



**ESTUDIO DE POTENCIA DEL MOTOR CORSA 1.4 CC UTILIZADO COLECTORES  
DE ADMISION, PLÁSTICOS Y METÁLICOS**

Diego Fernando Gudiño Morillo

Stefano David Lowndes Villalba

**Director: Ing. Santiago Orozco**

Quito, Febrero del 2019

## ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Marco de referencia.....	3
2.1 Torque o par motor.....	3
2.2 Potencia del motor.....	3
3. Colectores características.....	4
3.1 Colector convencional.....	4
3.2 Colector variable.....	4
3.3 Temperatura.....	4
4. Materiales y métodos.....	5
4.1 Diámetro.....	5
4.2 Características del diámetro de rodillos.....	5
4.3 Software del diámetro.....	6
4.4 Múltiple de ABS.....	6
4.5 Múltiple de PLA.....	6
4.6 Múltiple de PET.....	7
5. Análisis y resultados.....	7
5.1 Pruebas de torque y potencia.....	7
6. Análisis de resultados.....	9
6.1 Potencia.....	9
6.2 Torque.....	10
7. Conclusiones.....	11
8. Referencias.....	12

## **CERTIFICADO**

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

Diego Fernando Gudiño Morillo

Stefano David Lowndes Villalba

171579455-6

171760827-6

Yo, Ing. Santiago Orozco certifico que conozco a los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.

Ing. Santiago Orozco

DIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a Dios por darme la vida y esta oportunidad de poder culminar los estudios universitarios .Agradezco a mi padre por su apoyo incondicional a mis estudios universitarios. Agradezco a mi abuela por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida en mi carrera universitaria y en cada momento de mi vida.

Agradezco a mis hermanos por estar presente siempre y en todo momento, dándome apoyo o aconsejándome para ayudarme a cumplir con mis objetivos.

Diego Fernando Gudiño Morillo

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida estudiantil y profesional. A mi madre por forjarme por el camino correcto. A mi padre por enseñarme a no rendirme jamás ante ninguna circunstancia y a mi hermano por estar siempre presente y dispuesto a ayudarme ante cualquier adversidad. A mis abuelos por siempre tenerme presente durante mi transcurso universitario dándome el apoyo y los consejos necesarios para salir adelante.

### **DEDICATORIA**

Dedico este artículo a mi padre que fue mi apoyo incondicional durante toda esta etapa de mi vida .A mi abuela por demostrarme su apoyo y a pesar de la distancia poder siempre participar en cada momento de mi vida, a mi hermano por orientarme a cada paso para poder seguir mi camino .A mi hermana Camila por recibirme con una sonrisa y un abrazo brindándome su apoyo a cada momento.

A toda mi familia en general, porque han estado presente en cada parte de mi trayecto, que gracias a ese apoyo moral que siempre me brindaron muchas victorias de mi vida se pudieron dar.

Diego Fernando Gudiño Morillo

Dedico este Artículo a mi Madre, Padre y Hermano, ya que sin el apoyo y esfuerzo de ellos no hubiese sido posible poder salir adelante. A mis abuelos por estar siempre ahí en cada momento y adversidad de mi transcurso universitario.

Stefano David Lowndes Villalba

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

ESTUDIO DE POTENCIA DEL MOTOR CORSA 1.4 cc UTILIZADO COLECTORES  
DE ADMISION, PLÁSTICOS Y METÁLICOS

Diego Fernando Gudiño Morillo

Estudiante egresado de la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: die\_ginfgm@live.com

Stefano David Lowndes Villalba

Estudiante de la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: lowndesnegro@yahoo.com

## **ESTUDIO DE POTENCIA DEL MOTOR CORSA 1.4 cc UTILIZADO COLECTORES DE ADMISION, PLÁSTICOS Y METÁLICOS**

### **Resumen**

El presente estudio tiene como finalidad determinar el torque y potencia de un motor Chevrolet corsa 1.4 cc, utilizando el colector original el cual es fabricado en aluminio y un colector plástico en materiales termoplásticos, el cual permita tener una diferente superficie de entrada de fluido, la cual pueda variar el flujo en laminar y turbulento y darnos una variación de vibraciones, que se encuentre reflejadas en el torque y potencia del vehículo.

Se implementa cada uno de los múltiples y se realizaron las pruebas de torque, potencia bajo las mismas condiciones para cada tipo de colector de admisión, se presentan los diagramas de torque y potencia, se tabulan los datos obtenidos para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos del motor SOHC en función de los tres diferentes materiales y se determina que material ayuda a mejorar las características del motor.

Palabras Clave: Torque; Corsa; Termoplástico-Colector de admisión.



## **Abstract**

The purpose of this study is to determine the torque and power of a 1.4 cc Chevrolet Corsa engine, using the original collector which is manufactured in aluminum and a plastic collector in thermoplastic materials, which allows having a different fluid inlet surface, the which can vary the laminar and turbulent flow and give us a variation of vibrations, which is reflected in the torque and power of the vehicle.

Each one of the manifolds was implemented and the torque tests were performed, power under the same conditions for each type of intake manifold, the torque and power diagrams are presented, the data obtained is tabulated to generate a record of the variations of the characteristic parameters of the SOHC engine depend on the three different materials and it is determined which material helps to improve the characteristics of the engine.

Keyword: Torque; Corsa; Thermoplastic-Intake manifold.

## **1. Introducción**

El siguiente artículo presenta información acerca del estudio de torque y potencia de un vehículo en función de un colector de admisión original y termoplástico el rendimiento de torque y potencia en el motor, siendo este un efecto positivo o negativo dependiendo de los valores a calcular.

Un buen proceso de transformación de energía térmica a mecánica, así como las pérdidas al igual de las mismas energías térmicas y mecánicas en el proceso de funcionamiento del motor, determina la capacidad de rendimiento del mismo. Existen varios materiales termoplásticos los cuales muestran mejores características de

funcionamiento y teóricamente presentan mejoras en el funcionamiento de los vehículos.

Las piezas automotrices generan una dependencia excesiva de los materiales tradicionales metálicos para la fabricación en piezas automotrices, el presente estudio permitirá establecer si es posible utilizar repuestos alternos fabricados con materiales termoplásticos.

El avance de la tecnología y la falta de equipos para la construcción de autopartes direccionan a nuevas investigaciones que permitan variar el mercado automotor, incentivando a la línea de investigación en el Ecuador.

Los múltiples metálicos que se encuentran en el mercado automotriz presentan una mayor resistencia al

flujo de aire, haciendo que el desempeño del motor se vea afectado al no tener un llenado eficiente en la cámara de combustión.

El desconocimiento de nuevas técnicas de fabricación de autopartes hace que en el Ecuador se importen los repuestos de diferentes países. Al investigar sobre materiales alternos y su fabricación se apoya al cambio de la matriz productiva y conlleva a generar nuevas fuentes de trabajo.

La investigación se origina por la necesidad de los propietarios de vehículos por tener una alternativa diferente para adquirir un componente de un motor de combustión interna, como es el caso del colector de admisión.

En la actualidad se dispone de la tecnología que permite fabricar componentes de un vehículo en materiales termoplásticos, y se puede determinar si los nuevos materiales en un vehículo de combustión interna mantienen o mejoran las características mecánicas del motor, bajo las condiciones de funcionamiento normal.

Las características inherentes de los termoplásticos han sido las principales cualidades para su uso en vehículos, estos incluyen peso ligero, menores costos para grandes volúmenes y la posibilidad de ser fabricado como un componente complejo único.

Los múltiples de admisión son diseñados para reducir en lo posible el rozamiento del aire, para asegurar un flujo con un mínimo de turbulencias para evitar pérdidas y condensaciones, al utilizar termoplásticos se reduce la rugosidad, ya que su superficie es lisa, por lo tanto, la turbulencia y condensación será menor que al utilizar un material metálico como el aluminio que tiene un coeficiente de rugosidad de 0.40.

## **2. Marco de referencia**

### **2.1. Torque o par motor**

La fuerza de la explosión producida en un motor durante el proceso de combustión enviará rápidamente el pistón hacia su PMI. Esto generará el movimiento rotacional del cigüeñal por la acción de la biela. Esta fuerza rotacional se llama par motor.

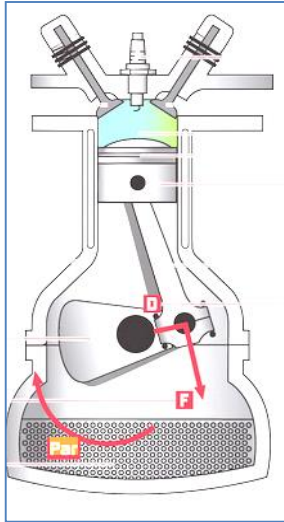
Se debe considerar que, a mayor poder explosivo dentro del cilindro, mayor será el resultado del par motor, y mayor la fuerza generada por él. Cuando el cigüeñal gira, realiza ese giro en un determinado lapso.

Si el par motor es el resultado de la fuerza que ejerce la explosión de la mezcla sobre el giro del cigüeñal, la potencia es el resultado de dicho par motor realizado en un determinado lapso.

$$\text{Par} = F * d$$

F= Fuerza. [N]

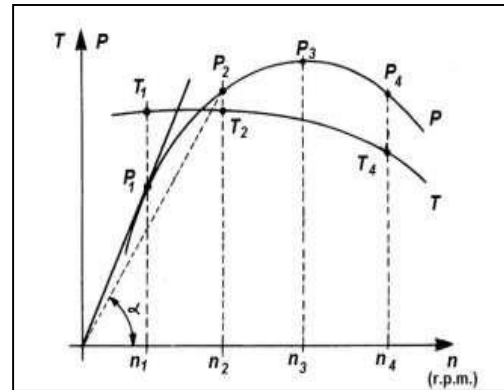
d= Distancia. [m]



**Figura 1.** Representación par motor

En los motores de combustión, la curva de par empieza siendo ascendente hasta llegar a las revoluciones donde el motor rinde el par máximo, que es el punto de diseño óptimo. A partir de ese momento, el par comienza a disminuir progresivamente.

En la figura 2 se representa en el eje horizontal las revoluciones por minuto (r. p. m.) del régimen giro (n) del motor y en el eje vertical el par (T) que proporciona durante todo su rango de funcionamiento. En los motores de combustión, la curva de par empieza siendo ascendente hasta llegar a las revoluciones donde el motor rinde el par máximo (T1), que es el punto de diseño óptimo. A partir de ese momento, el par comienza a disminuir progresivamente.



**Figura 2.** Curva del par motor y potencia

## 2.2. Potencia del motor

### 2.2.1. Potencia efectiva del motor

Es la potencia que se tiene en las ruedas, y es menor al valor de la potencia indicada debido a las pérdidas que tienen lugar hasta la salida al eje de tracción. Se la puede obtener midiendo con máquinas frenantes apropiadas o matemáticamente.

$$N_e = \frac{2 \cdot p_{me} \cdot V_h \cdot n \cdot i}{10^3 \cdot \tau}$$

$N_e$  = potencia efectiva del motor (KW)

$p_{me}$  = presión media efectiva (Pa)

$V_h$  = volumen del cilindro (m<sup>3</sup>)

$n$  = frecuencia de rotación del motor (r.p.s)

$i$  = número de cilindros

$\tau$  = número de tiempos del motor

### 2.2.2. Potencia indicada

La potencia es el trabajo o la energía desarrollada en la unidad de tiempo. En el caso de un motor, la potencia se desarrolla durante el desplazamiento del

vehículo y a diferentes estados de carga a una cierta velocidad.

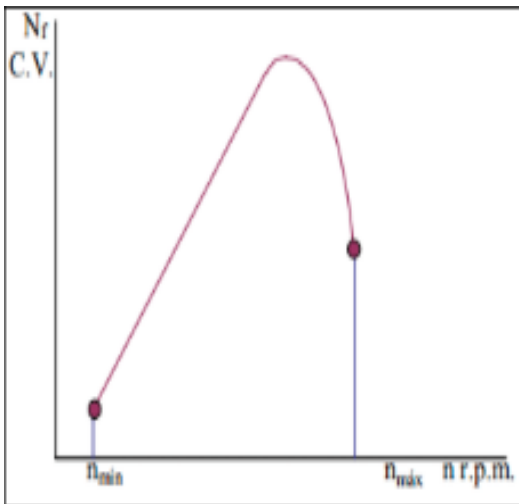
$$P=T/t$$

P= Potencia. [Watt]

T= Trabajo. [Joule]

t= Tiempo. [s]

En la figura 3, la potencia que puede ofrecer un motor de combustión interna aumenta conforme sube de régimen de giro, hasta un máximo que se alcanza cuando gira a  $n$  (r. p. m.). En estas condiciones, aunque se acelere más la velocidad del motor, este no es capaz de entregar más potencia dado que la curva entra en su tramo descendente. El límite máximo de revoluciones a la que puede girar el motor lo marca  $n_{\max}$ , establecido por las propias limitaciones de los elementos mecánicos que lo constituyen.



**Figura 3.** Curva de potencia

### 3.-COLECTORES CARACTERÍSTICAS

Al ser la pieza que hace como conductor para que el oxígeno entre a los cilindros de mejor manera, este debe ser diseñado de manera en la cual tenga un llenado rápido y efectivo en la cámara de combustión.

Los colectores se han venido desarrollando de diferentes materiales el principal el aluminio, con la implementación de nuevos materiales se ha proporcionado que cada vez se empleen más a menudo más materiales plásticos rígidos y resistentes. Estos permitirán la reducción del peso además de un ahorro en la producción.

Existen diferentes tipos de colectores dependiendo del régimen y características del motor.

Los colectores de admisión se pueden dividir en dos grupos:

- 1.- Colectores convencionales.
- 2.- Colector variable.

#### 3.1 Colector convencional

Estos serán caracterizados por no tener ningún regulador, al darnos el paso de aire a todos los cilindros por igual. Estos han sido utilizados por mucho tiempo como un claro ejemplo es la Inyección Mono punto.

### 3.2 Colector Variable

Estos trabajan según las ondas de presiones positivas y negativas que se generan en el colector producidas por el combustible.

Estas serán distintas con el objetivo de mejorar el grado de llenado en el cilindro, estos emitirán que se adapte el recorrido del aire según las necesidades del motor.

### 3.3 Temperatura

Dentro de un motor al existir explosiones producto de la combustión interna que realiza, la temperatura tiende a elevarse a porcentajes altos por lo cual se deberá trasladar esta energía calorífica de alguna manera la cual es por medio del sistema de refrigeración.

Es por ello que al estudiar al Chevrolet Corsa se habla de una temperatura normal de trabajo de 92 grados centígrados por lo cual este cuenta con un termostato el cual a los 92 grados realiza su apertura además del cierre de este se produce a los 87 grados.

Al momento de hablar de termoplásticos la temperatura es muy crítica para estos materiales ya que si pasa su límite de tolerancia a la temperatura este podría complicar su estructura, es por ello que se realiza una tabla de valores en donde se podrá hacer una comparación de los materiales que serán utilizados en este proyecto.

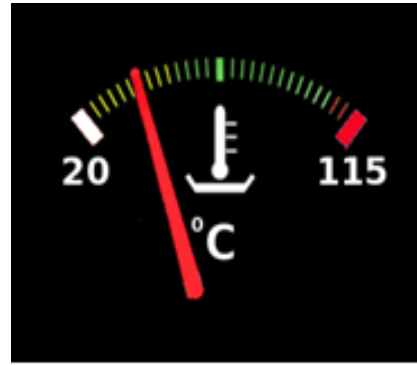


Figura 4. Temperatura motor

MATERIAL (TERMOPLASTICO)	TEMPERATURA DE REBLANDECIMIENTO
ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)	97 °C
PLA (ácido polilactico)	90°C
PET(poli etilen perefalato)	75°C

Tabla 1. Resistencia Térmica

## 4. MATERIALES Y METODOS

Los termoplásticos hacen referencia al conjunto de materiales que están formados por polímeros que se encuentran unidos mediante fuerzas intermoleculares o fuerzas de Van der

waals, formando estructuras lineales o ramificadas.

#### 4.1 Dinamómetro

El banco dinamométrico tiene la propiedad de generarle al motor del vehículo una resistencia a la tracción del mismo mediante un freno que contrarresta el par motor en forma dinámica y permite absorber la potencia y transformarla en calor por ejemplo para un freno hidráulico.

El calor resultante se transfiere el agua y permite que las pruebas sean de una duración suficiente.

La medición se realiza con una celda de carga adosada al estator del freno y el cálculo de potencia se completa con las RPM que se leen del eje del freno.

#### 4.2. Características del dinamómetro de rodillos

Alcance de revoluciones	20000 RPM
Brazo de palanca	256 mm
Alcance de potencia	200 HP – 150 KW
Tipo de dinamómetro	Rodillos

Sensor de velocidad	Óptico
Electrónica utilizada	Interfaz Motorroll con conexión a pc.
Diámetro de rodillos	165 mm
Tipo de freno	Hidráulico

**Tabla 2.** Características del dinamómetro motorroll

#### 4.3. Software del dinamómetro

Toda la información obtenida desde el módulo de adquisición de datos se despliega en un software que funciona bajo Windows. Se los puede visualizar en tiempo real o como un informe con valores instantáneos, máximos, promedios, así como las curvas de potencia y torque del motor.

Estos valores puedes compararlos para medir las diferencias ante cualquier cambio o alteración que se haya hecho al motor.



**Figura 5.** Prueba dinamómetro

#### **4.4. Múltiple de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)**

El ABS es un copolímero perteneciente a la familia de los Polímeros de Estireno y debe su nombre a los tres monómeros utilizados para su fabricación.

**Acrilonitrilo,** Butadieno y Estireno.

Al combinar tres monómeros, cada uno de ellos confiere sus propiedades sin afectar las otras:

**Acrilonitrilo:** Imparte resistencia química, estabilidad térmica, dureza superficial y resistencia al envejecimiento.

**Butadieno:** Proporciona resistencia al impacto, tenacidad y retención de propiedades a bajas temperaturas.

**Estireno:** Contribuye con brillo, rigidez y facilidad de procesamiento.

La composición de los monómeros de ABS varía en función del proceso de polimerización que se utilice siendo los rangos más comunes los siguientes:

Acrilonitrilo	25 - 35%
Butadieno	15 - 30%
Estireno	45 - 55%



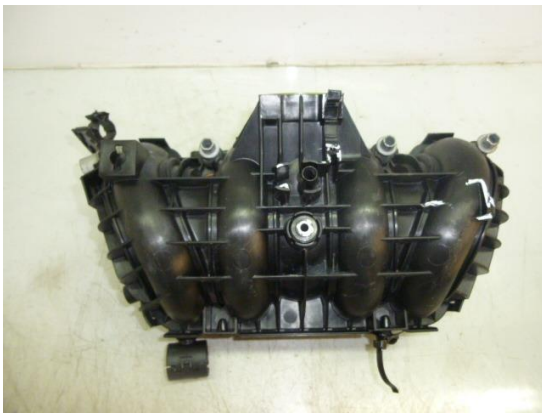
**Figura 6.** Múltiple de material termoplástico

#### **4.5. Múltiple de PLA (Ácido poliláctico)**

El PLA es un polímero biodegradable, tiene su origen en el almidón proveniente de vegetales como: maíz, yuca, trigo, remolacha o caña de azúcar, lo que facilita su fuente de extracción alejándola de los procesos de transformación de los

hidrocarburos que caracterizan la obtención de otros polímeros.

De esa forma se asegura una reinserción natural a lo largo de su ciclo de vida, al contrario que plásticos derivados de hidrocarburos como el ABS.



**Figura 7.** Múltiple de material

#### **4.6. Múltiple de PET (Polietileno tereftalato)**

El PET es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol.

Pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres y a

partir de 1946 se lo empezó a utilizar industrialmente.

La aplicación principal en el mercado del PET son los envases rígidos, a partir de 1976.



**Figura 8.** Múltiple de material Termoplástico

## **5. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

Al encontrarse distintos materiales los cuales fueron utilizados para poder diseñar 3 tipos de colectores de admisión, se ha analizado por un lado los resultados de las pruebas dinámicas y por otro lado las características de los materiales para así proceder con los siguientes resultados.

Al concluir con la pruebas pertinentes se llega a la conclusión basándose en el



cuadro comparativo de temperaturas que dentro de estos tres termoplásticos utilizados para este proyecto tenemos que la temperatura normal de trabajo del vehículo escogido es de un grado normal de 92°C por lo cual los termoplásticos ABS Y PLA no tuvieron problema en poder desarrollar la prueba de potencia y torque desarrollada en el vehículo , pero basándose en los datos recogidos anteriormente se puede comprobar que el termoplástico PET al tener una temperatura de reblandecimiento de 75°C este se deforma antes de poder realizar la prueba pertinente.

### 5.1. Pruebas de torque y potencia

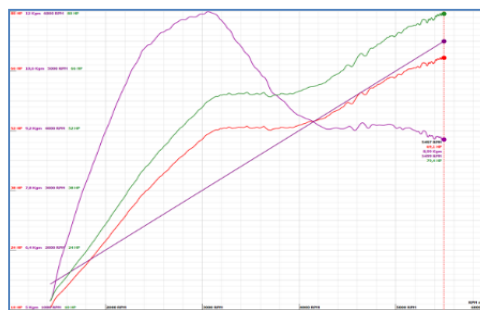
Antes de realizar las respectivas pruebas estándar y con los diferentes múltiples termoplásticos, se realizó el mantenimiento del motor, el cual consta de cambio de filtro de aire, cambio de filtro de combustible, reemplazo de bujías y cables de bujías, limpieza de inyectores.

Una vez calibrado el software del dinamómetro y tomando las respectivas consideraciones de seguridad y ubicación del vehículo, se procede a encender el

ventilador y el motor para que llegue a su temperatura normal de funcionamiento.

Se procede a acelerar el vehículo hasta que llegue a la cuarta velocidad que es donde tiene una relación más cercana a 1:1 y se acelera a fondo, el software se auto inicia de acuerdo a la calibración que se puso anteriormente y corta la prueba al llegar a 5500 rpm obteniendo la siguiente curva.

#### 3.6.1. Curva del torque y potencia con el colector de admisión estándar.

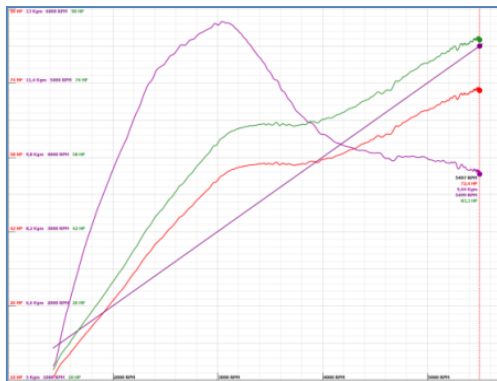


**Figura 9.** Torque y potencia con el múltiple estándar.

Aceleración	100 %
Combustible	Gasolina extra
Marcha de la prueba	Cuarta velocidad
Tiempo de aceleración	de 20,82 seg.
Potencia del	79,6 hp

motor	
Revoluciones de corte	5501 rpm
Torque máximo	11,99 Kgm
Potencia efectiva medida	69,2 hp

**Tabla 3.** Datos obtenidos prueba estándar  
**3.6.3. Curva del torque y potencia con el colector de admisión ABS.**



**Figura 10.** Torque y potencia con el múltiple ABS.

Aceleración	100 %
Combustible	Gasolina extra
Marcha de la prueba	Cuarta velocidad
Tiempo de aceleración	25,68 seg.

Potencia del motor	84,1 hp
Revoluciones de corte	5494 rpm
Torque máximo	12,73 Kgm
Potencia efectiva medida	73,1 hp

**Tabla 4.** Datos obtenidos prueba con ABS

**3.6.4. Curva del torque y potencia con el colector de admisión PLA.**



**Figura 11.** Torque y potencia con el múltiple PLA.

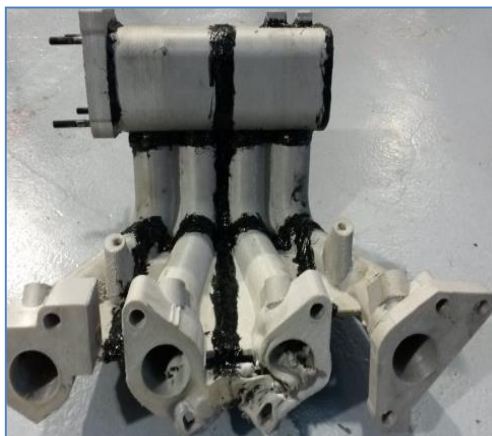
Aceleración	100 %
Combustible	Gasolina extra
Marcha de la prueba	Cuarta velocidad
Tiempo de aceleración	24,92 seg.
Potencia del	83,4 hp

motor	
Revoluciones de corte	5501 rpm
Torque máximo	12,54 Kgm
Potencia efectiva medida	72,6 hp

**Tabla 5.** Datos obtenidos de la prueba con PLA.

### 3.6.5. Curva del torque y potencia con el colector de admisión Termoplastico A

Al encender el vehículo para que alcance a su temperatura normal de funcionamiento y proceder a realizar la prueba dinamométrica, el múltiple de material PET no resistió la temperatura que se transmitió del motor hacia el múltiple a través de los pernos que se encuentran en los cilindros número dos y tres.

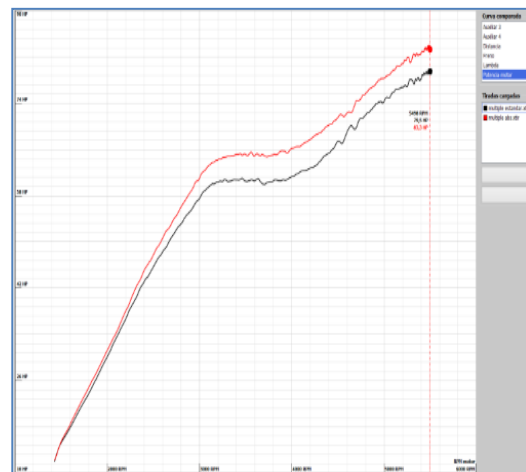


**Figura 12.** Deformación del múltiple PET en los cilindros dos y tres.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

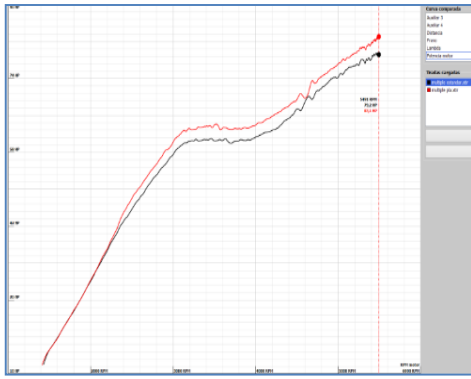
Como se mencionó anteriormente el múltiple de material PET se deformó antes de realizar las primeras pruebas, por los que no se lo tomará en cuenta para los análisis.

### 6.1. Potencia



**Figura 13.** Comparación de potencia estándar vs ABS

Donde el color rojo representa la curva del múltiple de material ABS y el color negro el colector estándar.

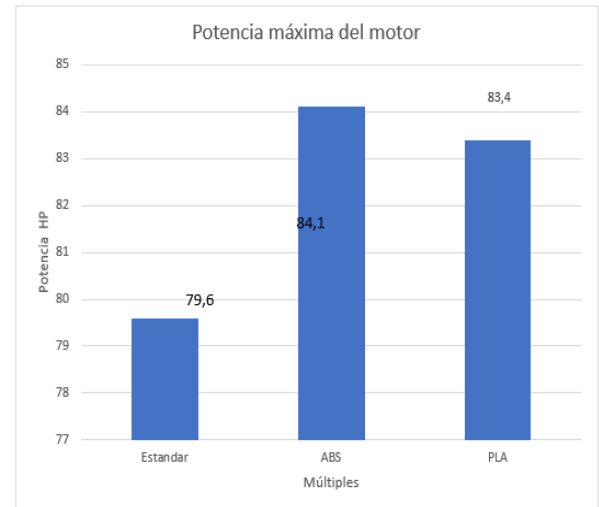


**Figura 14.** Comparación de potencia estándar vs PLA

Donde el color rojo representa la curva del múltiple de material PLA y el color negro el colector estándar.

Múltiple de admisión	Tiempo de prueba	RPM del motor	Potencia del motor
Estándar	20,82 seg	5501	79,6 hp
ABS	25,68 seg	5494	84,1 hp
PLA	24,92 seg	5501	83,4 hp

**Tabla 6.** Potencia obtenida de los diferentes múltiples.

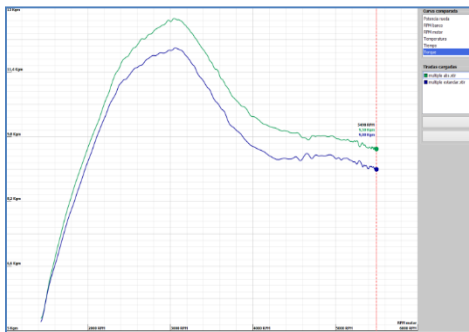


**Figura 15.** Comparación de las potencias del motor

La potencia del motor con los múltiples de material termoplástico tuvo un incremento de 4,5 hp para el de ABS lo que representa un 5,65 % y de 3,8 hp para el de PLA que es un 4,77 % en comparación con el estándar, por motivo de que los materiales no transfieren el calor y el aire a la salida del múltiple se encuentra más frío y tiene una mayor densidad, haciendo que entre una cantidad mayor de aire al motor y tenga un mejor llenado.

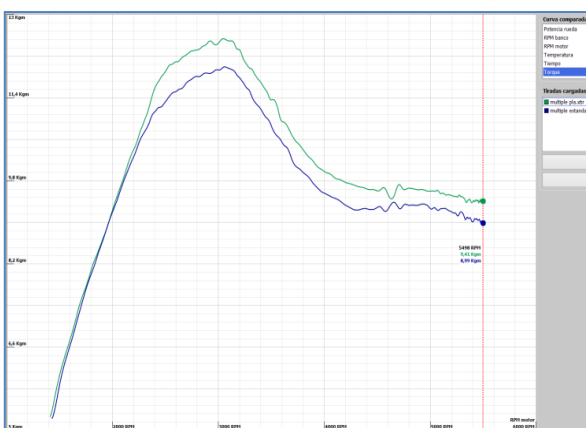
También los múltiples de ABS y PLA presentan superficies más lisas que el de aluminio, haciendo que cuando se acelere a fondo el aire que entra al motor encuentre menos resistencia, por lo que su llenado es más eficiente.

## 6.2. Torque



**Figura 16.** Comparación de torque estándar

Donde el color verde representa la curva del múltiple del material ABS y el color azul el colector estándar.

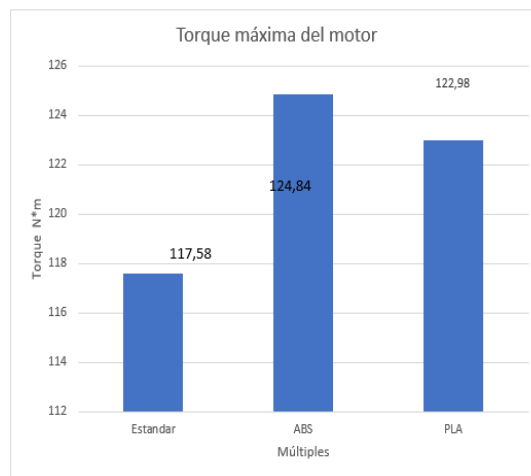


**Figura 17.** Comparación de torque estándar

Donde el color verde representa la curva del múltiple de material PLA y el color azul el colector estándar.

Múltiple de admisión	Tiempo de prueba	RPM del motor	Torque del motor
Estándar	20,82 seg	5501	117,58 Nm
ABS	25,68 seg	5494	124,84 Nm
PLA	24,92 seg	5501	122,98 Nm

**Tabla 7.** Torque obtenido de los diferentes múltiplos.



**Figura 18.** Comparación de los torques del motor

El torque del motor con los múltiplos de material termoplástico tuvo un aumento de 7,26 Nm para el de ABS lo que representa un 6,17 % y de 5,4 Nm para el de PLA que es un 4,59 % en relación con

el estándar, recordando que el torque es directamente proporcional a la potencia, se justifica que a mayor potencia, mayor será el torque.

Como se puede ver en las figuras 190 y 191, hay más torque desde el inicio de las pruebas en ambas comparaciones.

## 7. CONCLUSIONES

- Se construyó colectores de admisión, en una impresora 3D de material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno para comprobar los parámetros mecánicos del motor CORSA 1.4 SOHC con respecto al fabricante, tratando de mejorar las características internas que permiten variar el flujo a ser mejor laminar que el original.
- Se realizó las pruebas para determinar la potencia y torque del motor CORSA SOHC del vehículo Chevrolet 1.4 lt. cuando se utilizó los diferentes tipos de colectores fabricados.
- La temperatura de funcionamiento del colector de admisión termoplástico ABS es mucho más baja que el colector de aluminio (43 y 68 °C) respectivamente, lo cual es muy oportuno, ya que así el aire que ingresan a los cilindros para la combustión entra más frío, y así se tiene mayor masa de aire en los cilindros.
- La temperatura de fusión del termoplástico ABS es de 250 °C, lo cual evita que el colector de admisión resista la temperatura de funcionamiento del motor que es aproximadamente 95 °C.
- La potencia obtenida por los colectores de admisión ABS, PLA y estándar, fueron 84.1, 83.4 y 79.6 HP respectivamente; en lo cual se puede concluir que, si se obtiene una mayor potencia utilizando el colector de admisión ABS, y su diferencia con el estándar es de 4.5 HP. El porcentaje en incremento es de 5.65%.
- En relación al torque con el termoplástico ABS se obtuvo 124.84 Nm, y con el colector

estándar 117.58 Nm, lo que indica que el torque también aumento considerablemente, y el vehículo por tal tendrá mejores rendimientos en carretera con pendientes con ángulos muy pronunciados. El porcentaje en incremento es de 6.17%.

## 8. REFERENCIAS

- 1) Pesis, Hernán. (2015). Motos: motores de 2 y 4 tiempos, Fox Andina. (pág. 73). Buenos Aires.
- 2) Heywood, J. (1998). Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill. New York.
- 3) Rodríguez, Hermenegildo. Ingemecánica. (30 de Mayo de 2017). Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- 4) Mena, Luis. (2011). Compilador de ejercicios de motores de combustión intera Diesel-Gasolina. Nueva Aurora. (págs. 48). Ecuador, Quito.
- 5) Sánchez, Mariano. (2012). Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos. Innova. Málaga.
- 6) Motorroll, Argentina. (18 de Julio de 2015). Motorroll. Obtenido de <http://www.motorroll.com/>
- 7) Hoechst. (1997). Enciclopedia del plástico. Impi (pág. 155). México.
- 8) Castro. dima3d. (17 de Febrero de 2015). Obtenido de <http://www.dima3d.com/pla-material-interes-y-consejos-de-impresion-3/>
- 9) PET. Tecnología de los Plásticos. Fabricación de Piezas Automotrices con el Mejor Termoplástico. (30 de Mayo de 2011). Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>



- 10) Accudyno. (08 de Enero de 2017). Accudyno PRO. Obtenido de <http://www.accudyno.com/accudyno-pro/>
- 11) Montes, M., Muñoz, M., & Rovira, A. (2014). Ingeniería térmica. UNED. Madrid, España.

# ANEXOS

## REFERENCIAS

- Referencia N1

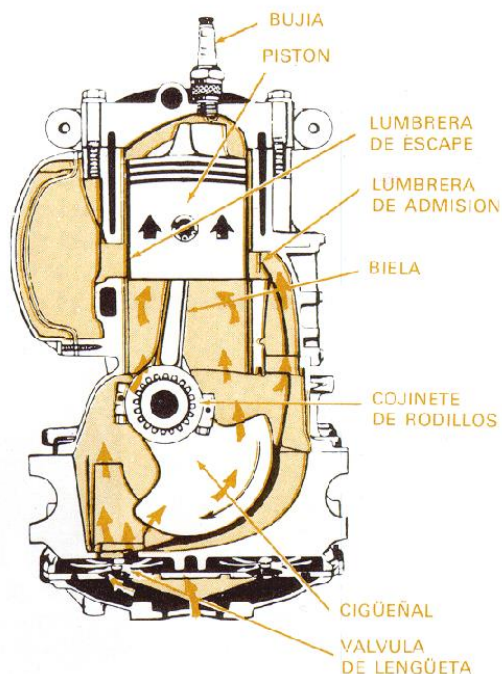
## MOTORES

### MOTOR DE 2 TIEMPOS

El motor de dos tiempos fue el primer motor de combustión interna que se construyó. La fabricación, mantenimiento y funcionamiento es mucho más sencillo que el motor de cuatro tiempos, a continuación, explicaremos sus partes básicas y el ciclo de funcionamiento.

Para la construcción de un motor de dos tiempos nos podemos basar en dos ciclos, el Otto y el Diesel. En este apartado solo citaremos el motor de dos tiempos de Otto, ya que el Diesel no se utiliza hoy en día.

(Motor de 2 tiempos: Aquí vemos la estructura básica de un motor de dos tiempos con el nombre de todas las piezas básicas del motor)



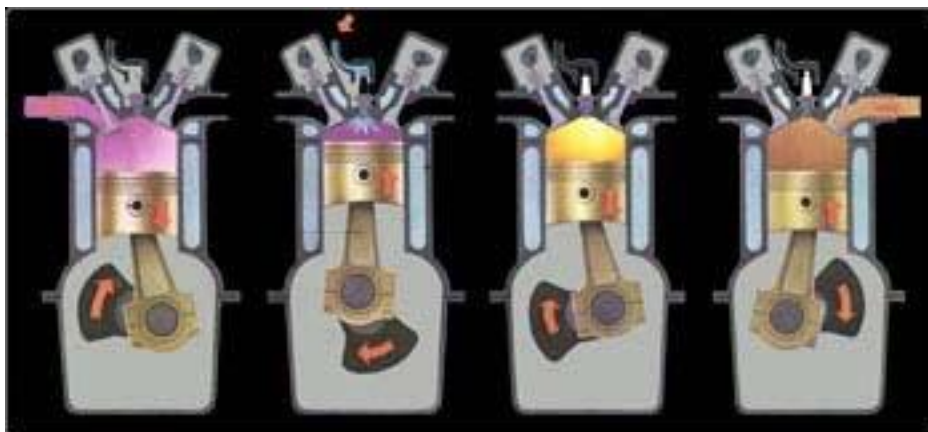
Ciclo Otto de 2 tiempos:

**1er tiempo: Admisión – compresión:** Cuando el pistón está en el punto más bajo, es decir en el Punto Muerto Inferior (PMI), empieza el proceso de admisión. La lumbrera de admisión deja pasar el carburante (aire y combustible) hacia el cilindro. Una vez aspirado el carburante el pistón va ascendiendo mientras comprime la mezcla.

**2o tiempo: Expansión - escape de gases:** En el momento que el pistón está en el punto más alto, es decir, el Punto Muerto Superior (PMS), la bujía (en caso del ciclo Otto) hace saltar una chispa que enciende la mezcla, incrementando la presión en el cilindro y hace desplazar al pistón hacia abajo. Cuando está a la altura de la lumbrera de escape, la propia presión de los gases tiende a salir del cilindro, dejando al cilindro vacío para volver a empezar un nuevo ciclo.

Este motor como podemos observar hace un trabajo en cada revolución, es decir una explosión en cada vuelta del cigüeñal. Esto crea una mayor potencia frente a los motores de cuatro tiempos que hacen una explosión cada dos vueltas del motor. También, el motor de dos tiempos incorpora menos piezas móviles como las válvulas, levas, árbol de levas, etc., y su funcionamiento es más sencillo. En contrapartida el motor de

## CICLO OTTO DE 4 TIEMPOS



Ciclo 4 tiempos.

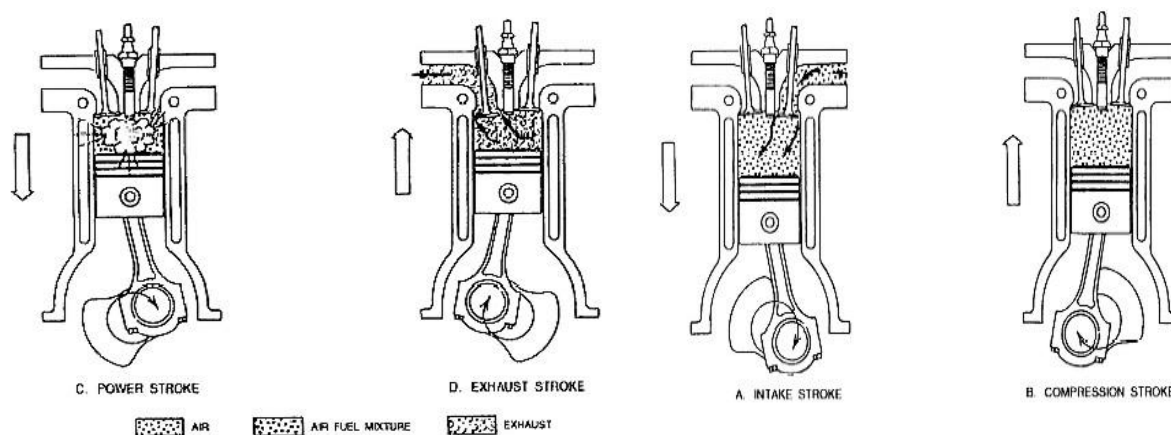
**1er tiempo: Admisión:** En el momento que el pistón está en el punto más alto (PMS), la válvula de admisión se abre y el propio pistón por el vacío que se crea dentro del cilindro aspira la mezcla (aire y combustible) hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI).

**2o tiempo: Compresión:** Después del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo la mezcla hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS)

**3er tiempo: Expansión:** Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, la bujía hace saltar una chispa y enciende la mezcla, aumentando la presión en el cilindro y haciendo descender el pistón hacia el punto más bajo (PMI). En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.

**4o tiempo: Escape de gases:** Cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior. En el momento que llega al punto más alto (PMS) la válvula de escape se cierra.

### Ciclo Diesel de 4 tiempos



Ciclo 4 tiempos motores diesel

**1er tiempo: Admisión:** En el momento que el pistón está en el punto más alto (PMS), la válvula de admisión se abre y el pistón aspira aire fresco (a diferencia del ciclo Otto de 4 tiempos) hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI).

**2o tiempo: Compresión:** Después del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo el aire hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS)

**3er tiempo: Expansión:** Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, el inyector se encarga de inyectar el combustible dentro del cilindro. La propia presión del aire enciende la mezcla, aumenta la presión en el cilindro y desciende el pistón hacia el punto más bajo (PMI). En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.

**4o tiempo: Escape de gases:** Cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases

### **Ciclo Wankel de 4 tiempos**

El ciclo Wankel es un proceso muy similar al motor Otto de 4 tiempos, aunque en este caso la única pieza móvil dentro del motor (sin contar válvulas) es el rotor, es una pieza con forma de triángulo equilátero que va girando constantemente (a diferencia del motor a pistón que tiene puntos muertos) y por lo tanto es la pieza que realiza el trabajo.

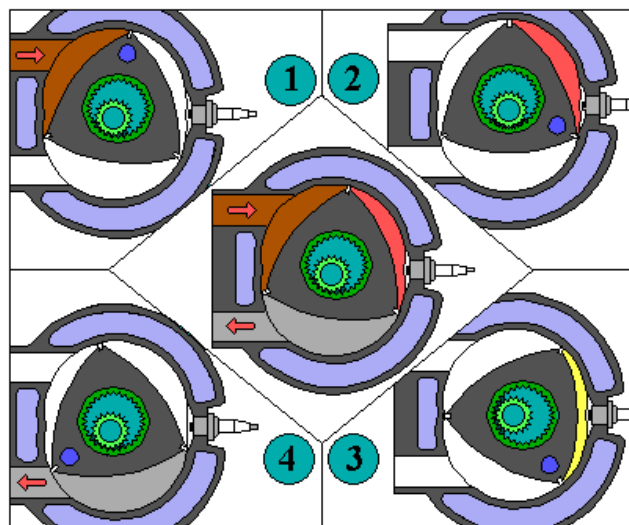
**1er tiempo: Admisión:** La entrada de admisión permanece constantemente abierta. Cuando cualquiera de los tres lados del rotor pasa por esa apertura, este aspira la mezcla de carburante.

**2o tiempo: Compresión:** La parte del estator donde ocurre el proceso de compresión (lugar donde ocurren los procesos) es más estrecha que todas las demás. El rotor trae la mezcla que ha cogido en el proceso de admisión donde aquí al ser más estrecho se comprimirá.

**3er tiempo: Expansión:** Una vez comprimida la mezcla, la bujía hace saltar una chispa que empujará el rotor para que siga su recorrido. En este tiempo de expansión es donde se realizará el trabajo útil.

**4o tiempo: Escape de gases:** Aquí, al igual que en el tiempo de admisión, la apertura de escape permanece constantemente abierta. Una vez que ha explotado la mezcla, los gases están a alta presión. Entonces al encontrar esta apertura los gases quemados salen por su propia presión. A partir de aquí vuelve a empezar el ciclo.

El rotor de este motor como vemos es idéntico en todas sus partes, la única pieza que no es de forma igual es el estator o carcasa. Por lo tanto, como el rotor es simétrico, los cuatro procesos (admisión, compresión, expansión y escape) ocurren tres veces en cada revolución. Esto quiere decir que da tres explosiones por revolución a diferencia del motor Otto o Diesel de 4 tiempos que solo da una explosión cada dos revoluciones.



Motor Wankel

Este motor además de tener como ventaja frente al motor Otto o Diesel de 4 tiempos, 3 explosiones por revolución, dando una potencia mucho más elevada para la misma capacidad, tiene otras muchas ventajas como: 40% menos de piezas, la mitad de volumen con un peso similar a los motores de pistón, un diseño más simple, con pocas vibraciones y no hay problemas de disipación de calor.

En contrapartida el motor Wankel tiene desventajas muy importantes como son los problemas de estanqueidad que presenta en la parte saliente del rotor, pudiendo compartir gases de diferentes fases y esto provoca un gran problema que lo hacen estar lejos de los motores alternativos a pistón. También como contrapartida tiene un diferencial de temperatura muy grande. La parte donde ocurre la admisión y compresión son fases frías donde la temperatura no pasa de los 150oC, en cambio las fases de expansión y escape llegan a sobrepasar temperaturas de 1000oC, creando esta diferencia de temperatura y es un problema a la hora de refrigerar.

El motor rotativo Wankel aunque por el momento no está en auge, hay algunas marcas que utilizan sus motores para la venta al usuario e incluso equipan sus motores en competiciones muy importantes como las 24 horas de Le Mans. Esta marca que patrocina tanto este motor es Mazda.

El combustible utilizado en este motor es el mismo que se utiliza en el motor Otto o motor de explosión, la nafta o comúnmente llamada gasolina.

### Turbinas de gas y turborreactores

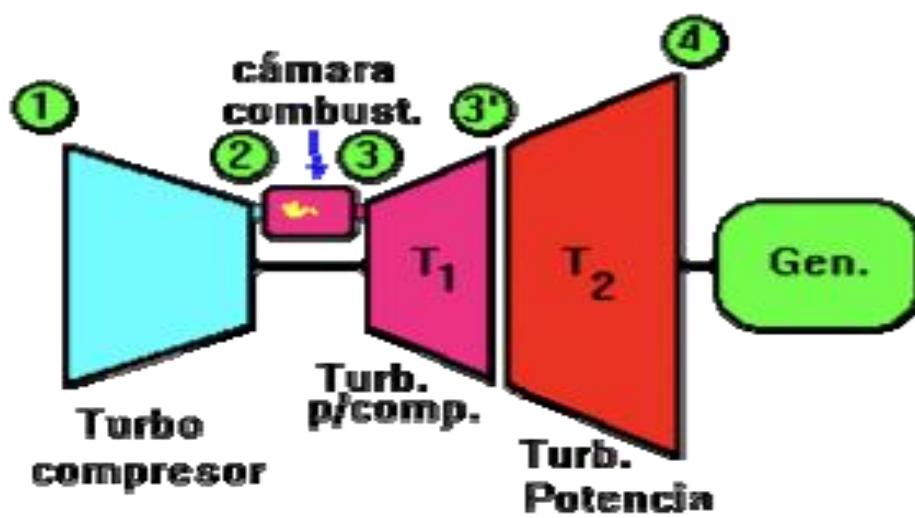
Las turbinas de gas y los turborreactores son también considerados motores de combustión interna. Este motor es mucho más sencillo que cualquier otro motor de combustión interna y su funcionamiento también lo es. Es considerado un motor de combustión interna porque la combustión ocurre dentro del motor y porque las fases son parecidas a los demás motores.

Primeramente, el compresor recoge el aire del exterior (fase 1 de admisión). El compresor (movido por la turbina 1 -T1-) presiona el aire para meterlo en la cámara de combustión (fase 2 de compresión). Después se enciende el combustible mezclado con aire que ha enviado el compresor y esos gases se expanden por la primera turbina y más tarde por la segunda turbina.

presión

La  
de esos

- 21 -



Los gases hacen mover a las dos turbinas y estas últimas mueven un cigüeñal o eje motor (fase 3 de expansión). Finalmente, los gases salen al exterior (fase 4 de escape de gases).

El funcionamiento de la turbina de gas es idéntico a los turbo-compresores utilizados en los motores alternativos a pistón para comprimir el aire de admisión. La turbina de gas tiene un alto rendimiento térmico, es decir con poco combustible es capaz de entregar una gran potencia. Con una pequeña turbina de gas podemos entregar potencias mucho mayores que cualquier otro motor de combustión interna. En contrapartida, la turbina de gas para que entregue esa gran potencia, necesita un régimen de giro muy alto, por lo tanto en arrancadas es un motor muy débil. También a estas turbinas les cuesta mucho cambiar de régimen lo que no dejaría efectuar grandes aceleraciones a pequeñas velocidades. Eso la deja lejos del mercado de los en automóviles.

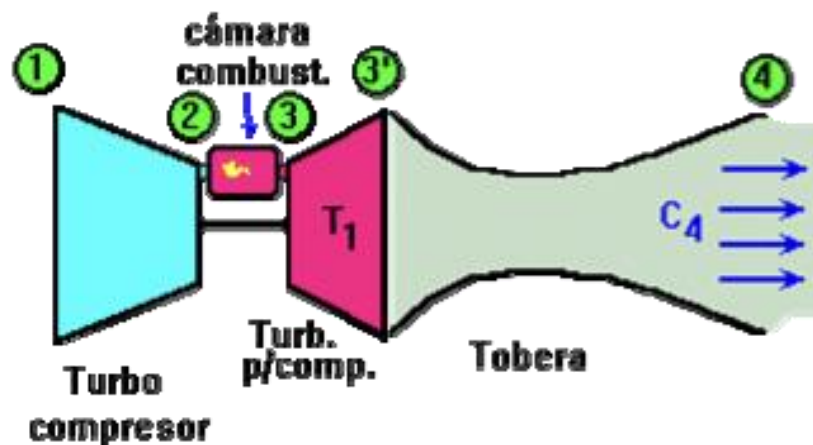
Es utilizada para mover hélices en la antigua aviación, actualmente se utilizan para la propulsión de aviones a reacción, es decir para impulsar el avión antes de volar. En automoción se han hecho algunos prototipos como el Volvo ECC, aunque no se llevó a la venta. Donde más se utilizan estos motores es en generadores de corriente en centrales térmicas.

Otro tipo de motor de combustión interna es el turborreactor, donde su funcionamiento es muy parecido a la turbina de gas.

Primeramente, al igual que en la turbina de gas, el compresor recoge el aire del exterior (fase 1 de admisión). El compresor (movido por la turbina 1 -T1-) presiona el aire para entrarlo en la cámara de combustión (fase 2 de compresión). Después se enciende el combustible



mezclado con aire que ha enviado el compresor y esos gases se expanden parcialmente por la primera turbina. La turbina al moverse hace mover al compresor que va fijado a ella mediante un eje, esto provoca poder seguir con la compresión. Los gases cuando salen de la turbina se acaban expandiendo en el exterior, transformando esa energía en energía cinética de los gases que provocará una gran potencia de reacción (fases de expansión y de escape).



El principio de funcionamiento del turborreactor es el famoso fenómeno físico de acción reacción, es decir, al salir los gases de la turbina se expanden en el exterior provocando una fuerza contraria de igual de modulo que la que ellos hacen, por lo tanto impulsan el avión.

Los turborreactores o motores a reacción son los motores que se utilizan hoy en día en la aviación, sobre todo en aviones supersónicos, es decir aviones capaces de traspasar la velocidad del sonido.

## Referencia N2

### CURVAS DE POTENCIA Y PAR

En el momento de construir un motor, es muy importante hacer una estimación del comportamiento de este motor en diferentes regímenes, de esta manera a partir de las características de cada motor podemos deducir el comportamiento que tendrá y lo podremos

ajustar lo más posible al trabajo que haya de realizar o al mercado del usuario (en caso de automóviles).

El comportamiento del motor en diferentes regímenes se representa en las curvas de potencia y par, por lo tanto, dicho de otra manera, las curvas representan la potencia y el par que da para cada régimen que en cada motor es distinta.

Estos gráficos se obtienen en ensayos prácticos en un banco de potencia. Se utiliza un método donde al motor se le impacta una resistencia a vencer (resistencia al freno) y a partir del comportamiento del motor contra una resistencia a vencer se dibujan estas gráficas.

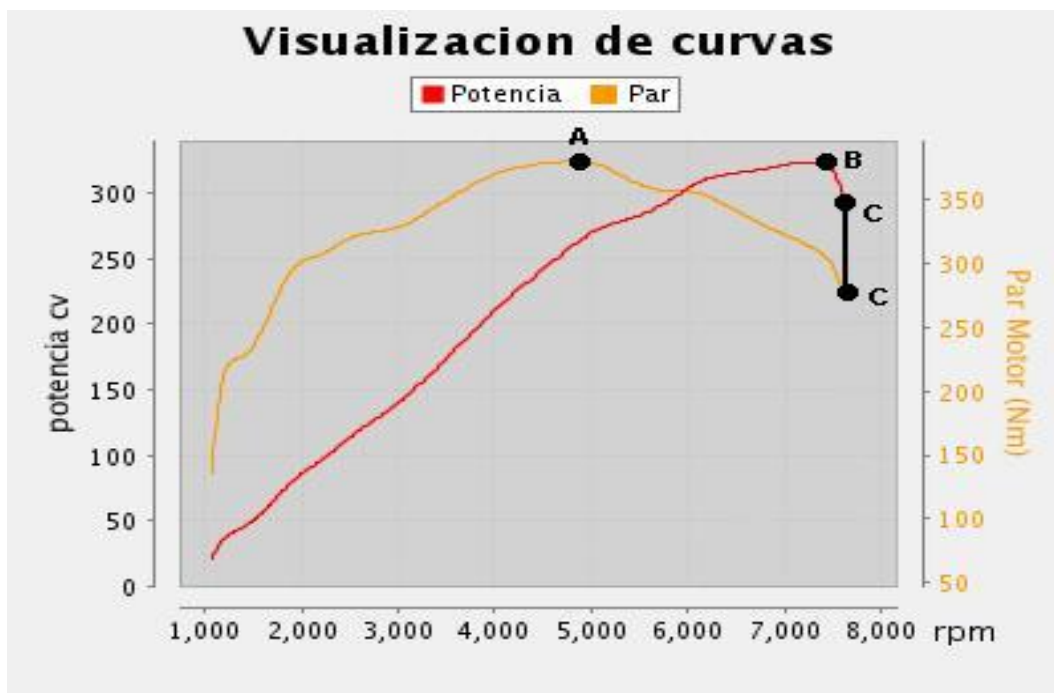
Las curvas de potencia y par, están representadas por tres parámetros distintos: la potencia generada, generalmente en caballos de vapor (Cv) o Kilowatts (Kw), el par motor o trabajo realizado por vuelta del motor en kilogramos fuerza por metro (kgm) o Newton por metro (Nm), y por ultimo tenemos las revoluciones o vueltas por minuto del motor (rpm).



Los dos gráficos representados son: la curva de potencia (curva roja) y la curva de par motor (curva amarilla). Las revoluciones del motor (rpm), es el parámetro por el cual podemos ver como evoluciona el par motor y la potencia.

Tal y como vemos en la gráfica, podemos distinguir 3 puntos distintos, A, B y C:

- El punto A representa el máximo par de este motor (BMW M3 3.0 V6 343 cv) y podemos observar que lo obtiene alrededor de las 5000 rpm. El máximo par como hemos citado en el apartado anterior se obtiene por el máximo rendimiento volumétrico del motor (llenado del cilindro), por lo tanto la explosión es más violenta y la fuerza transmitida al pistón y al cigüeñal se efectúa con más fuerza. Este será el punto de máxima aceleración del vehículo.
- El punto B representa la máxima potencia del motor, podemos observar que la potencia máxima se obtiene a altas rpm del motor ya que esta va en función del par motor y de las rpm. La potencia es la cantidad de par motor (trabajo) que realiza por rpm (tiempo).
- El punto C representa la máxima revolución de este motor. Este punto viene dado porque el par decrece tanto que la potencia también empieza a decrecer. Si pasásemos de esta velocidad del motor no solo la aceleración del vehículo sería mucho menor, sino que, el consumo sería muy elevado (dado que el rendimiento es



mucho menor) y sería muy fácil averiar el motor.

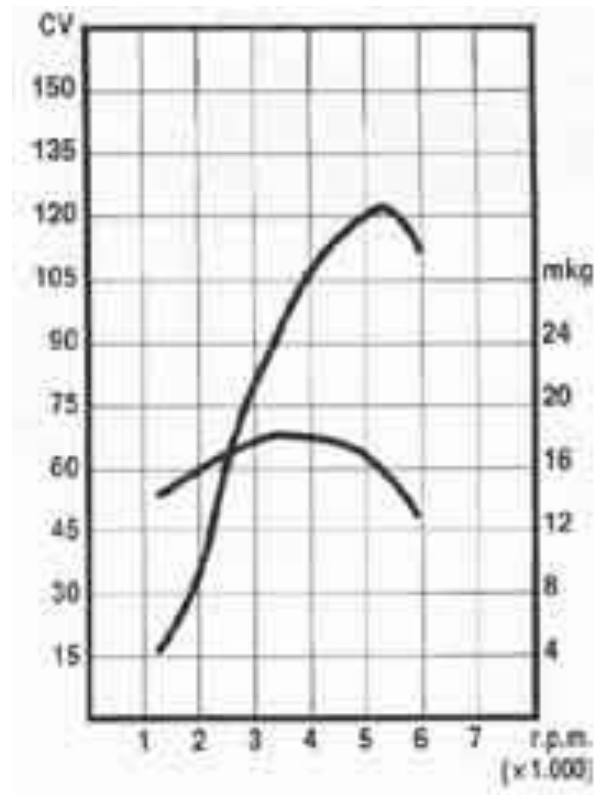
Normalmente el usuario al comprar un vehículo únicamente tiene en cuenta la potencia máxima del motor, pero ahora veremos como estas curvas representan muy bien que la potencia máxima del motor no es lo único que hay que tener en cuenta a la hora de comprar un automóvil.

Cómo evoluciona la curva de potencia es lo que realmente importa, ha de ser una evolución lo más lineal posible, es decir, sin cambios bruscos de pendiente. Esto se consigue a partir de la curva de par, donde interesa que sea constantemente lo más próxima a su máximo. Los motores utilizados en vehículos (4 tiempos), pueden tener 3 comportamientos diferentes:

Este comportamiento es el más común en motores de vehículos de 4 tiempos, esta gráfica en concreto pertenece a un Seat Ibiza GTi, con un motor de explosión de 4 cilindros de 2 litros de cilindrada y de 2 válvulas por cilindro. Podemos observar en esta gráfica donde el máximo par se obtiene en un régimen medio (18,4 Kgm a 3400 rpm) y el incremento de potencia es muy elevado desde las 2000 rpm hasta las 4000 rpm, donde a 4000 rpm ya obtiene 105 cv de potencia. A partir de ahí, la potencia y el par empieza a decrecer considerablemente hasta llegar a las 5400 rpm que es donde se obtiene 120 cv, su máxima potencia.

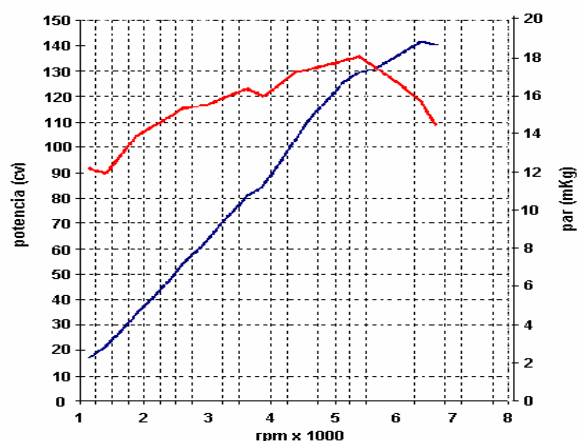
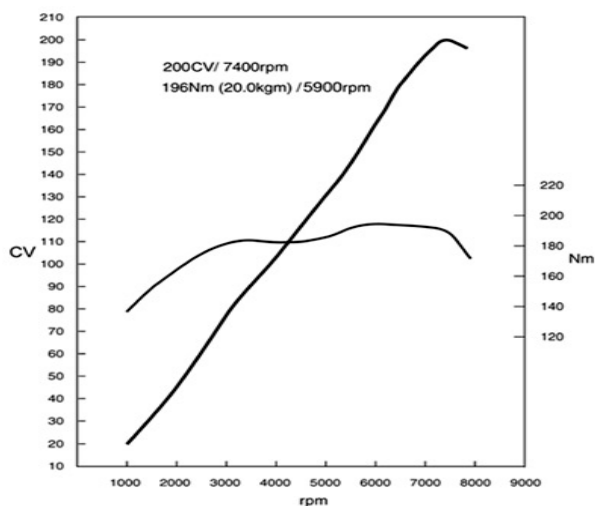
A partir de ahí el par, y por lo tanto la potencia decrecen demasiado hasta alcanzar su máximo régimen a las 6100 rpm. Esto significa que este motor es un motor preparado para trabajar a un régimen medio, donde no vale la pena subirlo de las 4000 rpm. De esta gráfica también podemos deducir que el máximo rendimiento volumétrico lo obtiene a regímenes más bien bajos. Este comportamiento es producto de diferentes características del motor

(válvulas por cilindro, características del colector, etc.) que se explicarán en los próximos temas.



Esta gráfica de potencia y par pertenece al motor equipado por el Peugeot 206 GTi, con un motor de explosión de 4 cilindros, de 2 litros de cilindrada y de 4 válvulas por cilindro. Esta gráfica, a diferencia de la otra, podemos observar que el máximo par (18 kgm) lo obtiene a un régimen muy elevado, alrededor de las 5500 rpm. Antes de ese número de vueltas, el motor se queda algo escaso de potencia por debajo de las 4000 rpm (90 cv a 4000 rpm). Se puede observar como este motor es un motor preparado para trabajar a altas rpm, el par es muy bajo por debajo de las 4000 rpm y se mantiene bien hasta las 5500 rpm.

A partir de ahí el par empieza a decrecer



hasta las 6500 rpm donde el par ya decrece muy rápido y alcanza la máxima potencia del motor (140 cv a 6500 rpm). A partir de ahí la potencia y el par decrecen considerablemente hasta alcanzar su máximo régimen a las 6800 rpm. A partir de esta gráfica podemos deducir que el llenado de los cilindros a bajo y medio régimen es muy pobre, aunque a altas rpm el rendimiento volumétrico es efectivo. Esto significa que al trabajar bien a alto régimen, posiblemente equipará más de 2 válvulas por cilindro (efectivamente este en concreto equipa 4 válvulas por cilindro), colectores de gran diámetro y de corta longitud.

Esta gráfica pertenece a un Honda Civic Type R, equipada con un motor de explosión de 4 cilindros con 2 litros de cilindrada y de 4 válvulas por cilindro. Este comportamiento es el comportamiento que más se acerca a la máxima efectividad para cualquier motor de combustión interna, donde podemos observar que el par es casi constante desde las 3000 rpm hasta las 7400 rpm. Esto quiere decir, que el trabajo realizado por el motor será potente y constante en regímenes bajos, medios y altos. Podemos ver que el máximo par lo obtiene a las 5900 rpm (20 kgm), aunque lo obtenga a un número alto de rpm, lo mantiene muy bien hasta las 7400 rpm que es donde obtiene su máxima potencia (200 cv). A partir de ahí el par y la potencia empiezan a decrecer considerablemente hasta alcanzar el máximo régimen de revoluciones que es capaz de alcanzar (8000 rpm). A partir de esta gráfica también podemos deducir las características técnicas del motor: para mantener el par desde regímenes bajos hasta altos va equipado con un sistema de distribución variable (2 válvulas por cilindro para bajas rpm y 4 válvulas para altas rpm) y posiblemente equie un sistema de colectores variables (varia la longitud y diámetro del colector).

Hemos comparado 3 motores de explosión de cilindradas iguales (2000 cm<sup>3</sup>) y hemos analizado como puede variar el comportamiento del motor a partir de modificar diferentes parámetros (válvulas por cilindro, colectores, etc.) y de qué manera se comportarán.

Hemos observado que el Honda Civic Type R para el mismo motor (2 litros de cilindrada) es capaz de generar 200 cv de potencia con un par máximo de 20 kgm. Este par tan elevado frente a los otros motores lo obtiene porque tiene un gran rendimiento volumétrico gracias al sistema muy logrado de distribución y alimentación. No solo el par es más elevado que los otros motores, sino que la potencia es muy superior, lo consigue gracias al incremento de rpm que tiene respecto al Ibiza y al 206.

Con todo esta comparación lo que quiero llegar a dar a entender es que en un motor no solo importa su capacidad cubica o cilindrada que pueda llegar a tener, sino que depende de muchos más factores como en este caso muy claro es el número de válvulas por cilindro.

## 1- Par motor

### 1.1- Generalidades

En un motor de explosión de un vehículo, la combustión de la mezcla combustible-aire genera un aumento de la presión y temperatura en el interior de los cilindros del motor. Esta presión interior produce a su vez una fuerza (F) de empuje sobre el pistón que lo desplaza generando el clásico mecanismo de biela-manivela de los motores de combustión interna alternativos, donde el movimiento de traslación del pistón en el interior del bloque motor se transforma en un movimiento circular de giro del cigüeñal.

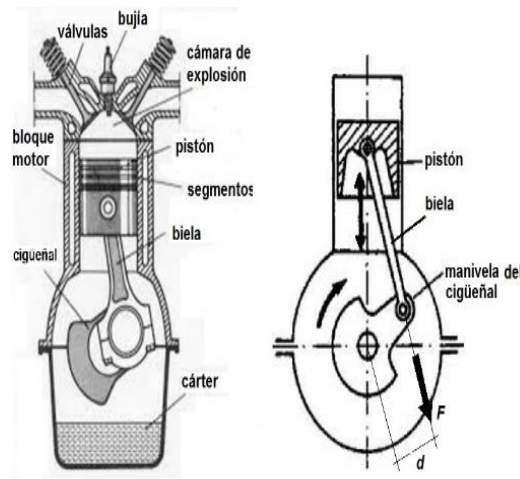


Figura 1. Mecanismo biela-manivela del motor de explosión

Pues bien, el par motor o "torque" (T) es el producto de la fuerza aplicada (F) de empuje a los cilindros por la distancia (d) al eje geométrico de giro del árbol del cigüeñal.

$$T = F \cdot d$$

El par o torque motor se mide, según el Sistema Internacional de Unidades, en Newton metro (N·m), aunque también puede aparecer expresado a la inversa, metro Newton (m·N).

### 1.2- Curva de par

Intuitivamente se entiende que la fuerza (F) que produce el par motor es una fuerza variable, que en el caso de un motor de 4T es máximo en el momento que se produce la combustión de la mezcla y su posterior expansión en el cilindro, siendo negativa, esto es, no genera par motor en las demás fases (expulsión de gases, aspiración o llenado y compresión de la mezcla).

Dentro de la fase donde se genera par motor (es decir, en la fase de combustión), el rendimiento del motor no es el mismo dependiendo del régimen de giro, y por ende el valor de la fuerza (F) de empuje que se genera.

Así, a bajas revoluciones la combustión de la mezcla no resulta óptima debido a la escasa inercia que poseen los gases, que provoca que el llenado del cilindro no sea el óptimo, al igual que su vaciado.

Y por otro lado, si el motor funciona a un elevado régimen, tampoco el llenado de los cilindros es completo, y ello es debido al escaso tiempo que dispone el gas para ocupar todo el recinto.

En consecuencia, la curva de par (T), que debería ser una recta horizontal, se convierte en una curva, con un tramo central casi recto que proporciona el máximo par, y las zonas extremas donde el par motor decrece según lo comentado anteriormente.

A continuación, se adjunta una gráfica con la curva par motor-potencia frente a las revoluciones de giro del motor, que puede responder a un caso general de vehículo:

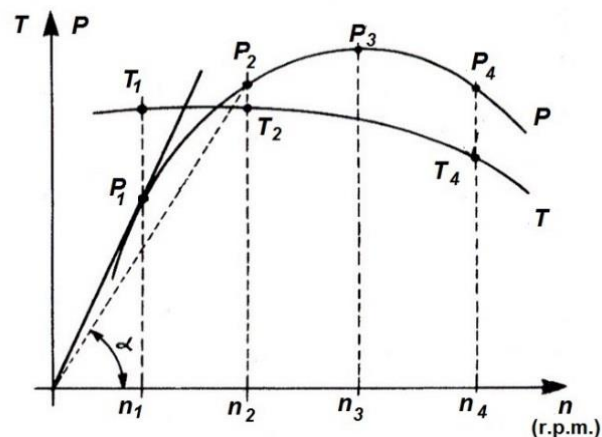


Figura 2. Curva de par motor y potencia



Efectivamente, en la gráfica anterior se puede comprobar cómo es, de forma genérica, la curva de par motor (T), además de la de potencia, pero ésta se estudiará más adelante. En ella se representa en el eje horizontal las revoluciones por minuto (r.p.m.) de régimen giro (n) del motor y en el eje vertical el par (T) que proporciona durante todo su rango de funcionamiento.

En los motores de combustión, la curva de par empieza siendo ascendente hasta llegar a las revoluciones donde el motor rinde el par máximo (T1), que es el punto de diseño óptimo. A partir de ese momento, el par comienza a disminuir progresivamente.

Esto es así, porque a partir del punto óptimo de revoluciones del motor empiezan a aparecer dificultades, como ya se han comentado anteriormente algunas, y que están relacionadas fundamentalmente con los siguientes factores:

- Una inadecuada evacuación de gases quemados conforme aumenta las revoluciones del motor, según se ha visto;
- Insuficiente llenado de aire en cada ciclo;
- La combustión empieza a no ser óptima;
- La fracción de tiempo para cada combustión se reduce;
- La mezcla de aire-combustible no se acaba de completar;
- El avance a la inyección no es suficiente.

En consecuencia, aunque quememos más combustible acelerando el motor y consiguiendo que la potencia todavía aumente, el par descende.

De ahí que los consumos específicos óptimos estén en valores próximos a la zona de par máximo, aumentando el consumo del motor conforme se aleja de este rango.

Una curva con una gran zona plana en el centro (como la que presentan la gran mayoría de motores diesel), define un motor muy elástico, es decir, con poca necesidad de cambiar de marchas para adaptarse a los cambios de conducción. Ello es así, porque un motor elástico, que dispone del par elevado en un amplio rango de revoluciones, permite acelerar con fuerza, incluso en marchas largas, sin tener que hacer uso del cambio de marchas. Gracias a ello, con un motor más elástico es posible circular empleando marchas más largas, revolucionando menos el motor y por tanto, mejorando el consumo. En efecto, en el caso de los motores diesel la curva de par es prácticamente horizontal para un amplio rango de revoluciones del motor, incluso en niveles próximos al ralentí del motor. Esto garantiza un buen par motor

incluso a bajas revoluciones, lo cual resulta muy útil en situaciones difíciles, como pueda ser reanudar la marcha con el vehículo parado en una pendiente.

REFERENCIA N3

## **ARQUITECTURA DEL MOTOR**

A la hora de construir un motor de combustión interna de cilindros, hay que diseñar primero como será la construcción del motor.

En ese diseño se han de tener en cuenta muchos factores, los factores internos del motor, el comportamiento de este, etc. Aunque no solo se han de tener en cuenta estos últimos, sino que se han de tener en cuenta cómo van a ir colocadas todas las piezas y de qué forma, para así poder ahorrar espacio en su colocación.

La colocación de las piezas influirá en el comportamiento del motor, sobre todo en las vibraciones y ruidos que este dará.

Un factor muy importante a la hora de construir un motor es la disposición de los cilindros cuando queremos construir un motor de varios cilindros.

La disposición de los cilindros es la manera de como estarán colocados estos mismos. Los cilindros pueden estar colocados en línea, opuestos, en V, en W o en estrella. A continuación citaremos los tipos de disposiciones para la colocación de los cilindros y más adelante algunos factores que se han de tener muy en cuenta a la hora de diseñar un motor.

### **Cilindros en línea:**

La disposición de los cilindros en línea se basa en montar un único cigüeñal, donde todos los cilindros están en el mismo plano vertical uno al lado de otro.

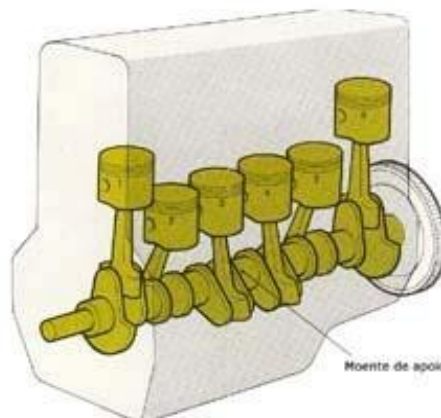
Esta disposición es la más utilizada hoy en día en los motores de 4 tiempos de los turismos. Normalmente solo se utiliza esta disposición con motores de 2 a 4 cilindros.

Ventajas:

- Bajo coste de construcción y producción.
- Tamaño reducido
- Simplicidad de construcción
- Posibilidad de instalar elementos externos (turbos, etc.) fácilmente.

Desventajas:

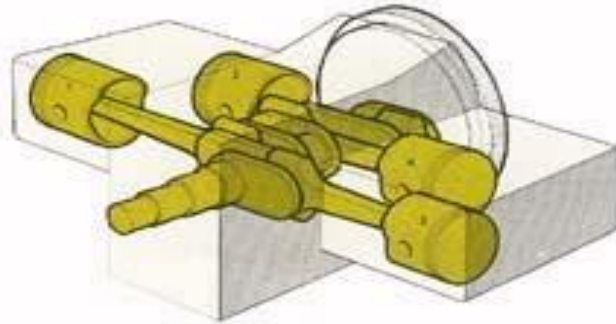
- El motor vibra considerablemente
- El motor no funciona tan suavemente



**Cilindros opuestos:** (Motor de 4 cilindros opuestos)

La disposición de los cilindros opuestos, también llamados Bóxer, se basa en montar un único cigüeñal, como en la disposición en línea, donde todos los cilindros están colocados horizontalmente y opuestos.

Esta disposición de cilindros no es muy utilizada, aunque lo utilizan algunas marcas de turismos (Subaru, Porsche...), aunque no es uno de los más utilizados. También se utilizan en algunas motocicletas de dos cilindros.



Ventajas:

- - Excelente refrigeración del motor
- - Ausencia de vibraciones
- - Ruido del motor muy peculiar

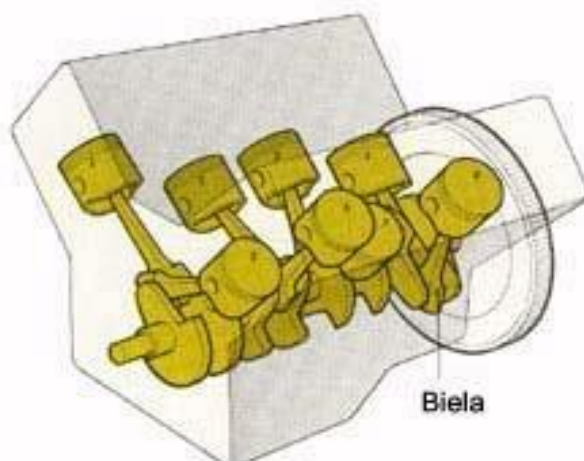
Desventajas:

- - Es más difícil y costoso realizar alguna reparación
- - Construcción más costosa que los motores en línea

### Cilindros en V:

La disposición de los cilindros en V se basa en montar un único cigüeñal, con todos los cilindros en este mismo cigüeñal. Cada dos cilindros forman una V entre ellos.

En la actualidad, se utiliza mucho esta disposición para vehículos deportivos, tanto en turismos como en vehículos de competición. Esta disposición de los cilindros la podemos encontrar en motores de 5 cilindros hasta los 12 cilindros.



### Ventajas:

- - Ahorro en espacio para motores de más de 4 cilindros
- - Suavidad
- - Baja sonoridad
- - Pocas vibraciones
- - El par motor a bajas rpm es muy alto, debido a las fuerzas conjuntas que actúan en el cigüeñal

### Desventajas:

- - El peso es mayor que en la disposición en línea
- - Construcción más costosa que los motores en línea

### Cilindros en W:

(Motor de 8 cilindros en V)

La disposición de los cilindros en W se basa en montar un único cigüeñal, con todos los cilindros en este mismo. Se montan 4 cilindros conjuntos en el mismo plano formando un W. Este motor se está empezando a utilizar en algunos turismos de grandes cilindradas con un número alto de cilindros. Esta disposición se utiliza en motores de 8 a 16 cilindros.



### Ventajas:

- Es un motor muy compacto y robusto
- Comportamiento muy parecido a los motores en V, aunque son más progresivos y con mejoras de par en bajas rpm

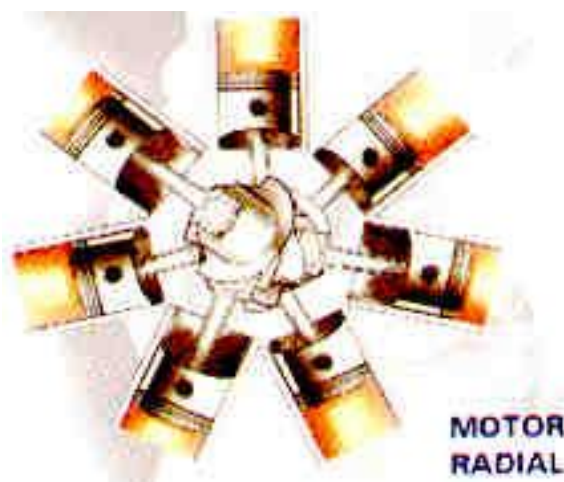
### Desventajas:

- Cuenta con 4 árboles de levas, lo que hace que sean más costosos y con un mayor peso.
- Anchura del bloque excesiva
- Bloque motor muy complejo

### **Cilindros en estrella:**

La disposición en estrella, también llamada radial, se basa en un número de cilindros colocados en estrella todos en el mismo cigüeñal.

Esta disposición ya no se monta actualmente. Se montó mucho en los aviones utilizados en la Segunda Guerra Mundial, o en barcos equipados con un motor Diesel. Permite disposiciones de 5 cilindros o más.



Ventajas:

- - Buena refrigeración debido a que todos los cilindros están colocados en el mismo plano
- - Ocupa poco espacio de profundidad
- - Grandes cifras de par motor en bajas vueltas

Desventajas:

- - Sus dimensiones son demasiado grandes (excepto la profundidad) para ser montado en algún turismo
- - No permite montar fácilmente ningún tipo de sobrealimentación como un turbo-compresor

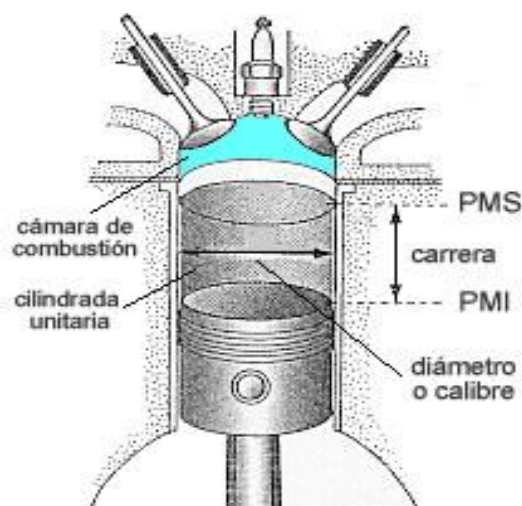
## REFERENCIA N4

### Cilindrada

La cilindrada la definimos como el volumen del cilindro, es decir, el volumen de gases que podemos llegar a meter en el interior del cilindro.

La cilindrada de un motor viene dada por el diámetro del cilindro y la carrera de éste, es decir, las dimensiones del motor. La carrera del cilindro, es decir, la superficie por donde se desplaza el pistón se mide desde el PMI al PMS.

La cilindrada en es la suma de cilindros.



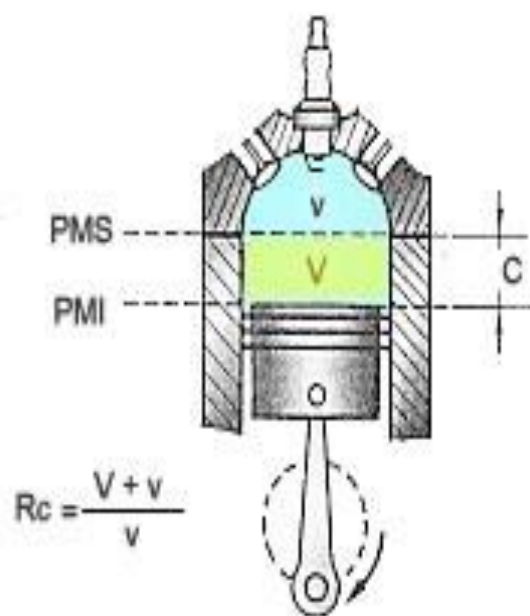
motores de varios cilindros, cilindradas de todos los

Si construimos un motor con más cilindrada, podremos llegar a introducir más aire en el cilindro, y por consiguiente podremos meter más combustible y las presiones generadas serán mayores. De esta manera podremos alcanzar índices de par y de potencia mayores.

### **Relación de compresión**

La relación de compresión la definimos como la relación que hay entre el volumen total del motor (cilindrada + cámara de combustión) y el volumen de la cámara de combustión.

Es un factor muy importante a la hora de construir un motor. Aumentando está, mejoramos la potencia y el par del motor gracias a que la explosión es más potente y aumentamos el rendimiento, es decir, aumentamos la potencia sin aumentar el





(En esta imagen podemos ver como aumenta el rendimiento del motor - barra vertical- con la relación de compresión en un motor Otto)

Esta relación de compresión se puede aumentar sin sofisticación ninguna, aunque no se puede elevar indefinidamente, ya que puede llegar a ser un problema si se aumenta demasiado.

En motores Otto aumentando demasiado la relación de compresión si el combustible utilizado no es de un octanaje muy elevado (capacidad antidetonante) podemos causar la detonación, causando problemas muy graves. La relación de compresión en motores Otto suele ser de hasta 12:1.

Por eso los motores Diesel tienen un rendimiento muy alto, debido a que tienen relaciones de compresión muy altas (hasta 30:1). Este motor no tiene el problema de detonación, aunque no se puede aumentar más debido a otros impedimentos en el sistema de alimentación y el posible sobrecalentamiento.

## **DIMENSIONES DEL MOTOR**

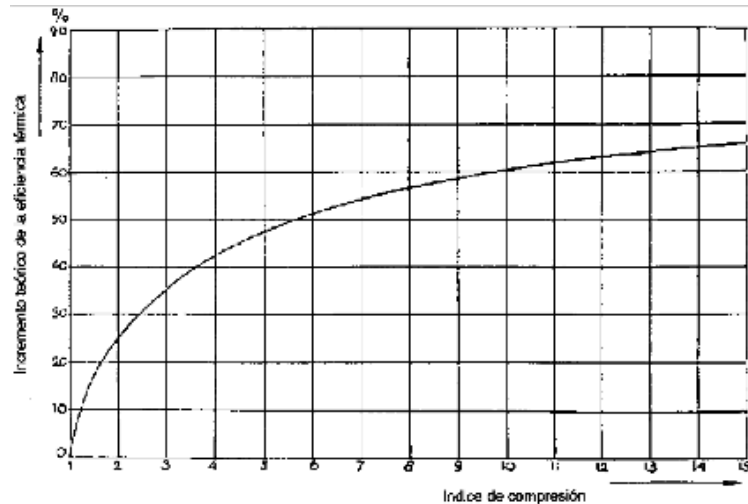
Como ya hemos citado antes, la cilindrada se define a partir de las dimensiones del diámetro del cilindro y de su carrera.

Si nos fijamos una cierta cilindrada ( $2000 \text{ cm}^3$  por ejemplo), para variar las dimensiones del motor solo podemos operar con el diámetro del cilindro y con la carrera del pistón.

Si ponemos una carrera del cilindro de más larga longitud que el diámetro del cilindro, estamos hablando de un “motor alargado”. Sin embargo, si la carrera del cilindro es corta que el diámetro estamos hablando de un “motor supercuadrado”. En el caso que la longitud de la carrera corresponde con el diámetro estamos ante un “motor cuadrado”.

La potencia y el par desarrollados tanto en un motor para las mismas dimensiones alargado y otro supercuadrado, son muy parecidas, aunque uno frente a otro tiene distintas ventajas.

A continuación las diferenciaremos:

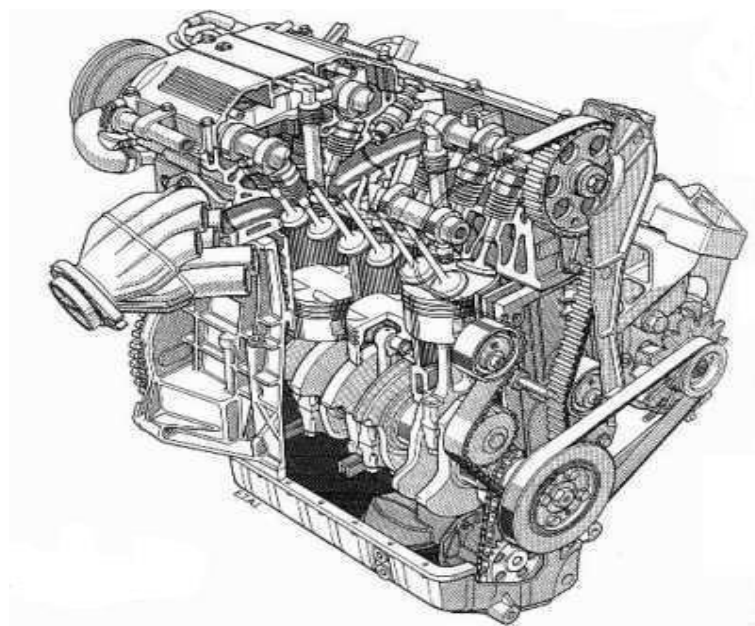
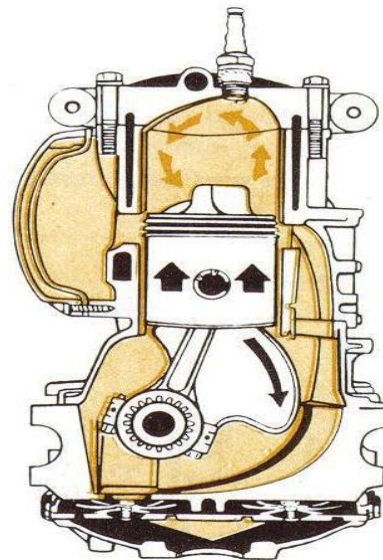
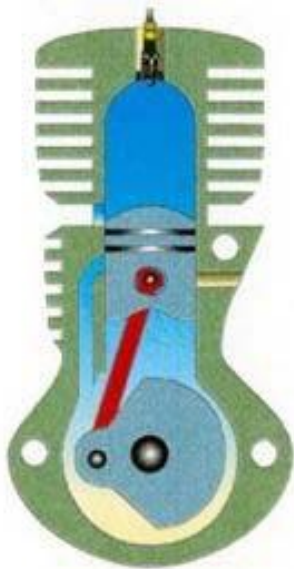


Los motores cuadrados o supercuadrados ofrecen las siguientes ventajas frente a los motores alargados:

- Posibilidad de colocar más válvulas de admisión y escape y de ampliar su diámetro para mejorar el llenado y la evacuación de gases.
- Bielas más cortas, por lo tanto más rígidas.
- Disminuye el rozamiento entre el pistón y el cilindro debido a que se reduce la velocidad media del pistón (respecto al motor alargado) y la carrera es más corta. Esto también provoca que la cabeza de la biela no sufra tanto en el momento que llega al PMS.
- Codos del cigüeñal más cortos, es decir, menos salientes, lo que provoca que sea más rígido y que se reduzcan las fuerzas de inercia.
- Se reducen todas las fuerzas centrífugas del motor, eliminando vibraciones.

Los motores alargados presentan las siguientes ventajas frente a los motores cuadrados o supercuadrados:

- La combustión se realiza de una forma más perfecta, lo que ocasiona menos gases tóxicos de la combustión.
- Más capacidad de disipación del calor, debido a la mayor superficie exterior del cilindro.



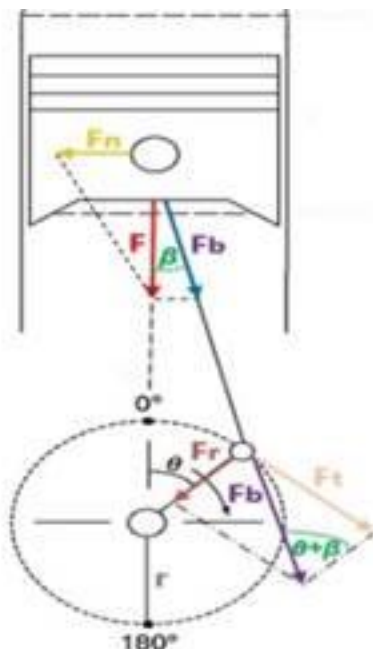
(Motor de un Peugeot 309 1.9 GTi, consta de un motor de 4 cilindros en línea con todos sus componentes ya citados)

## REFERENCIA 5

### Par motor

La combustión de la mezcla aire-combustible, por acción de la chispa eléctrica, genera un aumento de la presión y temperatura en el interior de los cilindros del motor. Esta presión interior produce a su vez una fuerza de empuje  $F$  sobre el pistón que lo desplaza generando el clásico mecanismo de biela-manivela de los motores de combustión interna alternativo, donde el movimiento lineal del pistón en el interior del cilindro se transforma en un movimiento rotatorio del cigüeñal.

La fuerza que actúa sobre el pistón es proporcional a la presión media efectiva durante la carrera de expansión, la misma que depende del grado de llenado de los cilindros, de la relación de compresión, de la cilindrada y de la eficacia con que se desarrolla la combustión. En el esquema de la Figura 1, la fuerza  $F$  ejercida sobre el pistón se descompone en la fuerza  $F_b$  que actúa sobre la cabeza de biela y en la  $F_n$  que produce un empuje lateral sobre las paredes del cilindro.



**Figura 1** Esquema para la obtención del par motor.

Por lo tanto, el producto de la fuerza  $F_b$  por el radio  $r$  de la manivela determina el par motor, reflejado aritméticamente en la Ecuación (1)

$$T = F_b \cdot r \quad (1)$$

$T$ : Torque o par motor (N.m)

$F_b$ : Fuerza sobre la biela (N)

$r$ : Radio de la manivela del cigüeñal (m)

La fuerza  $F$  que produce el torque es variable, que en un motor de 4 tiempos es máxima en el momento que se lleva a cabo la fase de combustión y su posterior expansión en el cilindro, siendo negativo el torque en las demás fases. Dentro de la etapa donde se genera trabajo el rendimiento del motor no es igual en todos los puntos, depende del régimen de giro y consecuentemente de la fuerza de empuje que se genera. Es así que el número de revoluciones limita el llenado correcto de los cilindros y, por tanto, el par motor. A bajas revoluciones la combustión de la mezcla no resulta óptima debido a la escasa inercia que poseen los gases que provoca que el llenado del cilindro no sea el ideal, al igual que su vaciado. Por otro lado, si el motor funciona a un elevado régimen, tampoco el llenado de los cilindros es completo debido al escaso tiempo que dispone el gas para ocupar todo el espacio disponible. Además, a partir del punto óptimo de revoluciones del motor, aunque se quemé más combustible acelerando el mismo y consiguiendo que la potencia todavía se incremente más, el par descende. De ahí que los consumos específicos óptimos estén en valores próximos a la zona de par máximo, aumentando el consumo del motor conforme se aleja de este rango.

## 2.2 Potencia

El concepto de potencia expresa cuantas veces está disponible el par motor en el tiempo, es decir, con qué velocidad se puede disponer del par. La potencia desarrollada por un motor depende de la relación de compresión y de la cilindrada, ya que a mayores valores de estas le corresponde mayor explosión y más fuerza aplicada al pistón; también depende íntimamente de las revoluciones por minuto a las que gira el motor. En consecuencia, la potencia puede ser determinada mediante la Ecuación (2).

$$P = T \cdot \omega = T \cdot n \cdot 2\pi \quad P = T \cdot \omega = T \cdot n \cdot 2\pi \quad (2)$$

: Potencia del motor (kW)

: Torque o par motor (N.m)

: Velocidad angular del eje del cigüeñal (rad/s)

: Revoluciones por minuto (rpm)

Luego de alcanzar la potencia máxima, el exceso de revoluciones ocasiona que ésta disminuya debido a que el sistema de inyección de combustible tiene un límite operativo, superado el mismo, no tiene precisión suficiente para inyectar el combustible eficazmente; además, el sistema de distribución no es capaz de abrir y cerrar las válvulas con la suficiente velocidad para que los gases de escape y de admisión fluyan adecuadamente. El límite máximo de revoluciones a la que puede girar el motor está establecido por las propias limitaciones de los elementos mecánicos que lo constituyen.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sensores y parámetros del motor requeridos para el cálculo del torque y potencia

##### 3.1.1 Presión Media Efectiva (P.M.E)

Es aquella presión promedio por encima de la atmosférica que ejercen los gases sobre el émbolo durante la carrera de expansión del motor al ser quemados por acción de la chispa eléctrica. La P.M.E es proporcional al par motor y para un régimen de rotación determinado, también a la potencia suministrada. El cálculo de la P.M.E se traduce en determinar la presión en el interior del cilindro durante el ciclo de trabajo del motor, lo que es similar a determinar la potencia de la señal; para esto se utiliza un sensor piezoeléctrico que se adapta a la bujía de encendido para brindar mediciones en tiempo real de dicha presión interna. En términos de procesamiento de señales, la energía de la señal es una medida que denota la intensidad o tamaño de la misma. La función de energía de una señal representa la energía disipada por una resistencia de 1 ohm cuando se aplica un voltaje equivalente a la señal de presión del cilindro. En dominio discreto, la energía de la señal viene dada por la Ecuación (3).

$$E = \sum_{n=1}^N |x_n|^2 \quad E = \sum_{n=1}^N |x_n|^2$$

La potencia de la señal es la cantidad de energía de la señal consumida por unidad de tiempo en un intervalo (número total de muestras), es decir, la señal vista como una función del tiempo. En dominio discreto, la potencia de la señal viene dada por la Ecuación (4)

$$P_s = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |x_n|^2$$

El sensor piezoeléctrico a utilizar es de la marca BOSCH y abarca un rango de presiones de 0 a 140 bares. Proporciona una señal analógica, cuyo voltaje es proporcional a la presión que detecta. Además, trabaja en un rango de temperatura de 40°C hasta 130°C.

### 3.2 Dispositivos de diseño esenciales

#### 3.2.1 Tarjeta de adquisición de datos DAQ USB-6008

Es utilizada para el diseño y comando de prototipos, entornos y sistemas reales de una manera versátil y rápida mediante el empleo de software y hardware flexibles. Está en la capacidad de tomar información del entorno por medio de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede controlar actuadores mediante sus pines de salida. Es posible la transferencia de datos de ésta al ordenador ya que tiene la capacidad de ser programable por medio de diferentes softwares como el Labview, utilizado en la presente investigación, permitiendo desarrollar códigos en tiempo real mediante USB. Las principales especificaciones técnicas de la tarjeta electrónica se citan en la Tabla 1

**Tabla 1** Especificaciones técnicas de la tarjeta DAQ USB-6008.

<b>Denominación</b>	<b>Valor</b>
Voltaje de funcionamiento	4,1 - 5,25 VDC
No. pines de entrada analógicos de un solo terminal	8
No. pines de entrada analógicos diferenciales	4
No. pines de salida analógicos	2
No. pines de entrada/salida digitales	12
Temperatura ambiental de operación	0-55°C
Velocidad del Bus USB	12Mb/s
Dimensiones	8,51x8,18x2,31 cm

## Vehículos de prueba

Se dispuso de 3 vehículos que estuvieron en condiciones idóneas de funcionamiento, es decir, sin presentar problemas mecánicos, eléctricos o electrónicos que pudiesen afectar los resultados de la investigación. Además, estos vehículos que corresponden a la misma marca, en sus distintas categorías son los más vendidos en el país (PRO Ecuador, 2013). Sus especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 2

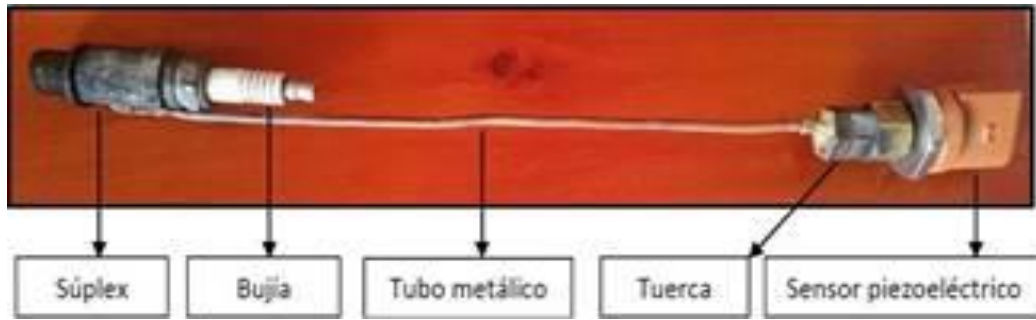
## Adaptación a la bujía de encendido

Para efectos de monitoreo de la presión en el interior del cilindro es necesario realizar una adaptación a la bujía de encendido. Ésta consiste en acoplar un tubo metálico a la bujía para que los gases sean guiados desde el interior del cilindro hasta el sensor de presión que es ajustado en el extremo de la misma. Para esto se hace uso de un súpex y un tubo delgado. La adaptación realizada no perjudica el funcionamiento correcto del cilindro analizado y del motor en general. El acople terminado se observa en la Figura 2.

**Tabla 2** Especificaciones técnicas de los vehículos de prueba

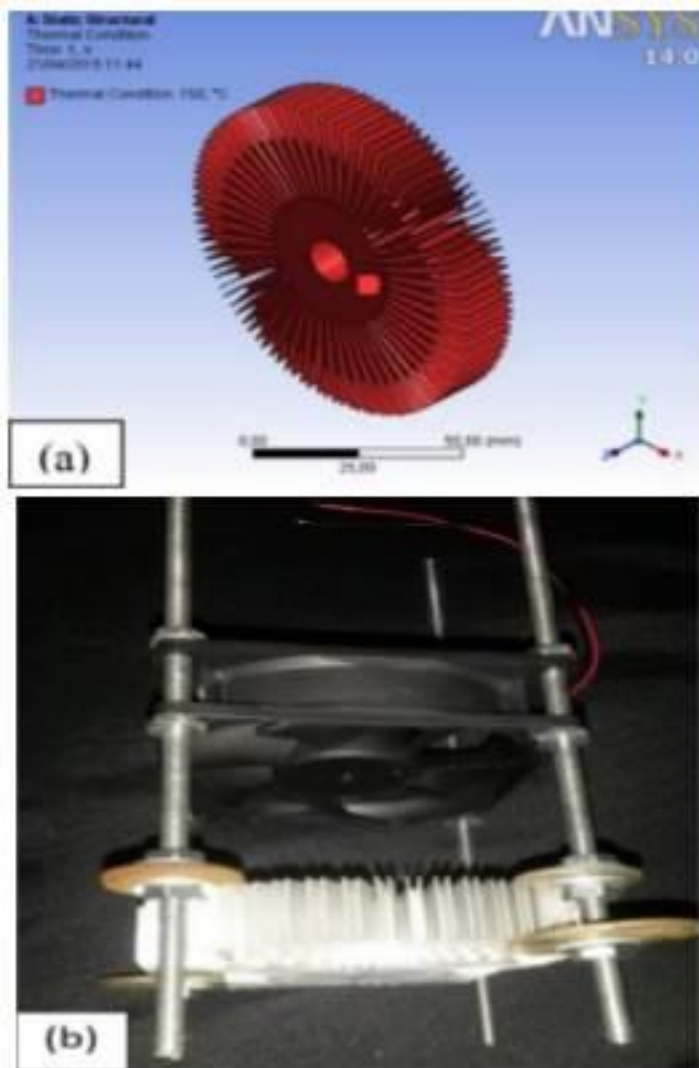
<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>		
Marca	Chevrolet	Chevrolet	Chevrolet
Modelo	Aveo	Grand Vitara	Luv D-max 4x2
Año de fabricación	2009	2011	2010
Cilindrada total	1,4 lt	2,0 lt	2,4 lt
Compresión del motor	9,5:1	9,3:1	9,6:1
Número de cilindros	4	4	4
Potencia máxima	68,66 kW a 6200 rpm	94 kW a 6000 rpm	92,5 kW a 4800 rpm
Torque máximo	130 Nm a 3400 rpm	174 Nm a 4300 rpm	195 Nm a 3600 rpm





**Figura 2** Bujía con sensor de presión adaptado.

Por las elevadas temperaturas a las que está sujeto el sensor piezoeléctrico es necesario disponer de un sistema de refrigeración para prevenir daños al efectuar los distintos ensayos experimentales. En la Figura 3 se observa el sistema de refrigeración, el cual está compuesto de un ventilador y un disipador de calor; para la construcción de éste último se realizó previamente un análisis de su diseño mediante el software ANSYS. Según los cálculos obtenidos, el disipador garantizará la evacuación de calor necesaria para que el sensor trabaje dentro de su rango normal de temperatura. La construcción del disipador de calor se realiza por fundición en un molde de arena.



**Figura 3** (a) Simulación disipador de calor, (b) Sistema completo de refrigeración.

### 3.3 Adquisición de señales

Se extrae la señal del sensor de presión en tiempo real mediante el uso de los terminales analógicos de la DAQ USB-6008 y la programación en el software Labview. El canal de la tarjeta de adquisición de datos es configurado de tal manera que se obtienen 2500 datos de voltaje por cada segundo, esto debido a que el pistón trabaja a grandes velocidades dentro del cilindro y es preciso obtener varios valores que demuestren el comportamiento exacto de la presión en las distintas fases de funcionamiento del motor.

Previamente se realizaron 5 pruebas aleatorias estacionarias que consisten en revolucionar el motor del vehículo, es decir, acelerarlo mientras está estacionado con el objeto de analizar el comportamiento de la presión generada en el cilindro durante las fases de trabajo del mismo.

Se observó que las presiones captadas variaban de manera insignificante a pesar de las revoluciones de giro variables a las que se sometió al motor; en consecuencia, estas pruebas se descartaron ya que resultan deficientes para el cálculo del torque y potencia. Ante esto, fue preciso aplicar carga física al vehículo, generando un esfuerzo al motor que incrementen las presiones de trabajo, procediendo así a utilizar el banco dinamométrico, es decir, realizar las pruebas dinámicas.

### 3.3.1 Pruebas dinámicas

Se realizan 17 pruebas que corresponden a velocidades de circulación promedio para cada vehículo en el dinamómetro, obteniendo 2500 voltajes por cada una de ellas. En la Tabla 3 se detallan las velocidades del vehículo para las pruebas efectuadas. Se ejecuta cada prueba siguiendo un protocolo amparado en las normas :1992 e 1999, donde se establece el método general de ensayo para la evaluación del rendimiento de vehículos automotores, con el propósito de determinar los valores de torque y potencia a carga completa como funciones de la velocidad de la máquina.

**Tabla 3** Velocidades del vehículo en las distintas pruebas dinámicas.

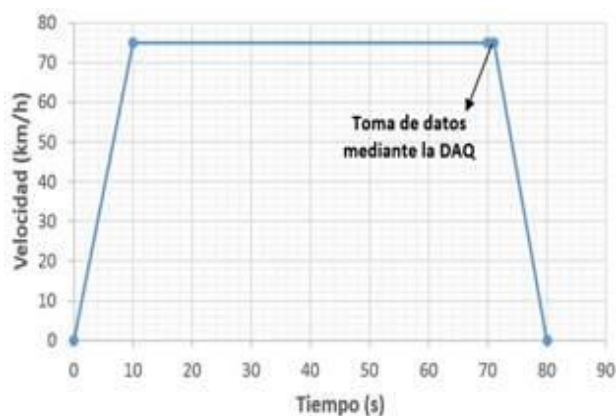
Nro. prueba	de Velocidad (km/h)	del vehículo	Nro. prueba	de Velocidad (km/h)	del vehículo
1	50		10	60	

Nro. prueba	de Velocidad (km/h)	del vehículo	Nro. prueba	de Velocidad (km/h)	del vehículo
2	75		11	80	
3	100		12	85	
4	75		13	60	
5	50		14	110	
6	100		15	90	
7	50		16	85	
8	75		17	110	
9	120				

Como establecen las normas, se puede utilizar cualquier equipo que permita verificar las condiciones de rendimiento del motor, en este caso se hace uso del banco dinamométrico de rodillos, ya que ofrece control y precisión en el desarrollo de todas las pruebas. El protocolo contempla lo siguiente:

- Uso de igual combustible. Para el presente caso, gasolina súper (92 octanos).
- Idéntica altura relativa. En este caso, 2500 msnm (Cuenca, ciudad donde se efectuó la investigación), por lo tanto presión barométrica igual a 0,77 bar.
- Similar temperatura del aire de admisión al motor monitoreada por la IAT (sensor de temperatura del aire de admisión) =  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- No se ejecuta la prueba cuando el ventilador está funcionando (aplica a vehículos cuyo ventilador no funciona constantemente).
- Temperatura idónea del refrigerante, en un rango de 87 a  $93^{\circ}\text{C}$ .
- Temperatura similar de la banda de rodadura entre 30 y  $35^{\circ}\text{C}$ , medida por un pirómetro. Además, un buen estado de la banda de rodadura.
- No se deben tomar datos a menos que la velocidad haya sido mantenida constante por lo menos durante un minuto y en cuarta marcha, ya que representa la relación de transmisión directa. Además, el pedal del acelerador es pisado a fondo.
- La velocidad del motor durante una prueba o lectura no debe desviarse de la velocidad seleccionada en más de  $\pm 1\%$  o en  $\pm 10$  rpm.
- Los 2500 datos de voltaje que se obtienen en un segundo en cada prueba mediante la DAQ son exportados a Excel para su posterior análisis.

El ciclo gráfico para llevar a cabo las pruebas dinámicas puede ser planteado, por ejemplo, con una de las pruebas realizadas como se muestra en la Figura 4. En él se observa que la velocidad del vehículo asciende paulatinamente hasta llegar en cuarta marcha a 75 km/h con el pedal del acelerador pisado a fondo, esto en un lapso de 10 segundos. Se mantiene esta velocidad constante durante un minuto y al final de aquel periodo se procede a tomar los datos con la DAQ. Posteriormente, se desciende la velocidad del vehículo gradualmente, para esto se emplea otros 10 segundos, finalizando la prueba.



**Figura 4** Ciclo de prueba dinámica: velocidad en función del tiempo.

Además de obtener los voltajes medidos por el sensor de presión durante las diversas pruebas, también se recopila los valores de potencia, rpm y fuerza de arrastre en las distintas velocidades constantes del vehículo que brinda el banco dinamométrico. Estas variables son sometidas a un análisis estadístico posteriormente para comprobar su incidencia en los resultados.

### **Procesamiento de señales**

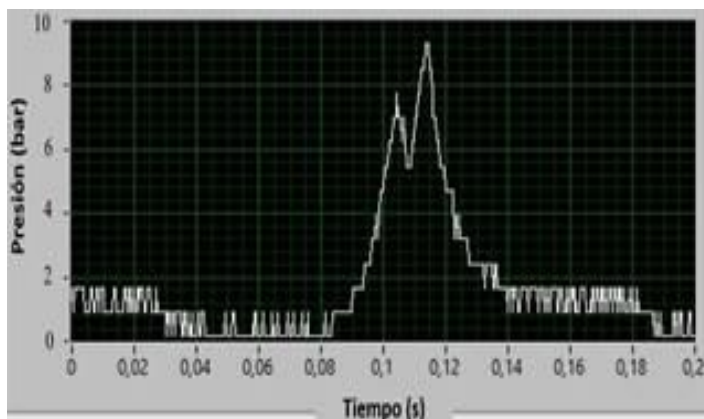
Para obtener la presión (magnitud física) medida por el sensor piezoeléctrico en el interior del cilindro, es necesaria la creación de una función en la cual la presión dependa del voltaje (magnitud eléctrica). Para esto, en primera instancia se colocó el sensor en un banco de inyección de Riel Común (CRDi), el cual presenta la capacidad de variar y fijar de manera constante la presión en el riel de combustible, por lo que se puede tomar varias muestras de la presión con el respectivo voltaje que brinda el sensor. Además, posteriormente se acopló el sensor junto con un manómetro en un cilindro del motor con el objeto de tomar muestras de presiones bajas con sus respectivos voltajes.

Para crear una función que rija debidamente el comportamiento del sensor en todas las condiciones, se obtuvieron nuevos puntos de presión y voltaje al efectuar interpolaciones lineales, partiendo del conocimiento del conjunto discreto de datos proporcionados por el manómetro y el banco CRDi.

Las muestras se ingresan en forma de vectores y se las grafica mediante el MATLAB, obteniendo un polinomio de grado 2 que se muestra en la Ecuación (5) el mismo rige la presión del sensor en función de su voltaje. Con esta información se diseña en el software Labview el algoritmo matemático para el procesamiento de señales.

$$PR=1,682x^2+34,45x-15,46 \quad (5)$$

Para desarrollar el modelo matemático se han utilizado los datos de voltaje y posteriormente conversión a presión, ambas magnitudes en bruto proporcionadas por el sensor; es decir, no se ha implementado ningún tipo de filtro, puesto que es necesario considerar el comportamiento exacto y real de la señal monitoreada en el tiempo bajo las distintas condiciones de funcionamiento del motor con el objetivo de incluir y no descartar valores de voltaje que pueden ocasionar la imprecisión del modelo desarrollado. La presión del interior del cilindro, sin filtro, se observa en la Figura 5.



**Figura 5** Presión sin filtro obtenida en el software Labview.

### **Desarrollo del algoritmo para el cálculo del torque y potencia**

En éste apartado se procede a realizar en el software Minitab un análisis estadístico de las variables físicas que se extraen de las pruebas dinámicas de los tres vehículos citados, considerando que de los 2500 voltajes proporcionados por prueba realizada, se divide aún más el conjunto de muestras a 500 voltajes para cada análisis; es decir, en lugar de tener 17 pruebas con 2500 voltajes para cada una, se analiza 85 pruebas con 500 voltajes. Esto con el fin de generar un algoritmo matemático más preciso en base a un análisis estadístico con un mayor número de muestras.

### 3.5.1 Cálculo del torque

Se procede a analizar la velocidad del vehículo, proporcionada por el banco dinamométrico, además, la potencia de la señal (equivalente a la P.M.E) que es calculada con la Ecuación (4) en el software Matlab y el cilindraje en litros del motor. Cabe destacar que también se analizó la fuerza tractora del neumático, sin embargo no mostró una influencia coherente con el torque. Se realiza una regresión múltiple con las tres variables citadas que afirma la influencia directa de las mismas con el torque como se muestra en los resultados de la Figura 6. De éste análisis se desprende la Ecuación (6) que rige el torque de vehículos comprendidos en una cilindrada de 1.4 a 2.4 litros.

$$T = -45,44 + 1,151x_2 - 0,796x_3 + 60,83x_4 - 0,006785(x_2)^2 + 0,01139(x_3)^2 + 0,1318(x_2) \cdot (x_4)$$

$x_2$ : Potencia de la señal

$x_3$ : Velocidad del vehículo (km/h)

$x_4$ : Cilindraje del vehículo (L)

### Cálculo de la potencia

De similar manera que en el cálculo del torque, los resultados de la regresión múltiple que se muestran en la Figura 7 manifiestan la relación directa de la potencia del motor con las variables potencia de la señal, velocidad del vehículo y cilindraje. Del análisis estadístico se obtiene la Ecuación (7) que rige la potencia de vehículos comprendidos en un rango de cilindrada de 1.4 a 2.4 litros.

$$P = -20,03 + 0,2120x_2 - 0,714x_3 + 27,75x_4 + 0,01422(x_3)^2 + 0,00587(x_2)^3 + 0,0976(x_2)(x_4) - 0,4510(x_3)(x_4)$$

$x_2$ : Potencia de la señal

$x_3$ : Velocidad del vehículo (km/h)

$x_4$ : Cilindraje del vehículo (L)

## Referencia 6

### Programa de mantenimientos

Siguiendo el programa de mantenimiento facilitado por el fabricante del vehículo, en el circuito de alimentación de aire no se producirán averías. Estas pueden ser debidas a fugas de aire, detectables por el silbido característico que producen, a que el filtro de aire esté sucio y, por tanto, permite la entrada de determinadas partículas que podrían dañar el turbocompresor y el motor. Además, no pasaría suficiente cantidad de aire produciendo muchos humos negros por exceso de carburante.

En el circuito de alimentación de carburante, pueden existir obstrucciones del filtro, mal funcionamiento de alguna de las bombas o rotura de alguna canalización.

Cuando el sistema de inyección está regulado electrónicamente, puede ocurrir que algún sensor no funcione bien y provoque un mal ajuste del carburante que se inyecta.

Mención especial merece el turbocompresor ya que es un elemento delicado que trabaja en condiciones muy exigentes. Por ello, el conductor debe seguir con más detalle las indicaciones del manual, con respecto a los intervalos de cambio de aceite y filtro, tanto de aceite como de aire. Otros cuidados que corresponden al conductor se refieren al momento de arrancar y de parar el motor, en los que se debe:

- Arrancar el motor sin pisar el pedal acelerador ya que las piezas aún no tienen aceite y girarían en seco a altas revoluciones.



- Parar el motor cuando esté girando en el régimen de ralentí, de forma estable, ya que, de otra forma, podría existir una lubricación deficiente del turbocompresor.

## **Tipos de carburantes**

### **a) Gasolina**

Es una mezcla de hidrocarburos derivada del petróleo que se utiliza como carburante en motores de encendido provocado. Es la fracción más ligera del petróleo (exceptuando los gases). También se obtiene a partir de la conversión de fracciones pesadas del petróleo (gasóleo de vacío) mediante procesos denominados craqueos catalíticos.

Debe cumplir una serie de condiciones: unas requeridas para que el motor funcione bien y otras de tipo ambiental, ambas reguladas por ley en la mayoría de los países. La especificación más característica es el índice de octano que indica la resistencia que presenta el carburante a producir el fenómeno de la detonación.

En España, se comercializaban dos tipos de gasolina de diferente octanaje, denominadas Sin Plomo 95 y Sin Plomo 98, aunque las petroleras realizan distintas modificaciones en su composición para mejorar el rendimiento, y ofrecer productos ligeramente distintos que la competencia.

### **b) Gasóleo**

El gasóleo, también denominado gasoil o diesel, procede de la destilación del petróleo y se utiliza como carburante en motores de encendido por compresión. Su rendimiento es más eficaz que la gasolina: un motor diesel consume menos carburante por distancia recorrida que un motor de gasolina.

La característica principal es el número o índice de cetano, obtenido a través de los correspondientes ensayos, y guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante.

Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de la combustión. Por el contrario, aquellos carburantes con un bajo número de

cetano requieren mayor tiempo para que ocurra la ignición y después se queman muy rápidamente, provocando un ruido excesivo, aumento de las emisiones y de la fatiga del motor y un menor rendimiento del motor. En definitiva, es un indicativo de la eficiencia de la reacción que se lleva a cabo en los motores.

Actualmente existen dos tipos de gasóleos, con diferentes denominaciones, cuya diferencia principal es el contenido de azufre, que es menor en el que es ligeramente más caro, pero es menos contaminante.

#### **a) Biodiesel**

Es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del gasóleo obtenido del petróleo.

El biodiesel puede mezclarse con gasóleo procedente del refinado del petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan denominaciones según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla.

#### **b) Bioetanol**

El etanol es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible, bien solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina. Para la producción de etanol se utiliza mayormente como fuente la biomasa. Este etanol es denominado, por su origen, bioetanol.

Puede mezclarse con gasolina en diferentes cantidades. Las mezclas más comunes se denominan E10 y E85, con contenidos de etanol del 10% y 85%, respectivamente.

El etanol también se utiliza cada vez más como añadido para oxigenar la gasolina estándar. También puede utilizarse como combustible en las celdas de combustible.

El bioetanol está sujeto a una fuerte polémica: para unos se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas medioambientales y económicas a largo plazo en contraposición a los combustibles fósiles, mientras que para

otros es el responsable de grandes deforestaciones y del aumento del precio de los alimentos, al suplantarse selvas y terrenos agrícolas para su producción, dudando además de su rentabilidad energética.

El etanol se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar, entre otros. Sin embargo, los actuales métodos de producción de bioetanol utilizan una cantidad significativa de energía en comparación con la energía obtenida del combustible producido. Por esta razón, no es posible sustituir enteramente el consumo actual de combustibles fósiles por bioetanol.

## **REFERENCIA 7**

### **Banco de pruebas o dinamómetros**

#### **INERCIALES**

Un banco inercial tiene la propiedad de generarle al motor del vehículo una resistencia a la aceleración del mismo con elementos en rotación de masa suficiente. Esa masa se concentra normalmente en volantes o rodillos de alto espesor. Dependiendo de la forma y rapidez con que el motor acelera, la electrónica asociada registra y genera las curvas de potencia y torque con los valores de análisis correspondientes. A estas curvas se asocian los datos auxiliares que se puedan registrar durante la prueba para complementarla, por ejemplo el factor  $\lambda$ , presiones, temperaturas y demás factores que inciden en el rendimiento. Este tipo de bancos genera al motor el mismo efecto que le genera el peso de la carrocería del vehículo en el cual ese motor esté instalado, una resistencia a la aceleración equivalente cuando acelera en el circuito o ruta, a mayor aceleración detectada, mayor valor de potencia y torque en la pantalla.

#### **HIDRÁULICOS**

Un banco dinamométrico tiene la propiedad de generarle al motor del vehículo una resistencia a la tracción del mismo mediante un freno que contrarresta el par motor en forma

dinámica y permite absorber la potencia y transformarla en calor por ejemplo para un freno hidráulico. El calor resultante se transfiere el agua y permite que las pruebas sean de una duración suficiente. Midiendo por barrido o punto a punto, la electrónica asociada registra y genera las curvas de potencia y torque con los valores de análisis correspondientes. A estas curvas se asocian los datos auxiliares que se puedan registrar durante la prueba para complementarla, por ejemplo el factor Lamda, presiones, temperaturas y demás factores que inciden en el rendimiento. Este tipo de bancos genera al motor el mismo efecto que le genera la carrocería del vehículo al moverse en la atmosférica cuando circula en el circuito o ruta a diferentes velocidades, a mayor velocidad, mayor resistencia. La medición se realiza con una celda de carga adosada al estator del freno y el cálculo de potencia se completa con las RPM que se leen del eje del freno.

La medición con dinamómetro en el lugar de trabajo o en terreno y su utilización correcta, es necesaria para tener una aproximación a la magnitud de la fuerza realizada por el trabajador.

La técnica de medición correcta, está determinada por variables que se deben tener en cuenta a la hora de realizar la medición, las cuales se exponen en este documento. Es necesario practicar la correcta técnica de medición, para evitar errores que pueden resultar en una medición inexacta e imprecisa.

También es necesario realizar una planificación previa, detectando las situaciones de mayor riesgo para los trabajadores y los momentos más críticos de la jornada en cuanto a la carga a mover o fuerza a realizar.

Esto puede ser corroborado previamente mediante una entrevista a los propios trabajadores y supervisores.

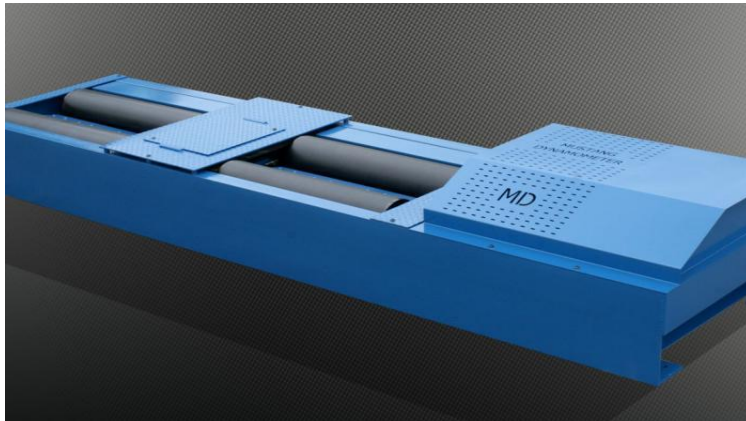
La medición de las fuerzas realizadas por el trabajador en las maniobras de empuje y arrastre son abordadas con mayor exhaustividad en este documento, debido a que se consideran como necesarias de medir y evaluar a la hora de determinar el riesgo a que están expuestos los trabajadores y establecer las medidas correctivas, así como para su seguimiento, entre otras cosas.

A continuación se exponen las condiciones y características a tener en cuenta en las mediciones, así como la correcta técnica para utilizar un dinamómetro, lo que permite a los

evaluadores proceder de una forma estandarizada, permitiendo consistencia de los resultados, y comparabilidad en el tiempo por el mismo u otro evaluador

➤ **Dinamómetro.**

El dinamómetro (figura1) es un equipo el cual permite medir la energía que entrega el motor de un vehículo bajo diferentes rangos y cargas para poder tener un análisis de desempeño de las prestaciones de este motor, tanto en la ciudad como en la carretera.



**Figura 1. Dinamómetro automotriz**

**Usos y aplicaciones.**

a) Para investigación y desarrollo de motores de combustión interna y vehículos

Esto es aplicado en el desarrollo de nuevos motores para vehículos o en investigaciones de nuevos componentes de los mismos. Los principales parámetros a estudiar son: par del motor, potencia desarrollada, consumo específico de combustible y pruebas de largo plazo que buscan verificar la durabilidad de los componentes del vehículo, incluido el motor y establecer los parámetros de funcionamiento.

Las pruebas de largo plazo son utilizadas para dinamómetros de motor específicamente, puesto que por medio de estas pruebas, se comprobará las prestaciones del motor a instalar en vehículos nuevos, con el fin de garantizar lotes de producción.

Por su parte los ensayos de producción tienen como objetivo realizar pruebas de control de calidad a vehículos y motores fabricados en serie con el propósito de verificar y controlar que las características del motor correspondan a la del diseño original.

#### b) Mantenimiento y verificación

Son empleados como herramientas de diagnóstico, para comprobar el correcto funcionamiento del vehículo, verificando que la entrega de potencia y el comportamiento en condiciones similares sea el adecuado.

También se lo puede utilizar para comprobar los niveles de emisiones contaminantes que el vehículo emite a la atmósfera bajo condiciones de carga simulada.

#### **Tipos de dinamómetros.**

Los tipos de dinamómetros que permiten evaluar el comportamiento de un motor de combustión interna de un vehículo son: dinamómetro de motor y dinamómetro de chasis.

#### **Dinamómetro de motor.**

El dinamómetro de motor es un equipo que permite obtener tanto el balance de energía como las curvas características del motor, como son; par motor, potencia, consumo específico de combustible.

Por su disposición se acopla directamente al cigüeñal (figura2) del motor la masa inercial o la unidad de absorción de potencia y de allí toma los valores necesarios para el cálculo de la potencia según sea el principio de funcionamiento.

Este tipo de dinamómetros son utilizados para realizar pruebas de motores en su etapa de investigación y desarrollo pues al estar el motor dentro de una sala de pruebas correctamente equipada, se pueden controlar de forma precisa las condiciones y parámetros en que se realizan las pruebas permitiendo así tener la posibilidad de repetir los ensayos con resultados iguales, lo que da validez a la información obtenida.



Los resultados realizados en este dinámómetro solo reflejan los del motor y este al ser montado en una estructura deberá ser corregido por las pérdidas ocasionados por los elementos motrices. (caja de cambios, diferencial, pérdidas por rodaduras, etc.)

### **Dinámómetro de chasis.**

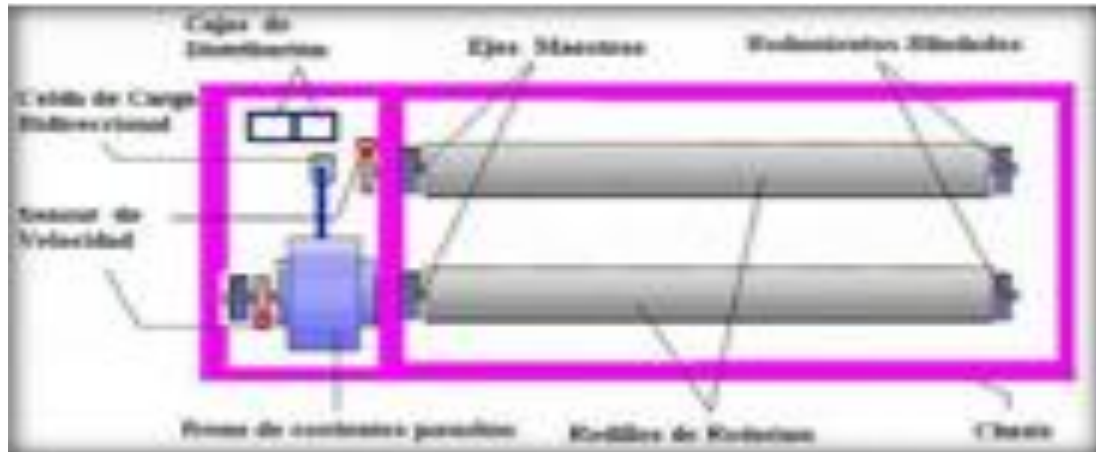
El dinámómetro de chasis es un equipo que permite medir la potencia y el par motor en la ruedas motrices del vehículo, los resultados obtenidos serán representados de forma gráfica mediante curvas. Vemos en la figura 3, un dinámómetro en una fosa.

Esta herramienta resulta particularmente útil pues permite observar y probar en su conjunto los elementos que integran al automóvil por lo que los resultados de las pruebas y ensayos obtenidos reflejan de forma más cercana al comportamiento que el vehículo tendrá en condiciones reales de operación.

Al igual que los dinámómetros de motor este equipo se utilizará para métodos investigativos y/o desarrollo.

Uno de los usos más utilizados es para la verificación de niveles de emisiones contaminantes de los vehículos automotores que se encuentran en circulación ya que mediante la simulación de patrones de carga, aceleración y velocidad que se encuentran estandarizados y que buscan emular la forma típica de conducir para una región determinada.

## Elementos del dinamómetro de chasis.



**Figura 4. Partes dinamómetro**

### Chasis.

Esta parte del dinamómetro es la encargada de soportar todos los esfuerzos producidos por el peso de las piezas (figura 4) que forman el dinamómetro, debe ser una estructura capaz de soportar el peso de los vehículos para los cuales fue diseñado, en este caso se usará el elevador de 4 postes Muth MPK-402 con capacidad de 3000 kg.

### Rodillos.

La configuración de los rodillos en los dinamómetros de chasis es variable dependiendo el uso que se le vaya a dar el dinamómetro, existen configuraciones desde un solo rodillo de gran diámetro hasta equipos con varios juegos de rodillos para soportar todas las ruedas motrices de las unidades a examinar, son estructuras cilíndricas rígidas las cuales al centro soportan un eje que en sus extremos descansa en rodamientos y van conectados a la unidad de absorción de potencia, cuentan con un sistema que permita registrar la velocidad de giro (velocidad angular). En las figura 5 y 6 se diferencian los rodillos utilizados en el



dinamómetro X 2WD, puesto que uno registrará la tracción y el otro girará libremente, debido a la rugosidad de sus superficies.

## REFERENCIA N8

### LOS PLÁSTICOS. 1. DEFINICIÓN.

“Plástico” proviene de PLASTIKOS palabra griega que significa susceptible de ser modelado o moldeado.

Quizá la mejor manera de caracterizar los plásticos es describir un número de cualidades que tienen en común, eliminando de esta forma los materiales que no las tienen:

- Los plásticos se llaman así porque en alguna etapa de su fabricación o de su utilización tienen propiedades plásticas.

Pueden ser plásticos sólo una vez, o pueden ser tantas veces como se quiera. Sin embargo, esta propiedad no basta para distinguir a los plásticos de otros materiales. El vidrio y el hormigón pueden tener, un comportamiento análogo, pero no son, plásticos.

- **Los plásticos son materiales orgánicos:** esto están basados en la química del carbono. Esto elimina materiales como el hormigón y el cristal, pero no excluye el asfalto, que no está clasificado como plástico.

- **Los plásticos son materiales sintético:** productos de la Industria química, que convierte materias primas en formas nuevas y radicalmente diferentes. Esto elimina materiales naturales tales como el asfalto y la laca, pero no excluye las ceras sintéticas.

- **Los plásticos son polímeros de elevado peso molecular;** esto es, son moléculas gigantes formadas por numerosas unidades repetidas combinadas en agregados muy grandes.

Los primeros plásticos, como el **celuloide** o la **galalita**, partían de polímeros a los que se añadían sustancias plastificantes. El proceso que condujo a los plásticos modernos fue la sintetización: partir de monómeros o moléculas sencillas para obtener polímeros mediante una reacción química polimerizante.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron **polietileno (PE)**.

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el **cloruro de polivinilo (PVC)**, un plástico duro y resistente al fuego. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el **politetrafluoretileno (PTFE)**, conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el **poliestireno (PS)**. También en esta época se crea la primera fibra artificial, el **nylon**. Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana.

Nacen en 1942 las **melaninas**, las **resinas epoxi**, el **poliuretano** y en 1952 el **policarbonato**.

La evolución ha sido muy rápida, hoy tenemos unos 50 materiales que con sus tipos, subtipos, mezclas, etc. pueden llegar a ser unos 2000.

### **Propiedades mecánicas.**

Las propiedades mecánicas de los plásticos tienen una estrecha relación con la temperatura. Al aumentarse está, las resistencias disminuyen.

Esto es particularmente cierto para los termoplásticos, que se reblandecen a elevadas temperaturas y se endurecen y vuelven más rígidos al enfriarse. Cuando se emplean termoplásticos debe tenerse en cuenta las temperaturas de utilización. Aumentar la proporción de plastificante puede tener el mismo efecto que aumentar la temperatura. Los termoestables, debido a su estructura interconectada en retícula, son un poco menos afectados por los cambios de temperatura. Si bien algunos pueden reblandecerse y endurecerse moderadamente al aumentar y disminuir las temperaturas.

Los plásticos laminados y reforzados con base termoestable son menos afectados debido a que están estabilizados por el material de refuerzo. La variación de carga afecta a la resistencia. Al igual que muchos otros materiales, tales como la madera y el hormigón armado, muchos plásticos pueden aguantar cargas más elevadas. En tiempos de carga cortos o rápidos, que cuando las cargas se aplican lentamente o se dejan en carga durante largos períodos de tiempo.

### **Plastificantes y variaciones de carga.**

Lo mismo que otros materiales, los plásticos pueden fluir, esto es, deformarse continuamente bajo tensión. Esto puede ser importante o apreciable, según el nivel de esfuerzo y de temperatura. A elevados niveles de esfuerzo, la fluencia al principio es también elevada. Luego durante un tiempo disminuye, pero finalmente empieza un incremento de velocidad, terminando por fallar. Estos elevados niveles de esfuerzo deben evitarse.

Los termoplásticos son más sensibles a la velocidad de carga ya la fluencia que los termoestables, laminados y plásticos reforzados. Sin embargo, niveles demasiado altos de esfuerzo, temperaturas elevadas, o ambas cosas a la vez, pueden conducir a fracasos, como en la posible deformación de las tuberías que conducen fluidos calientes bajo presión, cuando se utilizan materiales no adecuados en condiciones incorrectas.

**Fabricación:** Los procesos de fabricación pueden tener una gran influencia en la resistencia. En los termoplásticos extruidos tal como en tuberías, por ejemplo, las moléculas están en su mayoría orientadas en la dirección de la extrusión, y la resistencia es, por tanto, mayor en esta dirección que en la perpendicular.

El mismo efecto direccional puede ocurrir en el moldeo por inyección. En la fabricación de fibras sintéticas de alta resistencia se utiliza deliberadamente esta orientación y alineamiento de moléculas. Aquí, las moléculas se alinean durante el estirado del hilo. De esto resulta que si, por ejemplo, la resistencia a la rotura del nylon es aproximadamente 700 kg/cm<sup>2</sup> para los productos moldeados, aumenta hasta 4200 kg/cm<sup>2</sup> para la fibra de nylon. Lo mismo ocurre en otros plásticos que pueden utilizarse tanto moldeados como en fibras. Los films extruidos pueden hacerse más resistentes y tenaces por estirado después de la extrusión. La fabricación puede debilitar o reforzar, según los casos. En piezas grandes moldeadas por inyección, por

ejemplo, el plástico puede fluir dentro del molde a través de varias entradas. Cuando las diversas masas fluyentes se encuentran, se deben unir o soldar.

### **Resistencia a compresión.**

Según el tipo de plástico, la resistencia a compresión puede variar de 500 a 2.500 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **Resistencia a tracción.**

En los plásticos la resistencia a tracción (varía entre 350 y 550 Kg/cm<sup>2</sup>) es muy inferior a la resistencia a compresión, aunque en algunos casos, para filamentos extruidos en frío se puede llegar a cifras del orden de 4.500 Kg/cm<sup>2</sup>.

Influye en este tipo de resistencia el sistema de moldeo del plástico, así como la temperatura ambiente y la humedad.

### **Propiedades físicas**

#### **Datos físicos constantes.**

- Peso específico (g/cm<sup>2</sup>).
- Dureza (ensayo Shore en los polímeros blandos y en los elastómeros, y ensayo de penetración en los durómetros, Barcoll).
- Punto de fusión (oC)
- Punto de reblandecimiento (oC)
- Temperatura crítica de trabajo (oC)
- Coeficiente de dilatación lineal y cúbica.
- Estabilidad dimensional.
- Conductividad térmica.
- Absorción de agua.
- Permeabilidad (coeficiente de Darcy K, o permanencia K/e, en el caso de elementos delgados de espesor e).
- Permeabilidad al vapor.
- Resistividad eléctrica (en casos especiales).

## **Dureza.**

Los plásticos se comportan de forma muy variable al ser sometidos a ensayos en los cuales se mide la fuerza necesaria para introducir un indentador en su superficie. Para otros ensayos se utiliza caída de objetos. Las comparaciones entre materiales son difíciles de hacer, pero es evidente que los plásticos no son tan duros como el acero o el vidrio, pero muchos son más duros que la madera, en el sentido normal a las fibras. Asimismo, la resistencia a ser rayado es difícil de medir y comparar con pleno sentido. Los plásticos se rayan más fácilmente que el vidrio, pero el acabado con melanina, en laminados a alta presión, es más resistente al rayado que las lacas y barnices corrientes.

Las ralladuras en los materiales plásticos suelen ser menos irregulares que si se tratara de otros materiales más duros y quebradizos y generalmente pueden eliminarse con facilidad mediante un pulimento.

## **Tenacidad**

Las mediciones de la tenacidad son empíricas y los valores obtenidos son comparativos sólo de una manera aproximada. Además, las probetas de plástico para laboratorio pueden diferir ampliamente o de las piezas fabricadas, de la misma manera que el hormigón colocado en obra puede ser bastante diferente de las probetas de laboratorio. Los ensayos de tenacidad que se usan placas o laminas, o bien el impacto de un péndulo pesado golpeando una barra con una pequeña entalla.

El trabajo necesario para romper la probeta expresado en kilográmetros por centímetro de entalla se llama resistencia al impacto. Los resultados varían según la formulación química básica y las cargas y, en algún caso, como cuando se ensaya el polietileno, la probeta puede simplemente doblarse y dejar que el péndulo pase de largo.

Podemos ver la variabilidad debida a la formulación, examinando lo que ocurre con policloruros de vinilo rígidos, en los que la resistencia al impacto puede variar de 0,4 a 20. Las cargas tienen un marcado efecto: el poliéster rígido de colada tiene una resistencia al impacto entre 0,2 a 0,4 pero cuando se refuerza con fibra de vidrio cortada se eleva a 10, y con un refuerzo de tejido de lana de vidrio, puede llegar hasta 30. El poliestireno normal tiene

una resistencia entre 0,25 a 0,40, pero el copolímero ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) llega hasta 10.

Los plásticos acrílicos fundidos tienen su resistencia al impacto alrededor de 0,4 a 0,5, siendo de los más quebradizos. Sin embargo, su tenacidad es tal que se usan mucho para acristalar. En un ensayo por caída de bola, una lámina acrílica de 3 mm resiste al impacto de 25 a 30 veces más que un cristal de ventana de 6 mm. Las luces callejeras: de acrílico son otro ejemplo. Para la misma aplicación se utilizan también policarbonatos y plásticos de acetato-butirato de celulosa. En cristales de seguridad, la capa interna de alta tenacidad es de butirato de polivinilo. Junto con el cloruro de polivinilo flexible se utiliza mucho para tapicerías resistentes al desgaste.

### **Densidad.**

El rango de *densidades* de los plásticos es relativamente bajo y se varía entre 0.9 y 2.3 g/cm<sup>3</sup>.

Entre los plásticos de mayor consumo se encuentran el PE y el PP, ambos materiales con densidad inferior a la del agua. La densidad de otros materiales es varias veces mayor, como el aluminio con densidad 2.7 g/cm<sup>3</sup> o el acero con 7.8 g/cm<sup>3</sup>. Esta densidad tan baja se debe fundamentalmente a dos motivos; por un lado los átomos que componen los plásticos como C, H, O y N son ligeros, y por otro, las distancias medias de los átomos dentro de los plásticos son relativamente grandes.

## **REFERENCIA 9**

### **MATERIALES UTILIZADOS**

EL PLA (Ácido Poliláctico) debe su aparición al científico de la marca Dupont: Wallace Carothers. Consiguió en 1932 un polímero de bajo peso molecular. Fue patentado (conocido como proceso de Carothers) bajo la misma firma a mediados de los años cincuenta, tras optimizar el proceso.

El PLA es un polímero biodegradable que podemos encontrar en el mercado de comercialización de plásticos desde 1990. Es uno de los plásticos en mayor estudio y desarrollo por sus múltiples aplicaciones en el mercado.

El PLA tiene una cristalinidad de alrededor del 37%, una temperatura de transición vítrea entre 60-65°C, una temperatura de fusión entre 173-178°C y un módulo de elasticidad entre 2,7 GPa. Sin embargo, el PLA resistente al calor puede soportar temperaturas de 90°C y se degrada rápidamente por encima de esta temperatura en condiciones de alta humedad.

El PLA tiene propiedades mecánicas similares al PET, pero tiene una temperatura máxima de uso continuo significativamente más bajos. Debido a la baja temperatura del ablandamiento de Vicat. El ácido poliláctico se puede procesar, como la mayoría de los termoplásticos, en fibra (por ejemplo, usando el proceso convencional de hilatura por fusión) y en película. La temperatura de fusión del PLA se puede aumentar 40-50°C y la temperatura de deflexión al calor puede incrementarse en aproximadamente 60°C hasta 190°C por mezclado físico del polímero con PDLA (poliácido-D-láctico).



PLA. Granulado

Este interesante polímero tiene su origen en el almidón proveniente de vegetales como: maíz, yuca, trigo, remolacha o caña de azúcar, lo que facilita su fuente de extracción alejándola de los procesos de transformación de los hidrocarburos que caracterizan la obtención de otros polímeros

Al ser biodegradable, este poliéster termoplástico, se descompone lentamente en moléculas más simples al entrar en contacto con compuestos como el agua u óxidos de carbono. De esa forma se asegura una reinserción natural a lo largo de su ciclo de vida, al contrario que plásticos derivados de hidrocarburos como el ABS

El PLA tiene buenas propiedades mecánicas en comparación con las de los materiales termoplásticos estándar. Tiene baja resistencia al impacto, comparable a la cloruro de polivinilo - PVC no plastificado. Dureza, rigidez, resistencia impacto y elasticidad del PLA, son similares a las de PET. La película orientada en PLA puede ser plegado o doblado, tiene buena resistencia a la torsión, propiedades típicas de papel y papel de aluminio y que, por lo general, en películas de plástico no lo hacen ubicada. Estas propiedades, el alto módulo de flexión y la alta transparencia hacen que la película en PLA sea un material comparable a la película de celofán.

El poli (ácido láctico) o ácido poliláctico (PLA) es un poliéster alifático termoplástico derivado de recursos renovables, de productos tales como almidón de maíz (en los Estados Unidos), tapioca (raíces, o almidón principalmente en Asia) o caña de azúcar (en el resto de mundo). Se pueden biodegradar bajo ciertas condiciones, tales como la presencia de oxígeno, y es difícil de reciclar.

El nombre de "ácido poliláctico" debe utilizarse con precaución, ya que no se ajusta a las nomenclaturas estándar (como la IUPAC) y que podría dar lugar a la ambigüedad (PLA no es un poliácido, sino más bien un poliéster)

### **Propiedades físicas y químicas**

Debido a la naturaleza quiral del ácido láctico, pueden obtenerse distintos tipos de polímero: el poliácido-L-láctico (PLLA) es el producto resultante de la polimerización de ácido L, L-láctico (también conocido como L-láctico). El PLLA tiene una cristalinidad de alrededor del 37%, una temperatura de transición vítrea entre 60-65°C, una temperatura de fusión entre 173-178°C y un módulo de elasticidad entre 2,7 a 16 GPa. Sin embargo, el PLA resistente al calor pueden soportar temperaturas de 110°C (230° F).



El PLA tiene propiedades mecánicas similares al PET, pero tiene una temperatura máxima de uso continuo significativamente más bajos.

El ácido poliláctico se puede procesar, como la mayoría de los termoplásticos, en fibra (por ejemplo, usando el proceso convencional de hilatura por fusión) y en película. La temperatura de fusión del PLLA se puede aumentar 40-50°C y la temperatura de deflexión al calor puede incrementarse en aproximadamente 60°C hasta 190°C por mezclado físico del polímero con PDLA (poliácido-D-láctico). El PDLA y el PLLA forman un estéreo con flexión muy regular con mayor cristalinidad. La estabilidad de la temperatura se maximiza cuando se utiliza una mezcla 50:50, pero incluso a bajas concentraciones de 3.10% de PDLA, existe una mejora sustancial. En este último caso, el PDLA actúa como un agente de nucleación, lo que aumenta la velocidad de cristalización.

La biodegradación de PDLA es más lenta que para el PLA debido a la mayor cristalinidad del PDLA. El PDLA tiene la útil propiedad de ser ópticamente transparente.

También hay poliácidos (L-láctico-co-D, L-láctico) (PLDLLA), usado como PLDLLA / TCP (andamios) para la ingeniería del hueso.



El PLA es un polímero versátil que tiene muchas aplicaciones, incluyéndose en la industria textil, en la industria médica y sobretodo en la del empaquetado, envases como bandejas, botellas o bolsas flexibles, fabricados a partir de PLA. Adentro de la industria textil, son

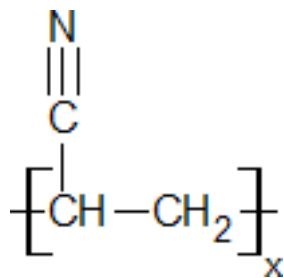
conocidas las aplicaciones del PLA para la creación de telas empleadas en la tapicería, la elaboración de trapos y la confección de toldos y cubiertas resistentes a la luz U.V. El PLA se ha convertido en un material muy importante en la industria médica, donde lleva funcionando más de 25 años. Por sus características el PLA se ha convertido en un candidato ideal para implantes en los huesos o en los tejidos (cirugía ortopédica, facial, de pecho, abdomen). También hay poliácidos (L-láctico-co-D, L-láctico) (PLDLLA), usado como PLDLLA / TCP (andamios) para la ingeniería del hueso.

### **ABS acrilonitrilo butadieno estireno**

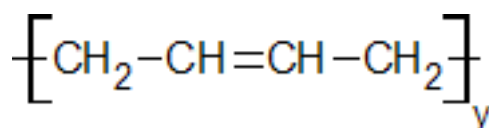
El ABS es el nombre dado a una familia de termoplásticos. El acrónimo deriva de los tres monómeros utilizados para producirlo: acrilonitrilo, butadieno y estireno. Las primeras formulaciones se fabricaban a través de la mezcla mecánica de, o los ingredientes secos, o la mezcla del látex de un caucho basado en butadieno y la resina del copolímero acrilonitrilo-estireno (SAN).

Aunque este producto tenía buenas propiedades comparado con otros materiales disponibles en aquellos años, tenía varias deficiencias entre las que se puede contar una mala capacidad para ser procesado así como también una falta de homogeneidad.

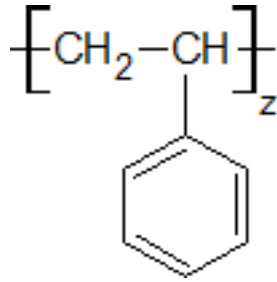
Poliacrilonitrilo



Polibutadieno



Poliestireno

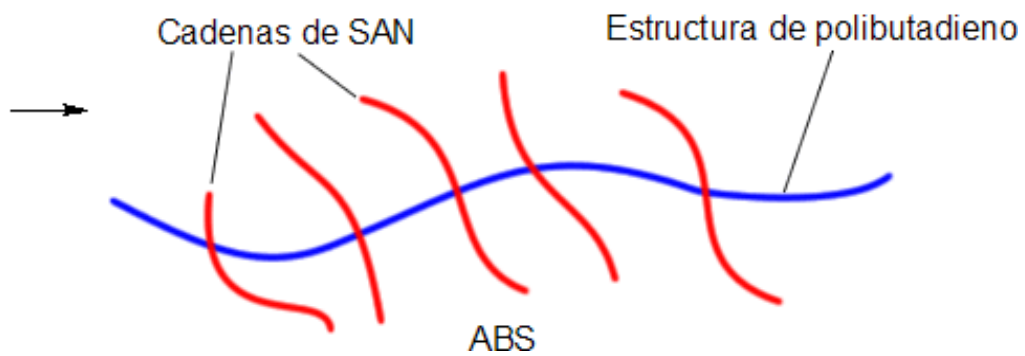
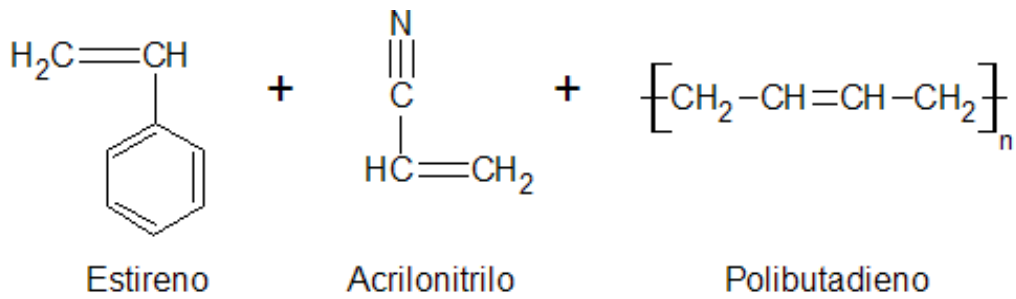


Para mejorar sus propiedades se fueron incorporando modificaciones en el proceso. El más exitoso de estos consistió en la polimerización del acrilonitrilo–estireno en presencia del caucho. El caucho en un principio tenía un alto contenido en acrilonitrilo y fueron reemplazados por otros con bajo contenido como el polibutadieno, el caucho natural, el caucho estireno butadieno y elastómeros acrílicos.

En la actualidad el ABS se produce, preponderantemente, por medio de la polimerización del estireno y el acrilonitrilo en presencia de polibutadieno, quedando como producto una estructura de polibutadieno, conteniendo cadenas de SAN (estireno acrilonitrilo) injertados en él.

### **Estructura del ABS**

La estructura del ABS es una mezcla de un copolímero vítreo (estireno – acrilonitrilo) y un compuesto elástico principalmente el polímero de butadieno. La estructura con la fase elastómera del polibutadieno (forma de burbujas) inmersa en una dura y rígida matriz SAN.



El ABS es un plástico más fuerte, por ejemplo, que el poliestireno debido a los grupos nitrilo. Estos son muy polares, así que se atraen mutuamente permitiendo que las cargas opuestas de los grupos nitrilo puedan estabilizarse. Esta fuerte atracción sostiene firmemente las cadenas de ABS, haciendo el material más fuerte. También el polibutadieno, con su apariencia de caucho, hace al ABS más resistente que el poliestireno.

### Propiedades

Los materiales de ABS tienen importantes propiedades en ingeniería, como buena resistencia mecánica y al impacto combinado con facilidad para el procesado. La resistencia al impacto de los plásticos ABS se ve incrementada al aumentar el porcentaje de contenido en butadieno pero disminuyen entonces las propiedades de resistencia a la tensión y disminuye la temperatura de deformación por calor. El amplio rango de propiedades que exhibe el ABS es debido a las propiedades que presentan cada uno de sus componentes.

El acrilonitrilo proporciona:

- Resistencia térmica
- Resistencia química
- Resistencia a la fatiga
- Dureza y rigidez

El butadieno proporciona:

- Ductilidad a baja temperatura
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la fusión

El estireno proporciona:

- Facilidad de procesado (fluidez)
- Brillo
- Dureza y rigidez

Excepto en películas delgadas, es opaco y puede ser de color oscuro o marfil y se puede pigmentar en la mayoría de los colores, obteniéndose partes lustrosas de acabado fino.

La mayoría de los plásticos ABS son no tóxicos e incoloros. Pueden ser extruidos, moldeados por inyección, soplado y prensado. Generalmente los grados de bajo impacto son los que más fácil se procesan. Los de alto impacto son más dificultosos porque al tener un mayor contenido en caucho los hace más viscosos. A

pesar de que no son altamente inflamables, mantienen la combustión. Hay algunos tipos autoextinguibles para cuando se requiere algún producto incombustible, otra solución consiste en aplicar algún retardante de llama.

Dentro de una variedad de termoplásticos el ABS es importante por sus balanceadas propiedades. El ABS se destaca por combinar dos propiedades muy importantes como ser la

resistencia a la tensión y la resistencia al impacto en un mismo material, además de ser un material liviano.

#### PROPIEDADES TABULADAS.

Resistencia a la abrasión	Alta
Permeabilidad	Todos los grados son considerados impermeables al agua, pero ligeramente permeables al vapor.
Propiedades relativas a la fricción	No los degradan los aceites son recomendables para cojinetes sometidos a cargas y velocidades moderadas
Estabilidad dimensional	Es una de las características más sobresalientes, lo que permite emplearla en partes de tolerancia dimensional cerrada. La baja capacidad de absorción de la resina y su resistencia a los fluidos fríos, contribuyen a su estabilidad dimensional

Pigmentación	La mayoría de estas resinas, están disponibles en colores estándar sobre pedido, se pueden pigmentar aunque requieren equipo especial.
Facilidad de unión	Se unen fácilmente entre sí y con materiales plásticos de otros grupos mediante cementos y adhesivos
Cap. de absorción	Baja
Propiedades ambientales	La exposición prolongada al sol produce una capa delgada quebradiza, causando un cambio de color y reduciendo el brillo de la superficie y la resistencia a la flexión. La pigmentación en negro provee mayor resistencia a la intemperie
Resistencia química	Generalmente buena aunque depende del grado de la resina, de la concentración química, temperatura y esfuerzos sobre las partes. En general no son afectadas por el agua, sales inorgánicas, álcalis y por muchos ácidos. Son solubles en ésteres, acetona, aldehídos y en algunos hidrocarburos clorados
Formado	Se adaptan bien a las operaciones secundarias de formado. Cuando se calientan, los perfiles extruidos, se pueden doblar y estampar.
Facilidad de maquinado	Sus características son similares a las de los metales no ferrosos, se pueden barrenar, fresar, torneare, aserrar y troquelar
Acabados superficiales	Pueden ser acabados mediante metalizado al vacío y electro plateado
Resistencia a la fatiga	Se presenta para cargas cíclicas o permanentes mayores a 0.7 Kg mm <sup>2</sup>
Recocida	Se mantiene 5° C arriba de la Temp. de distorsión durante 2 a 4 h.

## Propiedades Cuantitativas

Propiedades	Método ASTM	Unidad	Grados de ABS			
			Alto impacto	Impacto medio	Bajo Impacto	Resistente al calor

<i>Mecánicas a 23°C</i>						
<b>Resistencia al impacto, prueba Izod</b>	D2546	J / m	375-640	215-375	105-215	105-320
<b>Resistencia a la tensión</b>	D638	Kg. / mm <sup>2</sup>	3,3 – 4,2	4,2-4,9	4,2-5,3	4,2-5,3
<b>elongación</b>	D638	%	15-70	10-50	5-30	5-20
<b>Módulo de tensión</b>	D638		173-214	214-255	214-265	214-265
<b>Dureza</b>	D785	HRC (Rockwell)	88-90	95-105	105-110	105-110
<b>Peso específico</b>	D792		1,02-1,04	1,04-1,05	1,05-1,07	1,04-1,06
<i>Térmicas</i>						
<b>Coefficiente de expansión térmica</b>	D696	X 10 <sup>5</sup> cm / cm* °C	9,5 –11,0	7,0-8,8	7,0-8,2	6,5-9,3
<b>Distorsión por calor</b>	D648	°C a 18,4 Kg /cm <sup>2</sup>	93-99	96-102	96-104	102-112

Tabla propiedades cuantitativas ABS

### **Acerca del PET**

El Tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato ó polietileno Tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, Polyethylene Terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.

Unidad repetitiva de PET



Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante: extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con esto se logra una mayor transparencia, la razón de su transparencia al enfriarse rápido consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfiere (“scattering” en inglés) con la trayectoria de la longitud de onda de la luz visible, de acuerdo con la teoría cuántica.

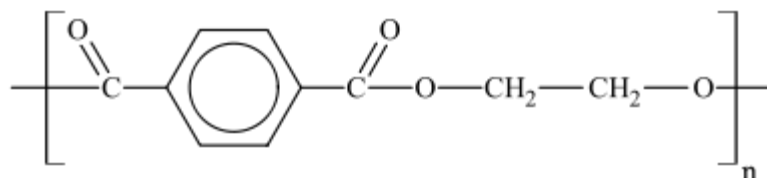
### Propiedades

Presenta como características más relevantes:

Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes. Alta resistencia al desgaste y corrosión.

Muy buen coeficiente de deslizamiento.

Buena resistencia química y térmica.



Muy buena barrera a CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y humedad. Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.

Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica. Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material haya alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas.

## **Historia**

Fue producido por primera vez en 1941 por los científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Se debe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto.

A partir de 1946 se empezó a utilizar industrialmente como fibra y su uso textil ha proseguido hasta el presente. En 1952 se comenzó a emplear en forma de filme para envasar alimentos. Pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976. Pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para la fabricación de botellas para bebidas poco sensibles al oxígeno como por ejemplo el agua mineral y los refrescos carbonatados. Desde principios de los años 2000 se utiliza también para el envasado de cerveza.

### Aspectos positivos del uso de tereftalato de polietileno

Como algunos de los aspectos positivos que encontramos para el uso de este material, principalmente empleado en envases de productos destinados a la venta, podemos destacar:

Que actúa como barrera para los gases, como el CO<sub>2</sub>, humedad y el O<sub>2</sub> Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes. Irrompible.

Liviana.

Impermeable. No toxica, a cierto grado, ya que todos los plásticos tienen cierto grado de toxicidad, cualidad necesaria para este tipo de productos que están al alcance del público en general (Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos

alimentarios).

Inerte (al contenido)

Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza. Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor.

Totalmente reciclable.

Superficie barnizable.

Estabilidad a la intemperie.

Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.



## Referencia 10

La Ingeniería Térmica trata de los procesos de transferencia de calor y la metodología para calcular la velocidad temporal con que éstos se producen y así poder diseñar los componentes y sistemas en los que son de aplicación. La transferencia de calor abarca una amplia gama de fenómenos físicos que hay que comprender antes de proceder a desarrollar la metodología que conduzca al diseño térmico de los sistemas correspondientes.

Algunos ejemplos de diseño pueden ser:

- a) Los que requieren disminuir las cantidades de calor transferido mediante un aislante térmico, o amplificarlas mediante aletas u otros sistemas
- b) Los que implican procesos de transferencia de calor de un fluido a otro mediante intercambiadores de calor
- c) Los que controlan térmicamente un proceso, manteniendo las temperaturas de funcionamiento de los elementos sensibles al calor dentro de unos márgenes predeterminados, etc.

Siempre que existe una diferencia de temperatura, la energía se transfiere de la región de mayor temperatura a la de temperatura más baja; de acuerdo con los conceptos termodinámicos la energía que se transfiere como resultado de una diferencia de temperatura, es el calor.

Sin embargo, aunque las leyes de la termodinámica tratan de la transferencia de energía, sólo se aplican a sistemas que están en equilibrio; pueden utilizarse para predecir la cantidad de energía requerida para modificar un sistema de un estado de equilibrio a otro, pero no sirven para predecir la rapidez (tiempo) con que puedan producirse estos cambios; la fenomenología que estudia la transmisión del calor complementa los Principios termodinámicos, proporcionando unos métodos de análisis que permiten predecir esta velocidad de transferencia térmica.

Para ilustrar los diferentes tipos de información que se pueden obtener desde ambos puntos de vista, (termodinámico y transferencia de calor) consideraremos, a título de ejemplo, el calentamiento de una barra de acero inmersa en agua caliente. Los principios termodinámicos se pueden utilizar para predecir las temperaturas finales una vez los dos sistemas hayan alcanzado el equilibrio y la cantidad de energía transferida entre los estados de equilibrio inicial y final, pero nada nos dicen respecto a la velocidad de la transferencia térmica, o la temperatura de la barra al cabo de un cierto tiempo, o del tiempo que hay que esperar para obtener una temperatura determinada en una cierta posición de la barra.

Un análisis de la transmisión del calor permite predecir la velocidad de la transferencia térmica del agua a la barra y de esta información se puede calcular la temperatura de la barra, así como la temperatura del agua en función del tiempo.

Para proceder a realizar un análisis completo de la transferencia del calor es necesario considerar tres mecanismos diferentes, conducción, convección y radiación.

El diseño y proyecto de los sistemas de intercambio de calor y conversión energética requieren de cierta familiaridad con cada uno de estos mecanismos, así como de sus interacciones; en primer lugar consideraremos los principios básicos de la transmisión del calor y algunas aplicaciones simples, que serán de utilidad en capítulos posteriores, en los que serán tratados con más detalle.

## Referencia 11

### Accudyno PRO

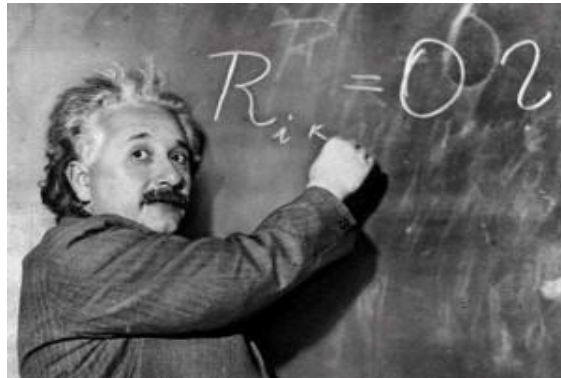


#### Para todo tipo de banco de pruebas

El sistema de adquisición de datos Accudyno PRO, es el producto más completo que además de las prestaciones inerciales que posee el modelo Accudyno GO, posee un circuito de alta precisión para la entrada de señal de una celda de carga. Esto le permite adaptarse a cualquier tipo de banco de pruebas, inercial o con freno dinamométrico, de motor o de chasis.

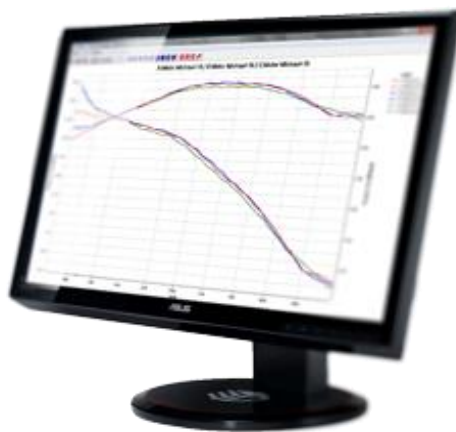
- Volantes inerciales para motores
- Dinamómetros de absorción y frenado (eléctricos o hidráulicos)
- Rodillos para motos
- Rolos para autos
- Rolos doble tracción

- Rolos con dinamómetro (medición inercial y dinamométrica combinada)



## Medición Inercial y dinamométrica

Aunque los cálculos necesarios para obtener los resultados de la medición son bastante más sencillos que la Teoría de la Relatividad, hemos hecho un desarrollo matemático nada despreciable para conseguir convertir las mediciones de tiempos de giro del volante inercial en datos de RPM, torque y potencia. La clave está en lograr una medición precisa de estos tiempos, y eso requiere una electrónica y software de gran precisión. En sistemas combinados (inerciales y dinamométricos) también es importante coordinar una medición precisa del torque aplicado a la celda de carga, como de la lectura inercial.



## Resultados

Toda la información obtenida desde el módulo de adquisición de datos se despliega en un software que funciona bajo Windows XP, 7 o 8. Podrás visualizarlos en tiempo real o como un informe con valores instantáneos, máximos, promedios, así como las curvas de potencia y torque del motor. Estos valores puedes compararlos para medir las diferencias ante cualquier cambio o alteración que hayas hecho al motor. En pocos minutos podrás encontrar la mejor combinación de piezas y configuraciones del motor, sin tener que salir a probar a la pista.

### **Medición de Múltiples Parámetros del Motor**

El sistema Accudyno PRO permite el ingreso de varios tipos de señales del motor. Algunos de los datos que puedes leer son:

- RPM (del motor y del rodillo o volante)
- Potencias (a la rueda, al motor, potencia leída y potencia corregida climáticamente)
- Pérdidas (medición de la cantidad de HP que se pierden en elementos de la transmisión, como caja, cadena, deformación de la goma)
- Discriminación de potencia de frenado y potencia inercial. Compensación de error de potencia por inercia, lo que permite una medición precisa incluso si el ensayo se realiza en diferentes tiempos o por diferentes operadores.
- Factor de corrección climático corregido por normas internacionales (ingresando temperatura, presión y humedad de forma manual o automática con nuestra central atmosférica)
- Torque
- Velocidad
- Relación de transmisión. Revela el estado del embrague o detecta patinamientos (requiere sensor de RPM de motor)
- Carburación (mediante sonda lambda). Indica el valor instantáneo de la mezcla a lo largo de la curva de potencia.
- Valores promedio. Útiles para evaluar el funcionamiento entre dos valores de RPM.
- Tiempo de aceleración. Un dato secundario. Es útil para utilizar en pruebas separadas por no más que un par de horas, ya que no está corregido climáticamente ni normalizado. Por eso no es un dato importante en un banco de pruebas, como lo es, por ejemplo, la potencia promedio.

- Señales de Presión como presión de aceite, presión de combustible, presión de admisión, presión de escape...
- Señales de Temperatura como temperatura de motor, temperatura de agua o aceite, temperatura de escape, temperaturas de intercambio de calor en el dinamómetro...
- Señal de Blow-By. Gaseo del motor en el cárter. La elevación de presión en el cárter es proporcional a la fuga de gases a través de los aros del pistón.