

Artículo Científico / Scientific Paper

# CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

## CONSTRUCTION OF A DIDACTIC MODEL OF AN ELECTRIC VEHICLE

Iván Gordillo López<sup>1</sup>

Jairo Pasquel López<sup>2</sup>

### 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.

**Palabras Clave:** vehículo eléctrico, kits de conversión, combustibles alternativos.

---

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Universidad Técnica del Norte – Ibarra  
jfpasquell@utn.edu.ec

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Universidad Técnica del Norte – Ibarra  
ijgordillo1@utn.edu.ec

## 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.

**Keywords:** electric vehicle, conversion kits, alternative fuels.

## 1. 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.

## 2. 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. [1]

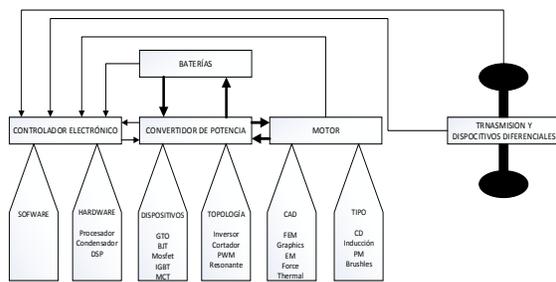


Figura 1: Diagrama a bloques funcional del sistema de propulsión de los VE's [1]

La Figura 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.

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.

### 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, 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. [2]

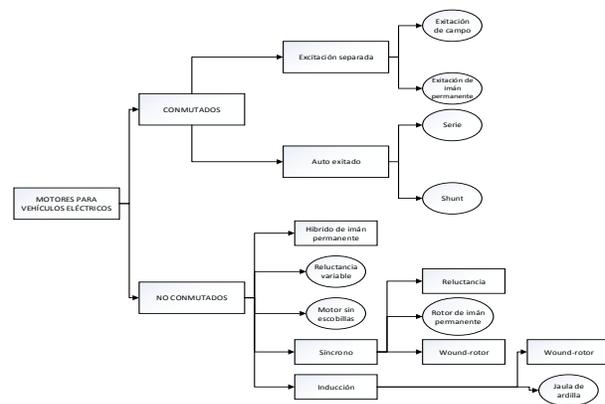


Figura 2: Clasificación de los motores de vehículos eléctricos [1]

## 4. Comparación de motores

### 4.1. Motores de combustión

En la Tabla 1 se reflejan los datos básicos de un motor Otto a combustión interna específicamente de un Volkswagen escarabajo cilindrada 1600cc en donde se puede 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.

Tabla 1: Ficha técnica Volkswagen escarabajo [3]

Ficha Técnica VW Escarabajo Motor 1600cc	
<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

### 4.2. Motor eléctrico

En la Tabla 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 2: Ficha técnica del motor eléctrico [4]

Ficha Técnica Motor Eléctrico	
<b>Motor</b>	AC 40hp Inducción asincrónica sin escobillas
<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

Con los datos bases obtenidos por fabricantes y estudios realizados anteriormente se logró realizar el cuadro comparativo con el que se empezó a trabajar logrando con ello establecer una igualdad o superioridad energética para eficiencia del vehículo impulsado por corriente eléctrica.

Como se observa en la Tabla 2 encontramos las baterías quienes son las responsables de brindar la potencia del vehículo y la autonomía del mismo según la cantidad de amperaje que demuestre, lo óptimo para su funcionamiento sería baterías de 12 voltios con 200 amperios logrando así trabajar a su máxima capacidad y duración por carga.

### 4.3. 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

fluidos extras a excepción del líquido de frenos.

## 5. 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 3. 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.

Tabla 3: Comparación fichas técnicas

Cuadro Comparativo Motor Otto Vs Motor Eléctrico		
DESCRIPCIÓN	COMBUSTIÓN	ELÉCTRICO
<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

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



Figura 3: Pruebas en el dinamómetro

### 5.1. Pruebas en el 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 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 la gráfica del resultado de la prueba.

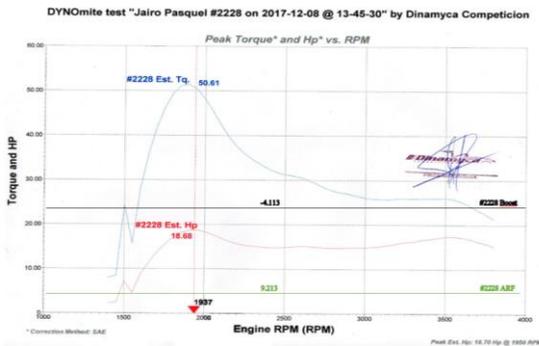


Figura 4: Resultado prueba dinamómetro con el motor eléctrico

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.

## 5.2. 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.

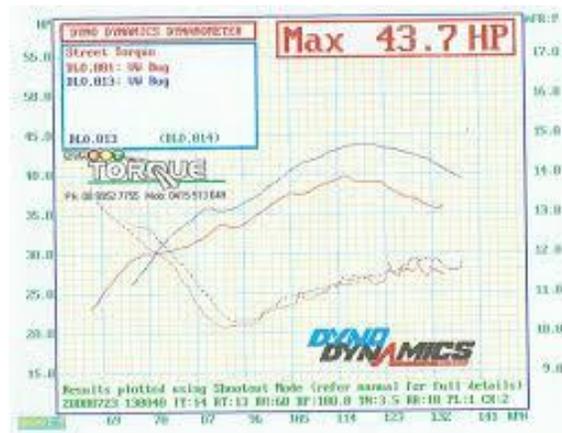


Figura 5: Gráfica del motor de combustión [5]

Siendo los datos originales del vehículo se observa en la Figura 5 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.

## 6. 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 se puede observar más detallados estos datos.

Tabla 4: Tabla comparativa

<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

### 6.1. 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 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 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

Los valores que se presentan en la Tabla 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 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

Tabla 7: Datos técnicos del Autódromo Internacional de Yahuarcocha (Continuación)

<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

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 5, es decir que al hablar de 90 km se dio un promedio de 25 vueltas con velocidad promedio de 80km/h constante.

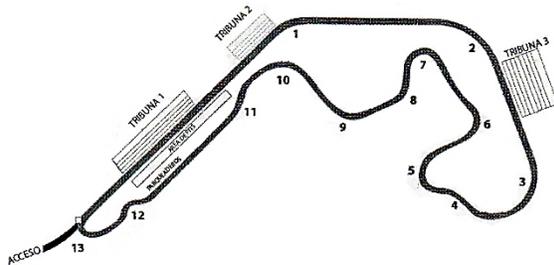


Figura 6: Circuito del Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar

Como se puede observar en la Tabla 5, 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.

## 7. 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.

## Referencias

- [1] Palafox, G. «Jupiter.utm.mx,» Página 45, 12 2009 (Pg. 03). [En línea]. Available: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/10990.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10990.pdf).
- [2] Fitsa, F. I. t. p. l. s. d. a. «Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia,» 2006 (Pg. 08-11). [En línea]. Available: <https://inventosticoleonfelipe.wikispaces.com/file/view/13-Hibridos.pdf>.
- [3] López G. «Road test de autos importados,» Agosto 1980 (Pg. 02). [En línea]. Available: <http://importados.testdelayer.com.ar/test/volkswagen-escarabajo.htm>.
- [4] Gonzáles G. «Componentes Eléctricos,» Febrero 2009 (Pg. 01-11). [En línea]. Available: <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/4-Componentes-El%C3%A9ctricos->

Informe-t%C3%A9cnico-en-Espa%C3%B1ol.pdf.

- [5] Dalgliesh's L. «photobucket.com,» 2015 (Img. 01). [En línea]. Available: <http://s425.photobucket.com/user/T25Turbo/library/?sort=3&page=1>.

## BIBLIOGRAFÍA

**Pasquel López Jairo Fernando**, estudios secundarios Colegio Nacional Teodoro Gómez de la Torre, obtuvo el título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte.

**Gordillo López Iván Javier**, estudios secundarios Unidad Educativa Pensionado Mixto Atahualpa, obtuvo el título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte.