



*Certificación ISO 9001:2000 ‡*

---

---

# **MANUAL DE CONDUCCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES DIESEL: SEGUNDA EDICIÓN**

**Mercedes Yolanda Rafael Morales  
Andrés Hernández Guzmán**

**Publicación Técnica No 360  
Sanfandila, Qro. 2012**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Manual de conducción técnica de vehículos  
automotores Diesel: Segunda edición**

**Publicación Técnica No 360**  
**Sanfandila, Qro. 2012**

---



Este manual constituye una ayuda pedagógica para el conocimiento y aplicación del método de la conducción técnica, que proviene de su edición anterior y fue realizado en la Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte, por la Dra. Mercedes Yolanda Rafael Morales y el Ing. Andrés Hernández Guzmán.

Se agradece al Dr. Miguel Martínez Madrid, Coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural, su apoyo para la realización del presente trabajo, así como la colaboración del Ing. Raymundo García, quien realizó la captura del texto de la primera edición.



# Índice

---

<b>Resumen</b>	vii
<b>Abstract</b>	ix
<b>Resumen ejecutivo</b>	xi
<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. Conceptos</b>	3
2.1 Unidades	3
2.2 Longitud	4
2.3 Masa	4
2.4 Tiempo	5
2.5 Velocidad	5
2.6 Aceleración	5
2.7 Fuerza	6
2.8 Par, momento o torque	7
2.9 Trabajo	8
2.10 Potencia	9
2.11 Presión	10
2.12 Calor	11
2.13 Temperatura	12
<b>3. Fuerzas que intervienen en el desplazamiento de un vehículo</b>	<b>13</b>
3.1 Fuerza aerodinámica	13
3.2 Fuerza de rodamiento	14
3.3 Fuerza por pendiente	15
3.4 Fuerza de inercia	16
3.5 Fuerza centrífuga	16
3.6 Las fuerzas de resistencia y la potencia del motor	17
<b>4. Curvas Características del motor</b>	<b>21</b>
4.1 Curvas características	21
4.2 Curva de torque o par torsional	21

4.3 Curva de potencia	22
4.4 Curva de consumo específico de combustible	23
4.5 Eficiencia del motor	24
<b>5. Diagrama de velocidades</b>	<b>27</b>
5.1 Metodología para la construcción del diagrama de velocidades	27
5.1.1 Caja de cambio de velocidades	27
5.1.2 El diferencial	28
5.1.3 Las llantas	29
5.2 Cálculos para la construcción del diagrama de velocidades	31
5.3 Construcción del diagrama de velocidades	33
5.4 Selección del vehículo adecuado al tipo de operación	35
<b>6. La Conducción Técnica</b>	<b>37</b>
6.1 Verificaciones antes de salir	37
6.2 El uso del motor	39
6.3 Arranque del motor y salida	39
6.4 Aceleración del vehículo	41
6.5 El cambio de velocidades	41
6.5.1 Caja no sincronizada	41
6.5.2 Caja sincronizada	42
6.6 Uso del pedal de aceleración (pie de pluma)	42
6.7 Operación de motores nuevos o reconstruidos	42
6.8 Conducción urbana	43
6.9 Conducción sobre autopistas	44
6.10 Conducción sobre pendientes	44
6.11 Apagado del motor	46
6.12 Las verificaciones periódicas	46
<b>7. Seguridad en la conducción técnica</b>	<b>47</b>
7.1 La seguridad en la conducción	47
7.2 Medidas de seguridad de un conductor profesional	47
7.2.1 Lista de inspección previa a la marcha del vehículo	48
7.2.2 Inspección del funcionamiento de los sistemas del vehículo	49
7.2.3 Lista de mantenimiento preventivo	50



---

7.3 El manejo a la defensiva	50
7.3.1 Normas fundamentales de vialidad al manejar un vehículo, ya sea en ciudad o en carretera	52
7.4 Recomendaciones para evitar una colisión	53
7.5 Recomendaciones de cortesía en la conducción	55
<b>8. Situaciones de emergencia en carretera</b>	<b>57</b>
8.1 ¿Qué hacer ante una situación de emergencia en carretera?	57
8.2 Los frenos le fallan	57
8.3 El vehículo derrapa	58
8.4 El acelerador se pega	58
8.5 Las luces se apagan	58
8.6 Si una llanta se "vuela"	59
8.7 Necesita parar en carretera	59
8.8 El motor se incendia	59
<b>9. Principales productos contaminantes</b>	<b>61</b>
9.1 La contaminación	61
9.2 Monóxido de carbono (CO)	61
9.3 Óxidos de nitrógeno (NOx)	61
9.4 Óxidos de azufre (SO <sub>2</sub> y SO <sub>3</sub> )	62
9.5 Ozono (O <sub>3</sub> )	62
9.6 Hidrocarburos sin quemar (HC)	62
9.7 Partículas suspendidas	62
9.8 Plomo (Pb)	63
<b>10. Conclusiones</b>	<b>65</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>67</b>

<b>Anexo 1. Funcionamiento de los sistemas del motor</b>	69
A.1 El motor Diesel	69
A.2 Ciclo de cuatro tiempos	69
A.3 La lubricación	70
A.3.1 Propiedades de los lubricantes	70
A.4 Sistema de enfriamiento por agua	71
A.5 Anticongelante y anticorrosivos	73
A.6 Sistema de alimentación de aire del motor a Diesel	74
A.7 Sistema de combustible	74
A.7.1 El turbocargador	75
A.8 El freno de motor	75
<b>Anexo 2. Cuadro de fallas</b>	77
<b>Anexo 3. Información sobre los componentes del tren motriz</b>	83
C.1 Motores	84
C.1.1 Motores Cummins	84
C.1.2 Motores Detroit Diesel-Allison	88
C.2 Transmisiones	91
C.2.1 Transmisiones TSP: Identificación de modelos	91
C.2.2 Especificaciones de transmisiones SPICER	92

# Resumen

---

Debido a los elevados consumos de energía por el sector transporte y en particular en el autotransporte, que han sido reportados por la Secretaría de Energía, se ha implementado una metodología de manejo conocida como *conducción técnica de vehículos pesados*, que permite el uso eficiente del combustible, así como disminuir los gastos de operación y reducir las emisiones contaminantes generadas por los vehículos, independientemente de las condiciones del tránsito de vehículos o del tipo de camino.

La conducción técnica se basa en los principios básicos de la mecánica, que definen la fuerza, el torque y la potencia, para lograr utilizar el motor en su régimen de máxima eficiencia energética de operación. Este régimen óptimo se ha definido como la *zona verde* y se ubica en el diagrama de velocidades que se construye de acuerdo con las especificaciones de los componentes de la cadena cinemática del vehículo.

En este trabajo se presenta un panorama general de los principios básicos requeridos para comprender el funcionamiento de los motores Diesel y sus efectos sobre la dinámica del vehículo.

Otra parte nos permite determinar la magnitud de las fuerzas que se oponen al desplazamiento de un vehículo y así estimar la potencia requerida del motor.

Se presentan las curvas que caracterizan el funcionamiento del motor, a partir de las cuales se construye el diagrama de velocidades para establecer la metodología de la conducción técnica.

Como consecuencia de los principios de la conducción técnica, se tratan los temas de seguridad, situaciones de emergencia en carreteras y los problemas de contaminación ambiental asociados con motores Diesel.



# Abstract

---

Due to the high energy consumption by the transport sector and road transport in particular, reported by the Energy Department of Mexico, a methodology of driving known as technical driving, was implemented this methodology that allows efficient use of fuel as well as lower operating expenses and reduce pollutant emissions generated by vehicles, regardless of the conditions of transit vehicle or type of road.

The technical driving is based on the basic principles of mechanics, which define the force, torque and motor power used on the engine to achieve its maximum efficiency regime of operation. The optimal regimen has been defined as the *green zone* and it is located in the velocity diagram that is constructed according to the specifications of the components of the powertrain of the vehicle.

This paper presents an overview of the basic principles required to understand the operation of diesel engines and their effects on vehicle dynamics. Furthermore we can determine the magnitude of the forces opposing the movement of a vehicle and estimate the required power of the engine.

The Performances curves that characterized the engine operation and velocity diagram for establishing the methodology of the driving technique is presented.

Following, the principles of technical driving, safety issues, emergency on the road and environmental pollution problems associated with diesel engines are discussed.



# Resumen ejecutivo

---

Esta publicación constituye la segunda edición del Manual de Conducción Técnica de Vehículos Automotores Diesel, publicado por primera vez en 1995. Debido a que es utilizado como libro de texto, en los cursos de capacitación para la formación de instructores de operadores, en el método de la conducción técnica, se actualizó parte del material de la edición original.

Para tener una mejor comprensión de los conceptos físicos utilizados en este manual, que son requeridos para comprender el funcionamiento de los componentes del tren motriz, se realiza una breve definición de ellos, así como las unidades y magnitudes más utilizadas en dichos conceptos.

Se determina la magnitud de las fuerzas que se oponen al desplazamiento de un vehículo para poder estimar la potencia requerida del motor.

Para la conducción técnica es necesario conocer e interpretar las curvas características del motor, estas curvas permiten conocer el comportamiento del motor bajo diferentes regímenes de operación.

Una manera de conocer la operación de un vehículo es a través del diagrama de velocidades. El par o torque y la potencia disponibles sobre el volante del motor tienen que ser transmitidos a las llantas. Esta función la realizan el embrague o clutch, la caja de velocidades, el cardán, el diferencial y las flechas. El diagrama de velocidades permite conocer la velocidad del vehículo en función de la relación de la caja de velocidades y del régimen del motor.

La conducción técnica permite alcanzar un ahorro de combustible, por lo que es fundamental que cada operador tenga la oportunidad de lograr este estilo de conducción y una mentalidad que le permita la búsqueda sistemática de una conducción eficiente y sobre todo "pensada".

Como complemento a lo anterior, se presentan algunos aspectos de seguridad que deben ser considerados durante la aplicación de la conducción técnica, así como técnicas de manejo a la defensiva para evitar accidentes, a pesar de las acciones incorrectas de los demás y de las condiciones adversas del camino.

Se presentan las situaciones de emergencia más frecuentes en carretera y se describen los contaminantes más importantes emitidos en los gases de escape, debido al funcionamiento de los motores de combustión interna.





# 1 Introducción

---

Esta publicación constituye la segunda edición del Manual de Conducción Técnica de Vehículos Automotores Diesel, publicado por primera vez en 1995. Debido a que es utilizado como libro de texto, en los cursos de capacitación para la formación de instructores de operadores, en el método de la conducción técnica, se actualizó parte del material de la edición original. Este manual esta organizado de la siguiente manera.

En el capítulo 1 se proporciona un breve repaso de los conceptos físicos requeridos para comprender el funcionamiento de los componentes del tren motriz.

En el capítulo 2 se determina la magnitud de las fuerzas que se oponen al desplazamiento de un vehículo para poder estimar la potencia requerida del motor.

En el capítulo 3 se presentan las curvas que caracterizan el funcionamiento del motor de combustión interna.

En el capítulo 4 se presenta el procedimiento para la construcción del diagrama de velocidades, que es la base del método de la conducción técnica.

En el capítulo 5 se explican los principios del método de la conducción técnica, para lograr un uso eficiente del combustible y disminuir las emisiones contaminantes generadas por el vehículo.

En el capítulo 6 como complemento a lo anterior, se presentan algunos aspectos de seguridad que se deben de considerar durante la aplicación de la conducción técnica.

En el capítulo 7 se presentan cuáles son las situaciones de emergencia más frecuentes en carretera.

En el capítulo 8 se describen los contaminantes más importantes emitidos en los gases de escape, debido al funcionamiento de los motores de combustión interna.

En el apéndice A se presenta el funcionamiento de los sistemas principales del motor.

En el apéndice B se listan las fallas más comunes del motor y su posible causa.

En el apéndice C se presenta información sobre algunos componentes del tren motriz proporcionada por los fabricantes.



## 2 Conceptos

---

Para tener una mejor comprensión de los conceptos físicos que serán utilizados en este manual, es conveniente realizar un breve repaso de ellos o definirlos, así como las unidades y magnitudes más utilizadas en dichos conceptos.

### 2.1 Unidades

Es posible medir todo lo que existe a nuestro alrededor, para tal fin es necesario hacer una comparación entre dos elementos para poder decir que un objeto es más grande que otro o cuál es más pesado. La magnitud nos dice cuánto es más pesado un objeto que otro, cuánto más largo, cuánto más duro, etc.

Cada unidad sólo puede comparar algo a lo que llamaremos magnitud, o sea todo aquello que puede ser medido. En la tabla 2.1 se muestran las unidades que usaremos para medir las magnitudes.

Aunque existen muchas unidades, sólo se presentan algunas en la tabla por ser las que forman parte del Sistema Internacional de Unidades (SI). Sin embargo, en los folletos de información técnica todavía es frecuente el uso de unidades del sistema inglés como: libras, pulgadas, etc., que se irán identificando conforme se expliquen los conceptos de cada magnitud.

**Tabla 2.1 Sistema de unidades**

Magnitud	Sistema internacional		Sistema inglés	
	Unidad	Símbolo	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m	pie	ft
Masa	kilogramo	kg	libra masa	lb <sub>m</sub>
Tiempo	segundo	s	segundo	s
Velocidad	metro por segundo	m/s	pie por segundo	ft/s
Aceleración	metro por segundo al cuadrado	m/s <sup>2</sup>	pie segundo cada segundo	ft/s <sup>2</sup>
Fuerza	newton	N	libra fuerza	lb <sub>f</sub>
Par	newton metro	N·m	libra fuerza por pie	lb <sub>f</sub> .ft
Trabajo	joule	J	libra fuerza por pie	Lb <sub>f</sub> .ft
Potencia	watt	W	libra fuerza por pie por segundo	Lb <sub>f</sub> .ft/s
Presión	pascal	Pa	libra fuerza por pie cuadrado	Lb <sub>f</sub> .ft <sup>2</sup>
Calor	joule	J	unidad térmica británica	BTU
Temperatura	grado Celsius	°C	Fahrenheit	°F

## 2.2 Longitud

Es la distancia a lo largo de una línea recta entre dos puntos cualesquiera. Su unidad en el SI es el metro [*m*] y en el sistema inglés es el pie [*ff*].

**Tabla 2.2 Unidades de longitud**

	mm	pie	yarda	mm	km
<b>1 mm</b>	1	0,1	0,01	0,001	0,000 001
<b>1 cm</b>	10	1,0	0,10	0,010	0,000 01
<b>1 dm</b>	100	10,0	1,00	0,100	0,000 1
<b>1 m</b>	1 000	100,0	10,00	1,000	0,001
<b>1 km</b>	1 000 000	100 000,0	10 000,00	1 000,000	1

**Tabla 2.3 Unidades de longitud inglesas y su equivalencia**

	pulg	pie	yarda	mm	m	km
<b>pulg</b>	1,000	0,083	0,027	25,4	0,025	0,000 025
<b>pie</b>	12,000	1,000	0,333	304,8	0,304	0,000 304
<b>yarda</b>	36,000	3,000	1,000	914,4	0,914	0,000 914
<b>mm</b>	0,039	0,003	0,001	1,0	0,001	0,000 001
<b>m</b>	39,370	3,281	1,094	100,0	1,000	0,001 000
<b>km</b>	39 370,078	3 280,839	1 093,613	1 000 000,0	1 000,000	1,000 000

## 2.3 Masa

Es la cantidad de substancia que tiene cada cuerpo, es decir la cantidad de materia que forma un cuerpo, medida en kilogramos [*kg*], unidad distinta a la que usamos comúnmente. Su equivalencia en el sistema inglés es la libra masa [*lb<sub>m</sub>*].

**Tabla 2.4 Equivalencias de unidades de masa**

	oz	lb	g	kg
<b>oz</b>	1,000	0,062	28,35	0,028
<b>lb</b>	16,000	1,000	453,60	0,454
<b>g</b>	0,035	0,022	1,00	0,001
<b>kg</b>	35,270	2,205	1 000,00	1,000

## 2.4 Tiempo

Es difícil definir esta magnitud pero todos tenemos noción de él; podemos decir que es el lapso transcurrido entre un evento y otro. Su unidad es el segundo [s].

**Tabla 2.5 Equivalencia de unidades de tiempo**

	s	minutos	hora
s	1	0,016	0,000 3
minuto	60	1,000	0,016 7
hora	3 600	60,000	1,000 0

## 2.5 Velocidad

Es la distancia que se recorre en un tiempo determinado. Su unidad es el metro por segundo [ $m/s$ ], sin embargo es más frecuente utilizar el múltiplo kilómetro por hora [ $km/h$ ]. En el sistema inglés la unidad es el pie por segundo [ $ft/s$ ] y la más usual es la milla por hora [ $mi/h$ ].

**Tabla 2.6 Equivalencia de unidades de velocidad**

	ft/s	mi/h	m/s	km/s
ft/s	1,00	0,68	0,30	0,000 3
mi/h	1,46	1,00	1 609,30	1,600 0
m/s	3,28	0,00	1,00	3,600 0
km/s	3003,03	0,62	0,27	1,000 0

## 2.6 Aceleración

Es la variación de la velocidad con respecto al tiempo. La manera como cambia la velocidad cuando transcurre un segundo. Su unidad es el metro por segundo al cuadrado [ $m/s^2$ ]. La unidad equivalente en el sistema inglés es el pie por segundo cada segundo [ $ft/s^2$ ].

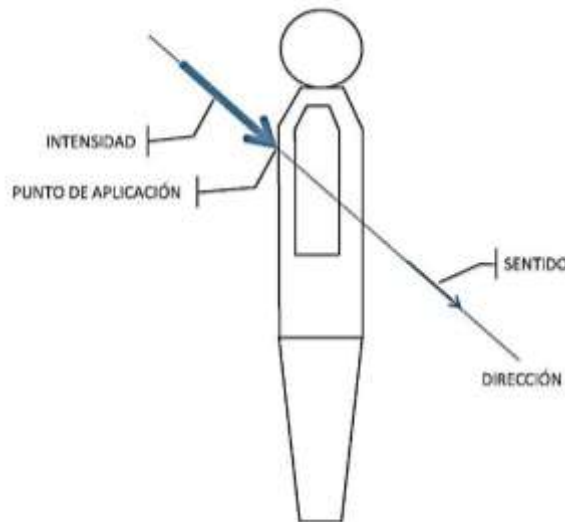
**Tabla 2.7 Equivalencia de unidades de aceleración**

	ft/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
ft/s <sup>2</sup>	1,00	0,30
m/s <sup>2</sup>	3,28	1,00

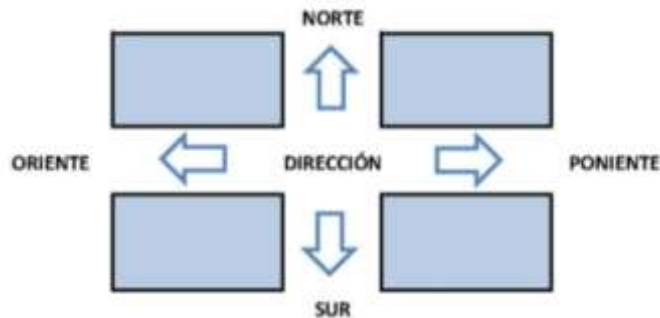
## 2.7 Fuerza

Es un concepto que se explicará con un ejemplo. Suponga que alguien lo empuja por detrás, sentirá el empujón donde pusieron la mano para empujarlo, como se ilustra en la figura 2.1 (a). También sentirá, dependiendo de la altura en la que pusieron la mano, que se va hacia adelante y arriba o hacia adelante y abajo; suponiendo que se va hacia adelante y abajo, podemos ver las características de una fuerza:

En este ejemplo la dirección y el sentido coinciden, pero no significa que sean lo mismo. Esto es muy semejante a una calle, la calle puede ser Norte-Sur u Oriente-Poniente (dirección) pero el sentido puede ser de Norte a Sur o de Sur a Norte, o de Oriente a Poniente o Poniente a Oriente, según sea el caso, como se ilustra en la figura 2.1 (b).



(a)



(b)

**Figura 2.1 (a) Características de una fuerza**  
**(b) Diferencia entre dirección y sentido**

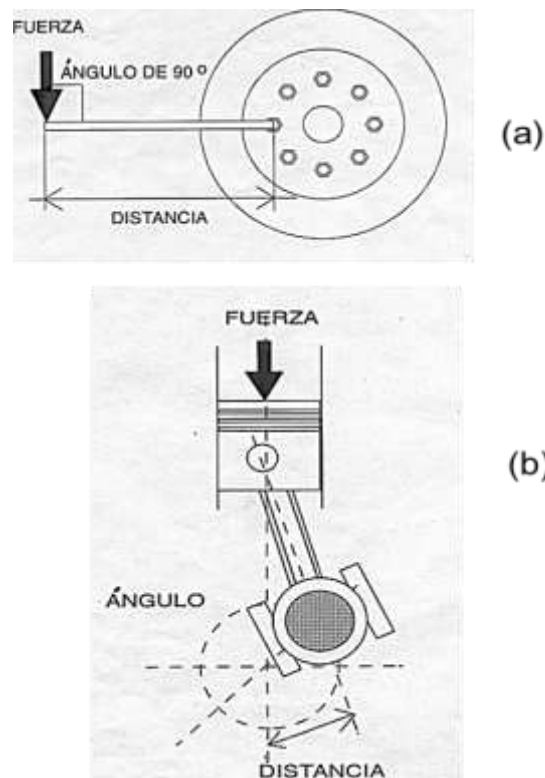
La unidad usada para expresar la fuerza se llama newton [N] y se define como la intensidad de fuerza comunicada a un kilogramo para que se desplace a un metro por segundo cada segundo. Su equivalente en el sistema inglés es la libra fuerza [lb<sub>f</sub>].

**Tabla 2.8 Equivalencia de unidades de fuerza**

	lb <sub>f</sub>	newton	kg <sub>f</sub>
lb <sub>f</sub>	1,00	0,22	0,45
newton	4,45	1,00	0,10
kg <sub>f</sub>	2,20	9,81	1,00

## 2.8 Par, momento o torque

El momento es la multiplicación de la fuerza por la distancia y tiene como efecto producir un giro. Por ejemplo, cuando se aprietan las tuercas de las llantas, como se ilustra en la figura 2.2 (a) o sobre un motor, figura 2.2 (b).



**Figura 2.2 (a) Descripción de una situación de torque al aflojar una tuerca (b) en un motor**

Entre la fuerza y la distancia se forma un ángulo. A esta distancia se le llama brazo de palanca y es la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el eje de giro que produce la fuerza. Por ejemplo cuando se aprieta la tuerca en una llanta se aplica una fuerza a la cruceta, la fuerza que se opone es la de la tuerca y el brazo de palanca es la distancia entre el eje de giro de la cruceta y la fuerza que se aplica.

Cuando existe un ángulo recto (como la esquina de una mesa bien hecha) entre la fuerza y el brazo de palanca el par, torque o momento, se calcula con la siguiente fórmula:

$$M = F \times r$$

donde:

M es el par o momento

F es la fuerza

r es la longitud del brazo de palanca

La unidad del par o momento es el newton metro [Nm] o [kg·m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>] y la unidad equivalente en el sistema inglés es la libra fuerza por pie [lb<sub>f</sub>·ft].

**Tabla 2.9 Equivalencia de unidades de par**

	lb <sub>f</sub> ·pie	Nm	kg·m
lb <sub>f</sub> ·pie	1,000	1,356	0,131
Nm	0,737	1,000	0,102
kg·m	7,600	9,807	1,000

## 2.9 Trabajo

El trabajo se puede entender como el desplazamiento de una fuerza. El trabajo (W) se calcula multiplicando la fuerza por la distancia que recorre el punto de aplicación de la fuerza en la misma dirección de la fuerza.

$$W = (F) \times (d)$$

donde:

W es el trabajo

F es la fuerza

d es la distancia que recorre el punto de aplicación



Volviendo al ejemplo del empujón, el trabajo será la multiplicación de la fuerza con que lo empujaron por la distancia que recorrió la mano de la persona que lo empujó, mientras lo estaba tocando.

La unidad de trabajo es el joule  $[J]$  y es igual a multiplicar una unidad de fuerza por una unidad de distancia:

$$1 \text{ joule} = (1 \text{ newton}) \times (1 \text{ metro})$$

En los folletos técnicos se utiliza esta unidad, aunque también aparecen kilogramos fuerza por metro  $[kg_f \cdot m]$  (de los kilogramos que usamos cuando compramos algo). La equivalencia entre estas dos unidades es:

$$1 \text{ kg}_f \cdot m = 9,81 \text{ Nm}$$

**Figura 2.10 Equivalencia de unidades de trabajo**

	lb <sub>f</sub> •pie	Nm	kg <sub>f</sub> •m
lb <sub>f</sub> •pie	1,000	1,356	0,131
Nm	0,737	1,000	0,102
kg <sub>f</sub> •m	7,600	9,807	1,000

## 2.10 Potencia

La potencia es el trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo. La podemos calcular dividiendo el trabajo entre el tiempo:

$$P = \frac{W}{t}$$

donde:

P es la potencia en watt  $[W]$

W es el trabajo en joule  $[J]$

T es el tiempo en segundos  $[s]$

Un ejemplo de potencia es cuando usted empuja un carro de supermercado a lo largo de una cuadra. Ahora suponga que un automóvil empuja ese mismo carro por la misma cuadra. El trabajo que usted y el automóvil hicieron es el mismo porque se recorrió la misma distancia y se aplicó la misma fuerza para hacer que el carro se moviera, pero el tiempo es distinto; usted tardará más tiempo en recorrer esa cuadra que el automóvil. Por lo que la potencia que usted desarrolla es mucho menor que la desarrollada por el automóvil.

La unidad de potencia es el watt [W] y se define como:

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ segundo}$$

En los folletos técnicos aparece otra unidad de potencia, el caballo de fuerza (Horsepower) [HP] y tiene las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ W} = 76 \text{ kg}_f \text{ m/s}$$

Existe otra unidad llamada BHP del inglés Brake Horsepower (caballo de potencia al freno) y es igual a un caballo de potencia [HP].

**Figura 2.11 Equivalencia de unidades de potencia**

	lb <sub>f</sub> (pie/s)	HP	W	kg <sub>f</sub> (m/s)
lb <sub>f</sub> (pie/s)	1,000	0,001 800	1,356	0,131
HP	550,000	1,000 000	745,700	76,040
W	0,737	0,001 341	1,000	0,102
kg <sub>f</sub> (m/s)	7,233	0,001 315	9,807	1,000

## 2.11 Presión

Cuando se aplica una fuerza sobre un área o superficie se dice que existe presión, la podemos sentir cuando alguien nos aprieta una mano con un dedo o nos estrecha fuertemente.

La presión la podemos calcular dividiendo la fuerza entre la superficie sobre la que actúa:

$$P = \frac{F}{S}$$

donde:

p es la presión

F es la fuerza

S es la superficie o área

La unidad de presión es el pascal [Pa] y se define como un Newton por metro cuadrado:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / 1\text{m}^2$$

Las unidades de presión en el sistema inglés son las libras por pulgada cuadrada y son más comunes para medir la presión del aire en las llantas.

Sus equivalencias son:

$$1 \text{ Pa} = 0,0000102 \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 0,2091 \text{ lbf} / \text{pulg}^2$$

Entre más pequeña es la superficie, más grande es la presión que se ejercerá. Por ejemplo, es más fácil que se entierre en la arena un palo con punta, porque tiene poca área en ella, que uno sin punta, porque tiene mucha área.

Los líquidos ejercen dos tipos de presión, además de la debida a su peso, también transmiten una fuerza.

Los líquidos tienen la propiedad de ser incompresibles, es decir por mucho que se les presione no se van a comprimir como lo hace el aire dentro de un globo. Si los líquidos no se comprimen, entonces la fuerza que se les aplique se transmite a las paredes del recipiente que lo contienen.

Si el líquido encuentra una parte por donde salir, entonces toda la fuerza que se aplica sobre él va a empujarlo hacia esa salida, y si el área es grande va a aumentar la fuerza con la que se empuja. Esto es lo que ocurre en los gatos hidráulicos y en los sistemas de frenos.

**Figura 2.12 Equivalencia de unidades de presión**

	lbf/pie <sup>2</sup>	Pa	kgf/cm <sup>2</sup>
lbf/pie <sup>2</sup>	1,000	47,94	0,000 488 6
Pa	0,209	1,00	0,000 010 2
kgf/cm <sup>2</sup>	2 046,320	98 100,00	1,000 000 0

## 2.12 Calor

El calor es una forma de energía que todos los cuerpos tienen y que se transmite de un cuerpo a otro sin interrupción.

El calor es uno de los resultados del trabajo. Por ejemplo, cuando se lija una pieza de metal uno de los resultados es el desgaste de la lija y del metal, el otro es que la pieza se calienta.

La unidad para medir el calor es el joule [J], y éste es la cantidad de calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua. Su equivalencia es:

$$1 \text{ caloría} = 4,184 \text{ joules}$$

## 2.13 Temperatura

La temperatura se define como la cantidad de calor que tienen los cuerpos. Su unidad es el grado centígrado o grado Celsius y el grado Fahrenheit en el sistema inglés. Para convertir de una unidad a otra se usan las siguientes fórmulas:

$$^{\circ}C = 1,8 (^{\circ}F) + 32$$

$$^{\circ}F = 0,55 (^{\circ}C) - 32$$

donde:

$^{\circ}C$  es la temperatura en grado centígrado o Celsius

$^{\circ}F$  es la temperatura en grado Fahrenheit

Las operaciones entre paréntesis son las primeras que deben realizarse.

## 3 Fuerzas que intervienen en el desplazamiento de un vehículo

---

Las fuerzas que se oponen al desplazamiento de un vehículo y que el motor debe vencer son:

- La fuerza aerodinámica (oposición del aire al avance de un cuerpo)
- La fuerza de resistencia al rodamiento (la fricción de las llantas sobre la carretera)
- La fuerza por pendiente (la atracción gravitacional de la tierra)
- La fuerza de inercia (la resistencia de un cuerpo a moverse debido a su masa)

### 3.1 Fuerza aerodinámica

El movimiento de un vehículo a través del aire se ve influido por la aparición de la fuerza aerodinámica, ésta tiene un impacto muy grande en terreno plano y se divide en dos.

- La fuerza de sustentación, que es vertical hacia arriba
- La fuerza de arrastre, que es horizontal y se opone al movimiento del vehículo

La fuerza de sustentación le permite a un avión despegar y sostenerse en el aire, es por ello que en los automóviles de carreras se instalan alerones para que no "se levanten" a altas velocidades.

La fuerza de arrastre es la fuerza aerodinámica en dirección horizontal que opone una resistencia al movimiento del vehículo, esta fuerza se calcula por medio de la fórmula:

$$F_I = 0,5 C_w R_\theta S v^2$$

donde:

$F_I$  es la fuerza de arrastre aerodinámica

$C_w$  es el coeficiente de arrastre (tabla 2.1)

- $R_0$  es el valor de la densidad del aire, aproximadamente 1,2 kg / m<sup>3</sup>
- $V$  es la velocidad del vehículo
- $S$  es el área frontal del vehículo

**Tabla 3.1 Coeficientes de arrastre**

Vehículo	$C_w$
Madrinas, jaulas y bultos	0,95
Remolque doble, triple y plataformas	0,85
Vehículo normal	0,76
Con algunos aditamentos para desviar el aire	0,68
Con todos los aditamentos para desviar el aire	0,61

## 3.2 Fuerza de rodamiento

La fricción es el efecto que producen las llantas al rodar sobre el piso y ésta varía de acuerdo a la deformación de las llantas, ocasionando una resistencia al movimiento del vehículo, que se puede calcular a través de la fórmula:

$$F_2 = K \cdot W \cos \alpha$$

donde:

- $F_2$  es la fuerza de rodamiento
- $K$  es el coeficiente de resistencia al rodamiento [kg/ton], en la tabla 2.2 se muestran los valores de  $K$  para diferentes superficies
- $W$  es el peso del vehículo
- $\alpha$  es el ángulo entre la pendiente y el plano horizontal

**Tabla 3.2 Coeficiente de Resistencia al rodamiento en [kg/ton] (Motor Truck Engineering Handbook fourth edition, James William Fitch, 1994)**

Superficie	Condición	K
<b>Concreto</b>	Excelente	0,0100
	Bueno	0,0150
	Malo	0,0200
<b>Asfalto</b>	Bueno	0,0125
	Regular	0,0175
	Malo	0,0225
<b>Macadam</b>	Bueno	0,0150
	Regular	0,0225
	Pobre	0,0375
<b>Grava</b>	Ordinaria	0,0550
	Pobre	0,0850
<b>Barro</b>	Suave	0,0250
	Arenoso	0,0375
<b>Arena a nivel o pendiente</b>	Suave	0,0600-0,150
	Duna	0,1600-0,300

### 3.3 Fuerza por pendiente

La fuerza que ejerce la gravedad terrestre sobre un vehículo cuando sube una pendiente se calcula con la fórmula:

$$F_3 = W \operatorname{sen} \alpha$$

donde:

$F_3$  es la fuerza por pendiente

$W$  es el peso del vehículo

$\alpha$  es el ángulo entre la pendiente y el plano horizontal. Si el ángulo  $\alpha = 0$ , la fuerza por pendiente será cero.

Si se trata de un recorrido con pendiente hacia arriba, la inclinación tenderá a detener el vehículo y el motor tendrá que vencer esta resistencia. Al contrario, si se trata de una pendiente hacia abajo, la inclinación ocasionará que el vehículo se acelere. Esto último es muy importante en la conducción de un vehículo en terreno montañoso, ya que el motor puede alcanzar velocidades peligrosas que pueden llegar a destruirlo.

### 3.4 Fuerza de inercia

Si se quiere cambiar la velocidad de un vehículo, se debe vencer una fuerza que se opone a este cambio, esta fuerza se denomina fuerza de inercia y depende de la masa del cuerpo.

$$F_4 = m a \left( 1,04 + \frac{0,06}{r_t^2} \right)$$

donde:

$F_4$  es la fuerza de inercia

$m$  es la masa del vehículo

$a$  es la aceleración del vehículo

$r_t$  es la relación de paso de la transmisión

Esta fuerza es muy importante en ciclo urbano ya que genera un alto nivel de consumo de combustible.

Se tienen valores altos en caso de frenadas repentinas y toda la energía producida al frenar la absorben las balatas de los frenos y las llantas, provocando desgaste.

Por otra parte la inclinación del vehículo hacia adelante provoca un cambio en el ángulo de la dirección y por lo tanto pérdida del control del vehículo.

### 3.5 Fuerza centrífuga

Un cuerpo que tiene movimiento curvilíneo, está sometido a una fuerza centrífuga que tiende a sacarlo de su trayectoria.

Esta fuerza se puede calcular como:

$$F_c = \frac{mv^2}{R}$$

Donde

$F_c$  fuerza centrífuga

$R$  es el radio de la curva

$m$  es la masa del vehículo

$v$  es la velocidad



En una curva demasiado cerrada (radio pequeño) la fuerza centrífuga puede provocar una volcadura.

Esta fuerza tiene una importancia mayor cuando se transporta un líquido en una pipa ya que éste se desplaza hacia los lados incrementando el nivel de riesgo.

### 3.6 Las fuerzas de resistencia y la potencia del motor

Cada una de las fuerzas descritas anteriormente, se oponen al movimiento del vehículo. Una parte de la potencia del motor se usará en vencerlas para poder moverse y mover la carga que lleva, por lo que es necesario conocer la fuerza total que se opone al movimiento del vehículo. Es decir, la fuerza total resultante es la suma de cada una de las fuerzas calculadas:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

La potencia requerida por el motor para vencer las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, se calcula multiplicando la intensidad de la fuerza por la velocidad del vehículo.

$$P = F v$$

donde:

$P$  es la potencia del motor necesaria para vencer las fuerzas de oposición

$F$  es la resultante de las fuerzas de oposición

$V$  es la velocidad del vehículo

Un motor puede transformar su potencia en velocidad como sucede en un automóvil de carreras, o en capacidad de carga como ocurre en un camión de carga. Por ejemplo, en el primer caso puede alcanzar velocidades de 250 km/h pero con un peso de tan sólo una tonelada y en el segundo, cargar alrededor de 40 toneladas pero a velocidades no mayores a 100 km/h.

A partir de la fórmula anterior se obtienen las expresiones para calcular las potencias correspondientes a las fuerzas que influyen en el movimiento de un vehículo:

Potencia requerida por resistencia aerodinámica

$$P_1 = \frac{C_w S v^3}{57\,985,63}$$

Potencia requerida por resistencia al rodamiento

$$P_2 = \frac{wKv\cos\alpha}{273,65}$$

Potencia requerida por resistencia a la pendiente

$$P_3 = \frac{wv\sin\alpha}{273,65}$$

Potencia requerida por resistencia a la inercia

$$P_4 = \frac{m a v(1,04 + \frac{0,06}{r_t})}{2684,52}$$

En las fórmulas anteriores el peso (w) debe estar en kilogramos fuerza, la velocidad (v) en kilómetros por hora, la aceleración (a) en metros por segundo cada segundo y la superficie frontal (S) en metros cuadrados.

A continuación se desarrollará un ejemplo para calcular las potencias requeridas de un vehículo con las siguientes características:

Superficie frontal del vehículo	S = 9 m <sup>2</sup>
Coefficiente de arrastre	C <sub>w</sub> = 0,95
Masa del vehículo	m = 38 000 kg
Peso del vehículo	w = 38 000 kg <sub>f</sub>
Coefficiente de resistencia al rodamiento	K = 0,015 kg/t
Inclinación de la pendiente	α = 1°
Aceleración	a = 0,01 m/s <sup>2</sup>
Velocidad	80 km/h
Relación de la transmisión	r <sub>t</sub> = 1,5

A partir de estos datos se calculan las potencias requeridas con las fórmulas anteriores, obteniéndose los siguientes resultados:

Resistencia aerodinámica	75,49 HP
Resistencia al rodamiento	166,60 HP
Resistencia por pendiente	193,87 HP
Resistencia por inercia	12,45 HP
Potencia total requerida del motor	448,41 HP

o bien, usando las fórmulas para obtener las fuerzas:

$$F_1 = 2\,533,28 \text{ N}$$

$$F_2 = 5\,590,84 \text{ N}$$

$$F_3 = 6\,505,90 \text{ N}$$

$$F_4 = 418,00 \text{ N}$$

Ahora, utilizando la relación  $P = (F) \times (v)$  con la velocidad expresada en metros por segundo:

$$P_1 = 56\,294,63 \text{ watts}$$

$$P_2 = 24\,239,83 \text{ watts}$$

$$P_3 = 144\,576,28 \text{ watts}$$

$$P_4 = 9\,288,79 \text{ watts}$$

$$P = 334\,339,53 \text{ watts}$$

Transformando las unidades a caballos de fuerza (HP)

$$P_1 = 75,49 \text{ HP}$$

$$P_2 = 166,60 \text{ HP}$$

$$P_3 = 193,87 \text{ HP}$$

$$P_4 = 12,45 \text{ HP}$$

$$P = 448,41 \text{ HP}$$

Con las potencias calculadas se puede construir una gráfica que nos represente las potencias requeridas. Para nuestro ejemplo la gráfica se muestra en la figura 3.1. Como se observa en la grafica, la potencia requerida para subir pendientes es

la más importante, así como la potencia empleada en vencer la resistencia al rodamiento.

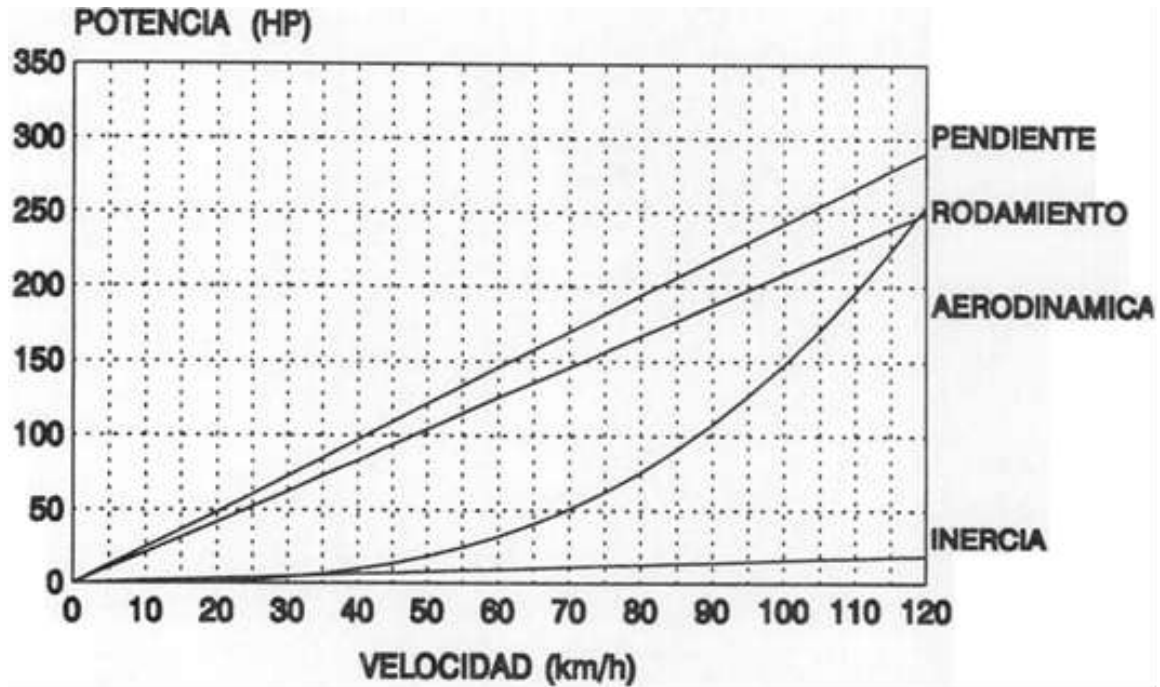


Figura 3.1 Gráfica de las potencias requeridas para el ejemplo presentado

## **4 Curvas características del motor**

---

### **4.1 Curvas características**

Las curvas características del motor permiten conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación. Para la conducción técnica es necesario conocer e interpretar estas curvas, así como la información que contienen las fichas técnicas. Estas curvas son tres:

- Curva de torque
- Curva de potencia
- Curva de consumo específico de combustible

### **4.2 Curva de torque o par torsional**

La energía desarrollada por un motor de combustión interna produce sobre los pistones una fuerza que se transmite a las bielas y al cigüeñal. El movimiento alternativo de los pistones se transforma así en un movimiento de rotación, el cual se transmite a la caja de velocidades, al diferencial y a las llantas, provocando el par torsional.

El torque que un motor puede proporcionar depende del régimen del mismo.

En la figura 4.1 se muestra un diagrama de variación del torque, en donde se observa un valor máximo a un número de revoluciones determinado (1,200 rpm), a este valor se le llama torque máximo o torque pico, y es el que se encuentra en las fichas técnicas.

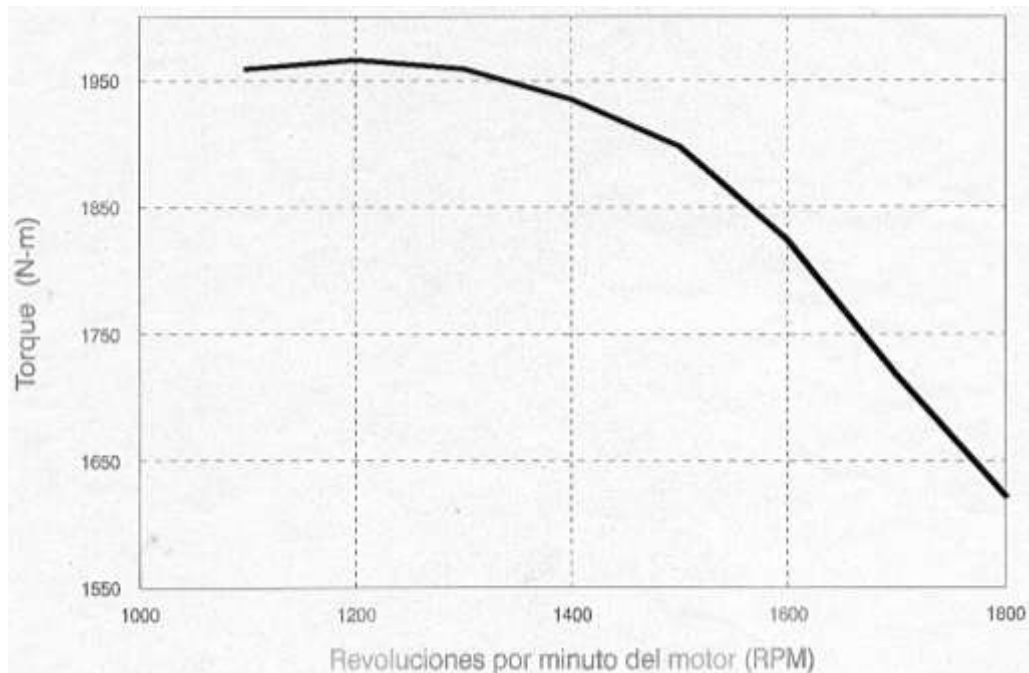


Figura 4.1 Ejemplo de una gráfica de torque

### 4.3 Curva de potencia

La potencia del motor se puede obtener al multiplicar el par torsional, por el régimen del motor en revoluciones por minuto a las que gira el motor y por un factor K que depende de las unidades utilizadas.

$$P = \frac{K T n}{60}$$

donde:

$P$  potencia

$K$  factor de conversión entre las unidades utilizadas (ver tabla de equivalencia de unidades de par)

$T$  es el par torsional del motor

$n$  número de revoluciones por minuto

La potencia generalmente se mide en HP o en kilowatts y al igual que el par torsional, presenta un máximo en la curva correspondiente.

En el ejemplo de la figura 4.2 se puede observar que existe un valor máximo de la potencia a un régimen determinado de revoluciones por minuto (1,800 rpm), a este punto se le llama potencia máxima.

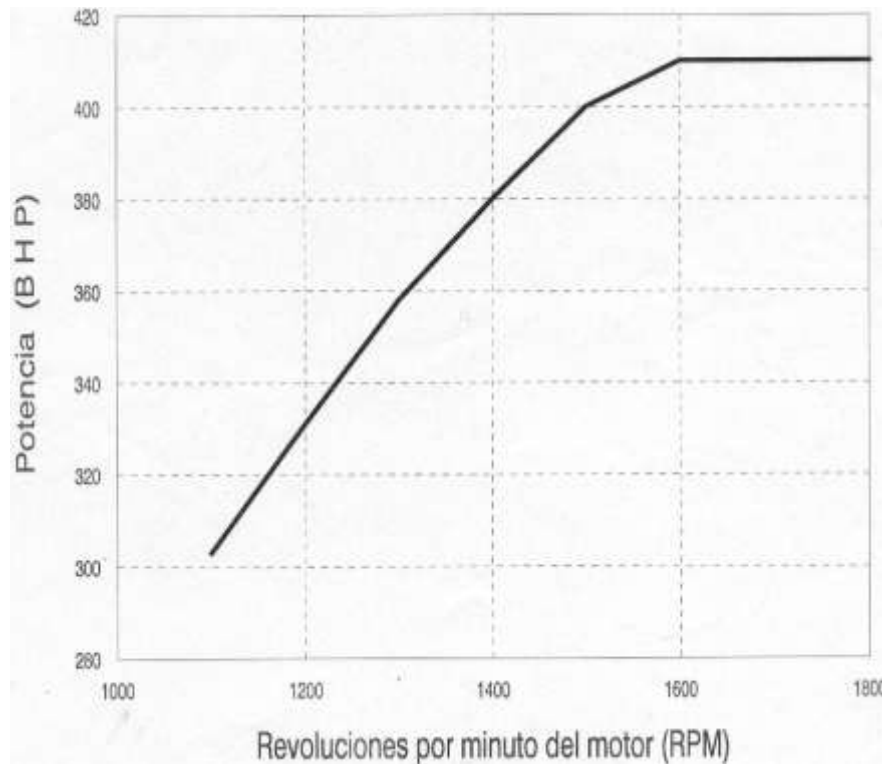


Figura 4.2 Ejemplo de una gráfica de potencia de un motor

#### 4.4 Curva de consumo específico de combustible

Otro dato importante de la ficha técnica del motor es el consumo específico de combustible que indica la cantidad de combustible consumido en un vehículo en función del motor y las rpm correspondientes. Esta curva tiene un valor mínimo a ciertas rpm.

Este valor se expresa en gramos de combustible por caballo de potencia al freno y por hora de funcionamiento [g/BHP/h]. De acuerdo al país de origen del vehículo, es posible encontrar otras unidades tal como la libra por caballo de potencia al freno y por hora. En la figura 4.3 se muestra un ejemplo de una gráfica de consumo específico en donde se puede determinar el valor mínimo de consumo de combustible con respecto al régimen del motor.

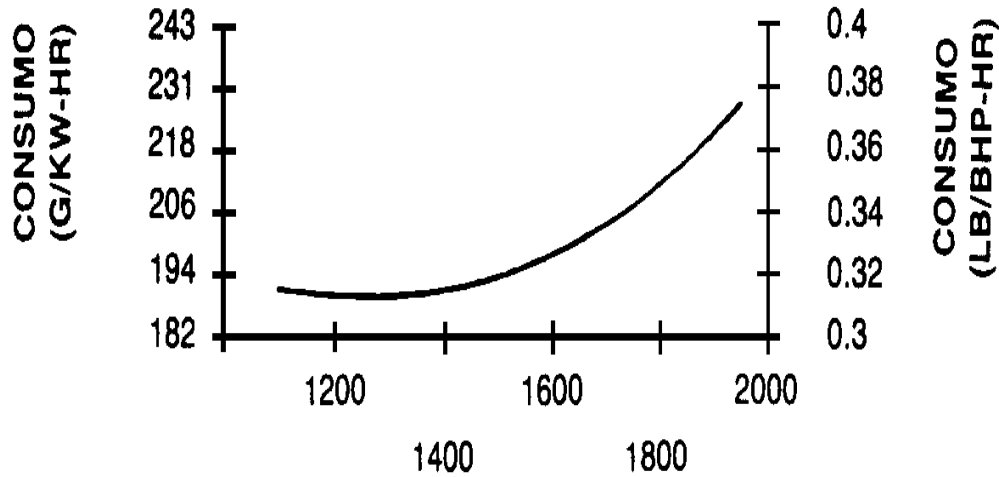


Figura 4.3 Ejemplo de una gráfica de consumo específico de combustible

## 4.5 Eficiencia del motor

Un motor tiene una eficiencia del 100% cuando todo el combustible consumido se convierte en trabajo, desafortunadamente las máquinas térmicas tienen pérdidas en su funcionamiento (figura 4.4), debido a que:

- Una parte de la energía se disipa en forma de calor, tanto en el sistema de enfriamiento como por el escape. Algunas veces se recupera una parte de esta energía, como es el caso del uso del turbocargador, que aprovecha la energía de los gases producto de la combustión para introducir aire al motor.
- Otra parte de la energía se pierde por fricción mecánica en los pistones, bielas, válvulas, etc.; esto resalta la importancia de la lubricación.

En el caso del motor de combustión interna, la energía la proporciona el combustible, la cual es transformada por el motor en trabajo. De aquí la importancia de aprovechar lo mejor posible el combustible operando nuestro vehículo en la zona de menor consumo de combustible y que esto nos resulte ventajoso.

Es muy importante aclarar que cada motor tiene sus curvas características y que estas van a cambiar de acuerdo al modelo, al fabricante y al estándar usado para obtenerlas; por estas razones deben utilizarse las curvas características al motor empleado.



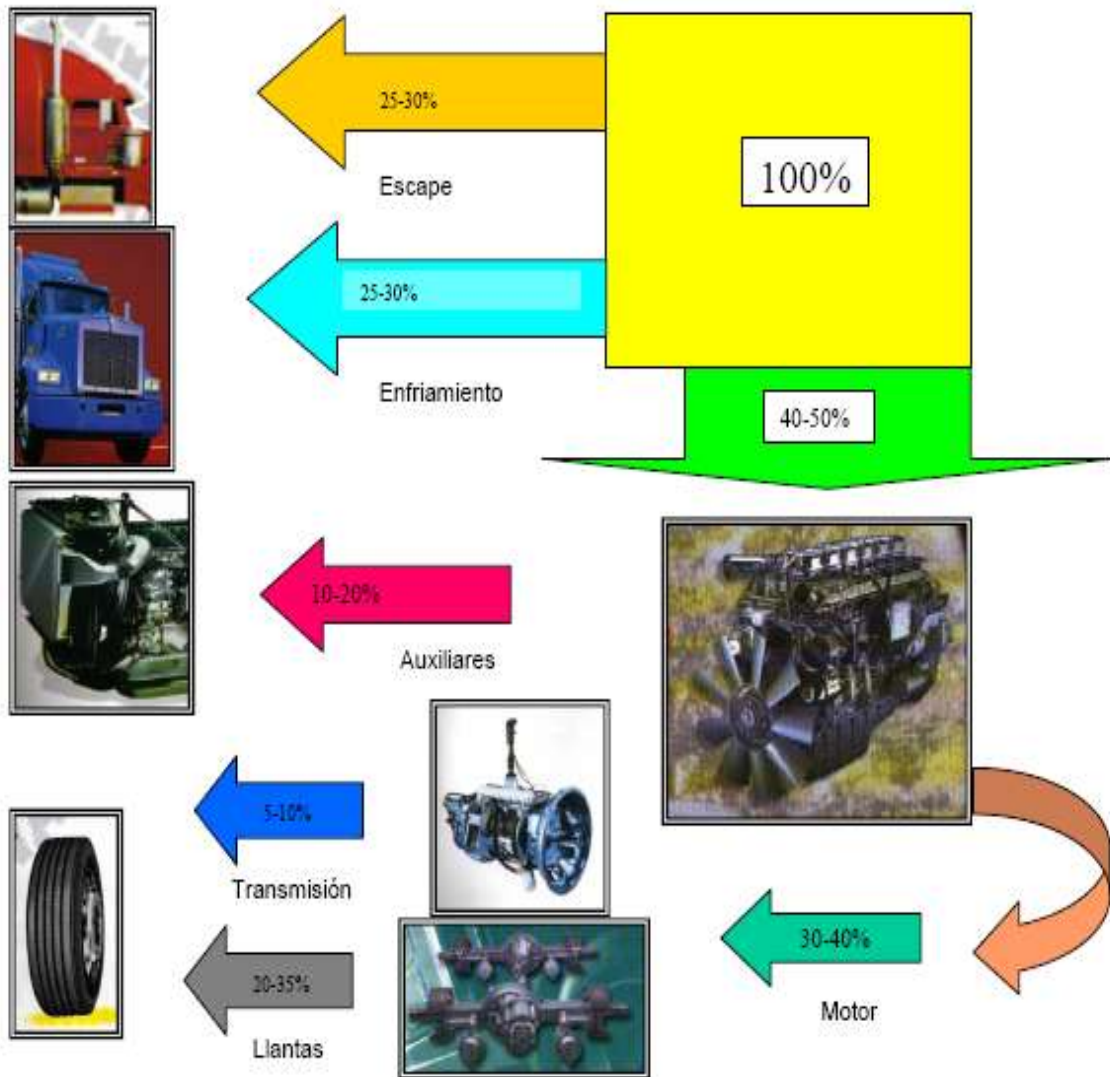


Figura 4.4 Pérdidas de energía en el motor Diesel



## 5 Diagrama de velocidades

---

### 5.1 Metodología para la construcción del diagrama de velocidades

Una manera de conocer la operación de un vehículo es a través del diagrama de velocidades. El par o torque y la potencia disponibles sobre el volante del motor tienen que ser transmitidos a las llantas. Esta función la realizan el embrague o *clutch*, la caja de velocidades, el cardán, el diferencial y las flechas.

La velocidad con la que gira el motor no es factible transmitirla íntegramente a las ruedas, por lo cual es necesario reducirla. Esta operación se realiza a través de la caja de velocidades y el diferencial.

El diagrama de velocidades permite conocer la velocidad del vehículo en función de la relación de la caja de velocidades y del régimen del motor. Este diagrama se construye a partir de la información contenida en las fichas técnicas que proporcionan los fabricantes.

Las partes principales de un tren motriz son:

- motor
- transmisión o caja de cambio de velocidades
- el diferencial
- las llantas

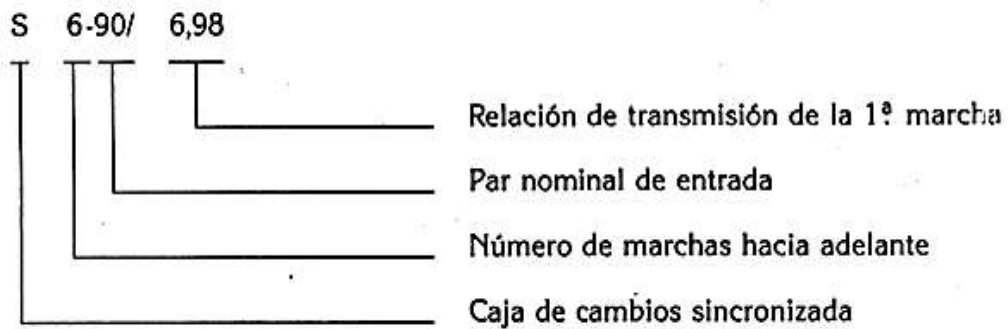
El primer componente fue descrito en la sección precedente, por lo que en seguida se describen cada uno de los demás componentes.

#### 5.1.1 Caja de cambio de velocidades

Es la parte del tren motriz que aprovecha el torque y la potencia del motor mediante el uso de engranes. La información de las relaciones de la caja de velocidades se obtiene de los manuales y fichas técnicas del fabricante del vehículo o de la transmisión.

Cada fabricante de cajas de velocidades tiene su propia nomenclatura y a partir de ésta, se puede hallar la referencia exacta en el manual, identificando la caja a partir de los números que se encuentran en ella:

En la figura 5.1 se tiene un ejemplo de caja de velocidades de un autobús de pasajeros.



**Figura 5.1 Ejemplo de nomenclatura de una caja de velocidades**

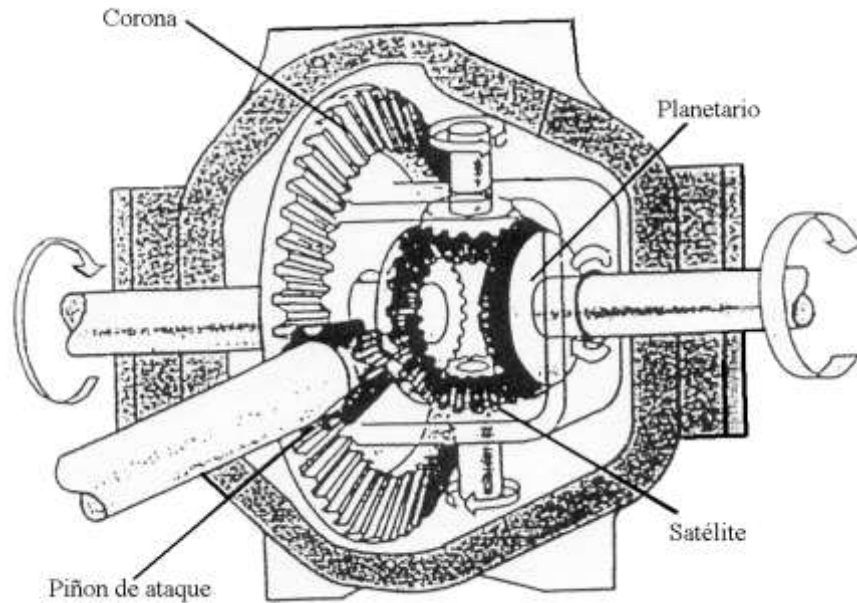
Esta información se encuentra en el manual de operación del vehículo o de la transmisión y para este caso es:

Velocidad	Relación
Primera	6,98
Segunda	4,06
Tercera	2,74
Cuarta	1,89
Quinta	1,31
Sexta	1,00
Reversa	6,43

### 5.1.2 El diferencial

Tiene como función transmitir el torque y potencia que sale de la caja de cambio de velocidades hacia las ruedas, a la vez que permite que las llantas giren a distintas revoluciones, como cuando se toma una curva. También, dependiendo de su relación de paso limita la velocidad del vehículo y al mismo tiempo permite que éste sea más apto para determinadas condiciones del terreno.

La relación del paso del diferencial se puede obtener del manual del fabricante del vehículo. Para nuestro ejemplo el paso del diferencial es 3,92 que corresponde a la división del número de dientes de la corona entre el número de dientes del piñón. (47:12), figura 5.2.



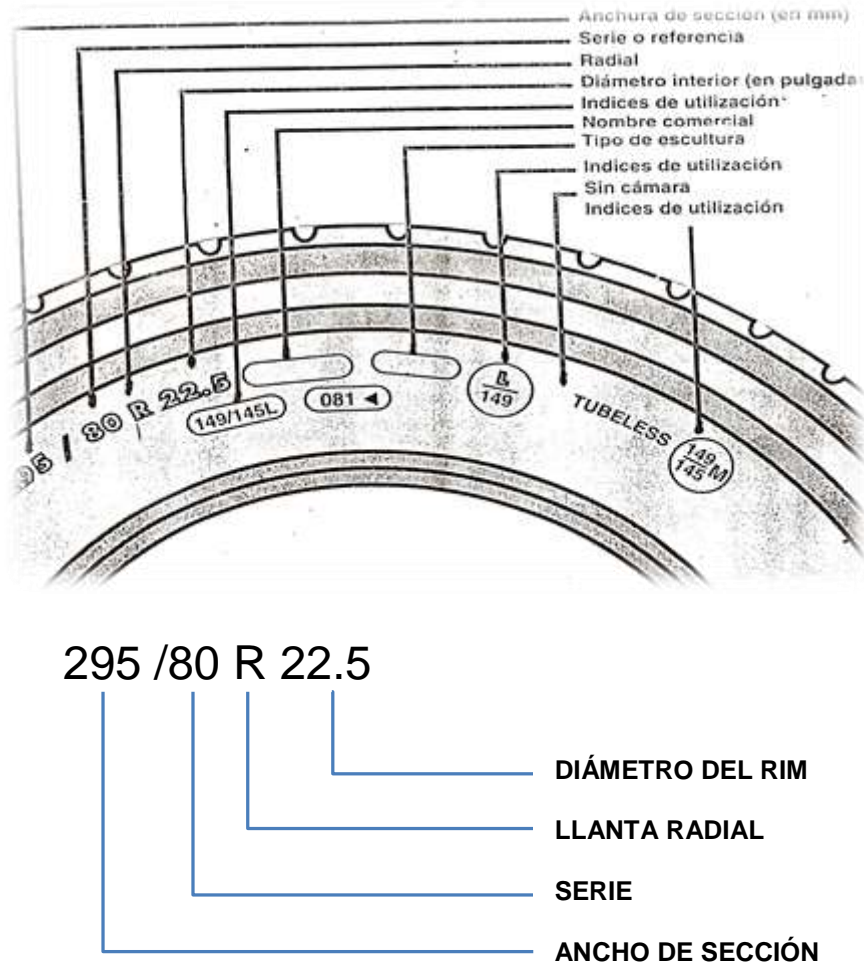
**Figura 5.2 Ejemplo de diferencial**

### 5.1.3 Las llantas

Las llantas son los elementos del vehículo que mantienen contacto con el pavimento, soportando todo el peso del mismo a la vez que permiten su movimiento. Las llantas tienen marcados unos números (nomenclatura) a un costado como se indica en la figura 5.3 y 5.4



**Figura 5.3 Nomenclatura de una llanta**



**Figura 5.4 Ejemplo de nomenclatura de una llanta de vehículo pesado**

De la nomenclatura lo que más nos interesa es:

- EL ANCHO DE SECCIÓN o ancho del piso, que puede estar en milímetros o en pulgadas. Como regla se puede decir que si son dos o cuatro números, la medida está en pulgadas y si son tres está en milímetros.
- EL DIAMETRO DEL RIM que por lo regular está en pulgadas.
- LA SERIE es el porcentaje del ancho de sección que es igual al ancho de cara.

Como se puede observar en la figura 5.3, la primera cifra se encuentra en milímetros y la segunda en pulgadas. Se debe tener cuidado con esto porque de lo contrario el diagrama de velocidades estará incorrecto. Las unidades que utilice deben ser del mismo sistema, si trabaja con sistema inglés, todas las unidades deben ser de ese sistema. Lo mismo debe aplicarse cuando trabaja con el sistema

internacional. Si sus unidades no son del mismo tipo, utilice las tablas de conversión del capítulo 2.

Con el ancho de sección y la serie podemos encontrar la altura de la cara:

$$ALTURA DE CARA = (SERIE \times ANCHO DE SECCIÓN) / 100$$

Si la llanta no tiene número de serie se debe asumir que su valor es de 100.

Para calcular el perímetro de la llanta se emplea la siguiente fórmula:

$$C = \pi D$$

donde:

$$\pi = 3,1416$$

$$D = (2 \times \text{altura de la cara}) + \text{diámetro de } rim$$

## 5.2 Cálculos para la construcción del diagrama de velocidades

Con los conceptos de la relación de la caja de velocidades, diferencial y llantas, y con los datos de las características del motor, se presenta a continuación un ejemplo para el cálculo de las velocidades que desarrolla el vehículo, con los componentes del tren motriz:

Datos básicos:

### Motor:

Potencia	240 kW a 2000 rpm
Torque o par	1104 Nm a 1200 rpm
Consumo específico de combustible	160 g / kW / h a 1150 rpm

### Cadena cinemática:

Caja de cambio de velocidades (transmisión):	S 6-90/6,98
Paso del diferencial:	3,92
Llanta (11,00 R 22),	C = 3,51 m

### Relaciones de la caja de cambio de velocidades S 6-90/6,98

VELOCIDAD	RELACIÓN
PRIMERA	6,98
SEGUNDA	4,06
TERCERA	2,74
CUARTA	1,89
QUINTA	1,31
SEXTA	1,00
REVERSA	6,43

La metodología descrita a continuación permite calcular la velocidad del vehículo en función de las revoluciones del motor y de las relaciones de la caja de velocidades.

Si el motor está entregando la máxima potencia en las 2 000 revoluciones por minuto rpm (máximo potencia) y que la caja funciona en la cuarta velocidad a la salida de la caja (yugo), el árbol de transmisión tendrá una velocidad de rotación de:

$$1) \quad 2000 \text{ rpm} / 1,89 = 1058 \text{ rpm}$$

Este régimen se verá afectado por una segunda reducción, a la salida del diferencial:

$$2) \quad 1058 \text{ rpm} / 3,92 = 269 \text{ rpm}$$

Puesto que no se tiene alguna otra reducción a la salida del diferencial, las llantas girarán a la misma velocidad, es decir a 269 rpm por lo tanto las llantas van a recorrer:

$$3) \quad (269 \text{ rpm}) \times (3,51 \text{ m / rev}) = 947,52 \text{ m / minuto}$$

Este resultado es equivalente a:

$$4) \quad (0,9475 \text{ km / min}) \times (60 \text{ min}) = 56.85 \text{ km / h}$$



La fórmula que permite obtener la velocidad de un vehículo en función de las diversas relaciones de la caja, del régimen del motor y del tamaño de las llantas es:

$$v = (60 \cdot N \cdot C) / (1\,000 \cdot R_c \cdot R_d \cdot R_e)$$

donde:

N régimen del motor [revoluciones/minuto]

C circunferencia de la llanta [m]

$R_c$  relación de la velocidad de la caja

$R_d$  relación (paso) del diferencial

$R_e$  relación de los ejes (1, si no existe)

Se observa que la velocidad del vehículo, para una relación de caja, es proporcional a las revoluciones (rpm) a las que gira el motor, por tanto la gráfica correspondiente tomará el aspecto de una línea recta para cada relación de la caja de velocidades.

### 5.3 Construcción del diagrama de velocidades

El diagrama de velocidades se puede construir proporcionando para cada relación de cambio de la transmisión, dos valores de revoluciones por minuto del motor (N), debido a que dos puntos son suficientes para graficar una línea recta. En la figura 5.5 se muestra el diagrama de velocidades correspondiente al ejemplo presentado.

Se observa que este diagrama permite conocer la velocidad del vehículo en función de la relación de la caja y de las revoluciones del motor. Por ejemplo, en la gráfica de la figura 5.5 se tiene que este vehículo tiene una velocidad de 40 km/h con la cuarta velocidad a 1400 rpm.

Este diagrama es una herramienta valiosa para:

- Conocer el comportamiento del tren motriz del vehículo.
- Lograr una conducción técnica.
- Una buena selección del vehículo de acuerdo al tipo de operación.

Una función importante de este diagrama es que permite establecer un área de desempeño óptimo con respecto al consumo específico de combustible del motor, esta área se denomina *zona verde* (ver figura 5.6) y el rango en el cual se

recomienda hacer los cambios de velocidad para obtener un aprovechamiento óptimo de la caja de velocidades.

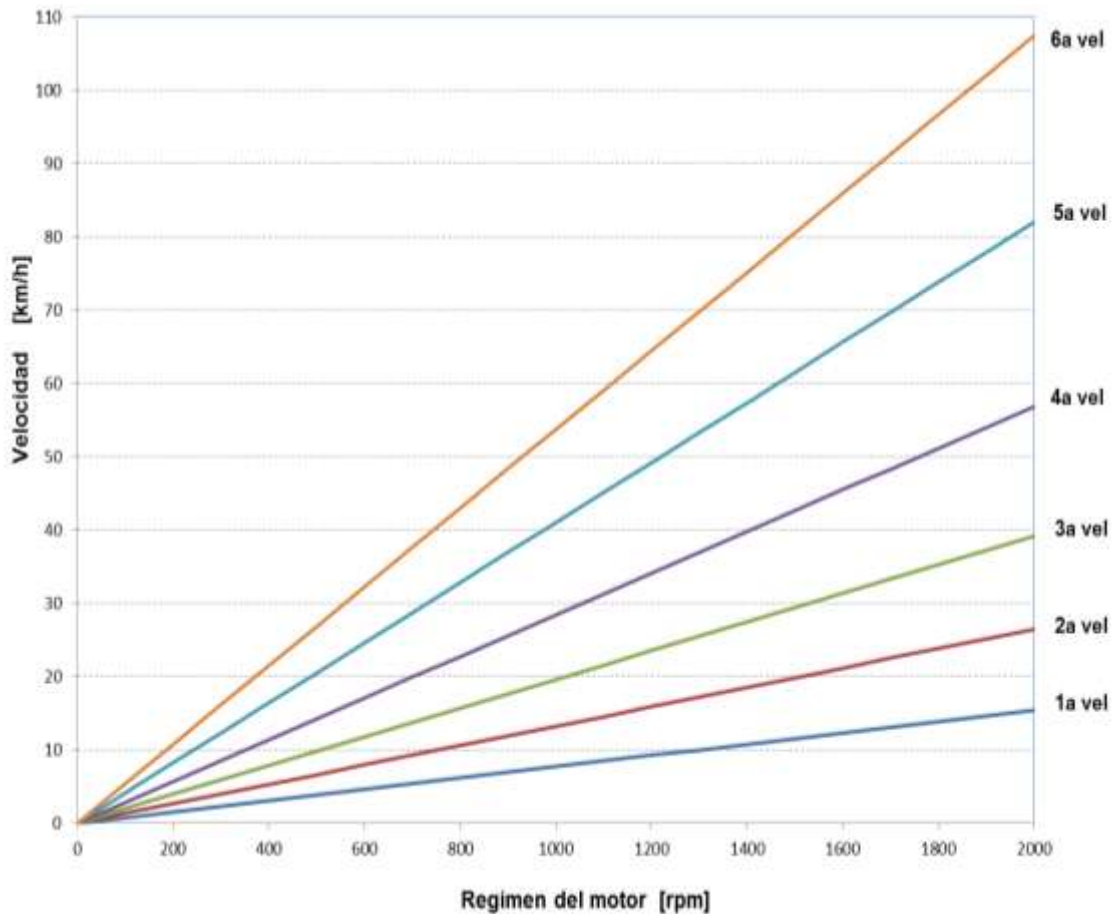


Figura 5.5 Ejemplo de un diagrama de velocidades

La *zona verde* se fija tomando el régimen correspondiente al mínimo consumo específico de combustible del motor, se restan 200 rpm a dicho régimen para localizar el límite inferior y sumando 200 rpm al régimen del al mínimo consumo específico de combustible para fijar el límite superior.

Para nuestro ejemplo de los datos de las curvas características del motor se tiene que el régimen de consumo mínimo es de 1 200 rpm, por lo que *la zona verde* se fija entre las 1 000 rpm y 1 400 rpm. Esto se ilustra en la figura 5.6.

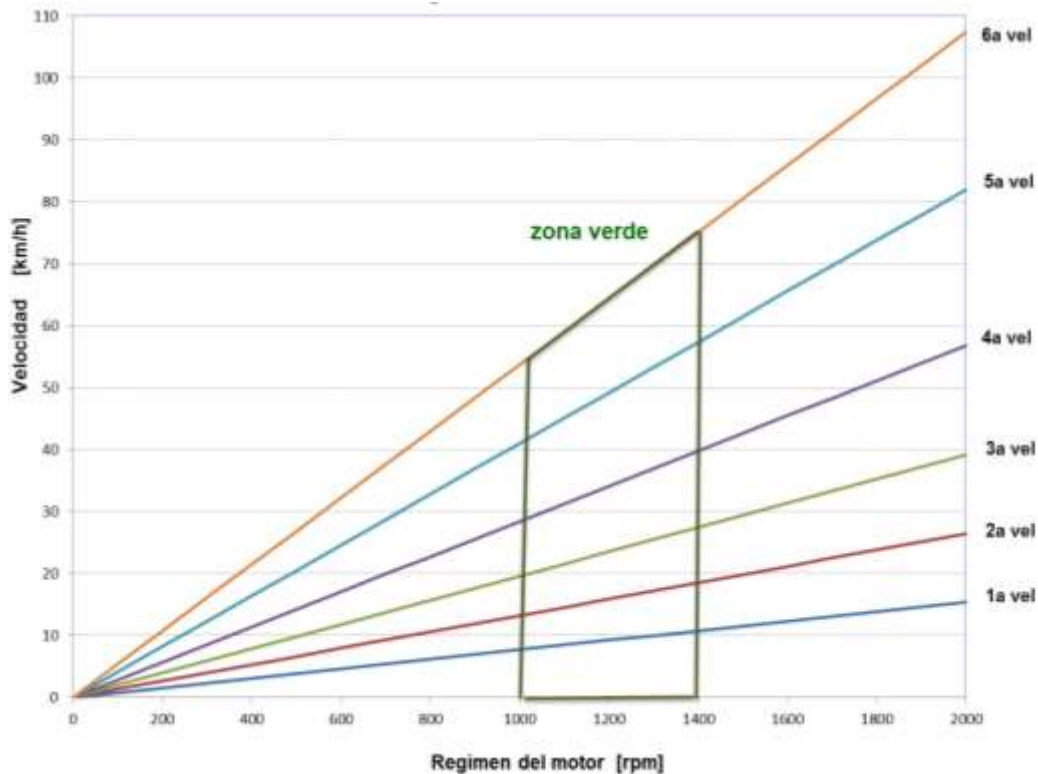


Figura 5.6 Ejemplo de ubicación de la zona verde en el diagrama de velocidades

## 5.4 Selección del vehículo adecuado al tipo de operación

En la selección del vehículo se debe tomar en cuenta:

- La clase de actividad a la que está destinada la unidad.
- El tren motriz adecuado a las necesidades de operación de la unidad:
  - Potencia del motor de acuerdo al tipo de operación
  - Cadena cinemática de acuerdo a la operación
- El tipo de recorrido más común a realizar.
- Cumplir con la capacidad de arranque en pendiente.
- Cumplir con la capacidad de ascenso en pendiente.
- La operación del motor dentro del régimen óptimo de economía de combustible.

La potencia del motor depende del tipo de servicio al cual será asignado el vehículo, por ejemplo, para una empresa de transporte de carga con vehículos con motores de 400 HP operando en caminos montañosos, lo recomendable es utilizar un vehículo con un paso de diferencial "*lento*" que le proporcione una gran tracción (poder de arrastre), que pueda subir por este tipo de camino, aunque sea a baja velocidad. En cambio, si su operación por lo general es en camino plano es más recomendable "*un paso rápido*" que permite conducir a velocidades más altas ya que no es necesario un alto par de tracción; en este segundo caso se requiere un motor menos potente.

Un tren motriz adecuado permitirá al operador:

- Operar a la velocidad reglamentaria en el rango óptimo del motor –*zona verde*– para tener un consumo mínimo de combustible.
- Tener potencia de reserva para alguna situación de emergencia o para rebasar.
- Provocar el desgaste mínimo de piezas del motor y del vehículo (reducción en sus costos de mantenimiento).

De aquí la importancia de una buena selección del vehículo por parte de los administradores de la empresa.

## 6 La conducción técnica

---

Muchas experiencias muestran que la diferencia de consumo de combustible, de llantas o de refacciones entre dos operadores de vehículos de transporte, por el mismo recorrido, puede llegar hasta 40%, lo que significa que existen diversos tipos de manejo y que algunos son más económicos que otros. Estas técnicas de conducción fueron estudiadas desde hace tiempo y entre ellas una fue identificada como –posiblemente- la más completa. Se trata de la conducción técnica, que permite obtener un ahorro de combustible. Por tanto es fundamental que cada operador tenga la oportunidad de lograr ese estilo de conducción y una mentalidad que sea compatible con la búsqueda sistemática de una conducción eficiente y sobre todo "pensada".

*Definición: La conducción técnica de un vehículo por parte del operador es el tipo de conducción y de comportamiento en relación al vehículo, que llevan al consumo mínimo de combustible, llantas y refacciones, cualquiera que sea el perfil del recorrido o las condiciones del tránsito, reduciendo las emisiones contaminantes al medio ambiente y que además, respeta a los usuarios del camino.*

En esta sección se presenta el plan fijado para detallar los principios de la conducción técnica, desde que se arranca el vehículo hasta que se apaga el motor; revisa el principio de zona verde y se estudian los principios básicos del manejo técnico.

### 6.1 Verificaciones antes de salir

Según las empresas conocidas se pueden encontrar operadores que no hacen otra cosa que no sea conducir (consideran que el buen estado general del vehículo se logra bajo la única, responsabilidad de los mecánicos), u operadores que no podrían salir sin realizar una verificación detallada de las partes principales, como los pilotos de aviones que no arrancan sin antes revisar detalladamente su lista de verificación previa al vuelo.

La segunda opción, reflejo de una conciencia profesional, requiere la siguiente lista de verificaciones antes de salir.

- a) Abajo del vehículo
  - Verificación de la ausencia de agua, combustible o aceite debajo del vehículo.

b) El motor

- Nivel de aceite. Debe encontrarse a su nivel normal. El exceso de aceite provocará la pérdida de potencia, calentamiento del motor y burbujas de aire. Si el color del aceite es amarillo verdoso existe agua en el sistema de lubricación.
- Nivel de agua. Mantener el nivel adecuado y la correcta proporción de anticorrosivo y anticongelante (ver sección A.5).
- Nivel de líquido de la dirección.
- Ajuste de bandas. Que se deforme aproximadamente 20 mm cuando se presione con el pulgar a la mitad de la distancia entre las poleas.
- Control visual global. Verificar que no existan fugas de aceite, así como mangueras o cables sueltos, etc.

c) A bordo

- Colocar el disco en el tacógrafo.
- Verificar los documentos personales, los del vehículo, de la carga, etc.
- Verificar el freno de estacionamiento.

d) Contactos eléctricos

- Verificar todos los indicadores.

e) Encender el motor

- Seguir las prácticas adecuadas según la temperatura ambiente (ver sección 6.3).
- Verificar la presión de aceite.
- Encender las luces.

f) Hacer un recorrido alrededor del vehículo

- Verificar el estado de la carrocería.
- Verificar las llantas.
- Verificar todos los focos.
- Purga de los tanques de aire y combustible.

- Verificar la limpieza de las placas y focos.
- g) Subir a bordo
- Verificación general del tablero de a bordo.
  - Ajuste del asiento y de los espejos.
  - Verificación de los frenos.

## 6.2 El uso del motor

En modelos de vehículos de más de diez años, los cambios de velocidad se hacían principalmente a oído. El único indicador para la conducción era el motor. En los modelos recientes, la conducción "auditiva" se ha transformado en una conducción "visual". El tacómetro es el instrumento que permite saber cuándo se requiere efectuar el cambio de velocidad. Este concepto es importante y aplicable tanto en un motor a gasolina como en un motor Diesel.

Para la misma velocidad de un vehículo y para condiciones similares de operación, un motor Diesel opera a menor régimen que un motor de gasolina. Esto es, si potencia = fuerza x velocidad, el motor Diesel entrega un torque mayor a un régimen de operación menor.

Los motores a gasolina disponen de su potencia máxima alrededor de las 6 500 rpm y de un torque máximo a las 3500 rpm, mientras que los motores Diesel disponen de su potencia máxima alrededor de 2100 rpm y de un torque máximo a las 1100 rpm.

Esta diferencia está relacionada con el número de velocidades en la transmisión para un autobús o camión (6 o más), o para un auto o camioneta (5 o menos). De esta manera los fabricantes proporcionan el número idóneo de velocidades en la caja de velocidades para permitir a los operadores conducir en la *zona verde*.

## 6.3 Arranque del motor y salida

### Clima templado

- No pisar el acelerador cuando se gire la llave de encendido.
- Nunca accionar la llave por más de 30 segundos, dejar un espacio de dos minutos entre cada intento.
- Pisar el embrague (clutch) antes de arrancar el motor, ya que con ello separa la carga de la transmisión y le permite observar si la presión del aceite sube correctamente.

- Mantener el motor a 1000 rpm para calentarlo y permitir que la temperatura suba hasta 60°C. Los tanques de aire deben estar llenos para empezar a mover suavemente el vehículo con todos los cambios de la caja.

### **Clima frío**

- Cuando se utilice líquido (éter) para ayudar el arranque en frío, deberá darse marcha al motor y un par de segundos después iniciar la aplicación del líquido.
- Demasiado éter puede dañar el motor, por esto se debe evitar en lo posible su uso ya que es detonante y su exceso produce un cabeceo del motor.
- No importa si al encender el motor el humo es blanco, esto es normal, excepto para los motores con sistema de inyección electrónico.

Aún en el invierno, los operadores de autos o camionetas no requieren esperar el calentamiento del motor en *ralentí*<sup>1</sup>. En efecto, el tamaño pequeño de estos motores y la presencia de un termostato dentro del circuito de enfriamiento, permite partir de inmediato después del arranque del motor, aunque sin forzarlo, para que se caliente progresivamente durante los primeros kilómetros. A menudo tres kilómetros son suficientes para que el motor esté a la temperatura correcta. En lo que se refiere a motores Diesel, es diferente. Con objeto de ahorrar combustible y cuidar las partes mecánicas en movimiento, se recomienda no partir de inmediato después del arranque del motor, ya que los motores Diesel son más robustos y no alcanzan su eficiencia máxima hasta después de haber alcanzado una temperatura adecuada en todas las partes del mismo. Un recorrido con el motor frío, propiciará por aproximadamente veinte kilómetros, un consumo de combustible alrededor de cuatro veces mayor y un desgaste de las partes del orden de diez veces más que un recorrido con el motor caliente.

Adicionalmente, para los camiones equipados con sistema de frenos neumático, se recomienda que no salgan sino hasta que los tanques de aire estén llenos. Los vehículos de modelo reciente disponen de un dispositivo automático que no permite el avance del vehículo cuando los tanques de aire están vacíos.

El tiempo de calentamiento no debe exagerarse, ya que los motores Diesel no se calientan tanto cuando trabajan sin carga. En este sentido, tal vez la regla pueda ser:

*Con el motor en ralentí el tiempo requerido antes de salir, corresponde al suficiente para llenar los tanques de aire.*

---

<sup>1</sup> Ralentí es el nombre que recibe dejar el motor funcionando a bajas revoluciones y con la caja de velocidades en punto muerto, o sea, la menor velocidad a que puede funcionar un motor de explosión con el mínimo de gases.



Es recomendable que no se force el motor durante los primeros 20 kilómetros. Estos kilómetros, son necesarios para llegar al grado de temperatura y fluidez idónea de los diferentes aceites (motor, caja, diferencial), sobre todo durante el invierno.

## 6.4 Aceleración del vehículo

- Aplicar la más baja velocidad que le permita el desplazamiento de la unidad.
- Evitar el "arrancón".
- No patinar el embrague.
- Realizar cambios progresivos de velocidades, es decir, llegar al cambio más alto lo más rápido posible, empleando todas las velocidades.
- No usar el máximo régimen del motor para cambiar velocidades.
- Realizar los cambios al menor régimen posible.

## 6.5 El cambio de velocidades

Para el cambio de velocidades es suficiente aumentar o disminuir el régimen de operación del motor hasta el valor necesario para engranar la relación deseada, tratando de mantener el régimen del motor dentro de la *zona verde*. Aunque las cajas de velocidades no sincronizadas requieren una operación especial, mantenerlas dentro de la *zona verde* permite operarlas como transmisiones sincronizadas.

### 6.5.1 Caja no sincronizada

#### Para aumentar la velocidad

Desembragar y poner la velocidad en neutral. Acelere con moderación hasta el punto alto de la *zona verde* y engrane la relación superior y embrague.

#### Para reducir la velocidad

Desembragar y poner la velocidad en neutral. Disminuir el régimen del motor con moderación hasta el punto bajo de la *zona verde*, engrane la relación Inferior y embrague.

En caso de que no se pueda engranar una relación dada, o disminuyó demasiado el régimen, se debe regresar al doble embrague (clutch).

## 6.5.2 Caja sincronizada

En estas cajas los sincronizadores son los que se encargan de mantener a los engranes y a los piñones a la mismas revoluciones de manera automática. Gracias a esto la operación de doble embrague (clutch) resulta innecesaria.

### Para aumentar la velocidad

Desembragar y poner la palanca de la caja de velocidades enfrente de la relación superior, acelerando con moderación hasta el punto alto de la *zona verde*, engranar la relación superior para que la sincronización se complete y embragar para terminar.

### Para disminuir la velocidad

Desembragar y poner la palanca de la caja de velocidades enfrente de la relación inferior, disminuyendo el régimen del motor hasta el punto bajo de la *zona verde*, engranar la relación inferior para que la sincronización se complete y embragar para terminar.

## 6.6 Uso del pedal de aceleración (pie de pluma)

Los elementos necesarios para producir la potencia en un motor de combustión interna (Diesel o gasolina) son el aire, el combustible y el calor. De estos tres elementos, el aire y el calor dependen de factores externos al conductor (filtro de aire, compresión de los cilindros, altura sobre el nivel del mar, etc.). Sin embargo, la cantidad de combustible proporcionada al motor, depende del OPERADOR ya que él debe suministrar en cada segundo, la cantidad adecuada de combustible a la cámara de combustión para las diferentes condiciones de operación (encender el motor en frío, subir montañas, etc.).

La cantidad de combustible es proporcionada a través del acelerador por lo cual este elemento se debe utilizar para regular la cantidad de combustible. Esto lleva a conducir con pie de pluma, no de plomo.

Es importante enfatizar que hay que conservar siempre una conducción flexible y de anticipación. La conducción técnica es también una conducción a la defensiva.

## 6.7 Operación de motores nuevos o reconstruidos

En este caso es imperativo no exigir el máximo del desempeño del motor. Un motor operado a su máximo régimen durante su fase de asentamiento (rodaje), ya sea nuevo o renovado, puede presentar durante toda su vida un mayor consumo de combustible de alrededor del 10%. Durante esta fase se debe considerar el tiempo propuesto por el fabricante para el asentamiento del motor. Así, se recomienda evitar regímenes altos, sobre todo con las relaciones intermedias de la caja de velocidades. Además, evitar en lo posible sobrecargar el vehículo y eludir los perfiles montañosos.

## 6.8 Conducción urbana

Arranques, acelerones y paradas muy comunes en el ciclo urbano generan un consumo alto de combustible; en estos casos la fuerza de inercia es la que juega el papel más importante. Así, muchos estudios demuestran que un trailer puede consumir hasta un 50% más de combustible en un ciclo urbano, que en un ciclo foráneo, donde su velocidad es más estable.

Para disminuir el consumo de combustible se recomienda:

- Evitar los regímenes altos durante los cambios de velocidades.
- Evitar las aceleraciones bruscas.
- Utilizar -cuando se observen obstáculos- el freno de motor y el interruptor de posición del freno de motor.
- Adoptar en las vías rápidas una velocidad constante menor en 5 ó 10 km/h a la velocidad urbana reglamentaria.

Con el objeto de resaltar la importancia de mantener la velocidad constante se menciona el principio de conservación del movimiento. Este principio indica que la cantidad de movimiento se define como el producto de la masa del vehículo por su velocidad, y se expresa por:

$$Q = mv$$

donde:

$Q$  cantidad de movimiento

$m$  masa del vehículo

$v$  velocidad del vehículo

En la conducción técnica se tiene que conservar constante el valor de  $Q$ . Con una masa del vehículo que es constante, lo único que el operador puede hacer es tratar de conservar constante la velocidad del vehículo. Si la velocidad es regular, menor será el consumo de combustible.

Se deriva de este principio una conducción que requiere una gran anticipación, sobre todo en ciclo urbano donde el operador debe prever los semáforos, embotellamientos y otras dificultades de tránsito.

## 6.9 Conducción sobre autopistas

Si el paso del diferencial es adecuado, la velocidad legal máxima puede ser respetada con facilidad. El operador tiene que fijar el régimen del motor en la zona verde, con una reserva de potencia. Además le será posible cambiar todas las velocidades dentro de esta zona de consumo mínimo. Si el paso de diferencial no es totalmente adecuado, la velocidad legal se obtendrá fuera de la zona verde, pero será siempre posible cambiar todas las velocidades dentro de la zona de consumo mínimo.

Por ejemplo, para un motor con las siguientes características:

Potencia máxima	410 hp @ 2100 rpm
Torque o par máximo	1550b-ft@ 1200 rpm
Consumo específico de combustible	@ 1700 rpm
Combustible	diesel

En el diagrama de velocidades mostrado en la figura 6.1 se puede observar que este motor puede operarse para obtener su máximo rendimiento (consumo mínimo de combustible) y el máximo par, en la *zona verde* ubicada en el régimen del motor entre las 1500 rpm y las 1900 rpm.

Se observa en este diagrama de velocidades que la obtención de la velocidad reglamentaria para el tractocamión de 90 km/h se obtiene dentro de la zona verde.

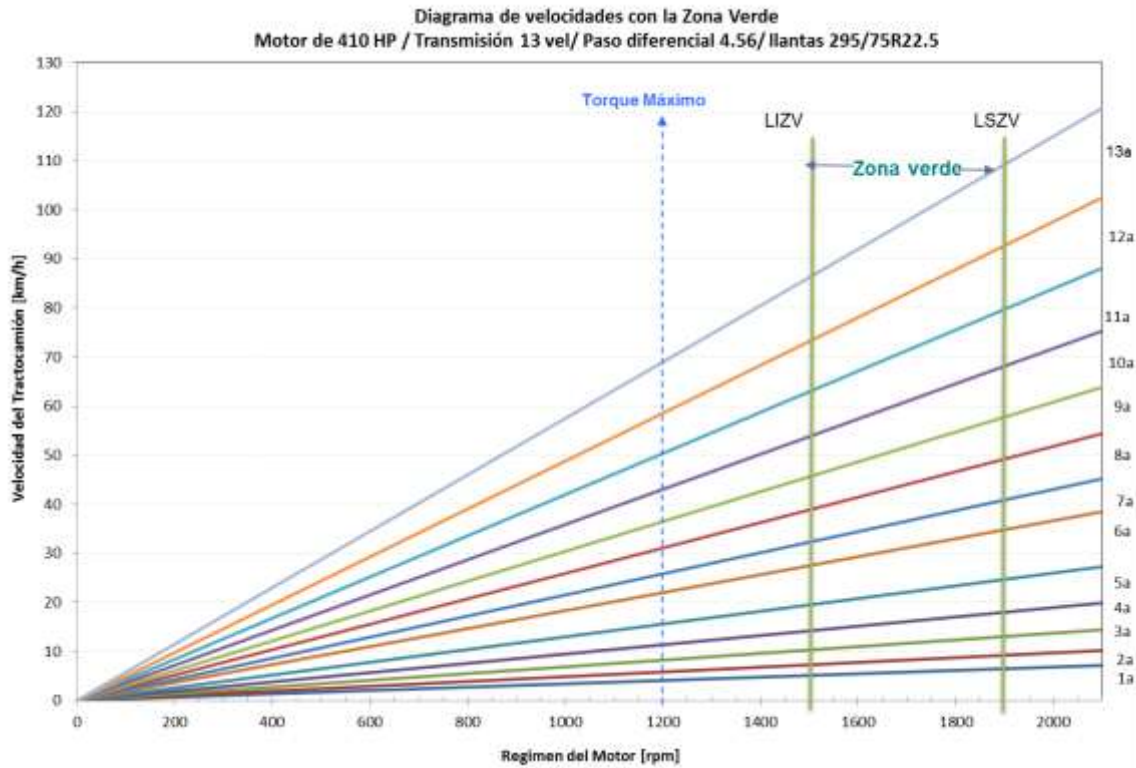
## 6.10 Conducción sobre pendientes

### Conducción de pendientes en ascenso

En este caso la fuerza por pendiente es la principal fuerza de resistencia al avance del vehículo y requiere de más esfuerzo del motor para vencerla.

Se requiere obtener una relación de caja de velocidades que permita operar en la zona verde y lo más cercano posible al torque máximo, siendo éste el que procura que la fuerza de tracción sea máxima, logrando con esto que el rendimiento del motor sea óptimo y el consumo de combustible sea mínimo.

En el caso del vehículo del ejemplo, si se sube una pendiente a 55 km/h (según el grado de pendiente), es más conveniente hacerlo a 1 600 rpm con la decima velocidad que a 1800 rpm con la novena. En este caso, el consumo de combustible y el desgaste de partes serán menores; además, la temperatura del agua será la adecuada (80°F). En cambio a 1800 rpm la bomba de agua gira más rápido produciendo un mayor desgaste de la misma y un mayor enfriamiento del agua.



**Figura 6.1 Ejemplo del diagrama de velocidades con la zona verde**

### Conducción de pendientes en descenso

Para ahorrar balatas de freno, se recomienda utilizar al máximo el freno de motor que es muy efectivo en el caso de los motores Diesel en razón de su alta compresión. Cuando se descienda por una pendiente, el peso del vehículo lo hará ganar velocidad.

No importa que durante el descenso se trabaje fuera de la zona verde, ya que no se usa el acelerador, o sea que no se inyecta más combustible al motor, que cuando trabaja a *ralentí*.

Se recomienda ser cuidadoso con el régimen de operación. En caso de que sea excesivo, aplique el freno de motor en la medida en que sea necesario para disminuir la velocidad del vehículo.

## 6.11 Apagado del motor

Al final de un recorrido no se debe apagar el motor de inmediato. Esta observación es particularmente importante para motores que disponen de turbocargador, ya que estos giran a más de 100 000 rpm con lubricación de aceite del motor. Apagar

de inmediato el motor significa tener funcionando la turbina sin lubricación hasta que se detenga por sí sola y con esto se acorta la vida del turbocargador. La ruptura de álabes del turbocargador proviene, la mayoría de las veces, por no cumplir esta recomendación.

De manera general, se debe esperar de 4 a 5 minutos antes de apagar el motor. Es decir, que en ciclo urbano, no se requiere apagar el motor por razón de embotellamiento en lapsos de tiempo menores a 5 minutos.

Evite el *ralentí* por largos periodos, ya que a bajo régimen el motor consume mayor cantidad de combustible.

## 6.12 Las verificaciones periódicas

Un radiador o un filtro de aire sucio, un juego de baleros en mal estado, etc., son causas directas que afectan el consumo de combustible, la contaminación y la ruptura anticipada de partes. Como consecuencia, se recomienda estar atento permanentemente al estado general de su vehículo para identificar riesgos de avería.

Se estima conveniente que en cada ciclo de viaje o en las oportunidades de detenerse en un estacionamiento, se repitan las mismas operaciones que antes de salir, además de observar periódicamente la limpieza del motor, el buen estado de las llantas, el color del humo<sup>2</sup>, etc.

---

<sup>2</sup> Humo de escape blanco: presencia de agua en la cámara de combustión o combustible sin quemar.

Humo de escape azul: presencia de aceite en la cámara de combustión.

Humo de escape negro: mal equilibrio en la relación de aire, combustible y calor.

## **7 Seguridad en la conducción técnica**

---

### **7.1 La seguridad en la conducción**

En la conducción técnica debe tenerse siempre en mente, la seguridad, tanto la personal como la de los usuarios del transporte, además de respetar las señales viales ya sea en ciudad o en carretera. La seguridad influye en la economía del operador y el buen estado del vehículo. Ambas tendrán como resultado obtener un ingreso económico permanente al desempeñar las labores de conducción.

Además de la concentración que se debe tener al conducir, se debe cuidar lo siguiente:

- El volante debe sujetarse con las dos manos. Esto permite hacer un giro adecuado en alguna emergencia o evitar que el volante se suelte de las manos al pasar un bache.
- Los espejos laterales son buenos auxiliares. Se recomienda utilizarlos con frecuencia para observar los movimientos de los otros vehículos.
- Nunca conducir el vehículo sin guardar una distancia adecuada con relación al vehículo que va al frente. Aplicar la regla de los cuatro segundos, puede evitar un choque por alcance.
- Si va a ser rebasado, colabore. NO aumente la velocidad.
- Si va a rebasar, hágalo por el carril de la izquierda.
- Si en algún cruce no existen semáforos, tiene preferencia de paso la calle más ancha o la que tenga mayor circulación. Pero esto no todos lo saben, así que mejor sea precavido.

La misión de todo conductor es llegar con su vehículo al punto de destino:

- Con la mayor seguridad, protegiendo el vehículo, la propiedad ajena, así como su propia vida y la de los demás.
- Con un costo de operación lo más bajo posible.
- En un tiempo adecuado.

## 7.2 Medidas de seguridad de un conductor profesional

Cualquier recomendación de seguridad no tiene valor si el conductor que la recibe no la aplica. El conductor profesional debe pensar que al conducir un vehículo está expuesto continuamente a las eventualidades de sufrir un accidente, la mínima distracción puede tener consecuencias graves. Tendrá que decidirse a manejar prudentemente, sin dejarse llevar por arrebatos, esto es, manejar tranquilo.

La eficiencia de los dispositivos de seguridad del vehículo depende en gran parte de la revisión periódica que debe llevar a cabo el responsable del vehículo. La práctica sistemática de dichas medidas proporcionará al usuario un grado óptimo de confianza en el manejo de su vehículo considerándolo como una unidad integral, funcional, cómoda y segura. Los periodos de tiempo más convenientes para la aplicación de cada una de estas medidas de seguridad dependerán de diversos factores, como son antigüedad del vehículo, su tipo, la frecuencia de su uso, el desgaste de sus partes, etc. El conocimiento de estos factores por parte del responsable del vehículo y la aplicación de las recomendaciones técnicas publicadas al respecto por los fabricantes, ayudarán a fijar los plazos más convenientes para cada caso en particular.

A continuación se describen las medidas de seguridad más importantes.

### 7.2.1 Lista de inspección previa a la marcha del vehículo

Inspección diaria

- Comprobar nivel de aceite en el motor.
- Comprobar el llenado del sistema de refrigeración.
- Comprobar el nivel de líquido en el sistema de accionamiento de embrague (en caso de embrague hidráulico).
- Comprobar el estado y tensión de las bandas (que se deforme aproximadamente 20 mm cuando se presione con el pulgar a la mitad de la distancia entre las poleas).
- Comprobar el llenado de depósito del limpiaparabrisas.
- Verificar el nivel de:
  - Líquido de la dirección hidráulica
  - Refrigerante del motor
  - Electrólito en la batería



### Combustible del vehículo

- Comprobar el estado de las luces interiores, exteriores y bocina (claxon).
- Comprobar la presión adecuada de aire en los neumáticos.
- Comprobar el estado de la llanta de refacción.

Para conservar el nivel correcto se deberán usar los fluidos especificados por el fabricante del vehículo.

También verificar que el vehículo cuente con:

- Triángulos o banderolas para señalamiento
- Cerillos
- Gato
- Caja de herramientas
- Líquido de frenos, aceite para dirección y para el motor
- Lámpara
- Medidor de aire o pesador
- Cinta para aislar
- Garrafón con agua
- Cruceta
- Extintor
- Botiquín

## **7.2.2 Inspección del funcionamiento de los sistemas del vehículo**

Verificar diariamente el buen funcionamiento de los sistemas del vehículo:

- Lubricación
- Enfriamiento
- Frenos

- Combustible
- Escape
- Limpiadores
- Lavaparabrisas
- Dirección
- Bocina (claxon)
- Embrague

### **7.2.3 Lista de mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se llevará a cabo de acuerdo a las indicaciones y recomendaciones del fabricante de la unidad, cubriendo las siguientes áreas:

- Servicio de lubricación (cambios de aceites)
- Afinación
- Rotación, alineación y balanceo de ruedas
- Revisión de frenos
- Revisión de bandas y mangueras
- Revisión del sistema eléctrico y de luces

## **7.3 El manejo a la defensiva**

Consiste en que el conductor que circula por una vía o camino deberá estar atento a los errores de los demás conductores, sin llegar jamás al uso de la agresión o la violencia. Muchos de los accidentes que suceden son por causas imputables -la mayoría de las veces- a la negligencia de las personas y en pocas ocasiones por agentes naturales. Los accidentes SON EVITABLES, si se conocen las causas que los producen y se toman las medidas necesarias para su prevención.

Manejar a la defensiva, significa anticiparse y pensar por los demás.

La conducción técnica es también una conducción a la defensiva, esto es, manejar para evitar accidentes, a pesar de las acciones incorrectas de los demás y de las condiciones adversas. Para ello:

- Evite detenerse de manera súbita.

- Guarde una distancia suficiente entre su vehículo y los otros vehículos. Piense que a una velocidad de 60 km/h su vehículo recorre 16 metros cada segundo (el tiempo de respuesta ante un imprevisto es de aproximadamente un segundo). Esta distancia es suficiente para evitar o no el accidente (a esta velocidad), a velocidades mayores se requiere mayor distancia para frenar.
- Esté siempre alerta para evitar sorpresas. Conduzca siempre con anticipación a lo que pueda suceder.
- Mantenga la vista no solamente en el camino sino también a los lados. Utilice los espejos.
- Cuando no tenga visibilidad completa, reduzca la velocidad. Extreme precauciones en lluvia, neblina, etc.
- Al conducir, tenga dominio absoluto del vehículo.
- Al maniobrar anticipe sus movimientos a los otros conductores. Anúncielos con suficiente anticipación.
- Aunque usted tenga derecho de paso, observe la circulación de los otros vehículos. No suponga que le darán el paso.
- Tenga calma en circunstancias críticas.
- Anticípese a la reacción de los peatones, principalmente en las escuelas, hospitales, etc.
- Desconfíe siempre de todos los elementos que se encuentran en el camino y cuando algún imprevisto lo trate de sorprender, deberá pensar rápidamente un plan de acción para poder maniobrar y controlar la situación.
- Conozca los lineamientos que regulan y controlan el tránsito de vehículos y personas y sepa cuándo y dónde aplican.

En resumen, el manejo a la defensiva se refiere a que un conductor supone que otro conductor hará algo indebido y deberá prepararse para eso, y poner en juego las medidas de seguridad de un conductor profesional.

### **7.3.1 Normas fundamentales de vialidad al manejar un vehículo, ya sea en ciudad o en carretera**

#### **En ciudad**

- Conserve siempre su distancia, especialmente cuando vaya detrás de un vehículo del servicio de transporte urbano de pasajeros, transporte escolar o un taxi, suelen pararse repentinamente para subir o bajar pasaje.
- La distracción es causa de gran cantidad de accidentes. Ponga todos los sentidos en la conducción.
- Nunca conduzca con exceso de velocidad, ni aún en zonas poco transitadas. Otros también pueden confiarse y cruzar sin precaución.
- Cuando la superficie de rodamiento esté mojada, reduzca la velocidad y anuncie con más anticipación las paradas o las vueltas.
- Al pasar por escuelas reduzca la velocidad al mínimo.
- Al cruzar topes, también reduzca la velocidad.
- Respete la velocidad máxima permitida en los señalamientos de tránsito.
- En los cruces de ferrocarril, no se confíe, antes de pasarlos haga ALTO TOTAL y cuando esté seguro que no viene el tren, cruce.

#### **En carretera**

- Antes de entrar a una curva disminuya la velocidad.
- Nunca rebase en curva, ni en subida o sin tener visibilidad.
- No se estacione en curva.
- Por la noche, no mire directamente a los faros de los vehículos que vienen, es recomendable ver la orilla de la carretera del lado derecho, para evitar deslumbrarse.
- Conceda el cambio de luces, aunque el otro conductor no lo haga.
- Para rebasar debe tener visibilidad total y estar seguro que el vehículo que viene en sentido opuesto al suyo está lo suficientemente retirado para efectuar el rebase sin ningún riesgo.
- Si se acerca a una intersección, es prudente dejar de acelerar y poner el pie sobre el pedal del freno como medida preventiva, de esta manera si surgiera algún imprevisto estaría ganando tiempo de reacción.

- Cuando vea un posible peligro, no tarde en levantar el pie del acelerador y esté listo para aplicarlo al freno si se requiere. Ese peligro puede convertirse en algo real.
- Cuando se estacione en carretera, hágalo siempre en el acotamiento, coloque los señalamientos reglamentarios a las distancias apropiadas. Muchos accidentes ocurren por falta de estas precauciones.
- Si un vehículo rebasa y otro viene de frente, no le dificulte el rebase acelerando. Ayúdele, bajando la velocidad. Evite que haya tres vehículos a lo ancho de la carretera.
- Usted debe dormir lo suficiente, pero si por alguna razón le da sueño, estacione el vehículo fuera de la carretera y despéjese.

## 7.4 Recomendaciones para evitar una colisión

Existen cinco posiciones en las que un vehículo puede estar, con relación a otro, para que se produzca una colisión. Éstas son:

- Por impacto con el vehículo delantero
- Por impacto con el vehículo trasero
- Impacto frontal
- Por impacto lateral, en una intersección
- En situaciones de rebase

### **Impacto delantero**

Es el más frecuente y se origina por distracción, por estar muy cerca del vehículo que va adelante o por exceso de velocidad.

Para evitarlo es recomendable que se anticipe a la situación, vigile lo que sucede más adelante del vehículo delantero, manténgase retirado, aplique la regla de los cuatro segundos (observe el vehículo delantero y cuando pase por un punto definido en la carretera, comience a contar del mil ciento uno al mil ciento cuatro, y en ese momento deberá pasar por el mismo punto. Si llega antes de terminar de contar, está muy cerca).

### **Impacto trasero**

Esto sucede debido a que se está circulando a muy baja velocidad, por distracción del otro conductor, por falta de señales adecuadas en el vehículo que usted maneja o porque se ha detenido de manera súbita. Para evitarlo indique siempre

cuales serán sus movimientos, use sus direccionales, nunca frene de manera súbita.

En caso de que el vehículo trasero esté muy cerca del suyo, déjelo pasar; si no lo hace, aminore suavemente la velocidad de su vehículo para forzarlo a disminuir su velocidad.

### **Impacto frontal**

Se originan por un mal rebase, por distracción total del operador, porque se ha quedado dormido o por salirse del camino e intentar regresar a él.

El esfuerzo por volver al pavimento después de que la rueda delantera ha salido de él, puede desviar el vehículo interponiéndolo en el paso de otro que circule en el carril del sentido contrario. Si esto sucede, mantenga la calma, no frene, desacelere hasta alcanzar una velocidad segura, de manera tal que el vehículo siga una trayectoria rectilínea. A continuación busque incorporarse al tráfico vigilando también el carril contrario, por si alguien rebasa.

### **Impacto lateral, en intersecciones**

La mayoría de los accidentes urbanos ocurren en las intersecciones y se debe a que los conductores hacen movimientos bruscos, sin previo aviso o por no respetar las señales de tránsito.

Para evitar un accidente debido a movimientos bruscos de su vehículo o de otro, debe conocer su trayectoria. Cuando se acerque a una intersección sin semáforo extreme sus precauciones, haga conocer con anticipación a los demás conductores cuales serán sus movimientos.

### **En situaciones de rebase**

Al ser rebasado por otro vehículo deberá de facilitarle el paso al otro conductor disminuyendo ligeramente la velocidad. En autopistas, cuando necesite dejar el carril para que lo rebasen, verifique que el otro carril está libre de tránsito.

Cuando decida rebasar a otro vehículo hágalo cuando no tenga dudas. Asegúrese que está conservando una distancia segura, observe el tránsito que circula por delante para asegurarse que tiene suficiente espacio para maniobrar.

Antes de cambiar de carril asegúrese que nadie lo está rebasando a usted, revise los espejos y el "punto ciego" de los mismos. Haga las señales pertinentes antes de cambiar de carril, rebase al otro vehículo y, mientras lo hace, vigile de vez en cuando la rueda delantera izquierda del otro vehículo, ya que puede no haberse dado cuenta, aún cuando usted se lo haya hecho saber. Por último hágale saber que regresará al carril de la derecha.

## **7.5 Recomendaciones de cortesía en la conducción**

- Al dar vuelta en una esquina, hágalo poco a poco. No apresure a los peatones que están cruzando.
- Cuando pase por baches llenos de agua, evite salpicar a los peatones.
- No abuse de la bocina (claxon). Recuerde que su uso es preventivo exclusivamente.





## **8 Situaciones de emergencia en carretera**

---

### **8.1 ¿Qué hacer ante una situación de emergencia en carretera?**

Las situaciones de emergencia son una amenaza constante mientras se conduce un vehículo. Una reacción de pánico ante una de estas situaciones sería desastrosa. Su vida puede depender de dos cosas: su capacidad para mantenerse sereno y su conocimiento para tomar la mejor acción defensiva.

Obviamente no se puede "practicar" una situación de manejo de emergencia, por tanto, lo mejor es prevenir mentalmente lo que puede suceder. Para ello debe usted visualizar previamente las emergencias que puedan presentarse y planear mentalmente la mejor acción defensiva.

Imagínese que conduce tranquilamente por una carretera y repentinamente un automóvil del carril contrario invade el suyo y se dirige contra usted para chocar de frente. Lo más adecuado en este caso es mantenerse en su carril, tocar la bocina (claxon) y encender las luces de su vehículo. Trate de esquivar el vehículo, pero nunca intente tomar el carril contrario, Puede ser que en el último instante el otro operador regrese a su carril, encontrándose con usted de frente.

### **8.2 Los frenos le fallan**

Pisa usted el freno y el pedal se desliza hasta el fondo mientras el vehículo continúa su marcha velozmente.

Si no hay presión en el pedal y el camino está libre, maneje hacia la orilla y use el freno de motor.

Si es necesario frenar rápidamente, cambie a una velocidad más baja y deje que la compresión de la máquina le ayude. No se preocupe si le "truenan" las velocidades, le resultará más barato repararlas que si ocurre un accidente.

Use la bocina (claxon) y las luces para advertir a peatones y conductores que su vehículo se encuentra fuera de control. Si es posible, use una rampa de frenada, métase a un campo plano, a un camellón o entre los matorrales bajos, para ir deteniendo el vehículo en forma gradual. Ante todo evite un choque de frente contra otro vehículo.

## **8.3 El vehículo derrapa**

Un brusco cambio de carril, un repentino viraje, un obstáculo menor, un frenado brusco, pueden producirle una peligrosa derrapada, especialmente sobre caminos húmedos o resbalosos, por causa de combustible derramado o arena suelta.

Casi siempre son las llantas traseras las que derrapan, pues ellas ejercen la tracción y además, no son controladas por el volante (cuando resbalan las llantas delanteras es más fácil controlarlas, pues el conductor, puede maniobrar y estabilizar el vehículo).

Si la parte posterior del vehículo es la que resbala, quite el pie del acelerador inmediatamente y no vire bruscamente fuera de la dirección del patinaje. La reacción correcta en esta situación es voltear sus llantas en la misma dirección, hacia donde se resbala la parte posterior del vehículo. Evite una torsión exagerada del volante, girándolo sólo hasta donde sea necesario, es decir hasta el punto donde usted sienta que el vehículo vuelve a su tracción, entonces enderece la dirección. De ninguna manera frene bruscamente durante la corrección del patinaje. Para evitar el descontrol mayor, accione los frenos con un rápido pisar y soltar de freno.

## **8.4 El acelerador se pega**

Usted deja de pisar el acelerador y el vehículo continúa su marcha con la misma velocidad. Mantenga la calma ya que ésta es una de las emergencias más fáciles de controlar.

Desembrague la velocidad y ponga la caja de velocidades en neutral, ahora frene suavemente mientras avisa a los conductores que tiene problemas y oríllese al lado derecho del camino.

Si baja por una pendiente retire el pie del acelerador, use el freno de motor y el de servicio. No desembrague la velocidad puesto que ganará más velocidad, siendo más difícil detener la unidad. Avise a los demás conductores. Si es posible use una rampa de frenado.

## **8.5 Las luces se apagan**

Hay una sola cosa por hacer si sus luces se apagan repentinamente y usted se encuentra en la obscuridad. Mantenga su vehículo derecho y frene con firmeza, pero sin provocar un "amarrón"; cárguese al lado derecho, tan lejos como le sea posible del carril de tráfico. Una vez detenido el vehículo, avise a los demás conductores.

En caso de que no pueda reparar la falla de su vehículo, ciérrelo con llave y busque ayuda, pero de ninguna manera trate de circular sin luces.

## 8.6 Si una llanta se "vuela"

Mantenga firmemente el volante evitando que el vehículo pierda control procurando al mismo tiempo no girar bruscamente hacia un lado u otro.

Si la llanta delantera se poncha, sentirá usted un fuerte jalón hacia el lado de la pinchadura, si la pinchadura es de una llanta trasera el vehículo tenderá a colearse.

De ninguna manera aplique bruscamente los frenos, es lo peor que puede hacer. Deje que el vehículo se pare por sí solo, sobre todo si la llanta es la delantera y busque salir del carril de circulación.

Estacionese hacia un lado y cambie la llanta, no sin antes haber colocado una luz o un objeto que prevenga a los demás conductores, ya sea de día o de noche. No olvide usar sus direccionales, si se encuentra en un desnivel lleve su vehículo "cojeando" hasta un lugar donde pueda cambiar la llanta con seguridad.

## 8.7 Necesita parar en carretera

En una autopista con cuneta pavimentada, ponga direccionales y sálgase a la velocidad nivelada con el tráfico, entonces pare lentamente.

Donde las salientes no estén pavimentadas, señale con la direccional derecha y vaya parando lentamente a una velocidad segura antes de salirse del carril.

Deje puestas las luces de los cuartos, si hay luz del amanecer o anochecer, en la oscuridad o en mal tiempo, prenda las luces interiores y las luces intermitentes.

Si tiene necesidad de pararse cerca del carril de alta velocidad, en una curva, en una colina o en cualquier lugar peligroso, por ningún motivo apague las luces posteriores y tenga cuidado de no taparlas. No importa la hora que sea, coloque las señales de aviso (cuando menos dos, una inmediatamente detrás del vehículo y otra aproximadamente a cien metros). Las señales deben ser suficientemente visibles tanto de noche, como de día.

## 8.8 El motor se incendia

Casi todos los incendios del vehículo son causados por un corto circuito en el sistema eléctrico, por lo que es necesario desconectar la batería. Saque unas pinzas de la herramienta, jale cualquiera de los cables y córtelo. Si no tiene pinzas no trate de jalar los cables con las manos desnudas, use una ropa gruesa o cualquier otro aislante. Una quemadura eléctrica puede ser grave, procure llevar siempre un extintor, conozca perfectamente su manejo y revíselo periódicamente para que siempre esté en servicio.



## **9 Principales productos contaminantes**

---

### **9.1 La contaminación**

La contaminación es un grave problema cuya solución no es sencilla ni mágica, requiere de grandes esfuerzos, tanto del sector público como privado, por esto es importante conocer cuáles son las principales fuentes de emisión (Industrias y vehículos) y cuáles los contaminantes que se emiten. Además de los problemas de salud que pueden generar.

Los contaminantes más importantes que se emiten en los gases de la combustión en los motores de los vehículos son: el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los hidrocarburos sin quemar (HC), partículas suspendidas, el plomo (Pb) y en el caso de los motores Diesel, los óxidos de azufre (SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>).

### **9.2 Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro, insípido y tóxico, que se forma al tener una deficiencia de oxígeno en la combustión. Tiene mayor afinidad que el oxígeno para combinarse con la sangre formando la carboxihemoglobina, reduciendo la cantidad de oxígeno en la sangre, lo cual puede resultar fatal. Personas con limitación de oxígeno en los tejidos (fumadores, insuficiencia coronaria, enfisema, etc.) son particularmente susceptibles a sufrir un infarto al miocardio durante un lapso de exposición prolongada de CO. Este gas puede producir alteraciones de la aptitud funcional, hay síntomas de cansancio, dolor de cabeza, alteraciones en la coordinación de los movimientos, reducción significativa de la percepción visual, de la habilidad manual y de la capacidad para aprender algunos trabajos intelectuales. Asimismo, puede afectar el metabolismo arterial facilitando la acumulación del colesterol sobre las paredes de las arterias.

### **9.3 Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

El dióxido de nitrógeno es un gas de color pardo rojizo. Este compuesto es uno de los precursores de la formación de ozono, de olor desagradable, irritante de las membranas mucosas, de los ojos y de las vías respiratorias. Su inhalación puede causar irritación nasal, dolor de cabeza, náuseas, vómito y disnea (dificultad para respirar). La exposición a altas concentraciones puede generar edema pulmonar.

Las emisiones de NO<sub>x</sub> son máximas cuando se tienen mezclas pobres de aire y combustible (exceso de aire), por ejemplo con el uso de turbocargadores.

Este compuesto inhibe el crecimiento de las plantas y causa la caída prematura de las hojas.

## 9.4 Óxidos de azufre ( $\text{SO}_2$ y $\text{SO}_3$ )

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) es un gas incoloro de olor picante, se disuelve en agua formando ácido sulfuroso que es corrosivo. Provoca irritación de las membranas de las mucosas de los ojos, nariz, garganta y vías respiratorias. Puede provocar bronco-constricción causando un incremento en la resistencia del flujo de aire a los pulmones. Una exposición a un ambiente que contenga una alta concentración de  $\text{SO}_2$  puede provocar la muerte por asfixia, producir una inflamación de los bronquios que puede ser fatal al cabo de unos días, o causar asma.

El trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) estando seco, es un gas incoloro y tiene un olor más picante que el dióxido de azufre. Si se coloca en un ambiente de alta humedad reacciona con el agua formando ácido sulfúrico que es uno de los ácidos más poderosos y aún diluido en agua es muy corrosivo.

## 9.5 Ozono ( $\text{O}_3$ )

Es un gas que se genera de manera natural durante las tormentas eléctricas, es de color azul poco denso. La quema y el uso de hidrocarburos aumenta la formación de ozono, debido al incremento en la emisión de sus precursores; esto es, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no quemados.

La respuesta del cuerpo humano al efecto agudo del ozono se manifiesta en la reducción de la función pulmonar y el incremento en síntomas respiratorios, así como en la reactividad, permeabilidad e inflamación de las vías respiratorias. Permaneciendo en el interior de las casas o escuelas con las ventanas cerradas se puede abatir la concentración de ozono hasta en un 78%.

## 9.6 Hidrocarburos sin quemar (HC)

Se forman al no quemarse completamente el combustible y al tener mezclas ricas o pobres ya que el proceso de combustión no se desarrolla en óptimas condiciones. Los hidrocarburos generalmente se presentan en forma de partículas.

## 9.7 Partículas suspendidas

Se denominan como partículas suspendidas a las partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera, como cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento, etc. Éstas provienen de la combustión industrial y doméstica, cuando se quema carbón, combustóleo o diesel. El problema fundamental en el control de las partículas es la diversidad de su composición química.

Las partículas generadas se dividen en primarias y secundarias. Las primarias son las que se producen como resultado de procesos químicos y físicos, peculiares de la fuente de emisión. Las secundarias son producto de reacciones químicas que ocurren en la atmósfera.

Una partícula inhalada puede depositarse en los pulmones y no ser eliminada, provocando enfermedades que pueden ir desde una irritación de las vías respiratorias hasta enfermedades graves como la silicosis y la asbestosis.

## **9.8 Plomo (Pb)**

Este elemento se utiliza como antidetonante en la gasolina y a su vez como lubricante para algunas piezas de los motores de combustión interna. A partir de estas aplicaciones se emite a la atmósfera, pudiéndose provocar su acumulación en los órganos del cuerpo causando anemia, lesiones neurológicas, de los riñones y del sistema nervioso central, encefalopatía, enfermedades renales crónicas, debilidad muscular, etc.





## 10 Conclusiones

---

La Conducción Técnica es un tipo de manejo que ha sido probado en diferentes clases de configuraciones vehiculares, con diversos años, modelos de motores y en perfiles varios de carreteras, mostrando de manera consistente que se pueden lograr ahorros significativos de consumo de combustible y, por consecuencia, incidir en la reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente.

Se ha probado que al existir una compatibilidad en los componentes del tren motriz -motor, transmisión, diferencial y llantas- se puede lograr la conducción técnica. Si alguno de los elementos no es compatible, esto se va a reflejar en los cambios de velocidades, los cuales algunos o en su mayoría, no podrán realizarse dentro de la zona verde. Otro aspecto que se puede presentar es que no se pueda alcanzar la velocidad reglamentaria en el límite superior de la zona verde.

La conducción técnica modifica algunos de los hábitos de manejo mediante la aplicación de sus principios, mejora el rendimiento de combustible y reduce la cantidad de emisiones contaminantes. El mejoramiento en la reducción de emisiones recae en una mejor combustión, debido al bajo régimen de operación del motor y en un mayor tiempo de residencia para completar la combustión.



## 11 Bibliografía

---

Bosch, R. Diesel Fuel Injection, 1st Edition, SAE Society of Automotive Engineers. Warrendale, PA, USA. 1994

Bosch, R. Automotive Handbook, 8th Edition, SAE Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, USA. 2011

Brun, R., Science Technique du Moteur Diesel Industriel et du Transport, t. I, Ed. 1976, ch. III, Societe des editions Technip, Paris. 1976

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Ahorro de Energía en el Sector Transporte, Informe interno, México, D. F. 1994

Cummins S.A. de C.V. Técnicas Profesionales de Manejo, Boletín No. 3150390 versión en español, Cummins Engine Company, Inc. Columbus Indiana, USA. 1991

Cummins, Automotive performance curve, Cummins Engine Company, Inc. Columbus, In. 1993

Degobert, P. Automobiles and Pollution. Society of Automotive Engineers. 1995

Eaton. Axles and Brakes Condensed Specifications. Eaton Corporation, Katamazoo, Mi. U.S.A. 1996

Ferguson, C.R. Internal Combustion Engines Applied Thermosciences, John Wiley& Sons, New York. 1986

Fitch. J.W. Motor Truck Engineering Handbook 4<sup>th</sup> edition. SAE Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA. U.S. A. 1994

Goodyear, Factores que afectan la duración de las llantas para un camión. Catálogo Goodyear. 1997

Heywood, J., B. Internal Combustion Engine Fundamentals, Mcgraw-Hill International Editions Automotive Technology Series. 1989

Instituto Mexicano del Transporte, SCT. Manual de Conducción Técnica. Publicación técnica No. 70, Querétaro, Qro. 1995

Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Normas de Servicios Técnicos; Proyectos Geométricos de Carreteras, México, D.F. 1984

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-033-SCT-2-2002, Transporte terrestre-Límites máximos de velocidad para los vehículos de carga, pasaje y turismo que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Diario Oficial de la Federación. 28 de julio de 2003, México, D.F.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2008, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. DOF. Diario Oficial de la Federación, Abril 01, 2008

Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2010, México, D.F. 2011

Spicer. Funcionamiento básico de transmisiones y embragues; Transmisiones TSP SPICER; Pedro Escobedo, Qro. 1998

SPICER., Especificaciones Condensadas de Transmisiones; Transmisiones TSP, Pedro Escobedo, Qro. 1998

Szczepaniak, C., Aragon, M., R. Teoria del automovil. Universidad de la Habana, La Habana Cuba.

Vantelon A. Training Operators in Technical Driving and its Influence on fuel Consumption, Memorias del XII Seminario de Uso Racional de Energía, Mexico, D.F. 1991

Comisión de Comunidades Europeas, Sociedad Francesa de Ingeniería, Cámara Nacional de Empresas de Consultoría, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. Guía Metodológica de Diagnósticos Energéticos en el Transporte, México, D.F. 1993

# Anexo 1    **Funcionamiento de los sistemas del motor**

---

## **A.1 El motor Diesel**

El motor Diesel es un conjunto de mecanismos de precisión que al trabajar sincronizadamente, transforman la energía química almacenada en el combustible en trabajo mecánico.

Los motores a Diesel pueden ser de 2 y 4 tiempos. Dado que en el autotransporte se utilizan los motores de 4 tiempos, estos se describen a continuación.

## **A.2 Ciclo de cuatro tiempos**

Para que funcione un motor Diesel, es necesaria la repetición de un ciclo que está formado por cuatro operaciones que son:

### **1° Admisión**

El pistón desciende del punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI), la válvula de admisión permanece abierta; al bajar el pistón va dejando un vacío que será llenado por el aire que entra del exterior por los conductos de admisión.

### **2° Compresión**

El pistón sube, pasa del PMI al PMS; las válvulas de admisión y de escape permanecen cerradas. El aire es comprimido y se calienta lo suficiente para encender el combustible que se inyecta al final de la compresión.

### **3° Expansión**

Se inyecta el combustible en forma de rocío al interior del cilindro, se enciende y expande los gases producto de la combustión debido al aumento de temperatura, empujando el pistón hacia el punto muerto inferior.

### **4° Escape**

La válvula de escape se abre y el pistón sube, pasa del PMI al PMS para que el pistón desaloje todos los gases quemados producto de la combustión.

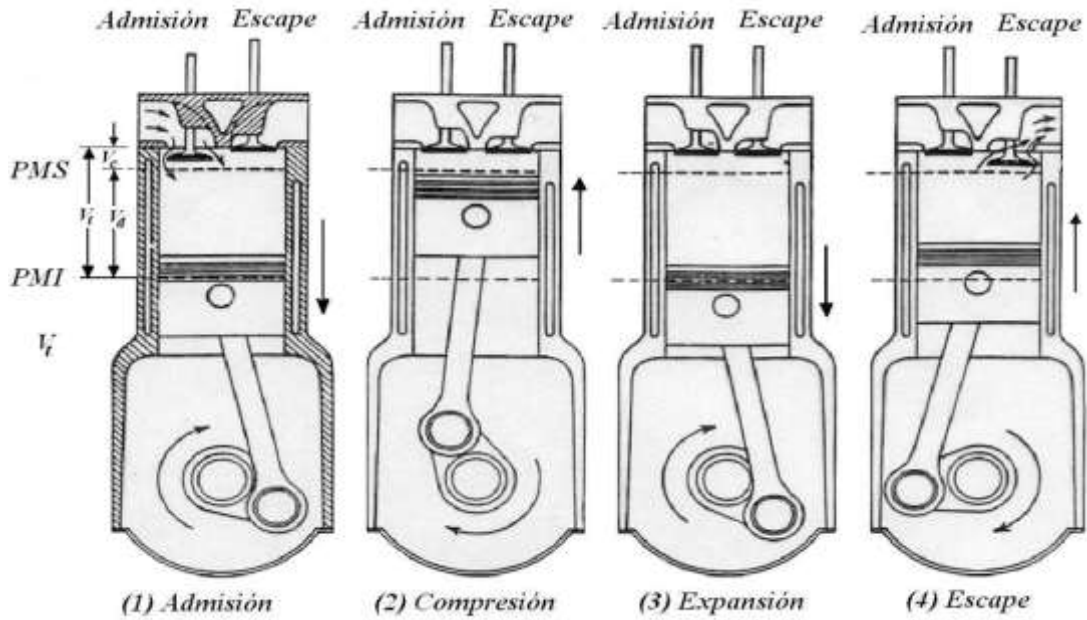


Figura A.1 Ciclo de motor de cuatro tiempos

Estas cuatro operaciones serán efectuadas en un ciclo de cualquier motor Diesel. Para completar un ciclo, el cigüeñal habrá girado dos vueltas.

## A.3 La lubricación

La lubricación tiene como objetivo formar una película de aceite lubricante entre las piezas móviles del motor, con el fin de reducir el rozamiento y la temperatura. Así, se convierte en uno de los factores más importantes para lograr el buen funcionamiento y la mayor duración del motor.

### A.3.1 Propiedades de los lubricantes

Un buen lubricante debe tener las siguientes características:

- Buen índice de viscosidad en diferentes condiciones de operación
- Alto punto de inflamación
- Resistencia a la oxidación
- Inhibidores de corrosión
- Ser detergente y dispersante
- Inhibidor de espuma

Los lubricantes para motores se producen con base en aceites básicos extraídos del petróleo. Existen en el mercado gran variedad de marcas y la calidad de un lubricante la determinan los aditivos que se le agregan al aceite base.

Es importante mencionar que es mejor utilizar un aceite de buena calidad que agregarle aditivos al aceite, algunas veces no son compatibles y de hecho ningún fabricante de motores aprueba su uso. La pérdida de las propiedades del lubricante por su uso no se restituyen con el uso de aditivos, la única opción es el cambio periódico de éste.

Las partículas metálicas producidas por el desgaste, los residuos y el agua generada en la combustión, son agentes muy peligrosos para el motor. Dichas partículas se deben retener o eliminar para que el aceite pase limpio a lubricar el motor. Para retener las partículas sólidas se recurre al filtrado, el cual puede ser total o por derivación.

## **A.4 Sistema de enfriamiento por agua**

Los puntos más calientes que se deben enfriar constantemente son:

- Cámara de combustión
- Parte alta del cilindro
- Cabeza del pistón
- Válvulas de admisión y de escape

En el interior están dispuestos conductos de agua que rodean a los puntos críticos. El agua es forzada a circular por las camisas de los cilindros, para que recojan el calor, de tal manera que pasa por los conductos del monoblock, cabeza del motor, termostato, mangueras y radiador, de donde es tomado por la bomba de agua para forzar su circulación continua a través del sistema.

Para que el motor se caliente más rápidamente en climas fríos, se dispone de un termostato que actúa sobre la corriente del agua o sobre la corriente del aire. En el primer caso, el termostato cierra el paso de la corriente de agua hacia el radiador y por una desviación lo circula únicamente por las camisas del motor, permitiendo su enfriamiento hasta que alcanza una temperatura adecuada.

El ventilador generalmente va colocado en el mismo eje de la bomba de agua y es accionado por bandas desde el cigüeñal. Su función es la de generar una corriente de aire a través del radiador para enfriarlo.

### **a) Radiador**

El radiador normalmente está colocado al frente del vehículo y se encarga de disipar el exceso de calor recuperado por el agua de enfriamiento del motor,

mediante una corriente de aire que proporciona el ventilador. Existen dos tipos de radiadores: verticales y horizontales, estos últimos son más eficientes. En algunos modelos se utiliza una tolva que permite pasar más volumen de aire a través del radiador. Sin la tolva, la sección por la cual pasa el aire se reduce. La mayoría de radiadores son de latón aunque hay algunos de aluminio.

#### **b) Tapón de radiador**

El tapón es una parte importante del sistema de enfriamiento, por medio de él se aumenta la presión interna y el punto de ebullición del líquido y permite que el motor funcione a una temperatura adecuada. Al llegar la presión dentro del sistema entre 14 y 16 lb/in<sup>2</sup> (0,0068 a 0,0078 kg/cm<sup>2</sup>) se levanta la válvula de seguridad, esto ventila el sistema a la atmósfera por medio del tubo de desborde y permite aliviar el exceso de presión.

#### **c) Bomba de agua**

Este elemento es accionado por una banda que viene de la polea del cigüeñal, el impulsor gira en el interior de una carcasa de fierro o aluminio, donde la fuerza centrífuga envía el agua hacia las cámaras de enfriamiento del motor. De allí, cuando el termostato está abierto, el líquido es enviado al radiador y luego de regreso a la entrada de la bomba. Cuando el termostato está cerrado, el agua no circula por el radiador y se envía de nuevo a la bomba.

#### **d) Polea, banda y ventilador**

Estos componentes están estrechamente ligados. La banda transmite el movimiento a la polea que está acoplada a la bomba junto con el ventilador. Cuando el motor está en marcha el ventilador absorbe el aire que pasa a través del radiador, enfriando de esta forma al líquido. Si el vehículo se conduce a una velocidad idónea, el aire forzado puede disipar suficiente calor para producir la mayor parte del enfriamiento. Ésta es una de las razones por las que actualmente se usan ventiladores que se accionan únicamente cuando se requiere aire adicional (principalmente en condiciones de tráfico urbano).

#### **e) Mangueras**

Las mangueras transportan el líquido entre el motor y el radiador y viceversa, además soportan la vibración entre el motor y el radiador, y están diseñadas para soportar la presión generada por la temperatura del líquido.

Se recomienda no usar mangueras corrugadas ya que generan turbulencia que afecta el enfriamiento del motor.

#### **f) Recipiente recuperador**

La mayoría de los vehículos cuentan con este dispositivo de recuperación, el cual está ubicado a un costado del radiador. Cuando la presión interna del sistema



vence a la válvula de seguridad del tapón, el líquido sale por el tubo de respiración hacia el recipiente recuperador, posteriormente al enfriarse el motor, el líquido retorna al sistema, manteniendo así el nivel adecuado dentro del radiador.

Para restablecer el nivel de agua se hará directamente por el tanque recuperador, Nunca debe quitarse el tapón del radiador para revisar el nivel del agua con el motor caliente.

### **g) Cámaras de enfriamiento**

Las cámaras de enfriamiento se encuentran dentro del monoblock, siendo éstas los conductos por donde pasa el líquido, abrazando totalmente a los cilindros y recolectando parte del calor generado por la combustión. La cabeza del motor cuenta también con estas cámaras para enfriar a las válvulas, las cuales alcanzan temperaturas del orden de 700°C.

### **h) Termostato**

El termostato es una válvula que opera térmicamente para controlar la temperatura de trabajo del motor, logrando así una estabilidad de funcionamiento.

Las temperaturas de la pared del cilindro menores de 60°C pueden causar condensación de humedad y corrosión, por eso el termostato impide la circulación del agua hacia el radiador cuando la temperatura de ésta desciende por debajo de los límites entre 80°C y 100°C. La temperatura normal del líquido puede alcanzar los 120 ó 125°C.

## **A.5 Anticongelante y anticorrosivos**

Los anticongelantes son mezclas a base de glicerina y alcohol que se agregan al agua del sistema de enfriamiento para bajar el punto de congelación del líquido (punto en el que el agua se convierte en hielo). Por esto es conveniente agregar anticongelante al sistema de enfriamiento de vehículos que viajan a climas fríos.

Se recomienda agregar anticorrosivo al agua del sistema de enfriamiento, para que proteja las superficies metálicas con una película delgada, que evita que el oxígeno del agua haga contacto y forme óxidos de hierro.

El agua que se le agregue al sistema de enfriamiento deberá estar limpia y mezclarse con el anticorrosivo y anticongelante. Esto evita la formación de depósitos de sarro en el sistema, ya que estos actúan como aislantes térmicos e impiden que el motor trabaje a su temperatura normal.

Al adicionar agua al sistema de enfriamiento, se recomienda mantener el volumen de anticongelante alrededor del 40% del volumen total.

Es recomendable drenar el sistema de enfriamiento cada 6 meses, adicionando mezcla agua-anticongelante nueva si el anticongelante no tiene propiedades anticorrosivas y, en caso de tenerlas, cada dos años.

Cuando se recargue el sistema de enfriamiento debe dejarse operando el motor durante treinta minutos con el radiador destapado.

## **A.6 Sistema de alimentación de aire del motor Diesel**

El filtro de aire de un motor Diesel es de gran importancia, pues si pasan impurezas al interior del motor causan el desgaste rápido de los anillos del pistón, camisas, pistones, mecanismos de válvulas, etc., que resulta en pérdidas económicas y mal funcionamiento del motor por un alto consumo de lubricante, restricción de la entrada de aire, acumulación de carbón, el cual causa combustiones fuera de control y daños a los cilindros.

Los principales tipos de filtros de aire son húmedo con, baño de aceite, tipo seco y de dos etapas. El tamaño y tipo de filtro variara de acuerdo a la aplicación y servicio del motor, potencia, etc. Cualquiera que sea el tipo de filtro de aire, debe tener la suficiente capacidad para retener las partículas más pequeñas como polvo, pelusa, tierra, aserrín, hojas, etc.

## **A.7 Sistema de combustible**

El sistema de combustible es el que se encarga de llevar el combustible hasta las cámaras de combustión del motor, donde se enciende la mezcla de aire y combustible.

Cuando se comprime cualquier gas, éste aumenta de temperatura. Así, cuando se comprime la mezcla de aire combustible, aumenta la temperatura del cilindro y se logra la vaporización total del diesel.

El sistema de inyección de combustible permite:

- Proporcionar la cantidad exacta de combustible para las diferentes condiciones de trabajo de la máquina.
- Inyectar el combustible en el momento preciso y que penetre a través de toda la masa de aire.

Los sistemas de inyección más comunes son:

- Cummins PT (Cummins)
- C.A.V. (Perkins)

- G M (General Motors)
- Bosch (Mercedes Benz)
- Sistemas de inyección electrónica

Los principales componentes que forman el sistema de combustible son los siguientes: tanque, tuberías, mangueras, bomba, filtro, bomba de inyección y los inyectores.

### **A.7.1 El turbocargador**

El turbocargador es un sobrealimentador del tipo centrífugo que se usa en motores de cuatro tiempos. El turbocargador aprovecha la energía de los gases de escape del motor para introducir aire a alta presión al múltiple de admisión. Con este dispositivo se logra aumentar la potencia del motor.

El turbocargador consta de una turbina y un compresor acoplados a una flecha única. Los gases de escape del motor se dirigen hacia la entrada de la turbina, para después descargar hacia las aletas de la misma. Esto produce el giro del compresor, que introduce el aire a presión al cilindro.

A pesar de no existir un acoplamiento mecánico entre el motor y el turbocargador, la velocidad de éste se acopla automáticamente a los requerimientos del motor. El turbocargador tiene como ventajas:

- Lograr una combustión más eficiente
- Ahorrar combustible
- No consumir potencia del motor
- Compensador de altura, ya que no disminuye la potencia del motor con el cambio de altura

Una precaución que se debe tener en un vehículo turbocargado es no acelerarlo antes de apagar el motor, ya que esto puede dañar el turbocargador por falta de lubricación. Asimismo se debe seguir la recomendación del fabricante en el sentido de dejar el motor unos minutos en marcha en vacío después de un recorrido, esto con la finalidad de enfriar el turbocargador.

### **A.8 El freno de motor**

El freno de motor es un auxiliar para controlar la velocidad del vehículo y no es un sustituto de los frenos de servicio. El freno de motor no daña al motor porque sólo deja escapar el aire de los cilindros antes de que ocurra la explosión en la cámara de combustión.

Al activar el contacto de accionamiento, opera una válvula controlada eléctricamente que deja pasar aceite del motor a alta presión a través de una válvula de control, un pistón maestro y un esclavo. Estos pistones se encuentran instalados sobre los brazos de las válvulas de escape de distintos cilindros. La presión del aceite causa que el pistón maestro se mueva hacia abajo, descansando sobre el brazo de la válvula de gases de escape correspondiente. Cuando sube el brazo provoca que el pistón maestro también suba. Cuando el pistón maestro llega al final de su carrera, activará una válvula que a su vez hará que el pistón esclavo se mueva hacia abajo, moviendo el brazo de la válvula que conducirá el aire al múltiple de escape.

## Anexo 2 Cuadro de fallas

FALLA	POSIBLE CAUSA
<b>Velocidad baja del motor</b>	Baja capacidad de la batería Malas conexiones eléctricas Falla en el motor de arranque (marcha) Grado incorrecto de aceite lubricante
<b>No arranca el motor</b>	Velocidad baja del motor de arranque Tanque de combustible vacío Falla en la operación de control de paro Tubo de alimentación bloqueado Bomba alimentadora dañada Filtro de combustible obstruido Aire en el sistema de combustible Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Uso incorrecto del equipo de encendido en frío Equipo de encendido en frío dañado Mecanismo de la bomba de inyección dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Tipo o grado incorrecto de combustible Cilindros gastados Válvulas y asientos pegados Juego de anillos pegados, gastados o rotos
<b>Frenos bajos</b>	Falta aceite en la bomba de dirección hidráulica Banda de la bomba de dirección hidráulica floja Desajuste en los frenos Balatas desgastadas
<b>Excesiva presión en el cárter</b>	Junta de la culata de cilindros dañada Cilindros gastados Juego de anillos pegados, gastados o rotos Guías y vástagos de válvulas gastados Pistón trabado Tubo respiradero obstruido

FALLA	POSIBLE CAUSA
<b>Dificultad en el arranque del motor</b>	Velocidad baja del motor de arranque Falla en la operación de control de paro Tubo de alimentación bloqueado Bomba alimentadora dañada Filtro de combustible obstruido Restricción en el sistema de admisión Aire en el sistema de combustible Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Uso incorrecto del equipo de encendido en frío Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Orificio del tanque de combustible bloqueado Tipo o grado incorrecto de combustible Restricción del tubo de escape Válvulas pegadas Cilindros gastados Válvulas y asientos pegados Juego de anillos pegados, gastados o rotos
<b>Falta de potencia del motor</b>	Tubo de alimentación bloqueado Bomba alimentadora dañada Filtro de combustible obstruido Restricción en el sistema de admisión Aire en el sistema de combustible Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Orificio del tanque de combustible bloqueado Tipo o grado incorrecto de combustible Regulador pegado o movimiento restringido Restricción del tubo de escape Junta de la culata de cilindros dañada Sobre calentamiento
<b>Alta presión de aceite</b>	Grado incorrecto de aceite lubricante Indicador de aceite averiado Válvula reguladora de presión pegada (cerrada)

FALLA	POSIBLE CAUSA
<b>Poca compresión</b>	Restricción en el sistema de admisión Sincronización incorrecta de válvulas Junta de la culata de cilindros dañada Ajuste incorrecto de punterías Válvulas pegadas Cilindros gastados Válvulas y asientos pegados Juego de anillos pegados, gastados o rotos Guías y vástagos de válvulas gastados Altura incorrecta del pistón
<b>Golpeteo</b>	Bomba alimentadora dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Tipo o grado incorrecto de combustible Sobre calentamiento Ajuste incorrecto de punterías Válvulas pegadas Juego de anillos pegados, gastados o rotos Demasiado aceite en el filtro o grado equivocado Cojinetes gastados o averiados Pistón trabado Altura incorrecta del pistón Resorte de válvula roto
<b>Fuera de tiempo</b>	Tubo de alimentación bloqueado Bomba alimentadora dañada Filtro de combustible obstruido Aire en el sistema de combustible Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Junta de la culata de cilindros dañada Sobre calentamiento Ajuste incorrecto de punterías Válvulas pegadas Válvulas y asientos pegados

FALLA	POSIBLE CAUSA
<b>Consumo excesivo de combustible</b>	Restricción en el sistema de admisión Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Tipo o grado incorrecto de combustible Restricción del tubo de escape Junta de la culata de cilindros dañada Mal funcionamiento en frío Ajuste incorrecto de punterías Válvulas pegadas Cilindros gastados Válvulas y asientos pegados Juego de anillos pegados, gastados o rotos Impulsor del turbocargador sucio o dañado
<b>Humo negro en el escape</b>	Restricción en el sistema de admisión Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Tipo o grado incorrecto de combustible Restricción del tubo de escape Junta de la culata de cilindros dañada Mal funcionamiento en frío Ajuste incorrecto de punterías Válvulas pegadas Cilindros gastados Juego de anillos pegados, gastados o rotos Válvulas y asientos pegados Impulsor del turbocargador sucio o dañado
<b>Poca carga en la batería</b>	Filtro de combustible obstruido Restricción en el sistema de admisión Aire en el sistema de combustible Tubos de alta presión incorrectos Válvula reguladora de presión pegada (abierta) Válvula reguladora de presión pegada (cerrada) Resorte de la válvula de presión dañado



FALLA	POSIBLE CAUSA
<b>Humo azul/blanco en el escape</b>	Grado incorrecto de aceite lubricante Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Poca compresión Junta de la culata de cilindros dañada Mal funcionamiento en frío Cilindros gastados Juego de anillos pegados, gastados o rotos Guías y vástagos de válvulas gastados Demasiado aceite en el filtro o grado equivocado Pistón trabado Deflectores de aceite de los vástagos de las válvulas dañados Fuga de aceite por los sellos del turbocargador
<b>Baja presión de aceite</b>	Grado incorrecto de aceite lubricante Cojinetes gastados o averiados Insuficiente aceite en el cárter Indicador de aceite averiado Bomba de aceite gastada Válvula reguladora de presión pegada (abierta) Válvula reguladora de presión pegada (cerrada) Resorte de la válvula de presión dañado Tubería de succión de aceite dañada Filtro de aceite atascado Coladera del cárter bloqueada
<b>Sobrecalentamiento</b>	Restricción en el sistema de admisión Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Equipo de encendido en frío dañado Distribución incorrecta de la bomba de inyección Sincronización incorrecta de válvulas Restricción del tubo de escape Junta de la culata de cilindros dañada Termostato dañado Restricción en la camisa de agua Bandas flojas de la bomba de agua Radiador obstruido o incorrecto Bomba de agua averiada Nivel de agua demasiado bajo

FALLA	POSIBLE CAUSA
<b>Vibración</b>	Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Poca compresión Regulador pegado o movimiento restringido Junta de la culata de cilindros dañada Sobrecalentamiento Válvulas pegadas Tubos de alta presión incorrectos Pistón trabado Ventilador averiado Montaje incorrecto del motor (cubierta) Alineación incorrecta de la cubierta del volante
<b>Funcionamiento irregular</b>	Falla en la operación de control de paro Tubo de alimentación bloqueado Bomba alimentadora dañada Filtro de combustible obstruido Restricción en el sistema de admisión Aire en el sistema de combustible Bomba de inyección dañada Inyectores dañados o del tipo incorrecto Equipo de encendido en frío dañado Poca compresión Orificio del tanque de combustible bloqueado Regulador pegado o movimiento restringido Sobrecalentamiento Ajuste incorrecto de punterías Válvulas pegadas Tubos de alta presión incorrectos Juego de anillos pegados, gastados o rotos Demasiado aceite en el filtro o grado equivocado Grado incorrecto de aceite lubricante Indicador de aceite averiado Válvula reguladora de presión pegada (cerrada) Pistón trabado Resorte de válvula roto
<b>El motor arranca pero se detiene inmediatamente</b>	Filtro de combustible obstruido Restricción en el sistema de admisión Aire en el sistema de combustible Uso incorrecto del equipo de encendido en frío Regulador pegado o movimiento restringido

## **Anexo 3 Información sobre los componentes del tren motriz**

---

La información presentada en este anexo a manera de ejemplo, es la que los fabricantes proporcionan a sus clientes y sólo se reproduce con el fin de conocer las características técnicas de los elementos del tren motriz.

Esta información se presenta bajo autorización de Cummins S.A. de C.V., Detroit Diesel Allison de México S.A. de C.V. y Transmisiones TSP S.A. de C.V.

## C.1 Motores

### C.1.1 Motores Cummins

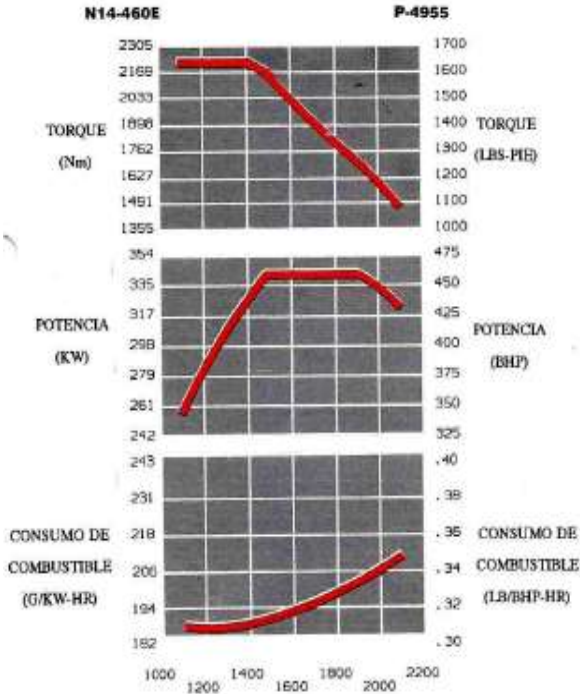
#### ESPECIFICACIONES

##### DESEMPEÑO

El desempeño del motor en las condiciones que marca el estándar SAE J1995 de altitud 300 pies (90 m), [presión barométrica de 29.61 pulgadas de mercurio (100 kPa)], temperatura del aire de admisión 77° F (25° C) y presión de vapor de Agua 0.30 pulgadas de mercurio (1 kPa); con combustible diesel No. 2, estará dentro del 5% de lo mostrado en la tabla, al momento del embarque del motor. El desempeño actual puede variar con las diferentes condiciones ambientales.

Las curvas representan el desempeño del motor incluyendo el sistema de combustible, la bomba de agua, la bomba de aceite de lubricación, el compresor de aire (descargado) y con 10 pulgadas de agua (250 mm.) de restricción en el aire de admisión y con 2.0 pulgadas de agua (50 mm.) de restricción en el escape; no están incluidos el alternador, el ventilador, equipo opcional y componentes de mundo.

La curva mostrada de consumo de combustible (BSFC) es en condiciones de carga máxima. Este no es un indicador real de la cantidad de millas por tanque de combustible, por el hecho de que el motor opera solo una parte del tiempo en la curva de carga máxima. Durante una cantidad de tiempo considerable, el motor opera en condiciones de carga parcial. Por lo tanto, las curvas BSFC a carga máxima no deben ser usadas como su indicador de millas por tanque de combustible.



#### ESPECIFICACIONES

Potencia Máxima	460 bhp	(343 kW)
Torque Pico	1650 lbs.-pie	(2237 Nm)
Velocidad Gobernada	2100 rpm	(2100 rpm)
Torque con el Embrague Acoplado	800 lbs.-pie	(1085 Nm)
Numero de Cilindros	6	(6)
Diámetro y Carrera	5.5 x 6.0 plg.	(140x152 mm.)
Desplazamiento del Motor	855 plg. cub.	(14 L)
Relación de Compresión	16.5:1	(16.5:1)
Ciclos de Operación	4	(4)
Capacidad del Sistema de Aceite *	11 Galones E.U.	(42 L)
Capacidad de Refrigerante	20 Cuartos E.U.	(21 L)
(Solo el Motor)		
Peso Neto incluyendo Accesorios	2805 lbs.	(1272 kg)
Estándar, sin Aceite		
Relación Peso/Potencia	6.10 lbs./hp	(3.71 kg/kW)

\*con Filtro de Aceite tipo  
Combinación

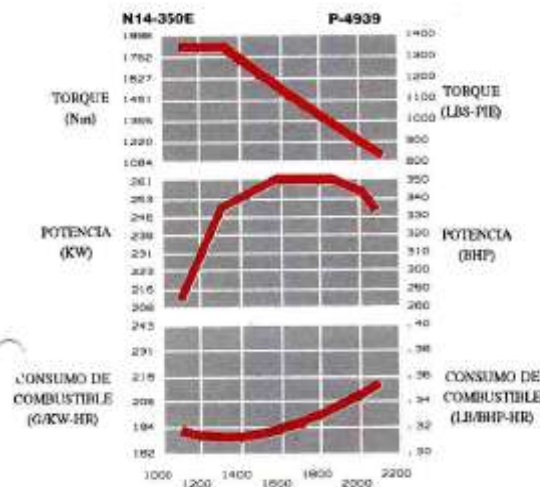
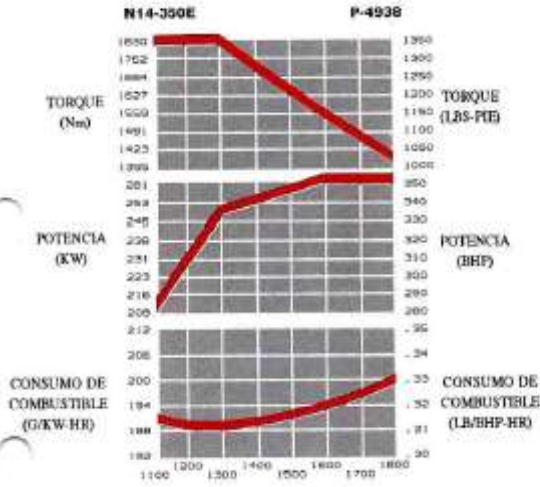
## ESPECIFICACIONES

### DESEMPEÑO

El desempeño del motor en las condiciones que marca el estándar SAE J1995 de altura 300 pies (90 m); [presión barométrica de 29.61 pulgadas de mercurio (100 kPa)], temperatura del aire de admisión 77° F (25° C) y presión de vapor de Agua 0.30 pulgadas de mercurio (1 kPa); con combustible diesel No. 2, está dentro del 5% de lo mostrado en la tabla, al momento del empuje del motor. El desempeño actual puede variar con las diferentes condiciones ambientales.

Las curvas representan el desempeño del motor incluyendo el sistema de combustible, la bomba de agua, la bomba de aceite de lubricación, el compresor de aire (descargado) y con 10 pulgadas de agua (250 mm.) de restricción en el aire de admisión y con 2.0 pulgadas de agua (50 mm.) de restricción en el escape; no están incluidos el alternador, el ventilador, equipo opcional y componentes de mando.

La curva mostrada de consumo de combustible (BSFC) es en condiciones de carga máxima. Este no es un indicador real de la cantidad de millas por tanque de combustible, por el hecho de que el motor opera solo una parte del tiempo en la curva de carga máxima. Durante una cantidad de tiempo considerable, el motor opera en condiciones de carga parcial. Por lo tanto, las curvas BSFC a carga máxima no deben ser usadas como un indicador de millas por tanque de combustible.



### ESPECIFICACIONES

Potencia Máxima	350 bhp	(261 kW)
Torque Pico	1350 lbs.-pie	(1831 Nm)
Velocidad Gobernada (Tractocamiones)	1800 rpm	(1800 rpm)
Velocidad Gobernada (Vocacionales)	2100 rpm	(2100 rpm)
Torque con el Embrague Acoplado	800 lbs.-pie	(1085 Nm)
Numero de Cilindros	6	(6)
Diámetro y Carrera	5.5 x 6.0 plg.	(140x152 mm.)
Desplazamiento del Motor	855 plg. cub.	(14 L)
Relación de Compresión	18.5:1	(18.5:1)
Ciclos de Operación	4	(4)
Capacidad del Sistema de Aceite *	11 Galones E.U.	(42 L)
Capacidad de Refrigerante (Solo el Motor)	20 Cuartos E.U.	(21 L)
Peso Neto incluyendo Accesorios Estándar, sin Aceite	2805 lbs.	(1272 kg)
Relación Peso/Potencia	8.01 lbs./hp	(4.87 kg/kW)

\*con Filtro de Aceite tipo Combinación

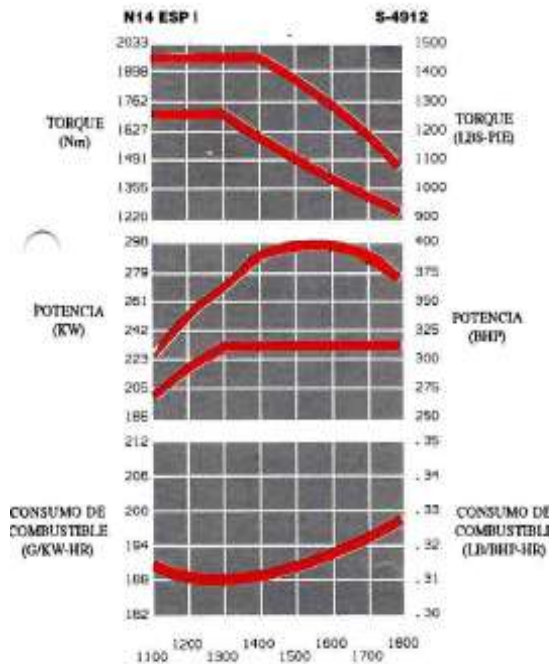
## ESPECIFICACIONES

### DESEMPEÑO

El desempeño del motor en las condiciones que marca el estándar SAE J1995 de altitud 300 pies (90 m); presión barométrica de 29.61 pulgadas de mercurio (100 kPa), temperatura del aire de admisión 77° F (25° C) y presión de vapor de Agua 0.30 pulgadas de mercurio (1 kPa); con combustible diesel No. 2, estará dentro del 5% de lo mostrado en la tabla, al momento del embarque del motor. El desempeño actual puede variar con las diferentes condiciones ambientales.

Las curvas representan el desempeño del motor incluyendo el sistema de combustible, la bomba de agua, la bomba de aceite de lubricación, el compresor de aire (descargado) y con 10 pulgadas de agua (250 mm.) de restricción en el aire de admisión y con 2.0 pulgadas de agua (50 mm.) de restricción en el escape; no están incluidos el alternador, el ventilador, equipo opcional y componentes de mando.

La curva mostrada de consumo de combustible (BSEC) es en condiciones de carga máxima. Este no es un indicador real de la cantidad de millas por tanque de combustible, por el hecho de que el motor opera sólo una parte del tiempo en la curva de carga máxima. Durante una cantidad de tiempo considerable, el motor opera en condiciones de carga parcial. Por lo tanto, las curvas BSEC a carga máxima no deben ser usadas como un indicador de millas por tanque de combustible.



### ESPECIFICACIONES

Potencia Máxima	310-390 bhp	(231-290 kW)
Torque Pico	1250-1450 lbs.-pie	(1605-1986 Nm)
Velocidad Gobernada	1800 rpm	(1800 rpm)
Torque con el Embrague Acoplado	800 lbs.-pie	(1085 Nm)
Numero de Cilindros	6	(6)
Diámetro y Carrera	5.5 x 6.0 plg.	(140x152 mm)
Desplazamiento del Motor	855 plg. cub.	(14 L)
Relación de Compresión	18.5:1	(18.5:1)
Ciclos de Operación	4	(4)
Capacidad del Sistema de Aceite *	11 Galones E.U.	(42 L)
Capacidad de Refrigerante	20 Cuartos E.U.	(21 L)
(Solo el Motor)		
Peso Neto incluyendo Accesorios Estándar, sin Aceite	2805 lbs.	(1272 kg)
Relación Peso/Potencia	9.05 lbs./hp	(5.51 kg/kW)

\*con Filtro de Aceite tipo Combinación

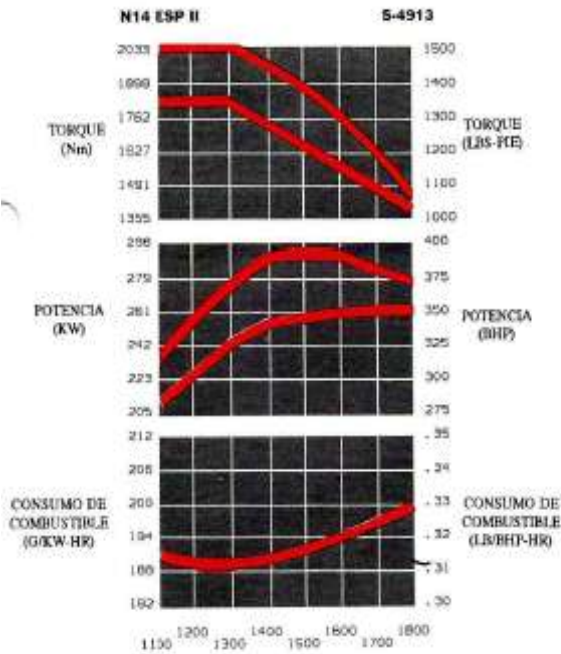
## ESPECIFICACIONES

### DESEMPEÑO

El desempeño del motor en las condiciones que marca el estándar SAE J1995 de altitud 300 pies (90 m); [presión barométrica de 29.61 pulgadas de mercurio (100 kPa)], temperatura del aire de admisión 77° F (25° C) y presión de vapor de Agua 0.50 pulgadas de mercurio (1 kPa); con combustible diesel No. 2, estará dentro del 5% de lo mostrado en la tabla, el momento del empuje del motor. El desempeño actual puede variar con las diferentes condiciones ambientales.

Las curvas representan el desempeño del motor incluyendo el sistema de combustible, la bomba de agua, la bomba de aceite de fabricación, el compresor de aire (descargado) y con 10 pulgadas de agua (250 mm.) de restricción en el aire de admisión y con 2.0 pulgadas de agua (50 mm.) de restricción en el escape; no están incluidos el alternador, el ventilador, equipo opcional y componentes de mando.

La curva mostrada de consumo de combustible (BSFC) es en condiciones de carga máxima. Este no es un indicador real de la cantidad de millas por tanque de combustible, por el hecho de que el motor opera solo una parte del tiempo en la curva de carga máxima. Durante una cantidad de tiempo considerable, el motor opera en condiciones de carga parcial. Por lo tanto, las curvas BSFC a carga máxima no deben ser usadas como un indicador de millas por tanque de combustible.



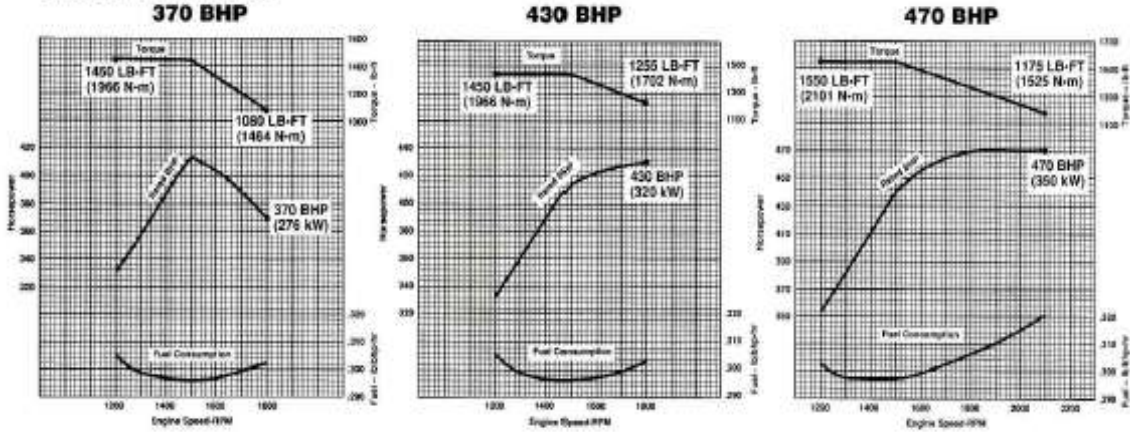
### ESPECIFICACIONES

Potencia Máxima	350-390 bhp	(261-291 kW)
Torque Pico	1350-1500 lbs.-pie	(1831-2034Nm)
Velocidad Gobernada	1800 rpm	(1800 rpm)
Torque con el Embrague Acoplado	800 lbs.-pie	(1085 Nm)
Numero de Cilindros	6	(6)
Diámetro y Carrera	5.5 x 6.0 plg.	(140x152 mm)
Desplazamiento del Motor	855 plg. cub.	(14 L)
Relación de Compresión	18.5:1	(18.5:1)
Ciclos de Operación	4	(4)
Capacidad del Sistema de Aceite *	11 Galones E.U.	(42 L)
Capacidad de Refrigerante	20 Cuartos E.U.	(21 L)
(Solo el Motor)		
Peso Neto incluyendo Accesorios	2805 lbs.	(1272 kg)
Estándar, sin Aceite		
Relación Pico/Potencia	8.01 lbs./bhp	(4.87 kg/kW)

\*con Filtro de Aceite tipo  
Combinación

## C.1.2 Motores Detroit Diesel-Allison

### Performance Curves

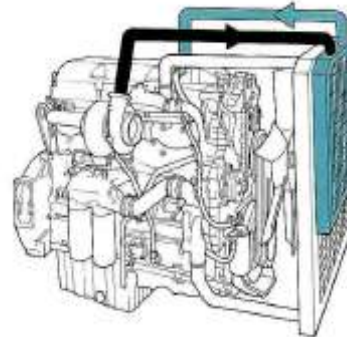


### Rating Explanation

RATED BHP is the power rating for variable speed and load applications where full power is required intermittently.  
 FUEL CONSUMPTION CURVE shows fuel used in pounds per brake horsepower hour.

THIS RATING does not include power requirements for accessory and standard equipment.

**Air-to-Air Charge Cooling**—To enhance fuel economy, the Series 60 has been designed to use air-to-air charge cooling. Air-to-air offers fuel economy gains of 2-5% over traditional intake air cooling systems. Incoming air is compressed by the turbocharger and directed to a finned heat exchanger in front of the vehicle's radiator. The heat exchanger uses no liquid coolant but relies instead on ram air for cooling the charge air resulting in lower intake air temperature from approximately 300°F(149°C) to below 100°F(38°C). This cooler air aids combustion, thereby increasing fuel economy.



■ Hot Air  
 ■ Cool Air

**Series 60**  
**24 Hour Hot Line**  
**Phone 1-800-445-1980**



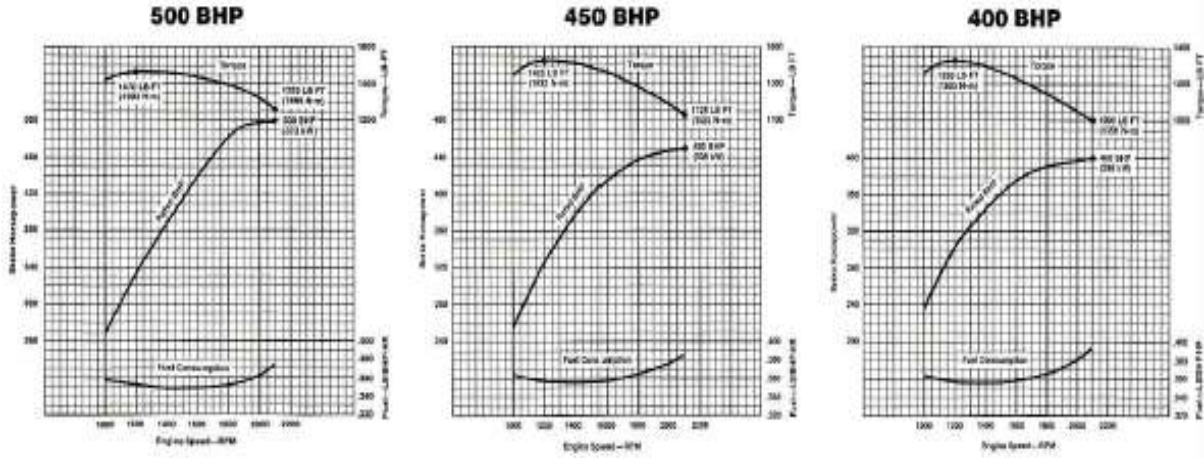
13400 Outer Drive, West / Detroit, Michigan 48239-4001  
 Telephone: 313-592-5000  
 FAX: 313-592-7288



Detroit Diesel®, the spinning arrows and Series 60® are registered trademarks of Detroit Diesel Corporation  
 3BA353 9504 As technical advancements continue, specifications will change. Printed in U.S.A.



**Performance Curves**

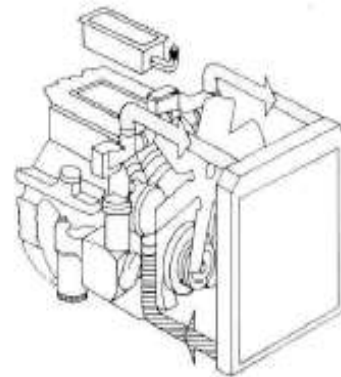


**Rating Explanation**

RATED BHP is the power rating for variable speed and load applications where full power is required infrequently.  
 FUEL CONSUMPTION CURVE shows fuel used in pounds per brake horsepower hour.

POWER OUTPUT guaranteed within 5% at rated ambient conditions.  
 THIS RATING does not include power requirements for accessory and standard equipment.

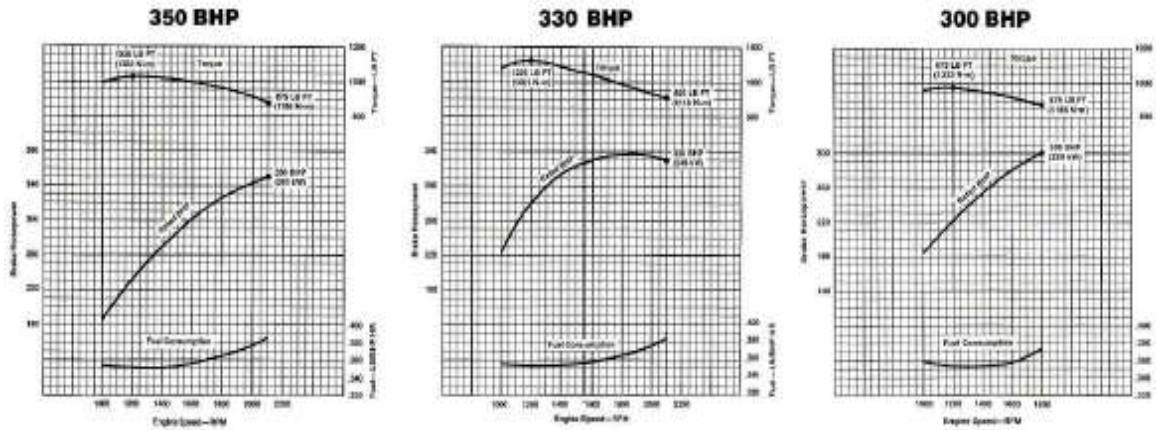
**Jacket Water Aftercooled (JWAC)**—In JWAC models coolant circulates from the water pump through the engine, through the aftercooler, to the radiator and back to the water pump. Air enters the engine from the turbocharger and is directed to the bypass blower. After passing through and around the bypass blower, the air travels through the aftercooler, where it is cooled from over 300°F down to approximately 200°F at 85°F ambient temperature and made denser, thus aiding fuel economy. From the aftercooler the cool, dense air travels to the airbox and engine cylinder for combustion.



13400 Outer Drive, West / Detroit, Michigan 48239-4001  
 Telephone: 313-592-6000  
 Telex: 4320091 / TWX: 810-221-1649  
 FAX: 313-592-7268

Detroit Diesel® and the spinning arrows are registered trademarks of Detroit Diesel Corporation  
 3S4351 9202 As technical advancements continue, specifications will change. Printed in U.S.A.

**Performance Curves**



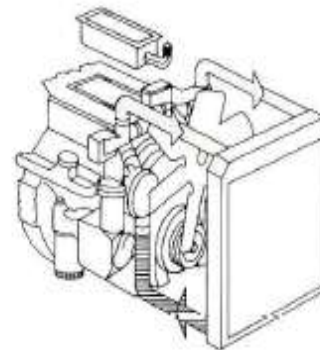
**Rating Explanation**

RATED BHP is the power rating for variable speed and load applications where full power is required intermittently.  
 FUEL CONSUMPTION CURVE shows fuel used in pounds per brake horsepower hour.

POWER OUTPUT guaranteed within 5% at rated ambient conditions.  
 THIS RATING does not include power requirements for accessory and standard equipment.

**Jacket Water Aftercooled (JWAC)**—In JWAC models coolant circulates from the water pump through the engine, through the aftercooler, to the radiator and back to the water pump. Air enters the engine from the turbocharger and is directed to the bypass blower. After passing through and around the bypass blower, the air travels through the aftercooler, where it is cooled from over 300°F down to approximately 200°F at 85°F ambient temperature and made denser, thus aiding fuel economy. From the aftercooler the cool, dense air travels to the airbox and engine cylinder for combustion.

- Hot Water
- Cool Water

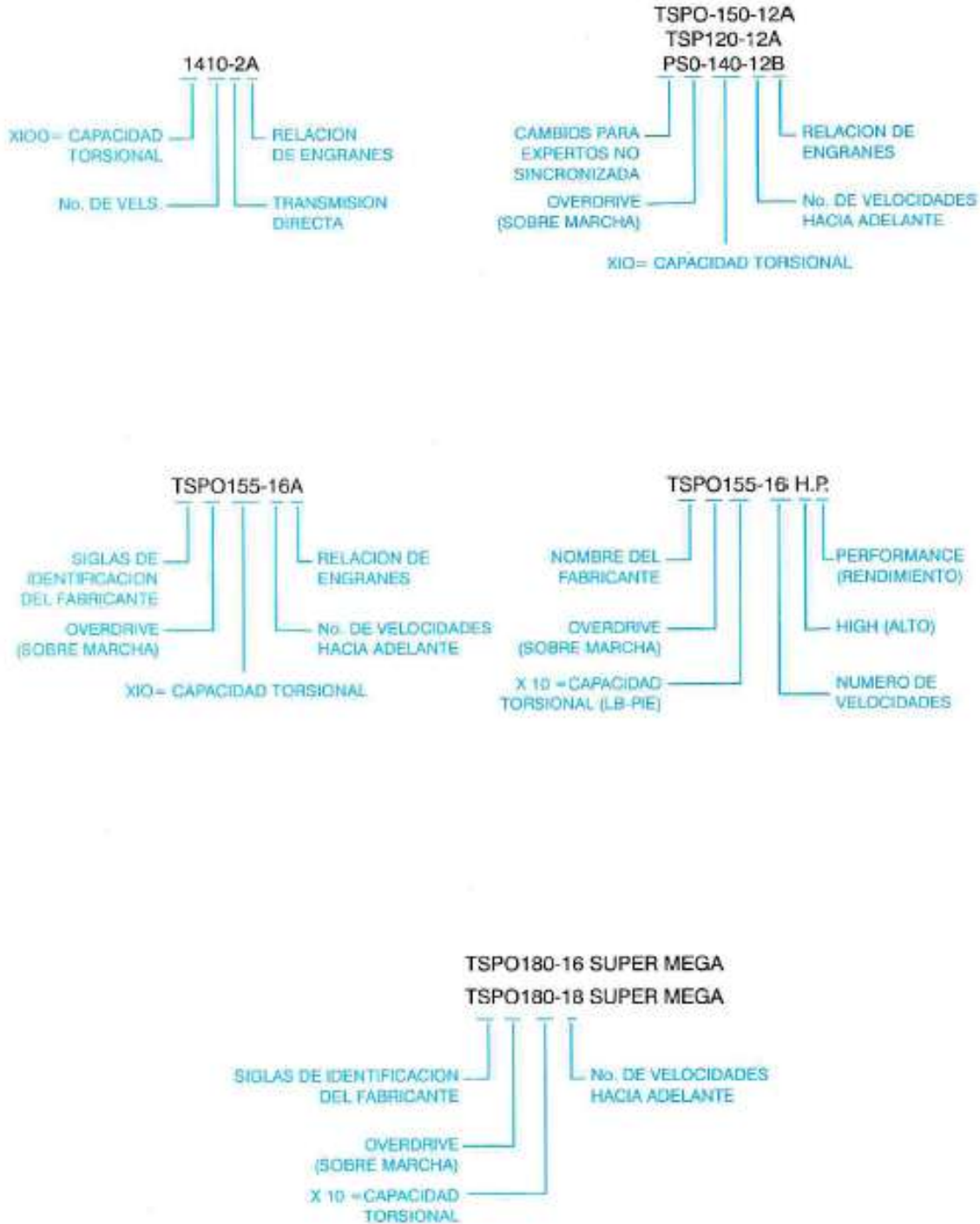


13400 Outer Drive, West / Detroit, Michigan 48239-4001  
 Telephone: 313-592-5000  
 Telex: 4320091 / TWX: 610-221-1649  
 FAX: 313-592-7288

Detroit Diesel® and the spinning arrows are registered trademarks of Detroit Diesel Corporation.  
 3SA350 9902 As technical advancements continue, specifications will change. Printed in U.S.A.

## C.2 Transmisiones

### C.2.1 Transmisiones TSP: Identificación de modelos



## C2.2 Especificaciones de transmisiones SPICER



### TRANSMISIONES TSP

*Mexicanos Construyendo un Mejor Camino*

## TRANSMISIONES NO SINCRONIZADAS

MODELO	No. VELS	CAPACIDAD TORSIONAL (LBS-PIE)	REVERSA				VELOCIDADES Y RELACIONES DE PASO																		
			1	2	3	4	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%	6	%	7	%	8	%	9	%	
PS130-6L	6	1300	14.49	8.53			14.49	70	8.53	75	4.87	69	2.87	72	1.67	67	1.00								
SST1362-B	6	1300	8.53				8.53	75	4.87	62	3.00	57	1.90	43	1.33	33	1.00								
SST1463-C	6	1400					7.46	82	4.08	80	2.26	54	1.46	46	1.00	19	0.84								
TSP120-7A	7	1200	6.53				6.53	42	4.59	39	3.30	39	2.37	36	1.74	32	1.31	31	1.00						
PSO120-8LL	8	1200	21.31	7.47			21.31	64	12.99	74	7.47	64	4.55	65	2.75	65	1.67	67	1.00	30	0.77				
SST1010-2A	10	1000	8.86	6.97			8.86	27	6.97	29	5.40	27	4.25	27	3.35	28	2.63	29	2.03	28	1.59	26	1.27	27	
SST1310-2A	10	1300	10.00	7.77			10.00	29	7.77	27	6.11	29	4.74	31	3.64	29	2.82	29	2.18	29	1.69	31	1.29	29	
SST1410-2A	10	1400	8.86	6.97			8.86	27	6.97	29	5.40	27	4.25	27	3.35	27	2.63	30	2.03	28	1.59	25	1.27	27	
SST1410-3A	10	1400	8.86	6.83			8.86	30	6.83	35	5.05	29	3.90	31	2.98	30	2.30	32	1.74	30	1.34	34	1.00	30	
TSP120-12A	12	1200	17.08	13.20	10.06	7.77	17.08	29	13.20	31	10.06	29	7.77	27	6.13	29	4.74	30	3.65	29	2.82	29	2.18	29	
PSO140-12B	12	1400	15.05	11.60	8.86	6.83	15.05	30	11.60	31	8.86	30	6.83	35	5.06	30	3.90	35	2.90	30	2.23	31	1.70	30	
TSP0150-12A	12	1500	12.68	9.96	7.47	5.87	12.68	27	9.96	33	7.47	27	5.87	32	4.45	27	3.50	33	2.63	28	2.06	27	1.62	28	
PS85-14-AL	14	850	28.59	22.14	10.00	7.77	28.59	29	22.14	27	17.41	29	13.51	35	10.08	29	7.77	27	6.11	29	4.74	30	3.64	29	
PSO85-14-AL	14	850	25.30	19.49	8.86	6.83	25.30	30	19.49	35	14.44	30	11.12	28	8.86	30	6.83	35	5.07	30	3.90	35	2.90	30	
TSP0155-14-HP	14	1550	14.58	11.60	9.15	7.31	14.58	26	11.60	26	9.18	26	7.31	25	5.66	26	4.66	28	3.69	26	2.94	26	2.33	26	
TSP0155-16A	16	1550	12.83	10.81	8.86	7.47	12.83	19	10.81	22	8.66	19	7.47	20	6.25	19	5.26	22	4.31	19	3.63	21	3.01	19	
TSP0155-16HP	16	1550	14.52	11.97	9.96	8.21	14.52	21	11.97	20	9.96	21	8.21	21	6.81	21	5.61	20	4.67	21	3.85	22	3.15	21	
TSP0175-16 MEGA	16	1750	14.52	11.97	9.96	8.21	14.52	21	11.97	20	9.96	21	8.21	21	6.81	21	5.61	20	4.67	21	3.85	22	3.15	21	
TSP0175-18 MEGA	18	1750	14.21	11.97	10.13	8.53	14.21	19	11.97	18	10.13	19	8.53	14	7.46	19	6.28	18	5.32	19	4.48	15	3.89	19	
TSP0180-16 SUPER MEGA	16	1800	14.52	11.97	9.96	8.21	14.52	21	11.97	20	9.96	21	8.21	21	6.81	21	5.61	20	4.67	21	3.85	22	3.15	21	
TSP0180-18 SUPER MEGA	18	1800	14.21	11.97	10.13	8.53	14.21	19	11.97	18	10.13	19	8.53	14	7.46	19	6.28	18	5.32	19	4.48	15	3.89	19	



# TRANSMISIONES TSP

Mexicanos Construyendo un Mejor Camino

## ESPECIFICACIONES DE ENSAMBLE

MODELO	CAMPANA	F/MANDO	YUGO	BREDA	TAPA CAMBIOS	VELOCIMETRO
SST-6	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1710, 1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
TSP-7	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1710, 1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
PS-8	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1710, 1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
SST-10	SAE 1 SAE 2	1 1/2" 6 1 3/4"	1710, 1810		C.C.	ELECTRICO O MECANICO
TSP-12 Y PS-12	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1710, 1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
TSP-14	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1710, 1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
TSP-16	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1710, 1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
TSP-16 SUPER MEGA	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO
TSP-18 SUPER MEGA	SAE 1 SAE 2	1 3/4" 6 2"	1810		C.C. C.D.	ELECTRICO O MECANICO

## TRANSMISIONES NO SINCRONIZADAS

MODELO	No. VELS	CAPACIDAD TORSIONAL (LBS-PIE)	VELOCIDADES Y RELACIONES DE PASO																PESO (LB)	LONGITUD (PULG.)	CAPACIDAD ACEITE (QTZ.)	CLASE	GVW / GCW
			10	%	11	%	12	%	13	%	14	%	15	%	16	%	17	%					
PS130-6L	6	1300																763	34.812	14.2	7 / 8	33000 / 64000	
SST1362-B	6	1300																583	28.125	19.4	7 / 8	33000 / 64000	
SST1463-C	6	1400																583	28.125	19.4	7 / 8	33000 / 90000	
TSP120-7A	7	1200																612	28.125	19.4	7 / 8	33000 / 65000	
PSO120-8LL	8	1200																743	34.812	14.2	7 / 8	33000 / 90000	
SST1010-2A	10	1000	1.00															570	28.125	19.4	7 / 8	33000 / 65000	
SST1310-2A	10	1300	1.00															570	28.125	19.4	8	33000 / 85000	
SST1410-2A	10	1400	1.00															570	28.125	19.4	8	33000 / 65000	
SST1410-3A	10	1400	0.77															570	28.125	19.4	8	33000 / 65000	
TSP120-12A	12	1200	1.69	31	1.29	29	1.00											796	34.812	14.2	8	33000 / 90000	
PSO140-12B	12	1400	1.31	31	1.00	30	0.77											796	34.812	14.2	8	33000 / 90000	
TSP0150-12A	12	1500	1.27	27	1.00	27	0.79											796	34.812	14.2	8	33000 / 90000	
PS85-14-AL	14	850	2.82	29	2.18	29	1.69	31	1.29	29	1.00							796	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
PSO85-14-AL	14	850	2.23	31	1.70	30	1.31	31	1.00	30	0.77							796	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0155-14-HP	14	1550	1.85	24	1.50	26	1.19	19	1.00	26	0.80							796	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0155-16A	16	1550	2.53	22	2.08	19	1.75	21	1.44	19	1.22	22	1.00	19	0.84			796	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0155-16HP	16	1550	2.60	20	2.16	21	1.78	22	1.46	22	1.20	20	1.00	22	0.82			796	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0175-18 MEGA	18	1750	2.60	20	2.16	21	1.78	22	1.46	22	1.20	20	1.00	22	0.82			841	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0175-18 MEGA	18	1750	3.27	18	2.77	19	2.33	19	1.96	19	1.65	18	1.40	19	1.18	18	1.00	841	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0180-18 SUPER MEGA	18	1800	2.40	20	2.16	21	1.78	22	1.46	22	1.20	20	1.00	22	0.82			893	34.812	14.2	8	33000 / 120000	
TSP0180-18 SUPER MEGA	18	1800	3.27	18	2.77	19	2.33	19	1.96	19	1.65	18	1.40	19	1.18	18	1.00	893	34.812	14.2	8	33000 / 150000	

**CIUDAD DE MÉXICO**

Av. Nuevo León 210  
Col. Hipódromo Condesa  
CP 06100, México, D F  
Tel +52 (55) 52 653600  
Fax +52 (55) 52 653600

**SANFANDILA**

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000  
CP 76700, Sanfandila  
Pedro Escobedo, Querétaro, México  
Tel +52 (442) 216 9777  
Fax +52 (442) 216 9671



INSTITUTO  
MEXICANO DEL  
TRANSPORTE



[www.imt.mx](http://www.imt.mx)

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)