

Proyecto de Grado

Desarrollo e Implementación de un Turbo-Compresor Eléctrico

Para Vehículos de Mediano Cilindraje

Sebastián Gil Alzáte

Alexánder Bacca Muñoz

Institución Universitaria Pascual Bravo

Departamento de Mecánica

Tecnología en Mecánica Automotriz

Medellín

2015

Proyecto de Grado

Desarrollo e Implementación de un Turbo-Compresor Eléctrico

Trabajo para Obtener el Título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Sebastián Gil Alzáte

Alexánder Bacca Muñoz

Asesor Ingeniero Mecánico Fabián Vargas Álvarez

Institución Universitaria Pascual Bravo

Departamento de Mecánica

Medellín

2015

Amigos, familiares, compañeros y docentes que creyeron en la realización de un sueño y el compartir de una pasión: La Mecánica Automotriz.

Índice

Resumen	6
Nota de Los Autores	7
Introducción	8
1. Planteamiento del Problema	9
1.1 Descripción	9
1.2 Formulación	10
2.1 General	10
2.2 Específicos	11
3. Justificación	11
4.1 Conocimientos Generales en Mecánica Automotriz	12
4.1.1 Funcionamiento De Los Motores De Combustión Interna	12
4.2 Turbo-Cargadores Convencionales	13
4.2.1 Funcionamiento.	13
4.2.2 Restricciones o Límites de los Turbo-compresores.	14
4.2.3 Sistemas de Potencia Alternativos en Turbo-compresores	14
4.3 Turbo-Cargador Eléctrico	16
4.3.1 Antecedentes.	16
4.3.2 Funcionamiento.	17
4.3.3 Componentes del Sistema	18
6.1 Tipo de Proyecto	28
6.2 El Método	29
6.3 Técnicas de Recolección de la Información	29
6.3.1 Fuentes Primarias.	29
6.3.2 Fuentes Secundarias.	29
6.4 Técnicas de Medición	29
6.5 El Procedimiento	30
7. Conclusiones	31
8. Recomendaciones	32
Referencias	33
Anexos	35

Glosario

- **Potencia:** La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Se puede indicar que la potencia es la fuerza, el poder o la capacidad para conseguir algo.
- **Trabajo:** Se llama trabajo mecánico a aquel desarrollado por una fuerza cuando ésta logra modificar el estado de movimiento que tiene un objeto. El trabajo mecánico equivale, por lo tanto, a la energía que se necesita para mover el objeto en cuestión.
- **Torque:** Se llama torque o momento de una fuerza a la capacidad de dicha fuerza para producir un giro o rotación alrededor de un punto. Cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, dicho cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje.
- **RPM:** Rpm, son las siglas utilizadas para abreviar el término Revoluciones Por Minuto. Las RPM hacen referencia al número de giros, vueltas o revoluciones que efectúa un cuerpo en un minuto.
- **Corriente Directa o CC:** La corriente directa (CD) o corriente continua (CC) es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM), tal como ocurre en las baterías, las dinamos o en cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.

Resumen

Los sistemas de sobrealimentación de aire son un mecanismo común para aumentar la potencia del vehículo en el cual se realiza su instalación. Ahora, el sistema más utilizado es el Turbo-cargador el cual funciona perfectamente a altas velocidades del auto, pero en mínima o ralentí, e incluso por debajo de 3000 rpm del motor, su funcionamiento es nulo y su accionar no responde en este bajo régimen. Aunque se han desarrollado diversos mecanismos y conjuntos de sobrealimentación que resuelven este problema, sus precios de instalación son desorbitantes y su mano de obra debe ser especializada y junto al mantenimiento o reparación, es muy costosa.

En este trabajo se busca resolver el problema de falta de potencia en mínima o ralentí, además de reducir los costos de adquisición, mano de obra, mantenimiento y reparación del sistema de sobrealimentación de aire, y todo esto con el fin de aumentar la potencia a través de un sistema de sobrealimentación mucho más efectivo y eficaz que no existe en el mercado automotriz: Un Turbo-cargador Eléctrico.

El Turbo-cargador Eléctrico es un sistema de sobrealimentación que a diferencia de su homólogo convencional, no depende del régimen del motor del vehículo sino de las exigencias del conductor, ya que al ser eléctrico es controlado por un circuito electrónico manual, el cual gradúa el flujo de aire que se inyecta a presión en el motor sin importar el régimen en el que éste se encuentre.

El Turbo-cargador Eléctrico es un sistema único en el mercado y aunque su aplicación aún no está disponible comercialmente, los ensayos de funcionamiento realizados y los resultados de los cálculos teóricos obtenidos en relación al régimen, expresan la viabilidad del proyecto a mediano plazo según la mejora de sus componentes con respecto al prototipo presentado en este trabajo.

Nota de Los Autores

El Turbo-compresor Eléctrico es un sistema de sobrealimentación único en el campo automotriz, por este motivo durante el desarrollo del proyecto es necesario omitir información detallada y específica con el fin de proteger la autoría intelectual y física del proyecto.

El objetivo de la elaboración de este documento es estrictamente académico, por tanto su uso y publicación es únicamente de carácter informativo.

Nos reservamos el derecho a la protección de datos claves para evitar el uso malintencionado de este trabajo.

Alexánder Bacca Muñoz

Sebastián Gil Alzáte

Introducción

Las empresas fabricantes de vehículos y aquellos aficionados a la mecánica automotriz han buscado la manera de incrementar la potencia de sus vehículos manteniendo los niveles mínimos de consumo de combustible pero aumentando la eficiencia del motor y sus prestaciones. A continuación, se presenta el desarrollo teórico experimental de un sistema de sobrealimentación de aire para motores de combustión interna o motores Otto, conocido en el mercado automotriz como turbo-cargador, con la variante de estar accionado y controlado por un sistema electrónico que mejora significativamente su eficacia y amplía su campo de aplicación en vehículos medianos y pequeños, obteniendo mayor potencia desde ralentí hasta altas revoluciones mejorando el desempeño del vehículo.

1. Planteamiento del Problema

Las tablas estadísticas, pruebas y demás características que posee un vehículo son diseñadas a partir de parámetros de medición base como la altura sobre el nivel del mar; es por esto que los vehículos de gama baja y media presentan problemas de potencia con respecto a la topografía de cada país donde opera, y los accesorios para aumentar esta característica son muy costosos y de riguroso mantenimiento, sin contar con las modificaciones y ajustes previos a la instalación de estos componentes.

1.1 Descripción

La potencia de los vehículos de gama baja y media no cumple con las necesidades topográficas del país, presentando una variación en su desempeño y un alto consumo de combustible para compensar la demanda de potencia requerida por el conductor o por el terreno. Además, para aumentar la potencia del vehículo, se hace necesario la instalación de un complejo sistema de potencia ya sea un turbo-compresor común o un inter-cooler; o la modificación de algunos elementos internos del motor como la culata, los pistones, las bielas, entre otros; y todo esto termina afectando directamente la economía del propietario del vehículo.

Como las pruebas y descripciones técnicas de los vehículos se realizan en base a parámetros estándar como la altura sobre nivel del mar y el funcionamiento de éstos se ve afectado de acuerdo al lugar de operación; es por ello que se hace necesario ajustar ciertos componentes para que trabajen correctamente dentro del sistema, sin embargo, algunos aspectos

técnicos como la potencia, pierden un porcentaje de su valor estimado sin importar los ajustes realizados para evitarlo.

1.2 Formulación

Se formulan las siguientes preguntas relacionadas al desarrollo del proyecto buscando con el fin de resolverlas al finalizar el mismo

¿La batería del vehículo cubrirá la carga eléctrica demandada por el turbo-cargador eléctrico?

¿Qué porcentaje de eficiencia alcanzará en el vehículo con la implementación del turbo-cargador eléctrico?

¿Cuál será el costo de fabricación del Turbo-compresor Eléctrico?

¿Será viable la instalación del turbo-cargador eléctrico en vehículos de bajo cilindraje como motocicletas?

2. Objetivos

2.1 General

Adaptar e implementar un turbo cargador eléctrico para vehículos de bajo cilindraje de combustión interna a Gasolina, que permita incrementar la potencia a bajo y alto régimen, disminuyendo los costos generales para el sistema de potencia.

2.2 Específicos

- Estudiar y analizar las características del Turbo-cargador actual y comprender su funcionamiento
- Adaptar un motor eléctrico de alto régimen a un Turbo-cargador convencional
- Rediseñar y elaborar un Turbo-cargador Eléctrico más económico y similar en eficiencia a un Turbo-cargador actual
- Aumentar la potencia del motor Otto de Gasolina a través de la instalación del Turbo-cargador
- Permitir el control electrónico del Turbo-cargador Eléctrico

3. Justificación

El proyecto requiere un estudio general del Turbo-cargador actual de manera tal que se entienda su funcionamiento y objetivo en prestaciones al motor; partiendo de allí se realizará la modificación y optimización del mismo hacia un turbo-cargador eléctrico que permita minimizar los costos de compra y mantenimiento.

De igual manera, se buscará reducir el peso de soporte y el espacio ocupado en la instalación, conservando el rendimiento del motor y aumentando su potencia para un mejor desempeño en cualquier tipo de terreno.

4. Marco Teórico

4.1 Conocimientos Generales en Mecánica Automotriz

4.1.1 Funcionamiento De Los Motores De Combustión Interna

Los motores de combustión interna, basan su funcionamiento en la conversión de la energía química del combustible – ya sea Diésel o Gasolina – el cual es introducido a una cámara o cilindro a través de inyectores (mecánicos o computarizados), o por succión de vacío provocada por el desplazamiento del pistón dentro del cilindro en donde el carburador administra la cantidad de combustible necesaria.

El combustible es pulverizado o mezclado con aire en cantidades específicas de acuerdo al territorio donde opere el motor. Posteriormente, la mezcla es inflamada dentro de la cámara ya sea por presión o por arco eléctrico, lo cual crea un tipo de “explosión” que es recibida por la cabeza del pistón transformando este choque en energía cinética que es desplazada a través de la biela hasta los muñones del cigüeñal, siendo este último acéntrico, permitiendo transformar esta energía cinética en energía rotativa expresada en la volante para luego ser aprovechada por un sistema mecánico.

De acuerdo a lo anterior, estos motores basan su funcionamiento en dos elementos principales que son: el combustible y el aire. La cantidad de aire y combustible demandado es directamente proporcional al número de revoluciones por minuto (RPM) generados por el motor. Por consiguiente, a mayor cantidad de mezcla, mayor presión de detonación y mayor potencia desarrollada. Es allí donde el turbo-compresor juega un papel crucial para la obtención de potencia, ya que éste se encarga de inyectar una cantidad mayor de aire, lo cual obtiene una respuesta por parte del sistema computarizado de inyectar mayor cantidad de combustible y con esto obtener una detonación más fuerte, lo que se traduce en mayor potencia desarrollada.

4.2 Turbo-Cargadores Convencionales

4.2.1 Funcionamiento Los Turbo-cargadores son un sistema de aumento de potencia diseñado para motores de combustión interna que deban entregar la mayor cantidad de potencia a revoluciones muy altas.

Su funcionamiento se basa en aprovechar la presión ejercida por los gases de escape al salir del motor hacia el exterior. Los gases residuales son conducidos a través del múltiple hasta la caracola de gases de escape del turbo-compresor, donde allí la presión de salida ejerce una fuerza capaz de hacer girar una turbina que a su vez, por medio de un eje común cuidadosamente lubricado, mueve una segunda turbina llamada turbina de admisión. Cuando la turbina de admisión comienza a girar, absorbe aire del medio ambiente que es conducido por la caracola de compresión hasta el múltiple de admisión donde es inyectado a la cámara de combustión del motor.

Ilustración 1 Partes del Sistema Turbo-compresor

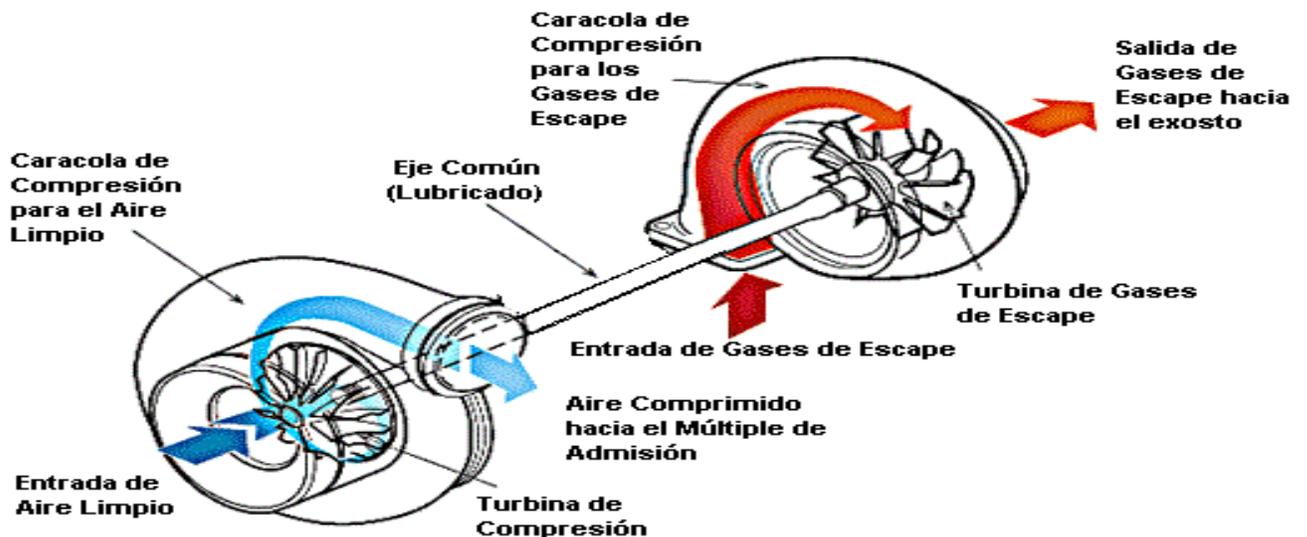
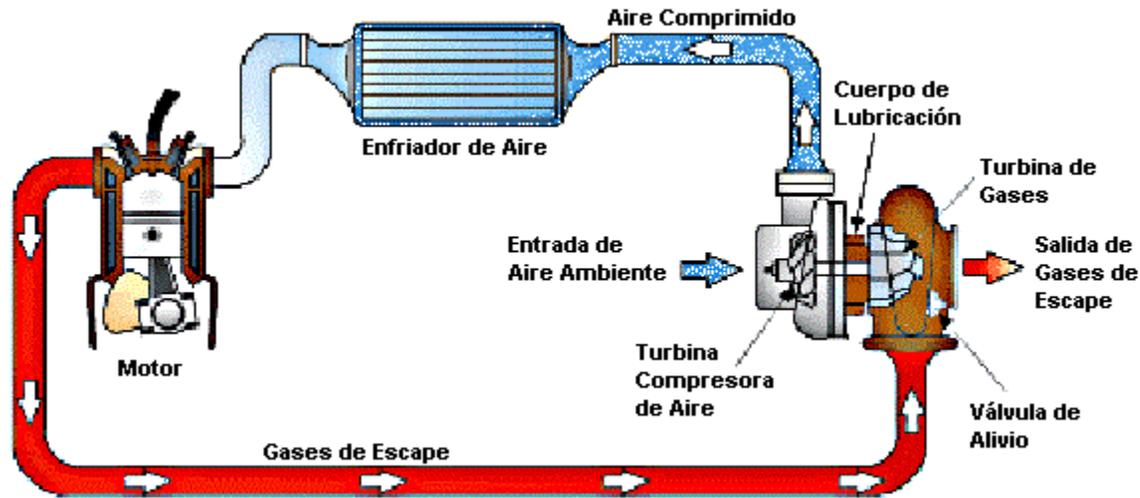


Ilustración 2 Funcionamiento Turbo-compresor



Fuente: www.arpem.com/tecnica/turbo/imagenes/imag_turbo_p.html
 Autor: jjhv@arpem.com

4.2.2 Restricciones o Límites de los Turbo-compresores Los turbo-compresores padecen de cierta demora de respuesta en cuanto a las exigencias del conductor, es decir, un turbo-compresor a bajas revoluciones por la falta de gases de escape y su baja velocidad de salida, no logra comprimir el aire lo suficiente como para enviarlo hasta los cilindros, por lo tanto su eficacia se limita hasta el punto de permanecer el vehículo estático y solo logra superarse este problema cuando el motor alcanza un número de RPM considerables. Es por ello que se hace necesaria la instalación de un sistema complementario que logre actuar a bajas revoluciones permitiendo que la potencia del motor se mantenga aún en ralentí.

4.2.3 Sistemas de Potencia Alternativos en Turbo-compresores

- **Sistema Biturbo:** es un sistema con dos turbocompresores de distinto tamaño. A bajas RPM funciona el turbo más pequeño el cual logra satisfacer las necesidades del motor cuando el vehículo se encuentra estacionado, y en altas RPM funciona el

turbo más grande el cual ejerce una mayor presión cuando el vehículo se encuentra en movimiento.

- **Sistema Biturbo en Paralelo o Twin Turbo:** es un sistema con dos turbocompresores de igual tamaño. Al ser más pequeños que si fueran un turbocompresor único tienen una menor inercia rotacional por lo que generan presión a bajas RPM disminuyendo así el tiempo de respuesta.
- **Turbocompresor Asimétrico:** consiste en instalar un solo turbo en una bancada (la delantera en el motor V6 colocado transversalmente) dejando la otra libre. El objetivo es obtener gran potencia sin que la respuesta sea rápida. Sistema para motor Saab 9-5 V6
- **Biturbo Secuencial:** se compone de dos turbos idénticos. Cuando hay poco volumen de gases de escape se envía todo a un turbo, pero cuando el volumen de gases aumenta, se reparte en ambos para obtener mayor potencia y disminuir el tiempo de respuesta. Sistema para motor Wankel Mazda RX-7
- **Turbocompresor de Geometría Variable (VTG):** consiste en un turbo único que posee un mecanismo de álabes móviles, una especie de aletas, las cuales se deslizan sobre la turbina o se resguardan detrás de ésta para aumentar o disminuir la cantidad de aire comprimido dependiendo del número de RPM.

4.3 Turbo-Cargador Eléctrico

4.3.1 Antecedentes El Turbo-cargador eléctrico de funcionamiento independiente e individual para la sobrealimentación del motor Otto ha sido un proyecto innovador y único. Si bien en el mercado existen diversos productos de funcionamiento similar, ninguno es el principal componente para la sobrealimentación de aire del vehículo, por el contrario son sólo sistemas auxiliares para bajo régimen del motor, pues funcionan como apoyo en mínima para el turbo convencional donde este último no logra responder a su máxima o media potencia. De igual forma, algunos de los turbos eléctricos que se encuentran en el mercado no son fabricados con materiales de alta resistencia y se podría decir que son desechables puesto que sus estructuras y algunos de sus componentes internos son de plástico. Por otro lado, aquellos que son de estructura metálica tienen igualmente deficiencias técnicas como su limitado régimen, su altísimo costo de mantenimiento y su escasez de repuestos o existencias nuevas en el mercado automotriz colombiano.

Es por esto que decidimos darle solución a estos problemas con la implementación de un Turbo-cargador Eléctrico que funcione como un sistema independiente e individual, es decir, como componente principal y único de la sobrealimentación de aire en el motor, conservando la capacidad de flujo de aire necesario para el correcto funcionamiento del vehículo, aumentando la eficiencia y efectividad en bajo régimen del motor y abaratando los precios de fabricación, mantenimiento e instalación del mismo.

4.3.2 Funcionamiento El Turbo-cargador Eléctrico cumple con el mismo objetivo del Turbo-cargador convencional: Inyectar aire a presión al sistema de Admisión del motor para aumentar la potencia del vehículo.

Su funcionamiento se basa en la adaptación de un motor eléctrico Brushless de alto régimen controlado manualmente por un sistema electrónico de única aplicación para este tipo de motores. El Brushless impulsará la turbina de admisión de aire a través de un sistema de engranajes modificados especialmente para el desarrollo del proyecto. De esta manera, la inyección de aire al motor no dependerá de la salida de los gases de escape ni del régimen del motor del vehículo, sino que funcionará de forma independiente a gusto del conductor.

Ilustración 3 Sistema Turbo Eléctrico Completamente Ensamblado



Fuente: Integrantes del Proyecto

4.3.3 Componentes del Sistema

- **Motor Brushless**

Los Motores Brushless son motores eléctricos DC sin escobillas donde la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por lo tanto aquí no son necesarias las escobillas y el colector que se utilizan en los Motores Brushed. Esta corriente eléctrica genera un campo electromagnético que interacciona con el campo magnético creado por los imanes permanentes del rotor, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar al rotor y por lo tanto al eje del motor. Ya que no cuenta con escobillas, ni colector, ni delgas, es necesario instalar un controlador electrónico que regule la cantidad de corriente demandada por el motor.

Los Motores Brushless poseen una particularidad conocida como “KV”, el cual relaciona directamente las rpm que alcanza el motor de acuerdo al voltaje aplicado, es decir, para nuestro caso, el motor posee 1000 KV, lo cual indica que alcanza 1000 rpm por voltio, por lo tanto, si tenemos en cuenta que la batería de un vehículo oscila entre los 12 y los 14 voltios, éste motor alcanzaría entre 12.000 y 14.000 rpm.

Tabla 1. Características del motor eléctrico

<i>Turnigy D3536/8 1000KV Brushless Outrunner Motor</i>	
Batería	7.4 a 14.8 V
RPM	1000 kV
Carga Máxima	30 A
Resistencia Interna	0.052 Ω
Peso Total (incluidos conectores)	102 g
Diámetro del Eje	5 mm
Torque Máximo	1160 g

Ilustración 4 Motor Brushless D3536/8 1000KV



Fuente: www.rapidrcmodels.com/turnigy-d35368-1000kv-brushless-outrunner-motor-305-p.asp

- **Sistema de Engranajes**

Para aumentar el régimen de giro entregado por el motor, se utilizará una relación de transmisión de piñones metálicos con propiedades aptas para soportar altas velocidades. Ambos piñones fueron extraídos de herramientas de trabajo pesado, lo cual garantiza su correcta aplicación ofreciendo confiabilidad en sus propiedades físicas; y posteriormente fueron modificados en tornos de alta precisión garantizando su balanceo.

Ilustración 5 Piñones del Sistema



Fuente: Integrantes del Proyecto

- **Controlador de Velocidad o Speed Control, Servo Tester y Batería Especial**

El Speed Control y el Servo Tester se desarrollaron para sistemas de control electrónico en aeromodelismo, por tanto, como éste es un mercado tan hermético, la información específica de ambos dispositivos en la web, revistas o libros es muy poca o nula, haciendo referencia a conceptos empíricos de usuarios del campo, lo cual impide el análisis a profundidad de los elementos en cuestión.

A continuación se comparte la información teórica obtenida de los asesores técnicos y/o empíricos en aeromodelismo:

“Un ESC o Electronic Speed Controller es un dispositivo electrónico que sirve para controlar la velocidad del motor Brushless. Básicamente, el ESC regula el voltaje y amperaje que llega al motor, impidiendo que éste se desborde en su capacidad de velocidad y permitiendo controlar el régimen del motor Brushless a través de una señal electrónica enviada manualmente desde el Servo Tester”.

Ilustración 6 Servo Tester



Fuente: Integrantes del Proyecto

Ilustración 7 Speed Control



Fuente: Integrantes del Proyecto

Si bien el sistema electrónico funciona a 12V DC, requiere de una batería que soporte la gran demanda energética del motor Brushless y lastimosamente las baterías comunes de 12V, incluyendo la del vehículo, no suple ésta demanda. Esto hizo que fuera necesaria la integración de una batería especial al sistema capaz de soportar la demanda del motor, siendo ésta otro aporte del aeromodelismo. Este componente se conoce como Batería Li-PO 4S, donde cada celda tiene un voltaje de 3.7V conectadas en serie, dando como resultado 14.8V y 2200mAh.

Ilustración 8 Batería Li-PO 4S



Fuente: Integrantes del Proyecto

Tabla 2. Especificaciones Batería Li-PO 4S

Capacidad	2200 mAh
Voltaje	4S1P de 4 Celdas a 14.8V
Peso	210 gr (incluidos cables, conectores y empaquetadura)
Dimensiones	107 x 28 x 34 mm

Fuente: hobbyking.com/hobbyking/store/__21347__ZIPPY_Compact_2200mAh_4S_25C_Lipo_Pack.html

Ilustración 9 Componentes Alternativos y Finales sin Ensamblar



Fuente: Integrantes del Proyecto

Ilustración 10 Tubería Y Caracola de Admisión



Fuente: Integrantes del Proyecto

5. Desarrollo del Proyecto

En el transcurso académico de la tecnología automotriz, se adquieren conocimientos práctico-teóricos sobre el funcionamiento del Turbo-cargador convencional, sus aplicaciones y características; por tanto, en el desarrollo del proyecto, se estudian básicamente sus debilidades y la manera como ingenieros del campo automotriz internacional trataron de resolverlas. Luego de realizar estos estudios sobre el turbo-cargador convencional, se busca la aplicación de la idea de cambiar la forma en que éste obtiene su movimiento y lograr que sin importar a que régimen se encuentre el motor, el turbo siempre responda a las exigencias del conductor. Para ello, se contempla la alternativa de utilizar un motor eléctrico que controlado por un sistema electrónico, permita el control absoluto del usuario sobre el turbo-cargador independizando a éste del motor de combustión interna; se analiza la viabilidad del proyecto y se da inicio a la respectiva materialización del concepto.

Se comienza por la compra de un turbo real completo de mediano tamaño para reformarlo y desarrollar un cambio estructural en él. Se elimina la caracola de gases y se extrae el eje central para modificarlo de manera que la turbina de gases sea suprimida y en su lugar se acople un piñón el cual será el encargado de recibir el movimiento del motor, por medio de otro para aumentar el régimen, y transmitirlo, a través del eje, a la turbina de admisión.

Por otra parte, se busca un motor eléctrico con características técnicas muy específicas puesto que debe ser capaz de impulsar todo el sistema con mediano torque entregando altas Rpm y permitiendo el control electrónico de su funcionamiento para otorgarle autonomía de acción al turbo-compresor, independientemente del régimen en el que se encuentre el motor, dándole la opción de encender o apagar el sistema al conductor del vehículo. De manera que se recurre al campo del aeromodelismo el cual aporta este tipo de motor y otros componentes.

Posteriormente se obtienen un par de piñones con las características físicas necesarias y una relación apta para su aplicación dando cumplimiento a las RPM normales de trabajo del turbo-cargador convencional. Estos piñones debieron ser seleccionados minuciosamente ya que deben soportar altas velocidades sin sufrir fatiga o desgaste prematuro.

Ahora bien, el punto final del proyecto se encuentra en el control absoluto del sistema donde el aerodelismo aporta también los dispositivos electrónicos que permiten controlar el motor y por tanto le entrega al usuario final el manejo total de las prestaciones del turbo-cargador.

Ya con todos los elementos necesarios para la materialización del proyecto, se inicia el ensamblaje de las partes y la adaptación del sistema electrónico con aportes conceptuales y materiales de la mecánica industrial. Para éste punto, se hace necesario utilizar recursos industriales como tornos, taladros, máquinas de acabado y corte, con el fin de modificar algunas piezas como los piñones y el eje principal de propulsión, la tubería metálica y las partes siliconadas, y fabricar algunas otras como la caja de soporte del sistema de engranajes. También, es necesario acudir a conceptos intelectuales de personas activas en el campo automotriz o con conocimientos mecánicos, quienes aportan ideas de diseño estético y confort de uso para el sistema final. En este sentido, los asesores de aerodelismo igualmente recomiendan partes y accesorios que facilitan el control del sistema electrónico desde el interior del vehículo.

Después del proceso de adaptación, modificación y ensamblaje, realizamos ensayos de funcionamiento en el banco del taller donde efectuamos estas actividades. Durante estas pruebas observamos el comportamiento del Turbo-cargador Eléctrico, su inyección de aire, el estado de sus componentes, como el Speed Control, la batería y el Motor Brushless con el fin de garantizar su correcto accionar.

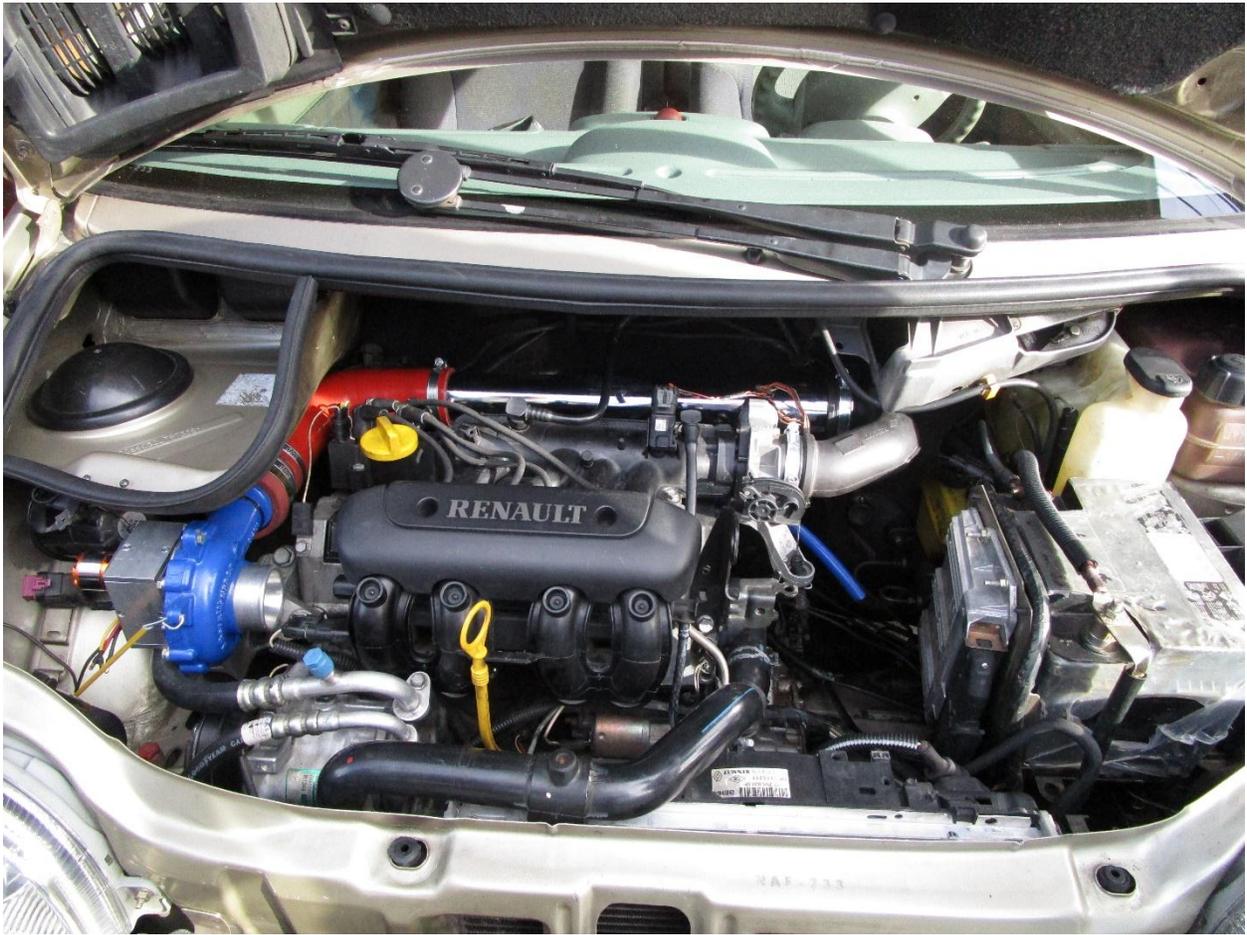
Ya teniendo el sistema totalmente ensamblado, decidimos por curiosidad mecánica hacer la instalación del mismo en un vehículo capaz de soportarlo. El ensayo de funcionamiento totalmente experimental se ejecutó sobre un Renault Twingo de inyección electrónica en una prueba corta de ruta sobre la carretera Medellín-Bogotá.

Ilustración 11 Turbo Eléctrico Instalado



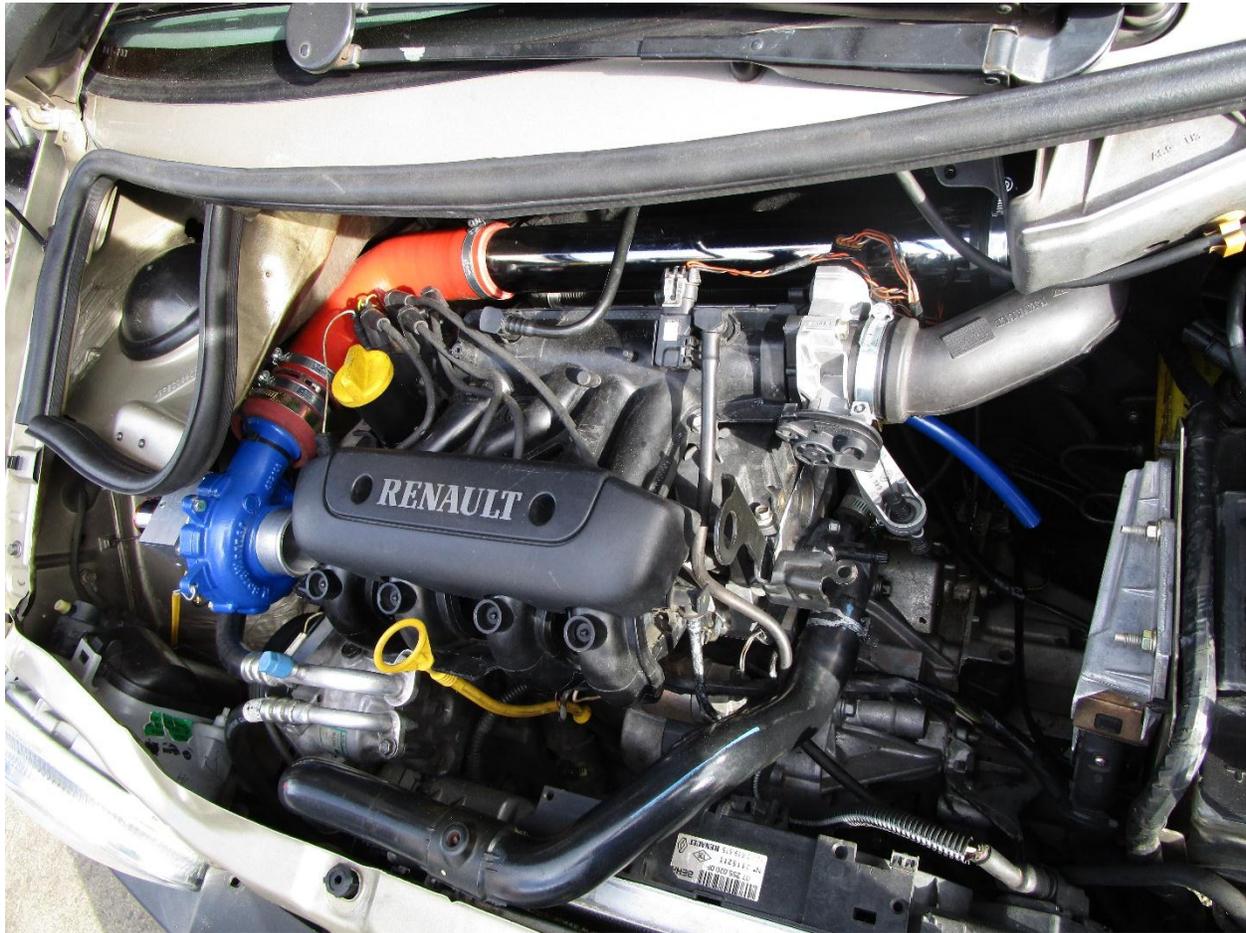
Fuente: Integrantes del Proyecto

Ilustración 12 Turbo Eléctrico Instalado



Fuente: Integrantes del Proyecto

Ilustración 13 Turbo Eléctrico Instalado



Fuente: Integrantes del Proyecto

6. Metodología

6.1 Tipo de Proyecto

El proyecto será de implementación comparativo porque se fabricará un sistema tubo-cargador eléctrico funcional a tamaño real que reemplace al modelo convencional conservando y/o aumentando las prestaciones del mismo en los motores de combustión interna para luego realizar pruebas y análisis de potencia entre ambos modelos permitiendo la comparación de resultados y de ser necesario, posteriores ajustes.

6.2 El Método

El proyecto será comparativo cuasi-experimental ya que a través de análisis previos se recopilará información relativa al sistema de sobrealimentación, de manera que al momento de implementar el producto final se obtengan los mismos resultados que presentan los turbo-cargadores actuales por medio de modificaciones físicas que permitan reducir el peso, los costos de fabricación y mantenimiento, el tamaño y espacio necesario para su instalación en el vehículo y todo ello sin alterar las prestaciones del motor.

6.3 Técnicas de Recolección de la Información

6.3.1 Fuentes Primarias: Se obtendrá información con ingenieros, tecnólogos, técnicos y docentes pertenecientes al campo de mecánica general o relacionada a éste. La observación y la investigación técnica también hará parte de éste tipo de fuente, además de los conocimientos ya adquiridos en el transcurso de los estudios de mecánica automotriz.

6.3.2 Fuentes Secundarias: En el transcurso del proyecto, se obtendrá información de libros, revistas, páginas web y artículos relacionados con la mecánica automotriz, específicamente sobre el turbo-cargador eléctrico. Sin embargo, las fuentes secundarias serán depuradas según su aporte al proyecto y sólo las de mayor impacto serán agregadas en las Referencias.

6.4 Técnicas de Medición

Durante el procedimiento se utilizarán tablas informativas, equipos e instrumentos técnicos e industriales que permitan modificar y fabricar piezas y elementos previamente adquiridos.

Tornos de precisión, calibrador Pie de Rey, flexómetro y otros, serán utilizados durante el desarrollo del proyecto

6.5 El Procedimiento

El proyecto se desarrolló en 3 etapas.

En la primera etapa o etapa teórica se comienza el proceso conceptual para el desarrollo físico del turbo-compresor eléctrico. Durante esta etapa se realizan reuniones para dar definiciones teóricas de posibles diseños y elementos que compondrían el sistema. También se realizan listas de componentes y posibles elementos que a través de cálculos teóricos se descartan para finalmente dar inicio a la búsqueda y adquisición de los elementos más factibles para la adaptación del sistema de potencia.

Ya con todos los componentes necesarios y con la elaboración de planos, se inicia la segunda etapa o etapa de ensamblaje. Aquí se ejecuta el diseño experimental para la elaboración del sistema donde se ubican los componentes del mismo con la ayuda de herramientas de medición, corte, pulido y ensamblaje. A través del método de ensayo y error, se contemplan errores, posibles soluciones, modificaciones e incluso la elaboración de nuevos modelos con mejores características y mayor compactación.

En la tercera etapa o etapa de resultados, se pone en acción el sistema totalmente ensamblado pero sin instalar en el coche, con el propósito de percibir su capacidad de inyección de aire, la estabilidad térmica de sus componentes y finalmente el estado físico de sus partes tanto internas como externas.

De igual manera, el proyecto aún se encuentra en fase de experimentación, por lo tanto siempre se buscará la manera de mejorar su desempeño y aumentar su efectividad.

7. Conclusiones

Aunque el proyecto aquí desarrollado aún se encuentra en etapa experimental, consideramos que su funcionamiento es viable para la instalación en los vehículos con motores Otto, sin embargo el paso para definir y garantizar el uso del sistema en el campo automotriz aún presenta diferentes problemas técnicos que esperan ser resueltos mediante modificaciones posteriores que se realizarán luego de la presentación de éste trabajo con el propósito de continuar el camino comercial para el sistema en cuestión.

Gracias a su puesta en marcha luego del ensamblaje, sabemos que el prototipo funciona muy bien y no presenta ningún tipo de problema, aunque es necesario considerar que las condiciones de trabajo en el vehículo luego de la instalación, serán muy diferentes y con muchas variables que afectarán directamente el normal funcionamiento del Turbo-cargador Eléctrico.

Por otra parte, tenemos la certeza que todos nuestros objetivos se cumplieron a cabalidad y que la meta fue alcanzada. Aún sin la instalación del sistema en el vehículo, sabemos que éste funciona perfectamente y que se asemeja a las condiciones normales del turbo-cargador convencional, es por ello que estamos completamente seguros que la instalación del sistema en el auto aumentará significativamente la potencia de éste, pero por lo pronto es necesario mejorar el sistema para que el impacto de su instalación y las variables que ésta conlleva en el correcto funcionamiento del sistema sean disminuidas.

También es necesario comprender que el uso indiscriminado del sistema generaría consecuencias graves para el mismo, es decir, el Turbo-cargador Eléctrico es un conjunto que contiene piezas electrónicas las cuales requieren un cuidado especial y por ende un uso

moderado de las mismas. Aunque sus piezas son de excelente calidad y están diseñadas para trabajar con alto régimen, el exceso de uso en estas podría afectar su bienestar.

8. Recomendaciones

El proyecto del Turbo-cargador Eléctrico aún es considerado de tipo experimental, y su aplicación real en todo el campo automotriz no se encuentra contemplada a corto plazo.

Con respecto al tamaño del sistema, sólo puede ser utilizado en vehículos de máximo 2000 centímetros cúbicos, lo cual reduce su posible aplicación a vehículos pequeños y motocicletas de alto y mediano cilindraje.

El uso del sistema Turbo Eléctrico no puede ser desmesurado, ya que los componentes electrónicos, incluido el motor, pueden sufrir de recalentamiento, desgaste prematuro y fatiga.

De igual manera se debe tener un cuidado especial en su manipulación e instalación ya que estos dispositivos son altamente delicados. Para ello es necesario:

- Alejar los controladores de altas temperaturas y tenerlos siempre ventilados
- No permitir el contacto con ningún tipo de líquido
- Proteger de golpes
- Nunca manipular sus conexiones si no se tiene experiencia.
- Siempre se debe utilizar el sistema con el filtro de aire instalado, preferiblemente un filtro de aire cónico.

Referencias

- Manuel Arias-Paz Guitián. (2006). Arias-Paz Manual de Automóviles. España: S.L. CIE Inversiones Editoriales Dossat-2000.
- Joseph Heitner. (1972). Mecánica automotriz: principios y prácticas. Editorial Diana.
- Conquest_20vt. (2009). Qué es un Turbo-compresor y su Funcionamiento de Granada Racing Club Foro, Recuperado de: www.granadaracingclub.com/showthread.php?t=1567
- BorgWarner. (2014). Performance Turbocharger Catalog. BorgWarner Catalog Recuperado de: www.turbos.borgwarner.com/files/pdf/BWTS_2014_Performance_Turbo_Catalog.pdf
- John H. Weise & Chilton Book Company. (1998). Chilton: manual de reparación y mantenimiento. Estados Unidos de America: Oceano Difusion Editorial, S. A.
- International Warehouse. (2014). Turnigy D3536/8 1000KV Brushless Outrunner Motor, de Hobby King. Recuperado de: hobbyking.com/hobbyking/store/__18228__Turnigy_D3536_8_1000KV_Brushless_Outrunner_Motor.html
- International Warehouse. (2014). ZIPPY Compact 2200mAh 4S 25C Lipo Pack., de Hobby King. Recuperado de: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__21347__ZIPPY_Compact_2200mAh_4S_25C_Lipo_Pack.html
- Aran. (2014). Motor Electrico Brushless: Funcionamiento y Características. ., de Coches RC Recuperado de: www.cochesrc.com/motor-electrico-brushless-funcionamiento-y-caracteristicas-a3607.html

- Definición de potencia - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado de:
[//definicion.de/potencia/#ixzz3ay9JtScK](http://definicion.de/potencia/#ixzz3ay9JtScK)
- Definición de trabajo mecánico - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado de:
[//definicion.de/trabajo-mecanico/#ixzz3ayAO7ePV](http://definicion.de/trabajo-mecanico/#ixzz3ayAO7ePV)
- Definición de Torque o Momento - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado de:
www.profesorenlinea.cl/fisica/Fuerzas_Torque_momento.html
- Definición de Corriente Directa o CC - Qué es, Significado y Concepto. Recuperado de:
www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_corriente_directa/ke_corriente_directa_1.htm

Anexos

- **Turbo Cargador Convencional con la totalidad de sus piezas**



Autores: Integrantes del proyecto



Autores: Integrantes del proyec.



Autores: Integrantes del proyecto

- **Cuerpo Central del Turbo Cargador Convencional Sin Caracolas**



Autores: Integrantes del proyecto



Autores: Integrantes del proyecto

- **Componentes Alternos de Prueba del Sistema**



Autores: Integrantes del proyecto



Autores: Integrantes del proyecto



Autores: Integrantes del proyecto



Autores: Integrantes del proyecto.

- **Piñones Alternos de Prueba del Sistema (Aeromodelismo)**



Autores: Integrantes del proyecto.

- Estructura Experimental del Sistema

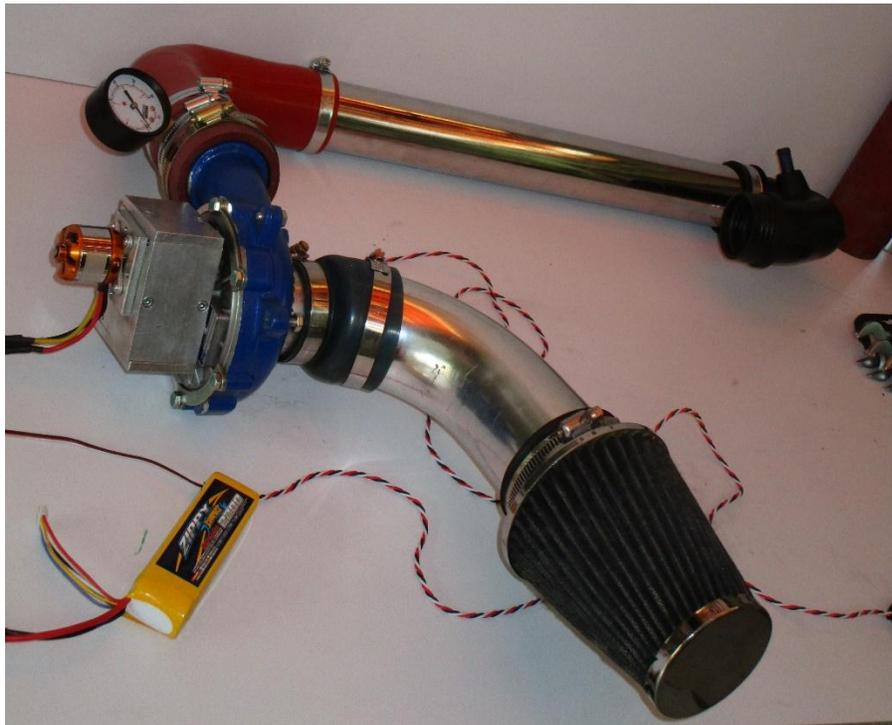


Autores: Integrantes del proyecto



Autores: Integrantes del proyecto

- Prototipo Completo Final sin Instalar

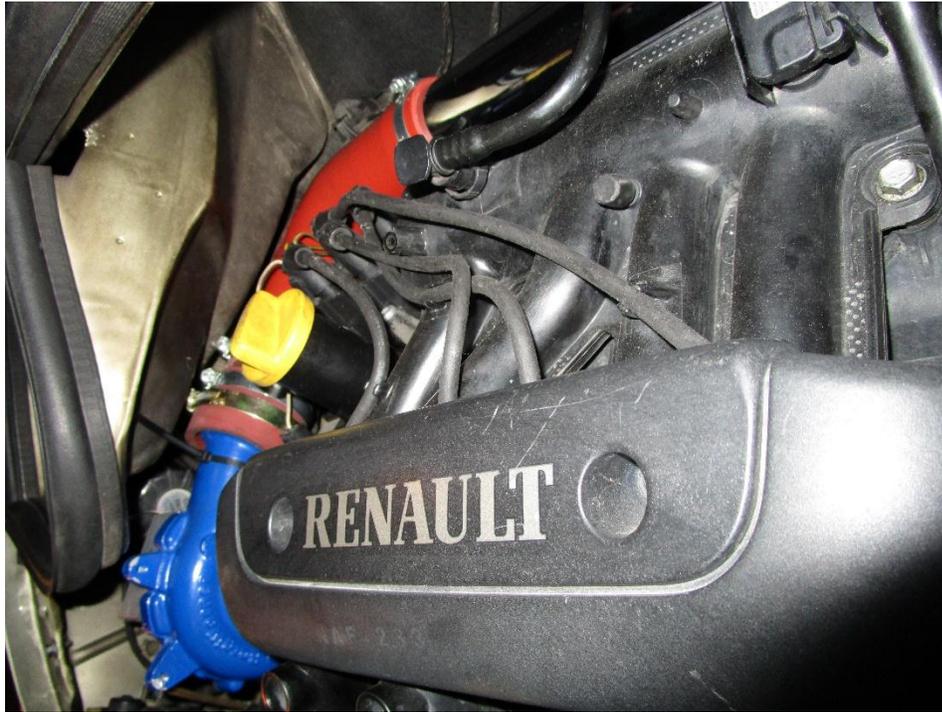


Autores: Integrantes del Proyecto



Autores: Integrantes del Proyecto

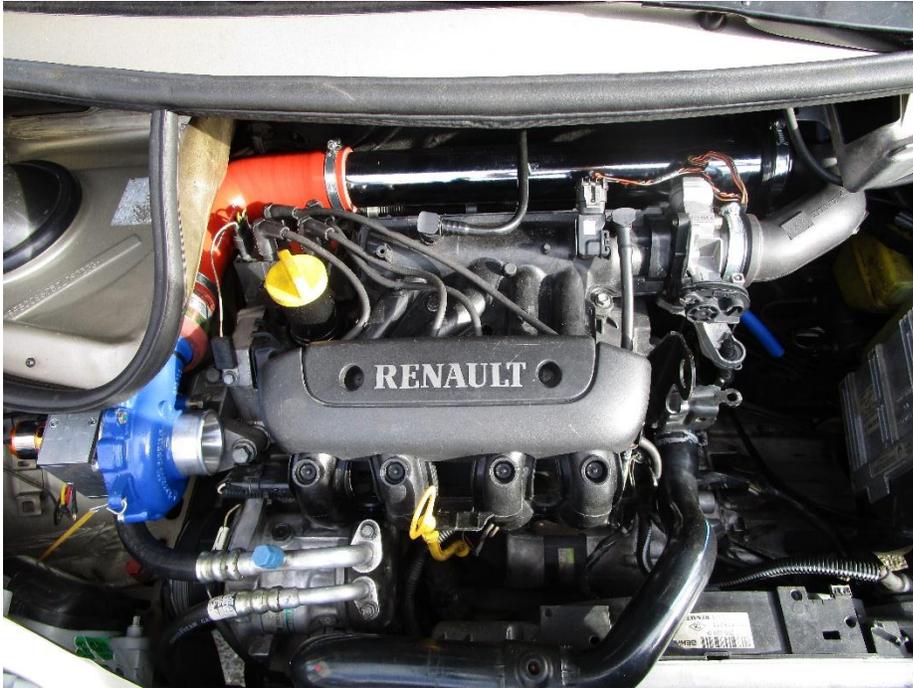
- Sistema Totalmente Instalado en el Vehículo Renault Twingo



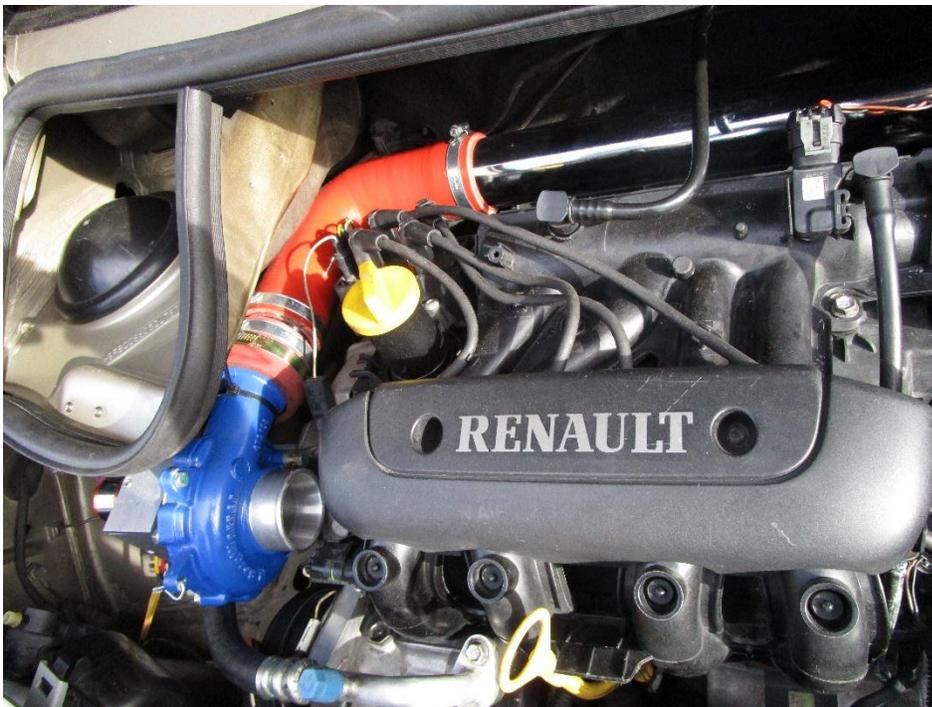
Autores: Integrantes del Proyecto



Autores: Integrantes del Proyecto



Autores: Integrantes del Proyecto



Autores: Integrantes del Proyecto



Autores: Integrantes del Proyecto



Autores: Integrantes del Proyecto