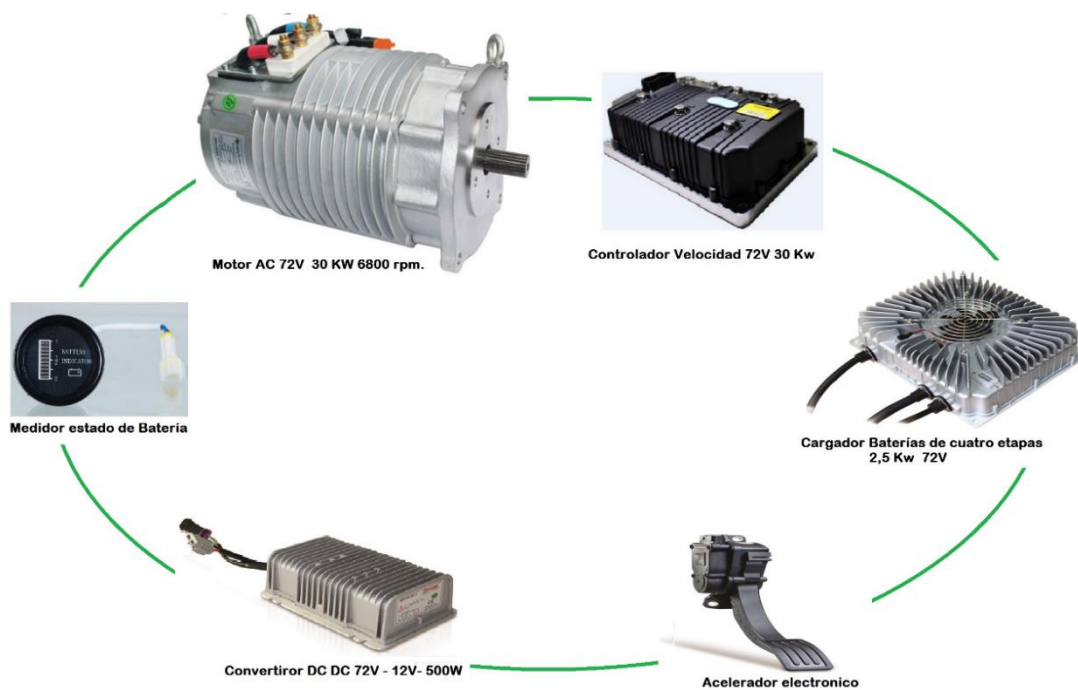
Fuente: (González, Listado de productos para realizar conversiones, 2016 (Pg. 01))

### ANEXO III

## IMÁGENES DE LA CONVERSIÓN



**FIGURA AIII.1:** Kit de conversión al momento de llegar a la aduana



**FIGURA AIII.2:** Kit de conversión EmPower



**FIGURA AIII.3:** Construcción del roll bar



**FIGURA AIII.4:** Ubicación de las baterías



**FIGURA AIII.5:** Fijación del roll bar al piso del vehículo



**FIGURA AIII.6:** Construcción del roll bar terminada



**FIGURA AIII.7:** Maquetan realizando pruebas de autonomía



**FIGURA AIII.8:** Transporte de la maqueta al Autódromo Internacional de Yahuarcocha





**FIGURA AIII.9:** Pruebas de autonomía



**FIGURA AIII.10:** Revisión de instrumentos

## ANEXO IV

## RESULTADO DE LA PRUEBA REALIZADA AL MOTOR ELÉCTRICO EN EL DINAMÓMETRO

DYNomite test "Jairo Pasquel #2228 on 2017-12-08 @ 13-45-30" by Dinamyca Competicion

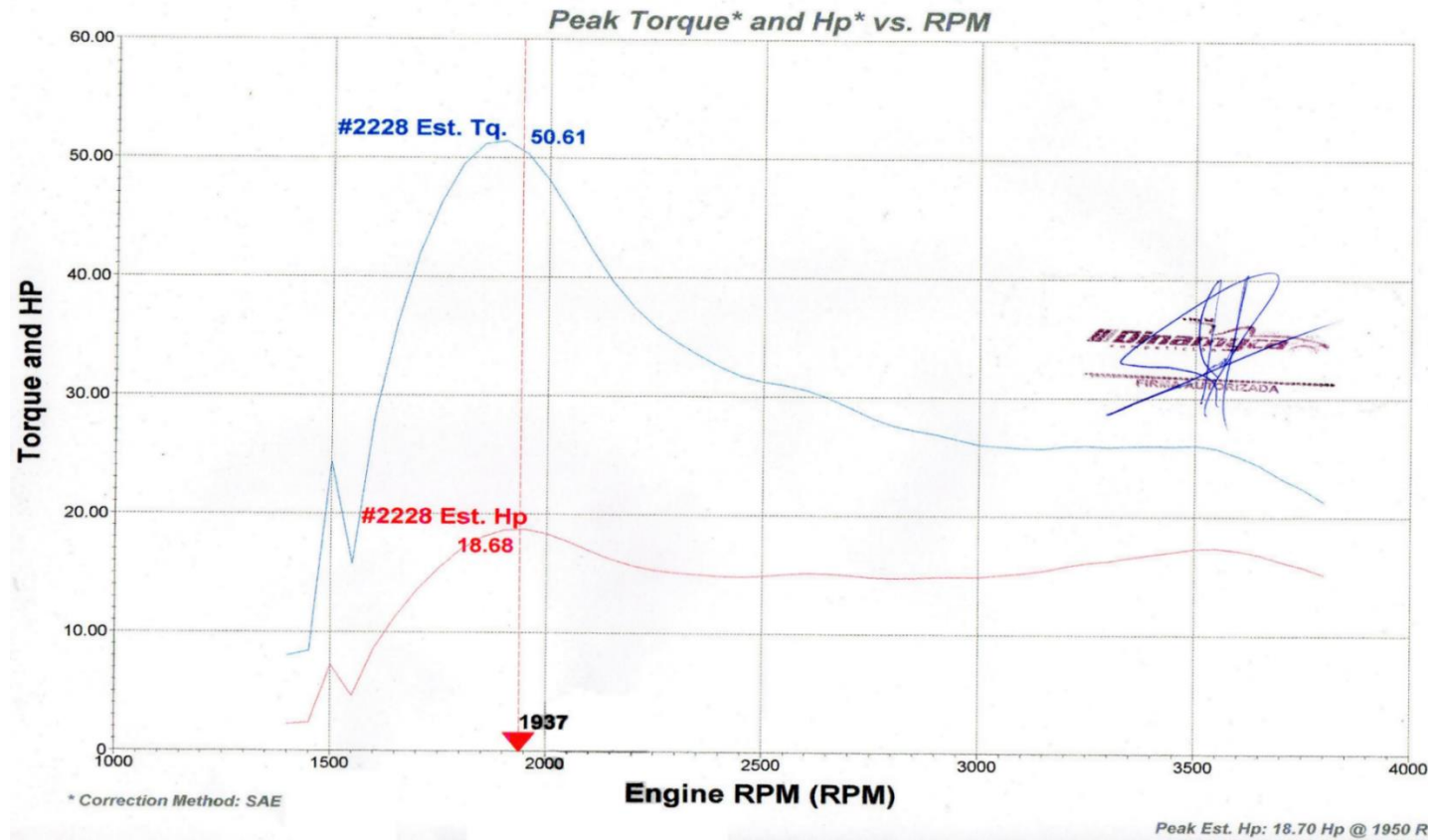


FIGURA AIV.1: Pruebas dinamómetro

(Espinoza, 2017 (Pg. 01))