

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Estudio comparativo de torque y potencia en un vehículo CRDI a 0 y 2800msnm**

**Jaime Gustavo Bravo Vargas**

**Juan Carlos Guevara Flores**

**Director: Ing. Patricio León**

**Quito, 01 de Septiembre 2017**



## CERTIFICACIÓN

Nosotros, Jaime Gustavo Bravo Vargas y Juan Carlos Guevara Flores declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o certificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Sedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según establezca en la ley de propiedad intelectual, reglamento y leyes.



Firma del Graduado

Jaime Gustavo Bravo Vargas

C.I: 172448466-0



Firma del Graduado

Juan Carlos Guevara Flores

C.I: 1718678756-0

Yo Ing. Patricio León, certifico que, conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su conocimiento.



Firma del Director de trabajo de grado

Ing. Patricio León

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por haberme brindado sabiduría ayudándome a culminar mis estudios.

Agradezco principalmente a las personas que me ayudaron económicamente en mi carrera estudiantil, ya que sin ellas no podría haber culminado mi carrera en esta prestigiosa Universidad.

Agradezco a mi familia y a mi novia por ser un apoyo incondicional en esta etapa de mi vida y guiarme hacia el éxito profesional.

Y un agradecimiento principal para mi tutor, Ing. Patricio León que supo guiarme en la etapa final de mi carrera, a mis profesores que me impartieron conocimientos para poder ser un excelente profesional.

Jaime Gustavo Bravo Vargas

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de la culminación de este trabajo investigativo.

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones y por guiarme por el camino correcto a lo largo mi vida.

A mis padres por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por brindándome una vida llena de alegrías, por sus consejos y apoyo incondicional. Gracias infinitas por toda la confianza depositada en mi inteligencia y capacidad.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad por su gran labor en la formación de excelentes profesionales.

Juan Carlos Guevara Flores

## **DEDICATORIA**

Este trabajo y mi éxito profesional se lo dedico a la persona más importante en mi vida, a mi Madre Dra. Gloria Vargas, que me guio desde pequeño con principios y valores impartidos durante mi infancia y adolescencia, aunque no pueda verme como todo un profesional, sé que ella estará orgullosa de mi desde el cielo.

Jaime Gustavo Bravo Vargas

Este trabajo se lo dedico a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, a mis padres y a mi hermano, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, gracias a ellos y su apoyo incondicional soy una persona con valores muy valiosos.

A mis maestros por ser una fuente inagotable de conocimientos que ha sido un gran aporte para mi formación profesional, y la elaboración de este trabajo.

A mis compañeros y a los amigos que me ha dejado etapa estudiantil y por último y no menos importante a mi tutor de quién nos ayudó en todo momento, Ing. Patricio León.

Juan Carlos Guevara Flores

# ÍNDICE DE CONTENIDO

## Contenido

CERTIFICACIÓN .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESUMEN .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
5. CONCLUSIONES .....	15
6. REFERENCIAS .....	16

## ARTÍCULO

### ESTUDIO COMPARATIVO DE TORQUE Y POTENCIA EN UN VEHÍCULO CRDI A 0 Y 2800MSNM

Ing. Patricio León, Jaime Gustavo Bravo Vargas, Juan Carlos Guevara Flores.

*Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador*

*jabravova@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador*

*juguevaraf@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador*

#### RESUMEN

En este artículo se presenta la investigación de un análisis comparativo de torque y potencia de un vehículo a diésel con un sistema CRDI (Common Rail Direct Injection) a diferentes alturas, entre 0 metros sobre el nivel del mar y a 2800 msnm (metros sobre el nivel del mar), para obtener datos informativos de las variables del torque y la potencia del vehículo a diferentes alturas.

La investigación se realizó con estudiantes de la facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, como parte del proceso investigativo de la formación académica. La investigación realizada permitió obtener suficiente información en base al análisis comparativo en un vehículo diésel con sistema CRDI, los resultados arrojados en base a las pruebas efectuadas se concluyó, que en los datos del torque y potencia del vehículo cambian, la variación de factores afectan los resultados al momento de hacer las respectivas comparaciones de torque y potencia en distintas alturas, las cuales se indican en el artículo en base a resultados obtenidos.

**Palabras clave:** diésel, torque, potencia, CRDI.

#### ABSTRACT

This article presents the investigation of a comparative analysis of torque and power of a diesel vehicle with a CRDI (Common Rail Direct Injection) system at different heights, between 0 meters above sea level and 2800 meters above sea level of the sea), to obtain informative data of the variables of the torque and the power of the vehicle to different heights.

The research was carried out with students of the Faculty of Automotive Mechanics of the International University of Ecuador, as part of the research process of the academic formation. The research made it possible to obtain sufficient information on the basis of the comparative analysis in a diesel vehicle with CRDI system, the results based on the tests carried out were concluded, that in the data of the torque and power of the vehicle change, the variation of factors affect the Results when making the respective comparisons of torque and power in different heights, which are indicated in the article based on results obtained.

**Keywords:** Diesel, torque, power, CRDI.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los vehículos con motores diésel con sistema de inyección CRDI, se desconocen los argumentos técnicos del por qué se produce una pérdida de torque y potencia que sufren los motores al encontrarse con variables de altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiental y presión atmosférica propias de nuestra geografía, que en algunos casos son imperceptibles.

Este estudio investigativo proporciona la información necesaria a los lectores para tener conocimiento de la variación del torque y potencia a diferentes alturas sobre el nivel del mar. Para demostrarlo se ha realizado pruebas utilizando un vehículo con sistema CRDI y un combustible Premium con un máximo de 500 partículas por millón de contenido de azufre y con un índice de cetano de 47, para las pruebas.

Teniendo en cuenta que las exigencias del consumidor son cada vez mayores, los grandes fabricantes de automóviles han puesto sus esfuerzos en modificar y mejorar los sistemas vehiculares y motores para contrarrestar ciertas variables que afectan al momento de tener el mejor rendimiento de sus autos.

En el Ecuador, al tener una geografía muy diversa, hay que tener en cuenta que las condiciones de trabajo de un vehículo pueden cambiar drásticamente en tan solo unas horas, podemos encontrarnos a nivel de mar y en 6 horas a 2800msnm (altura de Quito).

Este trabajo investigativo es un aporte importante para conocer las variaciones en cuanto al torque y potencia de una camioneta Chevrolet D-max 3.0 CRDI a nivel del mar y a 2800 msnm.

Debido a distintos parámetros de operación de los vehículos con motores a Diesel en distintas condiciones de trabajo, se ha optado por mejorar los sistemas de inyección de combustible, para ofrecer una mejor prestación de estos, por lo cual se ha

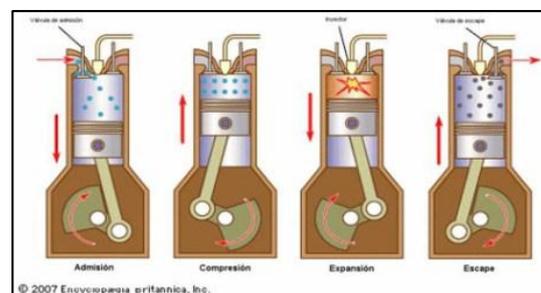
implementado un sistema de inyección directa para el funcionamiento y operación de los mismos, ayudando al funcionamiento del motor en distintas condiciones de trabajo sin afectar significativamente su torque y potencia.

Dentro de este artículo de investigación, se ha tomado en cuenta, la utilización de un dinamómetro, para obtener los resultados de las pruebas y poder realizar el análisis comparativo a diferentes alturas con el vehículo seleccionado, comparando sus resultados emitidos según su fabricante en diferentes escenarios.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los motores a Diesel utilizan un sistema de cuatro tiempos, los cuales son: admisión, compresión, combustión y escape.

Su funcionamiento es bastante sencillo, primeramente entra el aire en la cámara de combustión, seguidamente se comprime este aire con un empuje del émbolo del pistón, para luego inyectar el combustible y producir la combustión que volverá a empujar el pistón, y producirá la fuerza para el movimiento. Finalmente, el escape de los gases dejará la cámara de combustión lista para un próximo ciclo. [1]



**Figra2.1** Ciclo de combustión de un motor Diesel.

**Fuente.** (Klapper, 2009)

### Sistema CRDI

Bosch lanzó el primer sistema Common Rail en 1997. El sistema recibe el nombre por el acumulador de alta presión compartido que suministra el combustible a todos los cilindros. [1]



**Figura 2.2** Sistema CRDI  
Fuente. (BOSCH, 2017)

### Funcionamiento

En los sistemas de inyección diésel convencionales, es necesario que la presión del combustible se genere de forma individual en cada inyección. Sin embargo, en el sistema Common Rail, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo que significa que el combustible está siempre disponible y en la presión necesaria para su inyección. [1]

La bomba envía el combustible hasta el orificio del riel mediante un conducto de alta presión, que actúa como acumulador de alta presión común para todos los inyectores, desde ahí, el combustible se distribuye en cada inyector que, a su vez, lo inyecta en la cámara de combustión del cilindro. [1]

### Partes del sistema CRDI

Los sistemas Common Rail son de diseño modular. Cada sistema cuenta con una bomba de alta presión, inyectores, un riel y un Electronic Diesel Control (EDC, por sus siglas en inglés). [1]

### Bombas de alta presión

La bomba de alta presión suministra combustible de forma continua al acumulador de alta presión, gracias a lo cual consigue mantener una presión constante en el riel, incluso a bajas rpm del motor, ya que la generación de caudal no está relacionada con las revoluciones del motor. [1]



**Figura 2.3** Bomba de alta presión  
Fuente. (BOSCH, 2017)

### Inyectores

El inyector de un sistema Common Rail consta de una tobera, un actuador para los inyectores piezo eléctrico o una válvula de solenoide para los inyectores, así como de las conexiones hidráulicas y eléctricas para el funcionamiento de la aguja de la tobera. Está instalado en todos los cilindros del motor y conectado al riel mediante un conducto corto de alta presión. El inyector está controlado por el EDC. Esto garantiza que el actuador se encargue de abrir y cerrar la aguja de la tobera, independientemente si se trata de una válvula de solenoide o piezo eléctrico. Los inyectores con actuadores piezo eléctrico son un poco



más estrechos y el nivel de ruido que generan es bajo. [1]

**Figura 2.3** Inyectores  
Fuente. (BOSCH, 2017)

### Gestión del motor

El EDC es el sistema de gestión de motor de los vehículos diésel, el cual regula las funciones del sistema de inyección y garantiza que el motor proporcione el par necesario. La inyección se ajusta de forma continua tanto al motor como al entorno de conducción. Los motores diésel con un sistema de gestión de motor de Bosch se destacan por la optimización de un rendimiento dinámico y consumo mínimo de combustible y reducción de emisiones. [1]

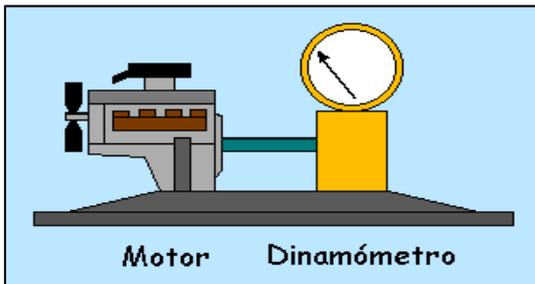


**Figura 2.4** Electronic Diesel Control  
**Fuente.** (BOSCH, 2017)

## Términos técnicos

### Torque de un motor

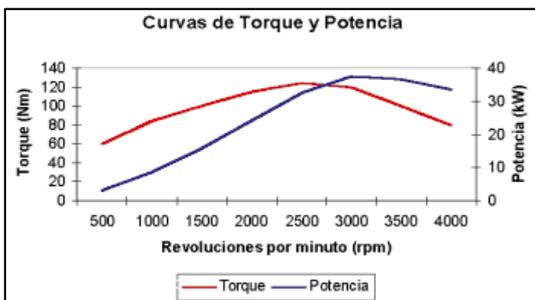
El torque es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, el motor produce fuerza en un eje que se encuentra girando. Para medirlo, los ingenieros utilizan un banco o freno dinamométrico, es una instalación en la que el motor puede girar a toda su capacidad conectada mediante un eje a un freno o balanza que lo frena en forma gradual y mide la fuerza con que se está frenando. [2]



**Figura 2.5** Dinamómetro de motor  
**Fuente.** (Klapper, 2009)

### Potencia de un motor

La potencia indica la rapidez con que puede trabajar el motor. La potencia máxima es el mayor número obtenido de multiplicar el torque del motor por la velocidad de giro en que lo genera. [2]



**Figura 2.6** Curvas de torque y potencia.  
**Fuente.** (Klapper, 2009)

## Factores que afectan al desempeño del motor a Diesel.

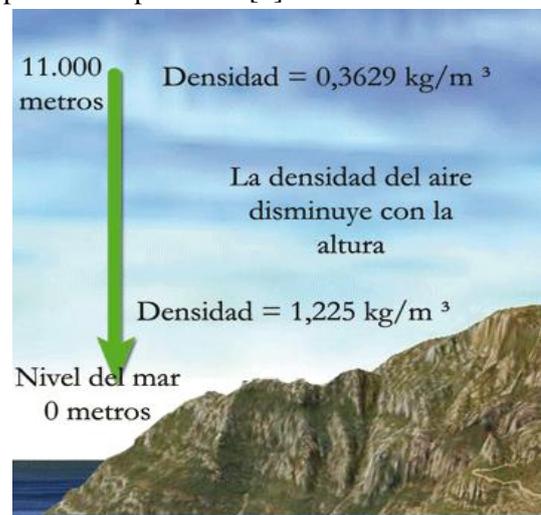
A continuación, se muestra varios factores que intervienen en el comportamiento y desempeño de los motores a Diesel.

### Presión atmosférica

Es el peso que ejerce el aire de la atmósfera como consecuencia de la gravedad sobre la superficie terrestre o sobre una de sus capas de aire. La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve todo el planeta y está formado por mezcla de gases que en conjuntos llamamos aire, como todos los cuerpos, tiene peso, el cual ejerce una fuerza sobre la superficie terrestre es lo que llamamos presión atmosférica. [3]

### La temperatura y densidad del aire

La disminución de la presión y la temperatura atmosférica afecta a la densidad del aire y su composición de los motores a combustión interna. Este problema es más acentuado en máquinas térmicas de desplazamiento volumétrico como los motores de combustión interna, aún más en los de aspiración natural. El torque y la potencia del motor disminuyen con la altitud debido principalmente a que la presión en el cilindro es menor a lo largo de todo el ciclo del motor. Todo ello provoca una pérdida de potencia. [3]



**Figura 2.7** Densidad del aire a distintas alturas.  
**Fuente.** (Bulmaro, 2011)

## Combustible.

La calidad del combustible en el Ecuador.

Petroecuador producen tres tipos de Diesel:

Diesel Premium: Con un máximo de 500 partículas por millón (ppm) de contenido de azufre y con un índice de cetano de 47, destinado para el distrito metropolitano de Quito por ordenanza del municipio. [4]

Diesel 2: Con un máximo de 7000 ppm de azufre y con un índice de cetano 45 para el resto del país. [4]

Diesel 1: Es de uso restringido para las industrias que lo requieren con un máximo de 3000 ppm de azufre. [4]

Los tres tipos de Diesel cumplen las normas de calidad establecidas por la norma INEN 935. [4]

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

### Consideraciones de prueba.

Para las pruebas realizadas en Quito y Guayaquil se han tomado las siguientes consideraciones, las cuales son las mismas en los dos casos.

Las consideraciones para las pruebas en el dinamómetro son:

- El vehículo ocupado para las dos pruebas es una camioneta Chevrolet Luv D Max a Diesel con un sistema de inyección CRDI, por el estudio realizado por la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador), muestra las marcas de vehículos más vendidos entre el año 2016 y en el año 2017 fueron de marca Chevrolet.
- Se utilizó combustible Diesel categoría Premium.[4]
- El automotor se encuentra en perfectas condiciones de operación y está al día con sus respectivos mantenimientos.

- Al momento de las pruebas, el motor está a la temperatura estable de funcionamiento (92<sup>o</sup> Centígrados)
- Se siguieron los protocolos de seguridad, verificando que el vehículo este asegurado en el banco de pruebas.

### Características técnicas del vehículo.



**Figura 3.1** Camioneta Luv D Max CRDI 3.0  
**Fuente.** (CHEVROLET, 2017) [6]

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor	3.0L Diésel TDI
Cilindrada	2999
Válvulas	16
Potencia Neta (HP@rpm)	134@3600
Torque Neto (Nm@rpm)	294@1400-3000
Alimentación	CRDI

**Tabla 3.1** Especificaciones técnicas del vehículo [6]

**Fuente.** (CHEVROLET, 2017) [6]

### Códigos y normas de las pruebas de torque y potencia.

Los valores establecidos para las mediciones códigos y pruebas están aplicados a los protocolos definidos por las normas internacionales ISO 376, la norma ASTM E 74, constituye un protocolo propio de estados unidos, se puede establecer otras normas y códigos de pruebas dependiendo del tipo de dinamómetro en el cual se realizan las pruebas correspondientes. [7]

### Análisis para las pruebas.

En el análisis realizado con los dinamómetros de Quito y Guayaquil, se verifico el torque y la potencia del vehículo a diferentes alturas 0 y 2800 msnm, la presión atmosférica y la temperatura del aire.

### Pruebas realizadas a 2800 msnm (D.M. Quito)

Las pruebas se realizaron en la Universidad Internacional del Ecuador, en la facultad de ingeniería de mecánica automotriz sede Quito.



**Figura 3.2** Facultada de Ingeniería Automotriz cede Quito.

**Fuente.** Autores, (2017)

En las pruebas correspondientes se tomaron en cuenta los factores mencionados anteriormente, y de esta forma realizar las respectivas mediciones de torque y potencia en el vehículo a Diesel con sistema CRDI.



**Figura 3.3** Pruebas del dinamómetro con la camioneta Luv D Max CRDI 3.0

**Fuente.** Autores, (2017)

Una vez embancado el vehículo en el dinamómetro, ingresado los datos del vehículo y del motor en la computadora, se procedió con la medición de torque y potencia en tres pruebas, para tener un valor promedio del torque y la potencia del vehículo y saber un valor exacto en las mediciones.



**Figura 3.4** Pantalla y computador del equipo de pruebas del dinamómetro.

**Fuente.** Autores, (2017)

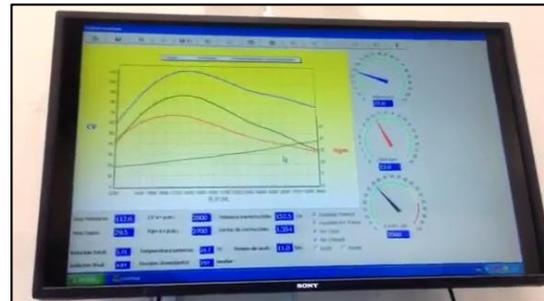
Monitor y computadora del dinamómetro con sus respectivos cables del equipo.



**Figura 3.5** Pantalla del dinamómetro con los valores de velocidad del vehículo y rpm del motor.

**Fuente.** Autores, (2017)

Monitor del dinamómetro indicando los valores de la velocidad teórica, las rpm del motor, la temperatura del ambiente y la presión atmosférica.



**Figura 3.6** Pantalla del dinamómetro con los valores de Torque y Potencia de las pruebas realizadas.

**Fuentes.** Autores, (2017)

En la figura 3.6 muestra en el monitor del dinamómetro, el torque y la potencia máxima del motor, con su tiempo de aceleración de la prueba realizada.

### Pruebas realizadas a 0 msnm (Guayaquil)



**Figura 3.7** Facultada de Ingeniería Automotriz cede Guayaquil

**Fuente.** Autores, (2017)

Para la prueba realizada en Guayaquil, se toma en cuenta los procedimientos del manual de

funcionamiento del dinamómetro, ya que la operación es diferente.



**Figura 3.8** Vehículo embancado en el dinamómetro marca DINO X

**Fuente.** Autores, (2017)

En la figura 3.8 se observa el vehículo embancado y sujetado con bandas a la plataforma del dinamómetro de marca DINO X.



**Figura 3.9** Rodillos del dinamómetro DINO X

**Fuente.** Autores, (2017)

El vehículo se encuentra embancado con los rodillos bloqueados antes de las pruebas.



**Figura 3.10** Sensor laser óptico de mediciones de R.P.M. del motor

**Fuente.** Autores, (2017)

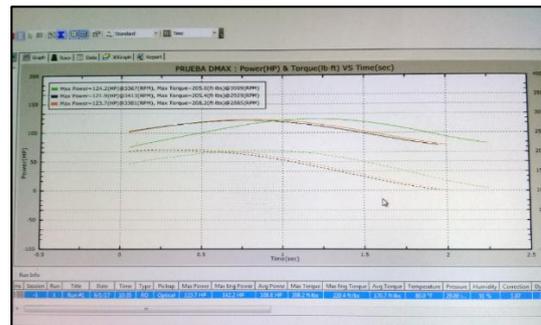
El sensor óptico va posicionado directamente en la polea del cigüeñal, para que la computadora tenga el dato de las rpm del motor por medio de la conexión de la interface del dinamómetro.



**Figura 3.11** Mando móvil del dinamómetro DYNOCOP

**Fuente.** Autores, (2017)

El mando móvil de la figura 3.11 es el encargado de iniciar la prueba y de bloquear los rodillos durante el momento de embancar el vehículo a la plataforma.



**Figura 3.12** Pantalla del computador con los valores de las pruebas de torque y potencia

**Fuente.** Autores, (2017)

En la figura 3.12 muestra el monitor del dinamómetro con la gráfica de los datos obtenidos durante la prueba de torque y la potencia máxima del motor, con su tiempo de aceleración.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor comprensión a continuación se muestra las tablas comparativas en cuanto a los valores al momento de las pruebas y sus resultados finales.

### Temperatura ambiental durante las pruebas del dinamómetro

En la tabla 4.1 muestra la diferencia de temperaturas entre 0 y 2800 msnm con una diferencia de 5.59 grados centígrados, por las diferentes ubicaciones geográficas y distintas horas del día, durante las 13:00 y 19:00 horas.



**Tabla 4.1** Tabla comparativa de temperatura de Quito y Guayaquil  
**Fuente.** Autores, (2017)

### Presión atmosférica durante las pruebas del dinamómetro

En la tabla 4.2 muestra la diferencia de presiones a 0 y 2800 msnm con una diferencia de la presión atmosférica de 214 mm de Hg, este valor varía dependiendo de las condiciones del clima, la temperatura del aire, la humedad.



**Tabla 4.2** Tabla comparativa de presión atmosférica de Quito y Guayaquil  
**Fuente.** Autores, (2017)

### Altitud del lugar de las pruebas realizadas

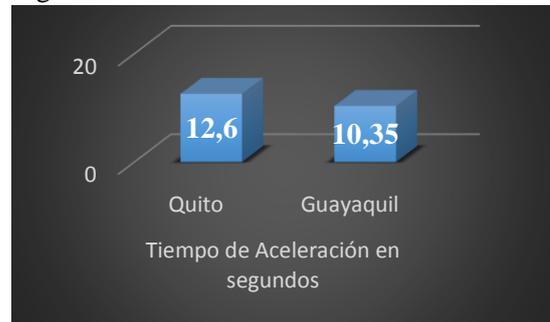
En la tabla 4.3 se muestra la diferencia de altitud de las pruebas, este factor está relacionado directamente a la presión atmosférica, mientras mayor sea la altitud menor será la presión atmosférica y mientras menor sea la altitud mayor será la presión atmosférica.



**Tabla 4.3** Tabla comparativa de la altura en relación a nivel del mar entre Quito y Guayaquil  
**Fuente.** Autores, (2017)

### Tiempo de aceleración

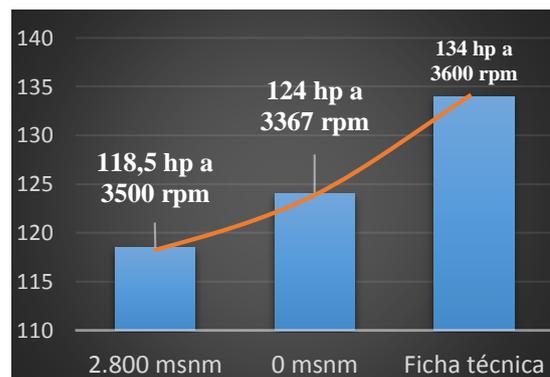
En la tabla se demuestra la variación del tiempo de aceleración entre los 2800msnm y los 0 msnm con una diferencia de 2.25 segundos.



**Tabla 4.4** Tabla comparativa de la altura en relación a nivel del mar entre Quito y Guayaquil  
**Fuente.** Autores, (2017)

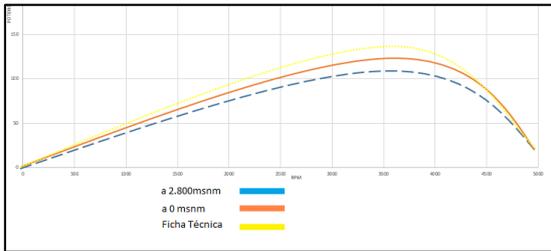
### Potencia del motor a 0 msnm, 2800 msnm y datos del fabricante.

En la tabla se muestra la diferencia de potencia del motor a 0 msnm, 2800msnm y con los datos del fabricante.



**Tabla 4.5** Tabla comparativa de la potencia de motor a 0 y 2800 msnm.  
**Fuente.** Autores, (2017)

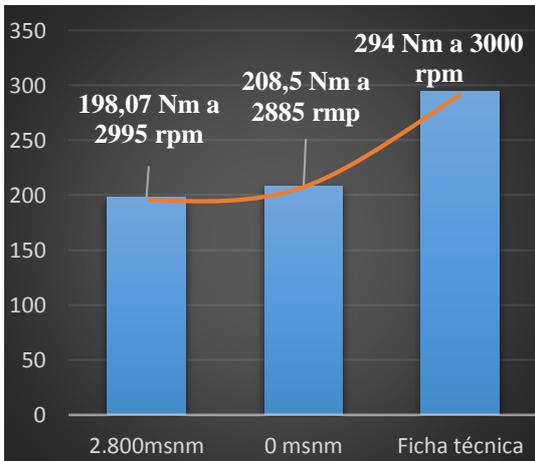
Curvas de potencia del motor a 0 msnm y 2800msnm en las pruebas de Quito, Guayaquil y con las especificaciones del fabricante.



**Tabla 4.6** Tabla comparativa de la potencia de motor a 0, 2800 msnm y con las especificaciones del fabricante.

**Fuente.** Autores, (2017)

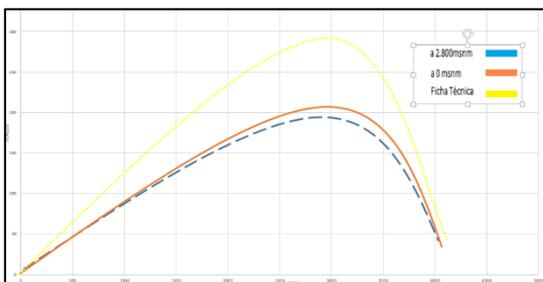
**Torque del motor a 0 msnm, 2800 msnm y datos del fabricante.**



**Tabla 4.7** Tabla comparativa de Torque a 0 y 2800msnm con la ficha técnica del vehículo.

**Fuente.** Autores, (2017)

Curvas de torque del motor a 0 msnm y 2800msnm en las pruebas de Quito y Guayaquil, con las especificaciones del fabricante.

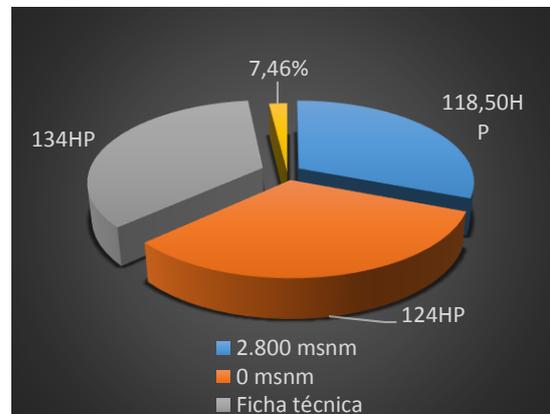


**Tabla 4.8** Tabla comparativa de la potencia de motor a 0, 2800 msnm y datos del fabricante.

**Fuente.** Autores, (2017)

### Porcentaje de pérdida de potencia en el tren motriz.

En la figura 4.9 se muestra el porcentaje de perdida que existe de acuerdo a la comparación de la prueba realizada a nivel del mar vs los datos proporcionados por el fabricante, estos datos son de motor sin ninguna carga mecánica.



**Tabla 4.9** Tabla comparativa de Torque a 0 y 2800msnm con la ficha técnica del vehículo.

**Fuente.** Autores, (2017)

En base a los resultados obtenidos, tanto en las pruebas de 0 y 2800 msnm se muestra que la perdida de potencia es de 4.43% y del torque es del 5 %. Para la variación de estos datos intervienen directamente los factores como: temperatura, presión atmosférica, densidad del aire, combustible.

Otro factor es el tiempo de aceleración en cada una de las pruebas, ya que el tiempo de aceleración requerido para llegar al número máximo de rpm en la prueba realizada a 0 msnm es de 10.35 segundos, con respecto a las pruebas realizadas a 2800 msnm que son de 12.6 segundos, notando la diferencia de potencia en las dos pruebas, con una variación en cuanto al tiempo de aceleración de 2.25 segundos.

### 5. CONCLUSIONES

1. Al finalizar las pruebas correspondientes se evidencio los cambios en cuanto a la potencia, con una variación de 4.43% y al torque de un 5,00% del vehículo seleccionado para las pruebas.

Los factores que influyen directamente en esta variación son la altitud a 0 y 2800msnm, la presión atmosférica de 546 mm Hg en Quito y 760 mm Hg en Guayaquil, la temperatura de 21,07°C y 26,66°C.

2. Al ser un vehículo con un sistema de turbo alimentación, tienen un flujo constante de ingreso de aire en el motor ayuda a su operación sin importar en las condiciones de trabajo en que el vehículo se encuentre tales como altura sobre el nivel del mar, presión atmosférica y temperatura ambiental.
3. Se llegó a la conclusión que los factores de la altitud se van corrigiendo y existen pérdidas de rendimiento del 4,43%. Conforme el vehículo se encuentra a mayor altura (2800msnm), por la falta de presión en el cilindro por la presión atmosférica y por falta de oxígeno.
4. Se determinó que la temperatura influye directamente en la combustión ya que un gas al calentarse varía su densidad en su composición por lo que su masa de oxígeno por unidad de volumen a nivel del mar es de 1,225kg/m<sup>3</sup>, y a 2800msnm es de 0,0923 kg/ m<sup>3</sup> esto provoca una deficiencia volumétrica del motor y por ende disminuye su potencia.

## 6. REFERENCIAS

- [1] BOSCH. (14 de 04 de 2017). *br.bosch-automotive.com*. Obtenido de [http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories\\_2/motor\\_and\\_systems/diesel/common\\_rail\\_injection/common\\_rail\\_diesel\\_motorsys\\_parts.html](http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_systems/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts.html)
- [2] Bulmaro. (28 de mayo de 2011). *comohacer.eu*. Obtenido de <https://comohacer.eu/como-funciona-un-motor-diesel/>
- [3] CHEVROLET. (18 de 04 de 2017). *CHEVROLET*. Obtenido de <http://www.chevrolet.com.ec/dmax-camioneta-4x4/especificaciones.html>
- [4] INEN. (14 de 06 de 2013). *Control de hidrocarburos*. Obtenido de <http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/NTE-ENEN-1489-7-ENMIENDA-1.pdf>
- [5] Klapper, F. (29 de 09 de 2009). *AUTOMotriz.net*. Obtenido de <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/que-es-y-como-se-interpretan-el-torque-y-la-potencia-de-un-motor/>
- [6] marcelmid. (14 de Febrero de 2012). *Slide Share*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/marcelmid/calidad-del-combustible-en-ecuador>
- [7] Robles, T. L. (01 de Marzo de 2016). *repositorio.uide.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1031/1/T-UIDE-036.pdf>
- [8] Sánchez, M. L. (2006). Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento. *SciELO*, 21-31.
- [9] SENSY. (01 de 01 de 2017). *SENSY*. Obtenido de <http://www.iso376.com/es/normas/ASTM-E-74.html>

## ANEXOS

### Índice

1. Objetivo general00 .....	18
2. Objetivos específicos.....	18
3. Hipótesis .....	18
4. Fundamentación teórica .....	19
4.1. Funcionamiento del motor a Diesel.....	19
4.2. Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. .....	20
4.3. Características del Diesel .....	27
4.4.Especificaciones de la camioneta Luv D Max 3.0 CRDI.....	37
4.5. Sistema de Inyección Common Rail, Bosch.....	41
5. Conclusiones .....	45
6. Bibliografía .....	45

## **1. Objetivo general**

Conocer la pérdida de torque y potencia a 0 y a 2800msnm, con un vehículo a Diesel con un sistema de inyección CRDI, mediante pruebas dinamométricas, realizando su respectivo análisis comparativo de resultados.

## **2. Objetivos específicos**

- Conocer el funcionamiento básico de un motor a Diesel con un sistema de inyección Bosch CRDI y sus respectivas partes.
- Determinar las causas y factores que intervienen en la pérdida de torque y potencia del vehículo a diferentes alturas.
- Realizar cuadros comparativos después del análisis correspondiente para poder determinar en base a los resultados obtenidos la variación de torque y potencia del vehículo.

## **3. Hipótesis**

Los propietarios de vehículos con motores diésel con sistema CRDI, desconocen los argumentos técnicos del por qué se produce una pérdida de torque y potencia que sufren los motores al encontrarse con variables de altura sobre el nivel del mar propias de nuestra geografía, y distintos factores que en algunos casos son imperceptibles.

¿Los factores de la calidad del combustible, la cantidad de flujo de aire de aspiración, la calidad de aire, la altura de operación del vehículo, la temperatura ambiental afectaran al rendimiento del vehículo variando su torque y potencia?

## 4. Fundamentación teórica

### 4.1. Funcionamiento del motor a Diesel

comohacer.eu  
¿inventamos juntos?

¿Inventamos juntos? - Todo en Raspberry Pi, Arduino, Inventos y DIY

Inicio Tienda Media Center Raspberry Pi Comparativa impresoras 3D Comparativa Raspberry Pi Comparativa Arduino Contacto

Estás aquí: Inicio » Formación » Cómo funciona » Cómo funciona un motor diesel

## Cómo funciona un motor diesel

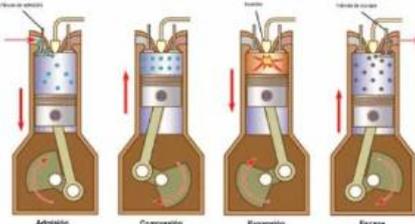
Publicado por [Sumari](#) el 28 Mayo 2011 a las 10:22.

Entre las alternativas motoras que actualmente existen, para automóviles, camiones y maquinaria en general, están los famosos motores diesel, llamados así en honor a su inventor Rudolf Diesel, que creó esta magnífica herramienta motora de alto rendimiento.



Este tipo de motores utiliza un combustible diferente a la gasolina, que lleva por nombre Gas-Oil, comúnmente conocido como diesel, o en su defecto [BioDiesel](#).

Los motores diesel utilizan un sistema de cuatro tiempos los cuales son: admisión, compresión, combustión y escape. Su funcionamiento es bastante sencillo, primeramente entra el aire en la cámara de combustión, seguidamente se comprime este aire con un empuje del émbolo del pistón, para luego inyectar el combustible y producir la combustión que volverá a empujar el pistón, y producirá la fuerza para el movimiento. Finalmente, el escape de los gases dejará la cámara de combustión lista para un próximo ciclo.



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

En el siguiente video, podemos observar el funcionamiento de un motor diesel:

6

G+ f t v e r

### Únete a nuestra Newsletter y te damos un cupón!

Para ti un cupón descuento solo por unirse a nuestra Newsletter. Y además sorteos, ofertas y descuentos exclusivos. Odiamos el SPAM tanto como tu, así que sólo te enviaremos contenido interesante y de calidad para mantenerte informado.

Email Address\*

Nombre

Introduce tu nombre

\* = campo obligatorio

## 4.2. Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna.

INGENIERIA MECANICA

### Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento

#### Study of the Altitude Effect on Internal Combustion Engine Operation. Part 1: Performance

Magin Lapuerta (1), Octavio Armas (1), John R. Agudelo (2) y Carlos A. Sánchez (2)

(1) Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales,

Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real-España (e-mail: [magin.lapuerta@uclm.es](mailto:magin.lapuerta@uclm.es))

(2) Universidad de Antioquia, Grupo GASURÉ, Calle 67 N°. 53-108, A.A. 1226, Medellín-Colombia

#### Resumen

En este trabajo se estudia el efecto de la altitud sobre la potencia en motores de aspiración natural y turbosobrealimentados sin sistemas correctores, en función de la presión ambiental. La altitud sobre el nivel del mar tiene un notable efecto sobre la densidad del aire y su composición. Dado que los motores de combustión interna tienen sistemas de admisión y de inyección de combustible volumétricos, la altitud modifica el ciclo termodinámico de operación, y en consecuencia las prestaciones, así como las condiciones locales de combustión, y por tanto la formación de contaminantes. Se ha obtenido una expresión que permite calcular el incremento de relación de compresión del turbogrupo, necesario para evitar cualquier pérdida de potencia al aumentar la altitud.

**Palabras claves:** motores de combustión, efecto de altitud, funcionamiento de motores, potencia

#### Abstract

The present study shows the effect of altitude on the performance of both naturally aspirated and turbocharged internal combustion engines without corrective systems, as a function of pressure in the environment. Altitude above sea level has a notable effect on the density of air and its composition. Given that internal combustion engines have volumetric-based fuel systems, altitude can modify their thermodynamic cycle of operation, and consequently their performance, local combustion conditions, and formation of pollutants. An expression has been obtained which allows calculation of the increase of the compression ratio of the turbogroup required to avoid power loss with increase in altitude.

**Keywords:** combustion engines, altitude effects, engine performance, power

#### INTRODUCCIÓN

La disminución de la presión y la temperatura atmosférica afecta a la densidad del aire y su composición, y en consecuencia, a las prestaciones de toda máquina térmica. Este problema es más acentuado en máquinas térmicas de desplazamiento volumétrico como los motores de combustión interna alternativos, y dentro de ellos, aún más en los de aspiración natural.

El rendimiento indicado disminuye con la altitud debido principalmente a que la presión en el cilindro es menor a lo largo de todo el ciclo del motor, si bien otros efectos relacionados con la incorporación del combustible también influyen. Todo ello provoca una pérdida de potencia indicada. Aunque la potencia de pérdidas mecánicas se reduce ligeramente con la altitud debido a que la potencia de pérdidas de bombeo y la de rozamiento se reducen por la disminución de la contrapresión de escape y de presión en el cilindro respectivamente, esta disminución es mucho menos significativa que la de la potencia indicada. Por ello, algunos autores suponen el cambio en la potencia de pérdidas mecánicas como un porcentaje constante de la variación de la potencia indicada a medida que cambia la altitud (Xiaoping et al., 1996), mientras que otros directamente la desprecian (SAE J1349, 1995; Heywood, 1988), suponiendo idéntica disminución para la potencia indicada y para la efectiva. Esta última suposición implica que el peso de las pérdidas mecánicas crezca frente a una potencia indicada que disminuye y que por lo tanto la pérdida relativa de potencia efectiva sea incluso mayor que la indicada y creciente al disminuir el rendimiento mecánico del motor.

Lizhong et al. (1995) realizaron ensayos en un motor diésel de inyección directa, aspiración natural, de 3.3 litros de cilindrada total y cuatro cilindros. Dejando constante el dosado relativo, obtuvieron una disminución del 24% en la potencia efectiva y un incremento del consumo específico de combustible cercano al 4% al operar a 2000 msnm (metros sobre el nivel del mar). Adicionalmente estudiaron el efecto que tenía dejar constante el consumo de combustible de máxima economía (consumo específico de combustible mínimo), obteniendo con el mismo motor, una disminución en la potencia efectiva en torno al 16% y un incremento en el consumo específico de combustible mínimo en torno al 6% al operar a la misma altura (2000 msnm).

Xiaoping et al., (1996) desarrollaron un modelo para predecir el efecto de la presión y la temperatura ambiente sobre motores diésel turboalimentados (TC). Manteniendo constantes el régimen de giro del motor, la masa de combustible inyectado y la temperatura ambiente, obtuvieron una disminución en la potencia efectiva cercana al 4% al pasar de 0 a 3000 msnm. El efecto de la temperatura lo obtuvieron dejando constantes el régimen de giro, la masa de combustible inyectado y la altura sobre el nivel del mar. Al disminuir la temperatura ambiente de 20 a -15°C observaron un aumento de la potencia efectiva en torno al 7%. La compensación de potencia proporcionada por el turbogrupo se debió al incremento del dosado relativo y por tanto de la temperatura de escape, y a la disminución de la contrapresión de escape al aumentar la altitud.

En motores de encendido provocado con lazo de control cerrado, el requerimiento de dosado estequiométrico obliga a la unidad de control electrónico del motor a inyectar menos cantidad de combustible a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar (menor disponibilidad de aire atmosférico). La menor temperatura exterior obliga a avanzar el ángulo de encendido ya que disminuye la velocidad de combustión. Olin y Maloney (1999) desarrollaron un algoritmo de cálculo basado en las ecuaciones de flujo a través de válvulas, que permite corregir los parámetros de la unidad de control electrónico en función de la presión barométrica.

Con el fin de establecer una base de comparación común es necesario aplicar factores de corrección para convertir la potencia en el terreno a potencia en condiciones estándar y viceversa. Esta corrección suele ser del tipo:

$$\frac{N_i}{N_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^a \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^b \quad (1)$$

donde  $N_i$ ,  $p$  y  $T$  son la potencia indicada, presión y temperatura del lugar de operación respectivamente, el subíndice 0 indica condiciones de referencia (normalmente 0 msnm).

La corrección por humedad se suele incorporar en el término de presión, restando de ésta la presión del vapor de agua atmosférico. En este trabajo no se aborda dicho efecto, que con diferencia influye menos sobre las prestaciones del motor que la presión y temperatura (Soares y Sodré, 2002).

Los valores de los exponentes  $a$  y  $b$  varían según el tipo de motor y las condiciones de operación. Éstos no provienen de un análisis teórico de las ecuaciones, sino que obedecen a un ajuste experimental para correlacionar el tipo de motor y las condiciones atmosféricas. El exponente  $a$  suele tomar el valor de la unidad para motores diesel y de encendido provocado (MEP) de aspiración natural, tanto de aplicación estacionaria como de automoción. La norma ISO 1585 (1992) adoptada también por la sociedad de normas técnicas de Brasil (Sodré y Soares, 2003) recomienda para MEP de automoción un valor de  $a=1.2$  y resta de la presión atmosférica la del vapor de agua.

El exponente  $b$  suele variar entre  $-0.5$  y  $-1$  para motores de aspiración natural independientemente del tipo de aplicación, estacionaria o automoción, mientras que para motores sobrealimentados suele tomar valores mayores que la unidad. La norma ISO 3046-1 (1995) recomienda usar  $b = -0.75$  para motores diesel de aspiración natural de aplicaciones estacionarias, mientras que la norma SAE J816b (1979) recomienda valores de  $b = -0.7$  para el mismo tipo de motor. Ambas normas coinciden en recomendar valores de  $a=1$  y  $b=-0.5$  para MEP de aspiración natural que usan combustibles líquidos.

Para MEP de automoción la norma DIN 70020 (1986) recomienda  $a=1$  y  $b=-0.5$  con condiciones atmosféricas de referencia de  $p_0=1.01325$  bar y  $T_0=293$  K. La norma SAE J 1349 (1995) recomienda  $a=1$  y  $b=-0.5$ , pero resta de la presión la del vapor de agua en la atmósfera, siendo las condiciones de referencia  $p_0=0.99$  bar,  $T_0=302.4$  K y  $p_{0v}=0.013$  bar. Este factor de corrección se recomienda para un rango de presiones entre 0.95 y 1.01 bar y entre 288.5 y 316.3 K. La norma japonesa JIS D 1001 (Sodré y Soares, 2003), es similar a la norma SAE J1349 (1995), sólo que el valor de  $b$  es  $-0.75$  y las condiciones de referencia son  $p_0=1.01325$  bar,  $T_0=293$  K. La norma ISO 1585 (Sodré y Soares, 2003) recomienda valores de  $b=-0.6$ , siendo las condiciones de referencia  $p_0=1$  bar,  $T_0=298$  K y  $p_{0v}=0.01$  bar. Este factor de corrección se recomienda para un rango de presiones entre 0.8 y 1 bar y un rango de temperaturas entre 288 y 308 K.

En la práctica, los valores más usados en la literatura para motores de aspiración natural son  $a=1$  y  $b=-0.5$ , que Heywood (1988) justifica por la dependencia directa entre la potencia y el gasto admitido, el cual depende del producto  $p_{adm} \cdot T_{adm}^{-0.5}$ .

Existen, sin embargo, algunos autores que limitan la validez de esta correlación. Por ejemplo, Harari y Sher (1993) encontraron que los valores antes mencionados aplicados a motores de encendido provocado (MEP) de dos tiempos, solo tienen validez a regímenes de giro inferiores a 6000 rpm y presiones atmosféricas desde 70 kPa. Para regímenes de giro mayores a 6000 rpm, propusieron factores de corrección  $a=2$  y  $b=-0.8$  y cuya validez se extiende hasta los 44 kPa.

En Varela, (2001) se define la altura de restablecimiento del compresor para motores turbosobrealimentados de aviación como aquella a la cual el compresor está siendo utilizado a su capacidad máxima, con la misión de mantener la densidad igual a la de referencia, y por lo tanto la potencia desarrollada. Para lograr esto último es necesario mantener el gasto de aire independiente de las condiciones a la salida del compresor ( $p_{adm,c}$  y  $T_{adm,c}$ ), lo que hace necesario mantener la relación

$p_{adm} \cdot T_{adm}^{-0.5}$  constante, justificación que coincide con la propuesta por Heywood (1988). Relacionando este término con los datos de presión y temperatura de remanso de la toma dinámica y la velocidad de vuelo de diseño de la aeronave, existen métodos para determinar la relación de compresión en el compresor necesaria para recuperar el gasto másico de admisión, y por tanto la potencia del motor.

Human et al. (1990) simularon el efecto de la altura (1800 msnm) en un sistema de muestreo a volumen constante (CVS) generando depresiones y contrapresiones en los colectores de admisión y escape. En un motor Caterpillar 3208 de aspiración natural, V-8, 10.4 litros de cilindrada, obtuvieron una disminución del par a plena carga (12%) al aumentar la altura, la cual fue aproximadamente constante en todo el rango de regímenes de giro del motor. En un motor Cummins NTCC-350 turboalimentado, 6 cilindros en línea, de 14 litros de cilindrada total, obtuvieron una disminución del par a plena carga entre 15 y 30% a velocidades inferiores a 1200 rpm (régimen de par máximo). A partir de este régimen de giro no se apreció diferencia al variar la altura, mostrando la importancia del turboalimentador. Chaffin y Ullman (1994) emplearon la misma instalación anterior para estudiar los efectos sobre las emisiones y las prestaciones en un motor Detroit Diesel serie 60, de 11.1 litros de cilindrada, 6 cilindros en línea, turboalimentado, postenfriado, que utilizaba un sistema de control electrónico con corrección por presión barométrica (DDEC II) operando a la altura de Ciudad de México (2160 msnm). En la prueba transitoria obtuvieron una disminución en el trabajo (kWh) en torno al 6.5%, y un incremento en el consumo específico de combustible en torno a 1.5% con respecto a 245 msnm. En la prueba estacionaria a plena carga midieron disminuciones en la potencia inferiores al 2% a 1200, 1500 y 1800 rpm, lo que mostró la importancia del turbocompresor y del control electrónico. Graboski y McCormick (1997) y McCormick et al. (1999) obtuvieron tendencias semejantes a 1600 msnm en un motor Cummins B5.9G de gas natural de quemado pobre con control de lazo cerrado y turboalimentado. El par efectivo a plena carga disminuyó en torno a 20% a regímenes de giro inferiores a 1600 rpm, y a partir de este régimen, no se apreció diferencia al variar la altura sobre el nivel del mar.

En vista de lo anterior, los fabricantes de motores han desarrollado diversos métodos para compensar el efecto de la altitud en sus motores, tales como la implementación de la turboalimentación o el uso de sensores barométricos que retroalimentan a la unidad de control electrónico para que actúe corrigiendo los parámetros de la inyección de combustible. Se han implementado algunos métodos de corrección por presión barométrica que no requieren el uso de sensores adicionales. Estos utilizan algoritmos de cálculo basados en las ecuaciones de flujo compresible a través de una restricción. Las entradas al algoritmo se obtienen de los sensores existentes en el motor (Olin y Maloney, 1999).

En este artículo se cuantifican algunos de estos efectos; y se hace una estimación del efecto de la altitud sobre las prestaciones de motores de aspiración natural y turboalimentados sin sistemas correctores en función de la presión ambiental.

## PLANTEAMIENTO

La altitud sobre el nivel del mar,  $z$ , tiene un importante efecto sobre las condiciones en las que se encuentra el aire y sobre su composición. Además de las variaciones de temperatura propias de las distintas capas de la atmósfera, la presión del aire disminuye a medida que crece la altitud del punto de medida, debido a la reducción del peso de la columna que soporta por encima, reducción que se debe tanto a la menor altura de la columna como a la menor densidad,  $\rho$ , del aire que la ocupa. Más concretamente, la variación de la presión a lo largo de un elemento diferencial de altura es debida al peso del aire que ocupa ese elemento por unidad de sección, es decir:

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad (2)$$

Este doble efecto de la disminución de la presión y de la densidad no es la única consecuencia de la altitud que pueda afectar al desarrollo de actividades humanas. Además, debido al diferente peso molecular de los componentes del aire, éste varía también su composición. En un elemento diferencial de volumen, este cambio de composición es causado por la variación de la presión parcial de cada componente  $i$ , generada como consecuencia de su diferencia de peso con respecto al de la mezcla de gases. Siendo  $n_i$  el número de moles y  $PM_i$  el peso molecular del componente  $i$ :

$$\frac{dp_i}{dz} = -g \frac{dn_i (PM_i - PM_a)}{dV} \quad (3)$$

No es objeto de la psicrometría estudiar las condiciones del aire más allá de la troposfera, pero sí conviene al menos conocer qué ocurre en el espesor atmosférico en el que puede existir población humana. Para ello, es necesario aceptar algunas hipótesis en relación a las siguientes cuestiones:

### Comportamiento termodinámico del aire

La hipótesis más habitual en psicrometría es suponer comportamiento de gas ideal, ya que el factor de compresibilidad del aire, cuando la presión es inferior a 1 atm y la temperatura rara vez sobrepasa los límites [-20,50] °C, es muy próximo a la unidad, y por tanto, el error cometido al considerarlo como gas perfecto es muy pequeño. Expresada en función de la densidad,  $\rho$ , la ecuación de estado del gas ideal (siendo  $R_a$  la constante másica del aire):

$$p = \rho R_a T \quad (4)$$

### Perfil térmico de la columna de aire

La hipótesis más sencilla consiste en suponer que la temperatura es uniforme al variar la altitud (columna isoterma). Sin embargo, esta hipótesis puede no ser muy precisa ya que es conocida la reducción de temperatura del aire con la altitud a lo largo del espesor de la troposfera (algo más de 10 km). Esta reducción puede manifestarse, bien suponiendo una tasa de enfriamiento constante (puede tomarse, por ejemplo, 6.5 K/km, o bien un perfil triangular con una temperatura constante de -55°C a 11000 m de altitud (Conan, 1990). En cualquier caso, en el rango de altitud habitable, la gran cantidad de factores que pueden influir sobre la temperatura del aire hace muy difícil disponer de hipótesis adecuadas. Debe tenerse presente, por tanto, que las expresiones que siguen permiten sólo obtener valores orientativos, y que las variaciones locales de temperatura pueden corregir dichos valores.

Suponiendo comportamiento del aire como gas ideal, las variaciones de la presión con la altitud (ecuación 2) y de la fracción molar del componente  $i$  ( $X_i$ ) con la altitud (ecuación 3) se transforman en las siguientes ecuaciones, la primera de las cuales es conocida como ecuación hidrostática:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{g}{R_a T} dz \quad (5)$$

$$\frac{dX_i}{X_i} = -\frac{g}{RT} (PM_i - PM_a) dz \quad (6)$$

Siendo  $R$  la constante universal de los gases, y  $R_a$  la específica del aire. Si se supone un perfil isotermo de la columna de aire, la integración de estas ecuaciones desde la altitud del nivel del mar (subíndice 0) hasta una altura genérica conduce a sendas leyes exponenciales:

$$p = p_0 e^{-\frac{gz}{R_a T}} \quad (7)$$

$$X_i = X_{i0} e^{-\frac{g}{RT} (PM_i - PM_a) z} \quad (8)$$

Mientras que si se supone un perfil triangular  $dT = Kdz$ , la integración de las anteriores ecuaciones diferenciales da como resultado leyes de tipo potencial:

$$p = p_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{K}{R_a K}} \quad (9)$$

$$X_i = X_{i0} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{K}{R K} (PM_i - PM_a)} \quad (10)$$

Los resultados de presión ambiental obtenidos con ambas hipótesis se representan en la Fig. 1 para valores de altitud en el rango habitable. Las líneas continuas representan la columna isoterma a -20, -10, 0, 10 y 20°C de abajo hacia arriba respectivamente. Al igual que en las siguientes figuras, los resultados obtenidos bajo la hipótesis de columna isoterma corresponden a diversos valores de la temperatura de ésta, mientras que los obtenidos con columna triangular corresponden a una temperatura de 20°C a cota cero con vértice en -55°C a cota 11000 m.

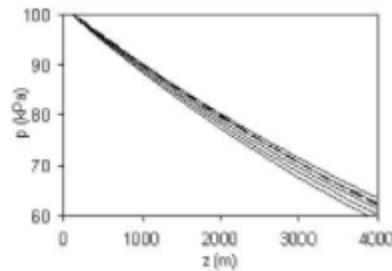


Fig. 1: Efecto de la altitud sobre la presión atmosférica. Columna isoterma (—) y columna triangular (---) con  $T_{(z=0)} = 20^{\circ}\text{C}$

En esta figura se aprecia un efecto más notable al variar la presión con la altitud que al variar la temperatura, lo que se corresponde con los resultados experimentales de Soares y Sodré, (2002).

En concreto, la fracción molar de oxígeno en el aire disminuye con la altitud, al ser el oxígeno ( $PM_{O_2}=32 \text{ kg/kmol}$ ) más pesado que el aire ( $PM_a=29 \text{ kg/kmol}$ ), tal y como se observa en la Fig. 2, al aplicar las dos hipótesis de perfil térmico planteadas. Las líneas continuas representan la columna isoterma a -20, -10, 0, 10 y 20°C de abajo hacia arriba respectivamente. De otro lado, la fracción molar del nitrógeno aumenta ligeramente al ser algo más ligero que el aire. La compensación de estos dos efectos hace que las variaciones del peso molecular del aire seco sean muy pequeñas.

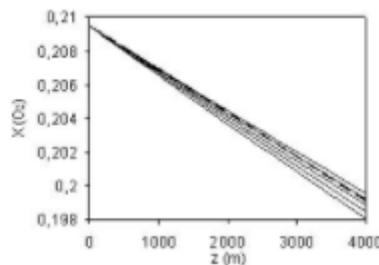


Fig. 2: Efecto de la altitud sobre la fracción molar de oxígeno. Columna isoterma (—) y columna triangular (---) con  $T_{(z=0)} = 20^{\circ}\text{C}$

La concentración másica de oxígeno en el aire ( $C_{O_2}$ ) disminuye con la altitud, tanto porque se reduce su fracción molar en el aire como porque cae la densidad de éste. En efecto:

$$C_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{V} = \frac{X_{O_2} P}{R_{O_2} T} \quad (11)$$

Sustituyendo en esta fórmula las expresiones, obtenidas con la hipótesis de columna isoterma, de la variación de la presión y la fracción molar de oxígeno, ecuaciones (7) y (8) respectivamente; y escribiendo el resultado en función de la concentración de oxígeno a cota cero:

$$C_{O_2} = C_{O_2(0)} \frac{P}{P_0} \quad (12)$$

y haciendo lo propio a partir de las expresiones obtenidas con la hipótesis de columna triangular, ecuación (9) y ecuación (10):

$$C_{O_2} = C_{O_2(0)} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\left( \frac{\beta}{R_{O_2}} z \right)} \quad (13)$$

La Fig. 3 muestra que a medida que la altitud aumenta la concentración de oxígeno disminuye, cualquiera que sea la temperatura ambiental. En la figura las líneas continuas representan la columna isoterma a -20, -10, 0, 10 y 20°C respectivamente de arriba hacia abajo. La reducción en la concentración de oxígeno es menos pronunciada al aplicar la hipótesis de columna triangular.

En cualquier caso, de los dos efectos que contribuyen a la disminución de la concentración de oxígeno con la altitud, el más importante es, con diferencia, el efecto de la presión. Pero además, es necesario indicar que los cambios de fracción molar (consecuencia de un proceso de difusión molecular) son normalmente inapreciables, debido a la preponderancia de los movimientos convectivos macroscópicos que desplazan los gases verticalmente (Wayne, 2000).

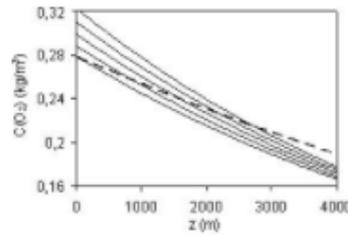


Fig. 3: Efecto de la altitud sobre la concentración de oxígeno. Columna isoterma (---) y columna triangular (---) con  $T_{(z=0)} = 20^{\circ}\text{C}$

Los efectos mostrados sobre la presión, temperatura, fracción molar de oxígeno y su concentración, pueden a su vez tener distinta influencia sobre las prestaciones del motor, sobre el proceso de combustión y sobre las emisiones contaminantes. En este trabajo solo se presentan las conclusiones más relevantes sobre las prestaciones del motor, dejándose para un trabajo posterior el estudio de los efectos sobre la combustión y las emisiones.

### EFFECTO SOBRE LAS PRESTACIONES

Las prestaciones máximas de cualquier motor alternativo vienen limitadas por la capacidad de renovar la masa de aire en el cilindro, que para una configuración determinada (cilindrada, sección de entrada en válvulas y geometría de colectores, etc.), se expresa por medio del rendimiento volumétrico ( $\eta_v$ ). Para cuantificar el efecto de la altitud sobre estas variables en motores de aspiración natural puede hacerse uso de la ecuación (1) para la potencia indicada y de la ecuación (14) para  $\eta_v$  (Heywood, 1986), (Harari y Sher, 1993), (Soares y Sodré, 2002):

$$\frac{\eta_v}{\eta_{v0}} = \left( \frac{T}{T_0} \right)^b \quad (14)$$

Tomando  $b=0.5$  en la ecuación (1) y haciendo uso de la hipótesis de columna triangular (partiendo de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $z=0$  msnm), se obtienen los efectos mostrados en la Fig. 4.

Por otra parte la norma ISO 3045-1 (1995) recomienda el uso de la ecuación (15) para ajustar la potencia efectiva de motores estacionarios por variación en las condiciones ambientales. En esta ecuación, el factor de corrección de la potencia indicada, se ajusta con el rendimiento mecánico:

$$\frac{N_e}{N_{e0}} = \frac{N_i}{N_{i0}} - 0.7 \left( 1 - \frac{N_i}{N_{i0}} \right) \left( \frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \quad (15)$$

donde  $N_e$  es la potencia efectiva,  $\eta_m$  es el rendimiento mecánico del motor; y para el cálculo de relación de potencias indicadas se propone, si se desprecia el efecto de la humedad del ambiente y de la temperatura del refrigerante del aire de admisión, la misma ecuación (1), donde los exponentes  $a$  y  $b$  toman diferentes valores en función del tipo de motor y de las condiciones de operación. Para motores diesel de aspiración natural cuya potencia estaría limitada por insuficiente exceso de aire,  $a=1$  y  $b=0.75$ ; mientras que para motores diesel cuatro tiempos, turboalimentados, sin interrefrigerador (intercooler), de media o baja velocidad recomienda  $a=1$  y  $b=2$ , independientemente del grado de sobrealimentación del motor. La ecuación (15) es igual a la ecuación (1) cuando no se considera el efecto del rendimiento mecánico ( $\eta_m=1$ ).

Al representarla gráficamente (Fig. 4) se observa, tal y como se ha mencionado, que al disminuir el rendimiento mecánico del motor, las pérdidas de potencia efectiva se acentúan con respecto de las de potencia indicada. Las líneas representan los casos de  $\eta_m = 1, 0.95, 0.9, 0.85$  y  $0.8$  de arriba hacia abajo respectivamente.

Además, esta disminución de la potencia con la altura es aproximadamente constante en todo el rango de regímenes de giro del motor, por lo que puede extenderse también al par (Human et al., 1990), (Lizhong et al., 1995).

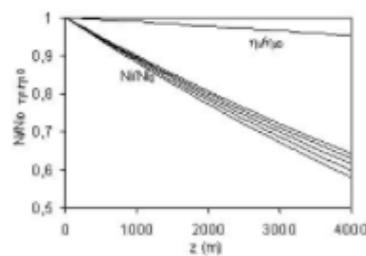


Fig. 4: Efecto de la altitud sobre el rendimiento volumétrico ( $\eta_v/\eta_{v0}$ ) y la potencia efectiva máxima ( $N_i/N_{i0}$ ) de un motor de aspiración natural suponiendo columna triangular

En los motores diesel turboalimentados, el efecto de la altitud sobre la potencia no puede obtenerse como una superposición de los efectos sobre el turbocompresor y sobre el motor alternativo, puesto que ambas máquinas están interrelacionadas. De hecho, el gasto de aire ( $\dot{m}_a$ ) que el compresor es capaz de trasegar suele corregirse por medio de la siguiente ecuación (similar a la corrección de potencia de un motor de aspiración natural):

$$\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_{a0}} = \frac{P}{P_0} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{-0.5} \quad (16)$$

Un motor con determinado turbogrupo regulado para que entregue la cantidad de aire necesaria en el punto de máximo par, al nivel del mar tendría un comportamiento, en el mapa par efectivo – régimen ( $M-n$ ), similar al representado en la [Fig. 5a](#).

En línea continua se ha representado el par máximo en función del régimen de giro que el motor es capaz de entregar a nivel del mar. Al trabajar en altitud, existe una zona a bajo régimen de giro en la que el turbogrupo no tiene efecto positivo sobre el gasto de aire que llega al motor, de manera que éste no es capaz de entregar el par exigido a nivel del mar. A partir de un determinado régimen, la sobrealimentación anula el defecto de aire provocado por la altitud, de manera que no sólo se compensa dicho efecto, sino que el turbo podría llegar a introducir más aire en el motor y con ello lograr más par efectivo.

Para compensar el efecto de falta de aire por la altitud en todo el rango de regímenes, los motores suelen equiparse con un turbogrupo capaz de compensar dicho efecto a cualquier régimen de giro, incorporando para la Zona de Regulación sistemas de control como válvula de control de flujo (*waste-gate*), turbina de geometría variable (TGV), etc. ([Fig. 5b](#)).

Puede suponerse que el motor sobrealimentado se comporta como un motor de aspiración natural sometido a la presión y temperatura de admisión (después del compresor). Denominando  $p_{adm}$  y  $T_{adm}$  a la presión y temperatura de la admisión y adoptando las expresiones propuestas por Heywood (1988) para motores de aspiración natural, la expresión queda:

$$\left(\frac{N_i}{N_{i0}}\right)_{T.C.} = \frac{p_{adm}}{p_{adm0}} \cdot \left(\frac{T_{adm}}{T_{adm0}}\right)^{-0.5} \quad (17)$$

$$= \frac{p_{adm}}{p} \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{p_0}{p_{adm0}} \cdot \left(\frac{T_{adm}}{T} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{T_0}{T_{adm0}}\right)^{-0.5}$$

Escribiendo esta expresión en función del grado de sobrealimentación a la altitud  $z$  ( $\pi = p_{adm}/p$ ), y del grado de sobrealimentación al nivel del mar ( $\pi_0 = p_{adm0}/p_0$ ), y relacionando las condiciones de entrada y salida del compresor por medio de una transformación politrópica de exponente  $n$ , se obtiene la siguiente expresión:

$$\left(\frac{N_i}{N_{i0}}\right)_{T.C.} = \left(\frac{\pi}{\pi_0}\right)^{0.5 + \frac{0.5}{n}} \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-0.5} \quad (18)$$

En la [Fig. 6](#) se representa la variación de la potencia indicada con la altitud para diferentes grados de sobrealimentación, siendo las líneas  $p/p_0 = 1, 1.2, 1.4, \text{ y } 1.6$ , respectivamente de abajo hacia arriba. Las curvas se han obtenido con la ecuación (18), suponiendo un exponente politrópico  $n=1.4$ .



Fig. 5: Efecto de la altitud en un motor sobrealimentado.  $z=0$  (a) y  $z \rightarrow 0$  (b)

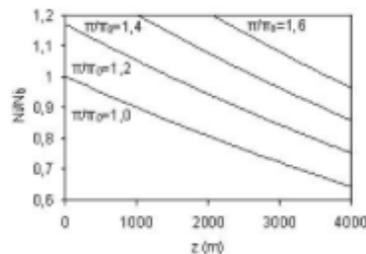


Fig. 6: Potencia indicada en función de la altitud para diferentes grados de sobrealimentación ( $p/p_0$ ) suponiendo columna triangular

Como se aprecia en la Fig. 6, la recuperación de prestaciones del motor con la altitud depende del grado de sobrealimentación. Sin embargo, en algunos casos como por ejemplo la Norma ISO 3046-1 (1995), a propuesta del International Council on Combustion Engines (CIMAC), se acepta para todo tipo de motores diesel estacionarios, sobrealimentados sin Interenfriador, una pérdida de potencia cuantificada por los exponentes  $a=0.7$  y  $b=-2$  en la ecuación (1), independientemente del grado de sobrealimentación. Es evidente que la validez de esta correlación no puede ser independiente del grado de sobrealimentación, ni por lo tanto del grado de carga del motor, por lo que es de suponer que dicho organismo adoptó un grado de sobrealimentación fijo.

Suponiendo una compresión isentrópica con  $n=1.4$ , y suponiendo que los motores sobre-alimentados equipan turbogrupos sobredimensionados de tal forma que en ningún caso experimentan pérdida de potencia ( $M_i/M_G = 1$ ), tal como se argumenta en Lapuerta et al. (2005), puede despejarse la siguiente ecuación, que proporciona el grado de sobre-alimentación que permitiría compensar por completo la pérdida de potencia con la altitud.

$$\pi = \pi_0 \cdot \left( \frac{P}{P_0} \right)^{-1.36667} \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{0.38336} \quad (19)$$

Este resultado se ha representado en la Fig. 7 para diversas condiciones de sobrealimentación de diseño, desortas por el grado de sobrealimentación a nivel del mar ( $\pi_0$ ), que pueden corresponder a diferentes condiciones operativas de un mismo motor o de diferentes motores. El caso de  $\pi_0=1$  correspondería a un motor que al nivel del mar no sobrealimenta, y que al elevarse en altitud solo lo hace en la medida necesaria para mantener la potencia. Este resultado constituye una orientación tanto para el dimensionamiento de grupos de sobrealimentación que vayan a equipar motores que operen en altura, como de los sistemas de compensación (waste-gate, turbinas de geometría variable, etc.) que dichos motores requieren cuando operan al nivel del mar para no sobrepasar la potencia nominal.

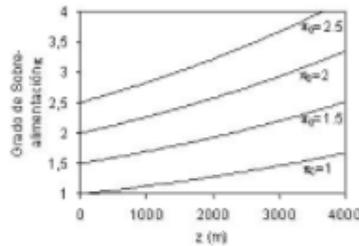


Fig. 7: Efecto del grado de sobrealimentación del compresor para un motor que no cambia su potencia indicada con la altitud

El mapa de condiciones de sobrealimentación de la Fig. 7 se utiliza para analizar los procesos de mezcla y combustión en motores diesel y los procesos de formación de contaminantes.

## CONCLUSIONES

Para estimar los efectos de la altitud sobre cualquier motor de combustión interna, es adecuado utilizar la ecuación hidrostática atmosférica suponiendo un perfil triangular de temperaturas.

La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste. Sin embargo, para cuantificar el efecto sobre las prestaciones del motor, basta con considerar el efecto sobre las condiciones termodinámicas.

La altitud disminuye notablemente la potencia indicada, y por tanto la efectiva, desarrollada por un motor de aspiración natural, en todo el rango de regímenes de giro. Sin embargo este efecto se reduce al turbosobrealimentar el motor, pudiendo incluso llegar a compensarse tal reducción a alto régimen.

Se ha obtenido una expresión que permite calcular el incremento de relación de compresión del turbogrupo, necesario para evitar cualquier pérdida de potencia al aumentar la altitud.

Las estrategias más recientes de diseño tienden a sobredimensionar el turbogrupo con el fin de evitar la pérdida de potencia a bajo régimen, limitando el exceso de potencia que éste proporcionaría a alto régimen, por medio de sistemas de compensación electrónica-mente gobernados.

## NOMENCLATURA

$a, b$	Exponentes empíricos de ajuste
$C$	Concentración
$G$	Aceleración de la gravedad
$M_e$	Par efectivo
$\dot{m}$	Gasto másico
$N$	Exponente politrópico
$n_f$	Número de moles de $f$
$N$	Régimen de giro del motor
$N_e$	Potencia efectiva
$N_i$	Potencia indicada

### 4.3. Características del Diesel



Quito - Ecuador

## **ENMIENDA**

(2013-06-14)

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1489:2012**  
**Séptima revisión**

---

---

**PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. DIÉSEL.**  
**REQUISITOS**

**Primera edición**

PETROLEUM PRODUCTS. DIESEL. REQUIREMENTS

First edition

**En la página 2, tabla 3**

**Dice:**

---

DESCRIPTORES: Productos del petróleo y tecnologías afines, combustibles, diésel, requisitos.  
PE 02.02.404  
CDU: 662.75:662.94  
CIIU: 3530  
ICS: 75.160.20

TABLA 3. Requisitos del diésel Premium

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
$\Psi$ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,05	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, $\psi_{\text{biodiésel}}$	%	---	5	EN 14078

NOTA. De no contener biodiésel, no es necesario la realización de este ensayo.

Debe decir:

TABLA 3. Requisitos del diésel Premium

REQUISITOS	Unidad	mínimo	máximo	Método de ensayo
Punto de Inflamación	°C	51,0	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
$\Psi$ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% de residuo de destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1494
W Contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
Contenido de azufre	ppm	-	500	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano	-	45,0	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, $\psi_{\text{biodiésel}}$ *	%	5	10	EN 14078

\* Se debe considerar este parámetro siempre y cuando el diésel esté adicionado con biodiésel



Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1489:2012**  
Séptima revisión

---

**PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. DIÉSEL.  
REQUISITOS**

**Primera edición**

PETROLEUM PRODUCTS. DIESEL. REQUIREMENTS

First edition

---

DESCRIPTORES: Productos del petróleo y tecnologías afines, combustibles, diésel, requisitos.  
PE 02.02.404  
CDU: 662.75:662.94  
CIIU: 3530  
ICS: 75.160.20

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO DIÉSEL REQUISITOS	NTE INEN 1489:2012 Séptima revisión 2012-10																																																		
<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el diésel que se comercializa en el país.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los diésel que se comercializan en el país, sean de producción nacional o importada.</p> <p><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2341.</p> <p><b>4. CLASIFICACIÓN</b></p> <p>4.1 El combustible diésel que se comercializa en el país se clasifica en:</p> <p>4.1.1 <i>Diésel No. 1.</i> Combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos.</p> <p>4.1.2 <i>Diésel No. 2.</i> Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial, pesquero, eléctrico, naviero, etc, excepto para uso automotriz.</p> <p>4.1.3 <i>Diésel Premium.</i> Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional.</p> <p><b>5. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>5.1 El producto observado a simple vista debe ser limpio, exento de agua y de materiales en suspensión.</p> <p><b>6. REQUISITOS</b></p> <p>6.1 Requisitos específicos</p> <p>6.1.1 En la tabla 1, se indican los requisitos que debe cumplir el diésel No. 1.</p> <p style="text-align: center;"><b>TABLA 1. Requisitos del diésel No. 1</b></p> <table border="1" data-bbox="408 1375 1270 1603"> <thead> <tr> <th>Requisitos</th> <th>Unidad</th> <th>Mínimo</th> <th>Máximo</th> <th>Método de ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Punto de inflamación</td> <td>°C</td> <td>40</td> <td>-</td> <td>NTE INEN 1493 Procedimiento A</td> </tr> <tr> <td><i>W</i> <small>contenido de agua y sedimentos</small></td> <td>%</td> <td>-</td> <td>0,05</td> <td>NTE INEN 1494</td> </tr> <tr> <td><i>W</i> <small>contenido de residuos carbonosos sobre el 10% del residuo de la combustión</small></td> <td>%</td> <td>-</td> <td>0,15</td> <td>NTE INEN 1491</td> </tr> <tr> <td><i>W</i> <small>contenido de cenizas</small></td> <td>%</td> <td>-</td> <td>0,01</td> <td>NTE INEN 1492</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de destilación del 90%</td> <td>°C</td> <td>-</td> <td>288</td> <td>NTE INEN 926</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad cinemática a 37,8°C</td> <td>cSt</td> <td>1,3</td> <td>3,0</td> <td>NTE INEN 810</td> </tr> <tr> <td><i>W</i> <small>contenido de azufre</small></td> <td>%</td> <td>-</td> <td>0,3</td> <td>ASTM 4294</td> </tr> <tr> <td>Corrosión a la lámina de cobre</td> <td>Clasificación</td> <td>-</td> <td>No. 2</td> <td>NTE INEN 927</td> </tr> <tr> <td>Índice de cetano calculado</td> <td>-</td> <td>40</td> <td>-</td> <td>NTE INEN 1495</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <p>DESCRIPTORES: Productos del petróleo y tecnologías afines, combustibles, diésel, requisitos.</p>			Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo	Punto de inflamación	°C	40	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A	<i>W</i> <small>contenido de agua y sedimentos</small>	%	-	0,05	NTE INEN 1494	<i>W</i> <small>contenido de residuos carbonosos sobre el 10% del residuo de la combustión</small>	%	-	0,15	NTE INEN 1491	<i>W</i> <small>contenido de cenizas</small>	%	-	0,01	NTE INEN 1492	Temperatura de destilación del 90%	°C	-	288	NTE INEN 926	Viscosidad cinemática a 37,8°C	cSt	1,3	3,0	NTE INEN 810	<i>W</i> <small>contenido de azufre</small>	%	-	0,3	ASTM 4294	Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No. 2	NTE INEN 927	Índice de cetano calculado	-	40	-	NTE INEN 1495
Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo																																																
Punto de inflamación	°C	40	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A																																																
<i>W</i> <small>contenido de agua y sedimentos</small>	%	-	0,05	NTE INEN 1494																																																
<i>W</i> <small>contenido de residuos carbonosos sobre el 10% del residuo de la combustión</small>	%	-	0,15	NTE INEN 1491																																																
<i>W</i> <small>contenido de cenizas</small>	%	-	0,01	NTE INEN 1492																																																
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	288	NTE INEN 926																																																
Viscosidad cinemática a 37,8°C	cSt	1,3	3,0	NTE INEN 810																																																
<i>W</i> <small>contenido de azufre</small>	%	-	0,3	ASTM 4294																																																
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No. 2	NTE INEN 927																																																
Índice de cetano calculado	-	40	-	NTE INEN 1495																																																

6.1.2 En la tabla 2, se indican los requisitos que debe cumplir el diésel No. 2.

**TABLA 2. Requisitos del diésel No. 2.**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
φ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,7	ASTM D4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, <del>φ Biodiésel</del>	%	---	5	EN 14078
NOTA: De no contener biodiésel, no es necesario la realización de este ensayo.				

6.1.3 En la tabla 3, se indican los requisitos que debe cumplir el diésel Premium

**TABLA 3. Requisitos del diésel Premium**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
φ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,05	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, <del>φ Biodiésel</del>	%	---	5	EN 14078
NOTA: De no contener biodiésel, no es necesario la realización de este ensayo.				

## 6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El transporte, almacenamiento y manejo de los derivados de hidrocarburos deben realizarse de conformidad con lo establecido en la NTE INEN 2266, el reglamento de seguridad y operación para el transporte de combustibles en el Ecuador, el Reglamento para autorización de actividades de comercialización de combustibles líquidos derivados de petróleo y el Reglamento para ejecutar las actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta al público de los derivados del petróleo.

6.2.2 La comercialización debe realizarse en m<sup>3</sup>, sus múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo a lo dispuesto en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

6.2.3 Tanto el productor como el comercializador deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE, Decreto Ejecutivo 1215), lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), la Ley de Hidrocarburos y la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

## 7. INSPECCIÓN

7.1 **Muestreo.** El muestreo, inspección y recepción deben realizarse de acuerdo a las NTE INEN 930 y 2336.

### 7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 En la muestra extraída debe efectuarse los ensayos indicados en el numeral 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 6.1 de esta norma, debe rechazarse el lote correspondiente.

(Continúa)

## APÉNDICE Z

## Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 810	<i>Productos de petróleo. Determinación de la viscosidad cinemática y dinámica en líquidos transparentes y opacos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 926	<i>Productos de petróleo. Ensayos de destilación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 927	<i>Productos de petróleo. Determinación de la corrosión sobre la lámina de cobre.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 930	<i>Petróleo crudo y sus derivados. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1490	<i>Productos derivados del petróleo. Determinación del contenido de azufre. Método de la bomba</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1491	<i>Productos de petróleo. Determinación del residuo de carbón Conradson.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1492	<i>Productos de petróleo. Determinación de cenizas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1493	<i>Productos de petróleo. Determinación del punto de inflamación en vaso cerrado (Pensky-Martens)</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1494	<i>Productos de petróleo. Determinación de agua y sedimento por centrifugación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1495	<i>Productos de petróleo. Determinación del índice de cetano calculado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266	<i>Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2336	<i>Productos derivados del petróleo. Procedimiento para la inspección de calidad de los derivados del petróleo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2341	<i>Derivados del petróleo. Productos relacionados con el petróleo y afines. Definiciones.</i>
Norma Americana ASTM 4294	<i>Method for Sulfur in Petroleum and petroleum Products by Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence. Spectrometry.</i>
Norma Europea UNE EN 14078	<i>Productos petrolíferos líquidos. Determinación del contenido en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) de destilados medios. Método por espectroscopía infrarroja.</i>
Ley 2007-76	<i>Sistema Ecuatoriano de la Calidad. Registro Oficial No. 26 del 22 febrero de 2007.</i>
Acuerdo Ministerial No. 184	<i>Reglamento de Seguridad y Operación para el transporte de combustibles en el Ecuador. Registro Oficial No. 135 del 24 de febrero de 1999.</i>
Decreto Ejecutivo 2024	<i>Reglamento para autorización de actividades de comercialización de combustibles líquidos derivados de petróleo. Registro Oficial Suplemento No. 445 del 1 de noviembre de 2001.</i>
Decreto Ejecutivo 407	<i>Comercialización y distribución de combustibles líquidos derivados de hidrocarburos y gas licuado de petróleo. Registro Oficial No. 90 del 26 de agosto del 2005.</i>
Acuerdo Ministerial 389	<i>Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarbúferas en el Ecuador (RAOHE, Decreto Ejecutivo 1215) y sus modificatorias posteriores. Registro Oficial No. 671 del 26 de septiembre de 2002.</i>
Decreto Ejecutivo 3516	<i>Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) del Ministerio del Ambiente. Registro Oficial E 2 del 30 de marzo de 2003.</i>

Decreto Supremo 2967

*Ley de Hidrocarburos y su reformatoria. Registro Oficial No.711 de 15 de Noviembre de 1978.  
Registro Oficial No.170 de 14 de septiembre de 2007.  
Registro Oficial No. 244 de 27 de julio de 2010.  
SUPLEMENTO*

## Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489 (Sexta revisión). *Productos derivados del petróleo. Diésel. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, 2012.

Proyecto de mejoramiento de combustibles iniciado por EP PETROECUADOR 2011.

Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 028. *COMBUSTIBLES,* Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, 2011.

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. Código:  
 NTE INEN 1489 DIÉSEL. REQUISITOS PE 02.02-004

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. 12019 de 2012-01-25 publicado en el Registro Oficial No. 684 de 2012-04-17  Fecha de iniciación del estudio: 2012-08-15
--	--

Fechas de consulta pública: No se realizó

Comité Interno del INEN:  
 Fecha de iniciación: 2012-08-24 Fecha de aprobación: 2012-08-24  
 Integrantes del Comité Interno:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Gustavo Jiménez (Presidente)	DIRECTOR DEL ÁREA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN
Ismael Pozo	ÁREA TÉCNICA DE CERTIFICACIÓN
Karen Tamayo	ÁREA TÉCNICA DE VERIFICACIÓN
Orlando Campaña	ÁREA TÉCNICA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS
Evelyn Andrade	ÁREA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN
Wilson Novoa	ÁREA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN
Sandra Armijos (Secretaría Técnica)	ÁREA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1489:2012 (Séptima revisión), reemplaza a la NTE INEN 1489:2012 (Sexta revisión)

♦<sup>18</sup> Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-06.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Obligatoria Por Resolución No. 12231 de 2012-10-10  
 Registro Oficial No. 819 de 2012-10-29

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno EB-29 y Av. 6 de Diciembre  
Calle 17-01-3999 - Telfs: (593 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 557815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inenservicios@inen.gov.ec](mailto:inenservicios@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inenazuay@inen.gov.ec](mailto:inenazuay@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenchimbamba@inen.gov.ec](mailto:inenchimbamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**

#### 4.4. Especificaciones de la camioneta Luv D Max 3.0 CRDI



VEHÍCULOS / CAMIONES Y BUSES / COMPRA TU CHEVROLET

ChevyStar

Posventa

Mundo  
Chevrolet

2017 D-MAX 3.0 CD 4X4 FULL

Características

Fotos

Especificaciones

Mantenimiento

Contáctanos

### D-MAX DIESEL 3.0 CD 4X4 FULL

Versiones **Especificaciones**

### Especificaciones

INTERIOR EXTERIOR MOTOR TRANSMISIÓN PESOS Y CAPACIDADES (KG.) SEGURIDAD Todos

● Estándar ○ Disponible — No Disponible

INTERIOR	3.0L DIESEL TURBO CD MT 4X4 FULL
Aire acondicionado	●
Apertura tapa de combustible interior	●
Asientos delanteros tapizados	Tela 2
Asientos delanteros tipo butaca	.+Bolsillo espal.
Asientos posteriores apoyabrazos central	●
Asientos posteriores tapizados	Tela 2
Asientos posteriores tipo banco	●
Calefactor	●
Encendedor cigarrillos	●
Freno estacionamiento entre asientos	●
Guantera con llave	●
Iluminación interior luces para leer mapas	●
Iluminación interior techo	●
Limpia brisas (2 velocidades)	.+ Intermitente variable
Manija asistencia 2 Atrás	●
Manija asistencia 3 Adelante	●
Moquetas / Cubre tapetes	●
Neblineros	●
Palanca de cambios	URETANO+ Decorativo
Parasoles conductor y pasajero	X+Bolsillo conductor y Espejo Pasajero
Parlantes 4 puertas del. y post.	●
Porta vasos consola central	●
Porta vasos en panel frontal (x2)	●
Porta vasos puertas delanteras	●
Radio CD MP3 Doble Din con puerto USB y entrada auxiliar	●
Revestimiento piso, alfombra	●
Tacómetro	●
Toma corriente auxiliar (12V - 120W)	●
Vidrios eléctricos	●
Volante con emblema de Chevrolet en el centro.	●
Volante con regulación de altura	●
Volante forrado en cuero con mandos para el radio	●

## D-MAX DIESEL 4X2 CABINA DOBLE

Una 4x2 con gran capacidad de trabajo, mayor comodidad y seguridad en cualquier actividad.



**COTIZA TU CHEVROLET**

Tu Chevrolet 0km cada vez más cerca de ti.



**DESCARGA LA FICHA TÉCNICA**

Conoce los aspectos técnicos de tu vehículo



**CONCESIONARIOS**

Encuentra el concesionario más cerca de ti



### EXTERIOR



Sus faros halógenos envolventes demuestran el carácter de la D-MAX.

[Share](#) 317

### INTERIOR



Asientos posteriores con apoyabrazos para que todos viajen cómodos.

[Share](#) 317

Gran espacio y confort para cada día de trabajo. Dirección hidráulica con control de balance, vidrios eléctricos panel de instrumentos con acabado metálico.

Gran espacio y confort para cada día de trabajo. Dirección hidráulica con control de balance, vidrios eléctricos panel de instrumentos con acabado metálico.

[Share 317](#) [Tweet](#) [G+](#) [Mira las características](#)

## GRAN DESEMPEÑO

### Potencia para superar cualquier tarea.

El motor Diesel 3.0 supera las expectativas de desempeño y eficiencia en el consumo de combustible con sus 3000 cc, brindando una potencia de 134 hp @ 3600 y un torque de 294 @1400 - 3000. El motor CDRI también garantiza recorridos silenciosos, perfectos para días de trabajo y de descanso.



El potente motor Diesel 3.0 supera las expectativas de desempeño y eficiencia en el consumo de combustible.

[Share 317](#) [Tweet](#)

# 134

CABALLOS

[Share 317](#) [Tweet](#) [G+](#) [Mira las características](#)



El tablero de la D-MAX cuenta con una pantalla informativa electroluminiscente

[Share 317](#) [Tweet](#)

## TECNOLOGÍA

### Tecnología para acompañar el trabajo.

El tablero de la D-MAX cuenta con una pantalla informativa electroluminiscente que permite consultar el kilometraje, la distancia recorrida, el nivel de combustible y la temperatura del vehículo.

[Share 317](#) [Tweet](#) [G+](#) [Mira las características](#)

## SEGURIDAD

### Ultra segura

Cuando estás abordo de una Chevrolet D-MAX estás rodeado de medidas de protección: airbags frontales para conductor y pasajero, barras de seguridad estratégicamente ubicadas en las puertas laterales, cinturones de seguridad de tres puntos y columna de dirección colapsible para disminuir el riesgo en caso de colisión. Además su nuevo chasis de acero ultra resistente y tope para llantas protege el habitáculo ante cualquier eventualidad.



<sup>1</sup> Servicio de ChevyStar se vende por separado.



[Share 317](#) [Tweet](#) [G+](#) [Mira las características](#)

## CHEVROLET D-MAX DIESEL 4X2 CABINA DOBLE

Desde: \$ 29.460\*

[Cotiza tu Chevrolet](#)

[Descarga manual de servicio](#)  
[Concesionarios](#)



# Sistema de Inyección Common Rail, Bosch

Bosch Worldwide | english | español

Bosch Automóvil



- Productos
- Equipos y Diagnóstico
- Servicios
- Redes de Taller
- Folleto
- Noticias
- Contacto

Búsqueda

< Productos

< Motores y sistemas

> Diésel

> Inyección Common Rail

> Sistema inyector-bomba

> Inyección convencional

> Gestión del motor

> Calentadores

> Tratamiento de gases de escape

> Bomba de vacío

> Sondeas Lambda

> Medidor de masa de aire

> Otros sensores

> Soluciones para aplicaciones "fuera de carretera"

## Inyección Common Rail



Localizador de Distribuidores

> ¿Dónde comprar productos Bosch?

Información de

producto

### Inyección Common Rail: tecnología avanzada para motores diésel

Bosch lanzó el primer sistema Common Rail en 1997. El sistema recibe el nombre por el acumulador de alta presión compartido (rail común) que suministra el combustible a todos los cilindros. En los sistemas de inyección diésel convencionales, es necesario que la presión del combustible se genere de forma individual en cada inyección. Sin embargo, en el sistema Common Rail, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo que significa que el combustible está siempre disponible y en la presión necesaria para su inyección.

- + El sistema Common Rail
- + Bombas de alta presión
- + Inyectores

Biblioteca de Folletos

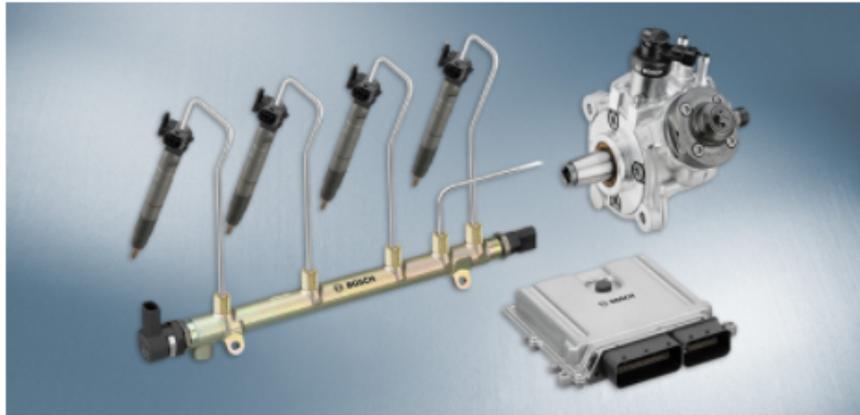
> Más información



Bosch Car Service

> Encuentre su Bosch Car Service más cercano

## — El sistema Common Rail



Los sistemas Common Rail son de diseño modular. Cada sistema cuenta con una bomba de alta presión, inyectores, un raíl y una unidad de control electrónica.

### **Funcionamiento**

En los sistemas de inyección diésel convencionales, es necesario que la presión del combustible se genere de forma individual en cada inyección. Sin embargo, en el sistema Common Rail, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo que significa que el combustible está siempre disponible y en la presión necesaria para su inyección. La generación de presión se lleva a cabo en la bomba de alta presión. La bomba comprime el combustible y lo envía hasta el orificio del raíl mediante un conducto de alta presión, que actúa como acumulador de alta presión común para todos los inyectores (a él se debe el nombre de "common rail", raíl común). Desde ahí, el combustible se distribuye en cada inyector que, a su vez, lo inyecta en la cámara de combustión del cilindro.

### **Una amplia gama de soluciones**

Bosch ofrece sistemas Common Rail para todos los modelos de vehículos, desde microcoches hasta lujosas limusinas. Las bombas de alta presión trabajan a presiones de entre 1 100 y 2 200 bares. También existen a su disposición sistemas con bombas independientes (bombas individuales). Los inyectores utilizan válvulas de solenoide o tecnología piezoeléctrica.

### **Ventajas**

- Una inyección de combustible limpia y muy eficiente debido a las extremadamente cortas distancias de pulverización y a la inyección múltiple.
- Una potencia de motor alta y un buen funcionamiento con un nivel de consumo y emisiones bajo.
- Se puede utilizar con todos los modelos de vehículo gracias a su diseño modular.

diseño modular.

#### Bombas de alta presión



La bomba de alta presión comprime el combustible y lo suministra en la cantidad necesaria. Suministra el combustible de forma continua al acumulador de alta presión (raíl), gracias a lo cual consigue mantener la presión del sistema. Es capaz de mantener la presión necesaria incluso a revoluciones de motor bajas, ya que la generación de presión no está relacionada con las revoluciones del motor. La mayoría de sistemas Common Rail están equipados con bombas de pistones radiales. Los automóviles compactos también utilizan sistemas con bombas individuales que funcionan a una presión baja de sistema.

#### Inyectores



El inyector de un sistema Common Rail consta de una tobera, un actuador para los inyectores piezo o una válvula de solenoide para los inyectores de válvula solenoide, así como de las conexiones hidráulicas y eléctricas para el funcionamiento de la aguja de la tobera.

Está instalado en todos los cilindros del motor y conectado al riel mediante un conducto corto de alta presión. El inyector está controlado por el sistema de Regulación Electrónica Diésel (EDC, de su nombre en inglés Electronic Diesel Control). Esto garantiza que el actuador se encargue de abrir y cerrar la aguja de la tobera, independientemente de si se trata de una válvula de solenoide o piezo. Los inyectores con actuadores piezo son un poco más estrechos y el nivel de ruido que generan es especialmente bajo. Ambos tipos han manifestado tiempos de arranque breves y similares y hacen posible la preinyección, la inyección principal y la inyección secundaria para garantizar un consumo de combustible limpio y eficiente en cada momento del funcionamiento.

- « Productos
- « Motores y sistemas
  - ▾ Diésel
    - Inyección Common Rail
    - Sistema inyector-bomba
    - Inyección convencional
    - Gestión del motor
    - Calentadores
    - Tratamiento de gases de escape
    - Bomba de vacío
    - Sondas Lambda
    - Medidor de masa de aire
    - Otros sensores
    - Soluciones para aplicaciones "fuera de carretera"

## Gestión del motor



**Localizador de Distribuidores**  
▸ ¿Dónde comprar productos Bosch?

**Información de producto**

**Gestión del motor: funciones del motor perfectamente reguladas**

El EDC (de sus siglas en inglés Electronic Diesel Control, control diésel electrónico) es el sistema de gestión de motor de los vehículos diésel. Regula las funciones del sistema de inyección y garantiza que el motor proporcione el par necesario. La inyección se ajusta de forma continua tanto al motor como al entorno de conducción. Los motores diésel con un sistema de gestión de motor de Bosch destacan por la optimización de un rendimiento dinámico y consumo mínimo de combustible y reducción de emisiones.

**Ventajas**

- Funcionamiento limpio y eficiente debido a la rápida adaptación de todos los parámetros de inyección

**Biblioteca de Folletos**  
▸ Más información

**BOSCH Service** Bosch Car Service  
▸ Encuentre su Bosch Car Service más cercano

## Conclusiones

Al finalizar las pruebas correspondientes pudimos evidenciar los cambios del torque y potencia del vehículo seleccionado para las pruebas.

Los factores mencionados influyen directamente al rendimiento del motor tales como fueron la altitud la presión atmosférica, la temperatura entre otros.

El sistema CRDI Bosch del vehículo ayudo directamente a las correcciones de funcionamiento del motor al momento de la dosificación del combustible.

Al ser un vehículo con un sistema de turbo alimentación, tienen un flujo constate de ingreso de aire en el motor ayudando a su operación sin importar en las condiciones y el lugar de trabajo en que el vehículo se encuentre.

Se pudo concluir que los factores de la altitud se van corrigiendo y existen perdidas de rendimiento conforme el vehículo se encuentra a mayor altura, por la falta de presión en el cilindro por la presión atmosférica y por falta de oxígeno

Se pudo concluir que la temperatura influye directamente en la combustión ya que un gas al calentarse pierde densidad en su composición por lo que su masa de oxigeno por unidad de volumen disminuye, esto provoca una deficiencia volumétrica del motor y por ende disminuye su potencia.

## Bibliografía

- <https://www.slideshare.net/marcelmid/calidad-del-combustible-en-ecuador>
- <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1031/1/T-UIDE-036.pdf>
- <https://www.slideshare.net/marcelmid/calidad-del-combustible-en-ecuador>
- [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000500005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005)
- [http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts\\_and\\_accessories\\_2/motor\\_and\\_sytems/di](http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/di)
- <https://comohacer.eu/como-funciona-un-motor-dies>
- <http://www.chevrolet.com.ec/dmax-camioneta-4x4/especificaciones.html>
- [Manual de servicio técnico de servicio CHEVROLET LUV D MAX 3.0 CRDI- Automotores Continental.](#)