

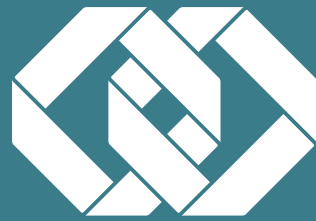
GUÍAS

Conducción
eficiente
de vehículos
industriales

001

www.idae.es





IDAE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

**Conducción
eficiente
de vehículos
industriales**



IDAE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

Guía IDAE: Conducción eficiente de vehículos industriales

Edita: Fundación Transporte y Formación

Elaboración y Coordinación: IDAE - Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento

Diseño: Juan Martínez Estudio

Maquetación: Sedán Oficina de Imaginación

Depósito Legal: M-1079-2012

Madrid, noviembre de 2011

Soporte técnico: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica.

Agradecimientos: Centro de Formación "Laseu 3" por su aporte técnico de formación en la conducción. Man, Scania, Mercedes Benz e Iveco, por sus aportaciones al manual y por la cesión de fotografías. Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT), por su participación en pilotos de formación en la conducción eficiente en autobuses urbanos. BP, por su participación en pilotos de formación en la conducción eficiente en vehículos de transporte de mercancías.

Esta publicación ha sido producida por el IDAE y está incluida en su fondo editorial. La presente edición del manual se realiza de forma especial para su distribución en los programas de cursos de formación en la conducción eficiente para conductores profesionales puestos en marcha por el IDAE y la DGTT del Ministerio de Fomento, en colaboración con los departamentos de Viajeros y Mercancías del CNTC y con ANIACAM y ANFAC respectivamente.

Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.

ÍNDICE

Presentación	7
Prólogo	11
Introducción	15
Consumo de energía y emisiones al medio ambiente en el transporte por carretera	17
· Los vehículos industriales	
· El consumo de energía en el transporte	
· Impacto del transporte en el medio ambiente	
· Medición del consumo de carburante de los vehículos industriales	
· Ventajas de la conducción eficiente	
Tecnología de motores y vehículos	29
· Conceptos de potencia y par motor	
· El motor como consumidor de energía	
· Curvas características del motor y curvas de equiconsumo	
· El consumo de energía en un vehículo	
· Parámetros externos al vehículo: influencia en el consumo	
· La caja de cambios y su influencia en la tracción y el consumo de carburante	
· La inercia de un vehículo en movimiento	
La actitud del conductor	47
· Mentalidad y responsabilidad	
· Antes de arrancar	
· Previsión y anticipación	

Control y conducción del vehículo _____ **51**

- Control de los neumáticos
- Control del motor
- Sistemas de ayuda a la reducción del consumo
- La carga del vehículo
- Arranque del motor e inicio del movimiento del vehículo
- Selección de la marcha en el cambio
- Circulación en una determinada marcha
- Frenadas y deceleraciones
- Paradas prolongadas. Detención del vehículo

Respuesta ante diferentes situaciones de tráfico _____ **67**

- Salida a la circulación
- Semáforos y detenciones previsibles
- Curvas y giros
- Otras situaciones del tráfico
- Pendientes ascendentes y descendentes
- Adelantamientos y situaciones especiales
- Conducción urbana. Tráfico congestionado
- Conducción de autobuses

Ejemplos prácticos _____ **75**

Metodología de la formación práctica _____ **81**

- Selección del recorrido y procedimientos de control de consumo
- Primera tanda de conducción
- Clase teórica
- Demostración práctica
- Segunda tanda de conducción
- Puesta en común final. Análisis de los resultados

Claves de la conducción eficiente 87

- Características del motor del vehículo
- Arranque del motor
- Inicio del movimiento del vehículo
- Realización de los cambios de marchas
- Saltos de marchas
- Selección de la marcha de la circulación
- Velocidad uniforme de circulación
- Deceleraciones
- Paradas y estacionamientos
- Previsión y anticipación
- Circunstancias exigentes

Presentación

El sector del transporte profesional por carretera, de pasajeros y de mercancías, es esencial para garantizar un adecuado desarrollo social y económico en nuestro país, así como para el logro de una mayor cohesión del territorio.

Sin embargo, el consumo energético del sector tiene una notable incidencia, tanto en el consumo global nacional, al representar en torno al 15% del consumo de energía final, como en la estructura de costes de las empresas. Por ello, resulta prioritario aumentar la eficiencia energética en el sector y reducir su consumo energético, con el fin de mejorar su competitividad y sostenibilidad.

Un estilo de conducción eficiente representa un medio de bajo coste y gran eficacia para la mejora de la eficiencia en las empresas del sector del transporte por carretera, que además conlleva la reducción de consumo de combustible con los consiguientes ahorros económicos. La "conducción eficiente" es un estilo de conducción dinámico, que implica saber adaptarse a las mejoras tecnológicas que incorporan los modernos vehículos industriales para su mejor aprovechamiento. El sector cuenta con magníficos profesionales que serán capaces de perfeccionar con estas técnicas su estilo personal de conducción, logrando con ello un ahorro sustancial en el consumo de carburante, una reducción de emisiones al medio ambiente y una mejora de la seguridad en la conducción.

En el marco del Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Eficiencia Energética en España, la conducción eficiente de vehículos industriales (camiones y autobuses) se contempla como una de las medidas prioritarias de actuación en el sector del transporte. En este marco, desde el año 2006 vienen realizándose campañas anuales de cursos prácticos de formación en la conducción eficiente para conductores profesionales de vehículos industriales, puestos en marcha en colaboración entre el IDAE y los gobiernos de las CCAA.

También se encuentran en marcha además en este mismo marco, otras iniciativas como los programas de formación puestos en marcha por el IDAE y la DGTT del Ministerio de Fomento, en colaboración con las Asociaciones de fabricantes e importadores de vehículos (ANFAC y ANIACAM) y las asociaciones de transporte por carretera englobadas en los departamentos de Viajeros y Mercancías del CNTC. Estos programas concluyeron recientemente con la formación conjunta de un total de 14.367 conductores profesionales, recogiendo además un notable éxito de valoración por parte de los alumnos y empresas de transporte asistentes a los cursos, así como de las entidades formadoras participantes.

El éxito de estos programas ha sido tenido en cuenta para que, en el marco del Plan de Intensificación de Ahorro Energético, aprobado en Consejo de Ministros el pasado día 4 de marzo de 2011, se contemple, entre otras medidas especiales de ahorro energético, su ampliación para formar a un número de 15.000 conductores profesionales adicionales a los ya formados con anterioridad.

Como material soporte de esta formación, se ha procedido a reeditar el presente "Manual para la conducción eficiente de vehículos industriales", para cuya

elaboración el IDAE contó en su día con el apoyo institucional de la Dirección General de Transportes Terrestres del Ministerio de Fomento y de la DGT (Dirección General de Tráfico) y que cuenta con un amplio consenso y participación del sector, a través de la colaboración especial prestada por CEFTRAL (Confederación Española de Formación del Transporte y la Logística) y también del apoyo recibido de otras relevantes empresas del sector de la automoción, fabricantes e importadores, empresas y asociaciones de transporte y otras entidades de la enseñanza de la conducción. A todas ellas muestro un sincero agradecimiento.

Alfonso Beltrán García- Echániz

Director General del IDAE

Prólogo

Cada vez más la preocupación por los temas medioambientales y el desarrollo sostenible, como las emisiones de contaminantes a la atmósfera, el alto precio de los combustibles clásicos, su escasez y la búsqueda de fuentes alternativas, el progresivo recalentamiento de la atmósfera y el cambio climático entre otros, van calando en la conciencia colectiva y se muestran como demandas sociales a las que los gobiernos deben dar respuestas.

El Estado español, en el marco de las políticas impulsadas por la Unión Europea ha adoptado medidas como el Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética (E-4) y el Plan de Medidas Urgentes y de Acción 2008-2012; la Estrategia española de cambio climático y energía limpia, la estrategia española de desarrollo sostenibles, la de calidad del aire, entre otras iniciativas, que demuestran su preocupación y su compromiso por esta cuestión.

El Ministerio de Fomento trabaja en estos temas adoptando las medidas necesarias para crear las condiciones que permitan frenar las emisiones y minimizar el impacto negativo en el ámbito de sus competencias, siendo un colaborador activo en todas las estrategias anteriormente mencionadas.

En el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT) se establece como objetivo la mejora de la eficiencia del sistema de transporte y su contribución a la sostenibilidad. El propio PEIT contempla entre el conjunto de acciones a emprender con carácter prioritario en materia de servicios de transporte por carretera, el impulso de la contribución de dicho modo de transporte a la mejora del medio ambiente y a una mayor eficiencia en el uso de la energía, a través de un amplio conjunto de medidas entre las que expresamente se señala el apoyo a programas de formación en conducción eficiente para conductores profesionales. Es dentro de este planteamiento donde adquiere relevancia el apoyo a iniciativas como la de este manual.

La máxima eficacia y sostenibilidad del sistema se lograría en la situación ideal en que ninguna persona sintiese la necesidad de desplazarse, pero dado que esto es imposible, se busca actuar desde una doble perspectiva que suponga de una parte la mejora tecnológica de los vehículos que día a día disminuyen sus emisiones, el incremento del uso de biocarburantes (el PEIT prevé que se incremente hasta el 5,75%), y de otra actuando sobre la forma de utilizarlos, es decir, sobre la forma de conducir. Es aquí donde adquiere importancia una buena enseñanza sobre conducción eficiente como la que se plantea en esta publicación.

En esta última faceta incide especialmente el Real Decreto 1032/2007 de 20 de julio, de formación inicial y continua de conductores país y este Manual de Conducción eficiente para vehículos industriales, realizado por el IDAE con el apoyo del Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de Transporte Terrestre pretende constituir un complemento eficaz y práctico de la misma.

Agradezco a los profesionales que han colaborado en su redacción, y muy especialmente a la Fundación Transporte y Formación que presido, el esfuerzo realizado y deseo que contribuya eficazmente a la consecución del modelo de transporte que no hipoteque a las generaciones futuras y que asuma el reto de compatibilizar la competitividad y la calidad de vida.

Manel Villalante i Llauredó

Director General de Transporte Terrestre

Ministerio de Fomento

1 Introducción

A lo largo de los últimos años se han desarrollado importantes mejoras en la tecnología que incorporan los vehículos industriales, sin embargo, para lograr un buen aprovechamiento de estas mejoras, es necesaria la práctica de un nuevo estilo de conducción que se adapte a los vehículos modernos. A este nuevo estilo de conducción se le denominará en adelante como la “conducción eficiente”.

La conducción eficiente de vehículos industriales consiste en una serie de nuevas técnicas que, unidas a una adecuada actitud del conductor, dan lugar a un nuevo estilo de conducción que logra importantes ahorros de carburante y reducción de emisiones al medio ambiente, así como una mejora en la seguridad.

Estos logros se concretan en mejoras de distintos aspectos que se citan a continuación:

1. Ahorro de energía en el ámbito nacional.
2. Reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).
3. Ahorro económico en las empresas de transporte.
4. Reducción de contaminación atmosférica.
5. Mejora del confort y disminución del estrés en la conducción.
6. Reducción del riesgo y gravedad de los accidentes.
7. Reducción de los costes de mantenimiento.

Como en todo proceso de aprendizaje, la práctica es necesaria para alcanzar los objetivos deseados. Por esta razón, el presente manual significa el inicio de un proceso de aprendizaje que después el conductor deberá ir perfeccionando con su propia experiencia.

En los cursos prácticos de conducción eficiente se han obtenido ahorros medios de carburante del orden del 10%, a través de la realización de pruebas comparativas de consumos.

La estructura que presenta el manual, comienza con la presentación del marco energético y medioambiental del transporte por carretera en España. A continuación se aportan los fundamentos técnicos del funcionamiento de los motores, los sistemas de propulsión y de las resistencias al avance, mostrando su relación con el consumo de energía y las emisiones al medio ambiente.

Posteriormente, se presentan una serie de reglas de comportamiento que conforman una determinada actitud, que deberá ser adoptada por el conductor para conseguir la realización de una conducción eficiente. Se continuará después con el capítulo relativo al control del vehículo, exposición de las técnicas de la conducción eficiente y análisis de las mismas. A continuación se detallarán distintas aplicaciones prácticas de las técnicas a situaciones concretas del tráfico vial.

En los capítulos finales, se mostrará una serie de ejemplos concretos de la utilización de las técnicas, particularizados para determinados vehículos industriales en distintas situaciones de tráfico. Posteriormente se aportará la metodología a seguir para la enseñanza práctica de las técnicas, para concluir finalmente con la formulación de un breve compendio de las principales claves de este nuevo estilo de conducción.

2 Consumo de energía y emisiones al medio ambiente en el transporte por carretera

El transporte es el sector de mayor consumo energético y mayores emisiones de CO₂ en nuestro país. Dentro del sector del transporte, presenta especial relevancia el transporte por carretera de vehículos industriales, tanto de pasajeros como de mercancías.

2.1 Los vehículos industriales

Los vehículos industriales se pueden clasificar en **camiones y autobuses**, según transporten mercancías o pasajeros.

Autobuses

Los autobuses, tanto por ser vehículos destinados al transporte de pasajeros, como por la mayor relación potencia/peso que les caracteriza, requieren una conducción particular, que posteriormente será tratada de forma detallada. Se pueden clasificar según su ámbito de utilización en:

- *Urbanos*: realizan la mayor parte del recorrido por ciudad, por tanto, las características propias de la conducción de estos vehículos son las de continuas detenciones, paradas e inicios de marcha, altos períodos de funcionamiento del motor a ralentí y mayor utilización de las marchas cortas.
- *Extrurbanos*, pueden ser de:
 - Larga distancia: se caracterizan por recorridos interurbanos, que darán lugar a un estilo de conducción caracterizado por las altas velocidades de circulación, marchas largas y escasas detenciones y paradas.
 - Corta distancia: se caracterizan por recorridos mixtos con proporciones variables de conducción urbana y extraurbana.

Camiones

Los camiones se pueden clasificar según su bastidor, que es lo que les confiere características especiales a cada una de las categorías. La división más simple es la siguiente:

- *Rígidos*: camiones cuya cabina y caja están montadas sobre el mismo basculante. Pueden ser de tamaño pequeño, medio o grande.

- *Cabezas tractoras*: constan de un bastidor en el que va ubicado el motor y la cabina, concebido para arrastrar semirremolques.
- *Vehículos de obra y especiales*: podrían situarse dentro de la primera categoría (rígidos), aunque algunos de ellos puedan ser articulados. Se utilizan para el transporte de grandes cargas y volúmenes de mercancías. Debido a sus características especiales en cuanto a bastidor y transmisiones, que les adecúan a un entorno de trabajo más irregular y exigente, hay suficientes diferencias como para catalogar estos vehículos en otra categoría, aunque utilicen las mismas motorizaciones que los vehículos de las dos categorías anteriores.

A su vez, los camiones pueden subdividirse de la siguiente forma:

Rígidos. Atendiendo a su carga útil:

- *Ligeros* (carga útil no superior a 3,5 t): utilizan motores desde 100 hasta 250 CV, con pares máximos entre 20 y 100 kgm, proporcionados por motores de entre 2 y 10 litros de cilindrada, acoplados a cajas de cambios de entre 5 y 16 relaciones. En la mayoría de los modelos se encuentra disponible la opción de cajas de cambio automáticas.
- *Pesados* (carga útil superior a 3,5 t): potencias muy variables entre 250 y 580 CV, proporcionadas por motores de entre 7 y 16 litros de cilindrada. Pares máximos entre 100 y 270 kgm, y cajas de cambios de 9 a 16 marchas, manuales, aunque en todas las categorías hay disponibles cajas de cambios automáticas.

Tractoras. Atendiendo a la potencia de los motores que incorporan:

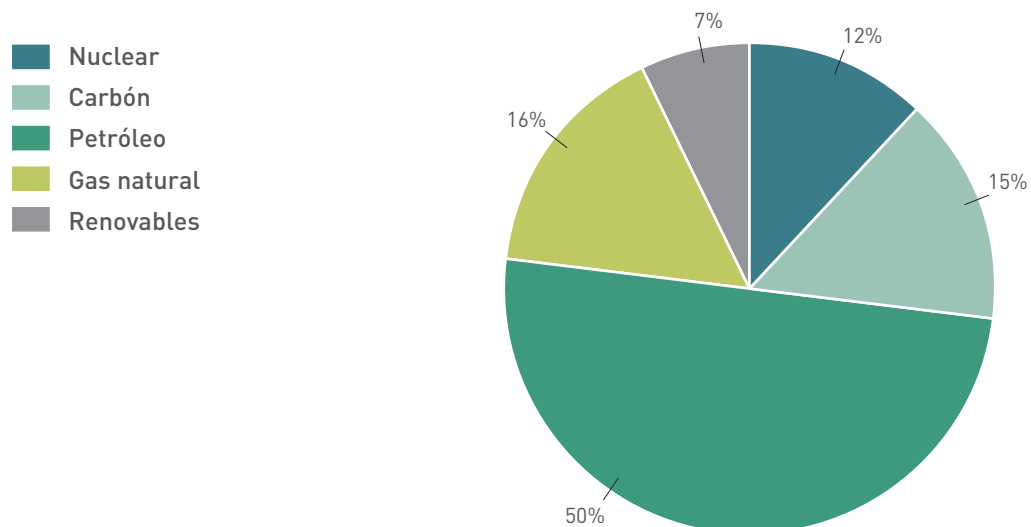
- *Hasta 380 CV*: las cabezas tractoras equipadas con motores en este rango de potencia usan motores entre 8 y 12 litros de cilindrada, dando entre 120 y 180 kgm de par máximo. Utilizan cajas de cambios manuales de entre 12 y 16 relaciones, y también cajas automáticas.
- *Desde 380 CV*: las cabezas tractoras en este rango de potencia utilizan motores de entre 9 y 16 litros de cilindrada, dando pares máximos de entre 170 y 290 kgm. Usan cajas de cambios manuales de entre 12 y 16 velocidades y también automáticas.

Obras y especiales: hay mucha variedad en este tipo de camiones, aunque los motores y grupos de transmisión son los usados en las otras categorías. Por lo tanto, hay potencias disponibles entre 170 y 570 CV, y pares máximos que varían entre 56 y 280 kgm, proporcionados por motores de entre 4 y 16 litros de cilindrada, conectados a cajas de cambios manuales, de entre 6 y 16 relaciones de transmisión.

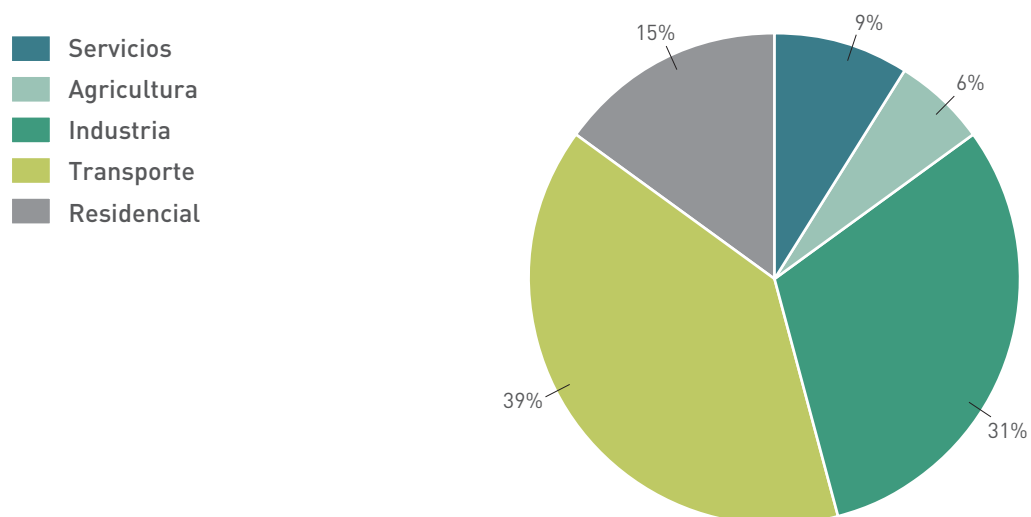
2.2 El consumo de energía en el transporte

La **energía**, en cualquiera de sus formas, es necesaria para la supervivencia de la humanidad y sin la misma no sería posible lograr los avances tecnológicos, sociales y económicos, que deben propiciar la mejora de la calidad de vida de los habitantes del planeta. Sin embargo, su uso indiscriminado, sobre todo teniendo en cuenta la gran dependencia que España tiene de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y, por tanto, agotables, tiene repercusiones medioambientales indeseables, además de consecuencias negativas en los ámbitos económico y sociopolítico.

Reparto de consumos de energía primaria en España



Consumos de energía final por sectores en España



En el transporte existe, actualmente, una práctica total dependencia de la **energía de origen fósil**, por su elevada relación energía/volumen y su bajo precio frente a otras fuentes de energía. El transporte por carretera consume el 42,1% de la energía en España, lo que representa más del 60% del petróleo consumido en nuestro país. El consumo de carburantes en España en el sector del transporte por carretera es de unos 11.000 millones de litros de gasolina y de unos 24.000 millones de litros de gasóleo al año, que se reparten de la siguiente forma:

- Turismos: 50%
- Furgonetas: 32%
- Camiones: 6%
- Autobuses: 3%
- Otros: 9%

En Europa existe un firme propósito de desarrollar otras fuentes de energía que permitan mover los vehículos con combustibles no derivados del petróleo para reducir la dependencia del mismo, así como las emisiones de CO₂ a escala global. Entre éstas figuran:

- El *gas*, que también es de origen fósil.
- Las *energías renovables*, a través de los **biocarburantes**, principalmente el bio-diésel y el bioetanol.

Como la movilidad de pasajeros y mercancías es un elemento característico de las sociedades avanzadas, el transporte y las comunicaciones se convierten en estructuras básicas para el desarrollo económico y social.

La conducción eficiente significa un uso más eficiente de los medios de transporte y contribuye de forma importante al ahorro económico.

Además de la conducción eficiente, existen otras actuaciones complementarias a la misma en el transporte por carretera de vehículos industriales encaminadas al logro del ahorro energético y la reducción de emisiones al medio ambiente, orientadas a la gestión adecuada de las flotas de transporte y de sus políticas de renovación de vehículos.

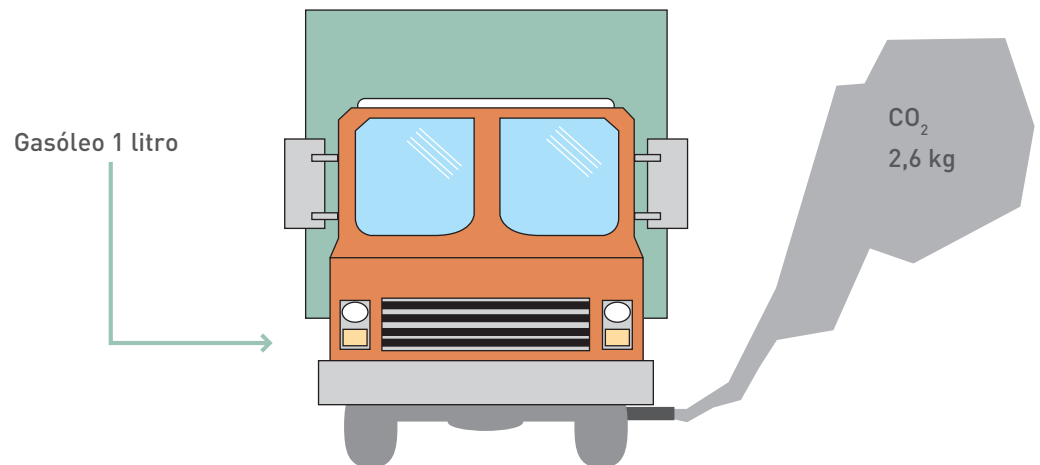
2.3 Impacto del transporte en el medio ambiente

La combustión de carburantes en los vehículos produce dos tipos de emisiones por el tubo de escape:

- **Anhídrido carbónico (CO₂)**, inherente a todo proceso de combustión. Crece con el consumo de carburante.
- **Contaminantes** que afectan a la calidad del aire, dependen de la calidad de la combustión y los sistemas anticontaminación que tenga el vehículo.

En los motores diésel, cada vez que **un litro de gasóleo** se quema en el motor, por el tubo de escape salen **2,6 kg de CO₂**. Los científicos han demostrado que del CO₂ que se emite a la atmósfera una parte se acumula en la misma, siendo el principal causante de la modificación del denominado “efecto invernadero” que da lugar al conocido “cambio climático”. El efecto invernadero es fundamental para la vida en la tierra, pues hace que su temperatura media sea de unos 15° C, pero el incremento de concentración de este gas en la atmósfera por causa de la combustión de carburantes hace que dicha temperatura media tienda a subir, lo que puede ocasionar graves problemas a la humanidad como modificación de la meteorología o incremento del nivel de los mares, sequías, etc.

Emisiones de CO₂ por litro de gasóleo en un vehículo industrial



De aquí que todos los países están implementando medidas para reducir el consumo de carburantes fósiles mediante campañas de promoción de un uso eficiente de la energía y a través de programas de ahorro energético; pero, también, el usuario debe tomar conciencia de su propia responsabilidad.

Actuaciones encaminadas al ahorro energético y a la reducción de emisiones en el transporte por carretera:

- Reducir el consumo de los vehículos nuevos.
- Mayor utilización de los biocarburantes (biodiésel y bioetanol).
- Dirigir el mercado a vehículos de menor consumo.
- Conducir de forma más eficiente.
- Gestión eficiente de los medios de transporte.

Las **sustancias contaminantes** se emiten en cantidades mucho más pequeñas que las de CO₂, pero al acumularse en la atmósfera afectan a la calidad del aire y la salud de los seres vivos y el ensuciamiento del ambiente. Las más importantes son:

- El **monóxido de carbono** (CO).
- Los **hidrocarburos** (HC).
- Los **óxidos de nitrógeno** (NO_x).
- Las **partículas** (PM) que son causantes de la **opacidad** de los humos.

Estas emisiones se limitan para los vehículos industriales nuevos a través de las Directivas Europeas, conocidas como Euro 3, 4 y 5.

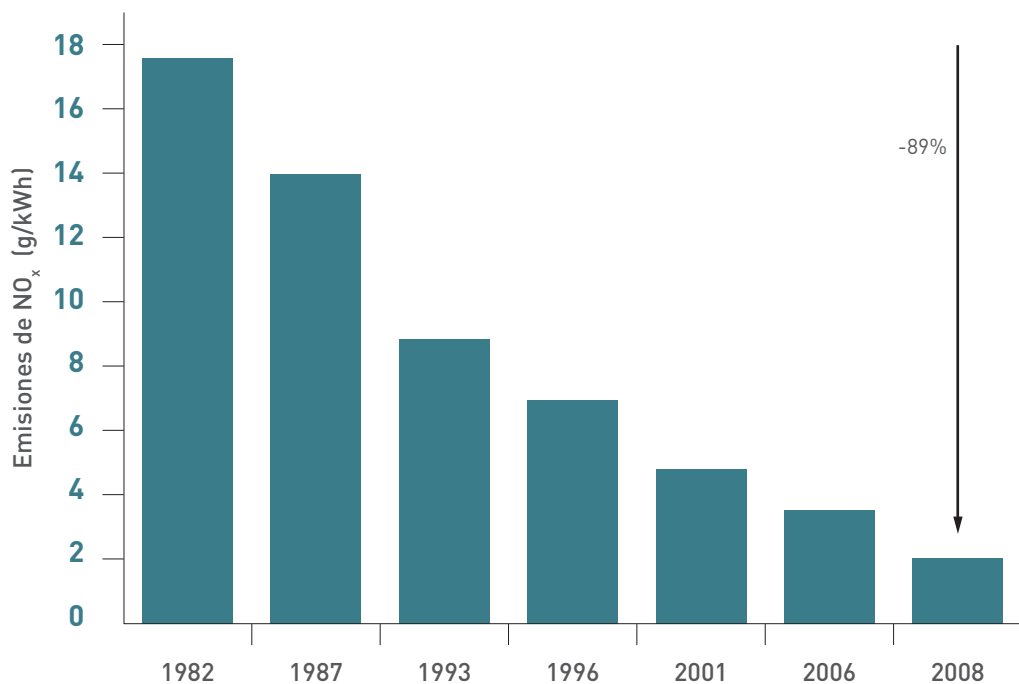
Evolución de los límites de emisiones para camiones y autobuses en Europa

	Fórmula	Unidad	Euro 3 2001	Euro 4 2005	Euro 5 2008
Óxido de nitrógeno	NO _x	g/kWh	5	3,5	2
Hidrocarburos sin quemar	HC	g/kWh	0,66	0,46	0,46
Monóxido de carbono	CO	g/kWh	2,1	1,5	1,5
Partículas	PM	g/kWh	1,6	1,1	1,1
Humo		m-1	0,8	0,5	0,5

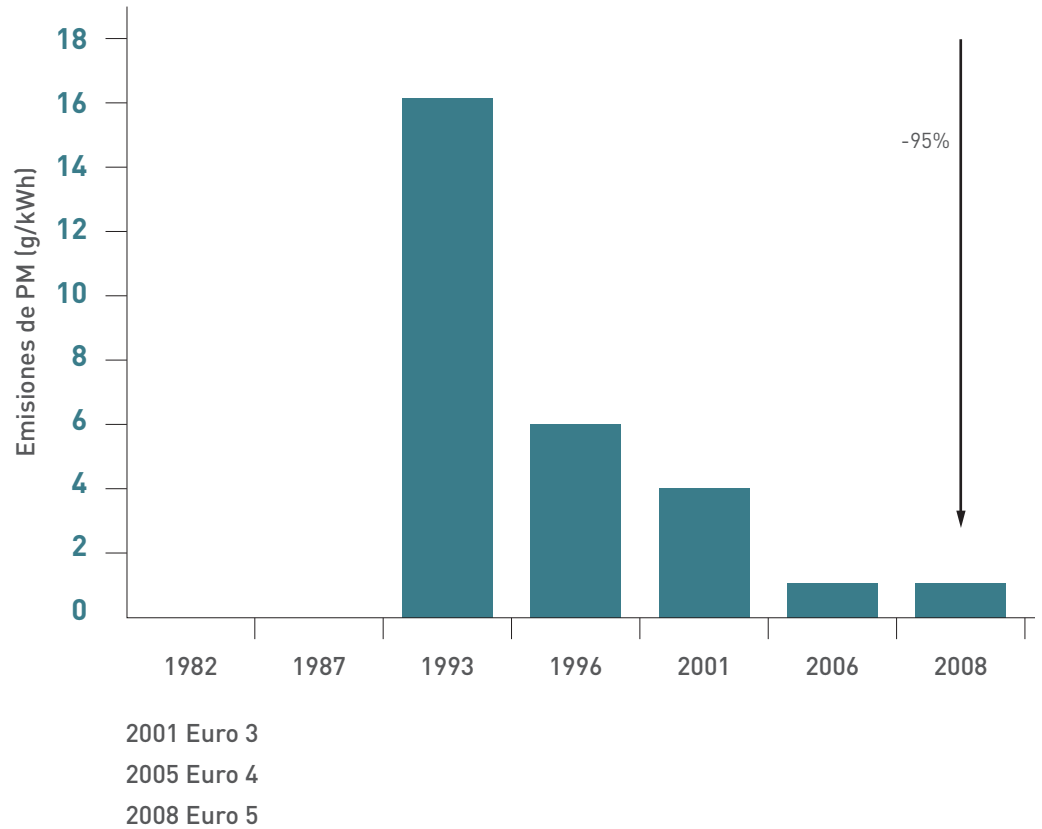
Las distintas normativas Euro entran en vigor en los años señalados para las nuevas homologaciones de vehículos y al año siguiente para los vehículos nuevos que se matriculen de anteriores homologaciones.

En las gráficas que se presentan a continuación se muestra la reducción llevada a cabo de las emisiones de NO_x y de PM en los vehículos industriales, a través de la entrada en vigor de las distintas normativas:

Evolución de las emisiones contaminantes por unidad de energía producida



1982 ECE R₄₉
 1993 Euro 1
 1996 Euro 2



Por cada litro de carburante consumido, un camión actual de 420 CV emite aproximadamente:

CO: 15-20 gramos.

HC: 2-3 gramos.

NO_x: 5-8 gramos.

Partículas: 4-7 gramos.

Conviene reseñar también que algunas de las innovaciones tecnológicas que presentan los motores actuales reducen las emisiones contaminantes, pero **aumentan ligeramente la emisión de CO₂**, al incidir en ligeros aumentos en el consumo de carburante.

Entre las ventajas de los motores de últimas generaciones figura la gestión electrónica de los distintos sistemas del vehículo, a través de una **unidad de control electrónica** que incorpora otras funciones como *autodiagnos*is y *ayudas a la conducción* en general y a la conducción económica en particular, que utilizándose adecuadamente pueden reducir apreciablemente el consumo de carburante del vehículo.

Las nuevas normativas de control de la contaminación atmosférica obligan a los fabricantes a buscar **soluciones tecnológicas** cada vez más sofisticadas para los motores de los vehículos industriales. La inyección de alta presión con sistemas de inyector unitario o sistemas "Common rail", la sobrealimentación con postenfriado y turbo de paso variable, así como la recirculación de gases de escape (EGR), son algunas de las últimas tendencias de los motores de camiones y autobuses.

Una vez que los gases salen del motor **pueden ser tratados en el sistema de escape** antes de llegar a la atmósfera. Entre las soluciones posibles para tal fin, destacan los catalizadores que reducen los gases contaminantes del escape, los filtros de partículas y los sistemas SCR (Catalizador de Reducción Selectiva) para tratar los gases de escape con urea y eliminar los NO_x .

2.4 Medición del consumo de carburante de los vehículos industriales

El funcionamiento del motor de un vehículo implica un consumo de carburante, al ser inyectado en los cilindros en litros o en gramos durante un tiempo medido en horas, por lo que la unidad de caudal de combustible sería:

- Gramos/hora.
- Litros/hora.

Sin embargo, esta unidad no es la que se usa normalmente en los vehículos de carretera, ya que su objeto es mover cargas o personas un cierto número de kilómetros, por lo que en este caso se usa:

- Litros por cada 100 kilómetros (l/100 km).
- Kilómetros por litro.

Atendiendo al motor de un vehículo, su consumo de carburante depende de la potencia, medida ésta en caballos vapor (CV) o en kilovatios (kW), que el motor entrega en cada momento, por lo que al hablar de motores se suele emplear el término de “**factor de consumo**” o “**consumo específico**”, que es el gasto de carburante empleado en producir una unidad determinada de energía, el cual se puede expresar en:

- **Litros/CVh:** litros por cada caballo de potencia y cada hora de funcionamiento.
- **Gramos/CVh o g/kWh:** teniendo en cuenta, a efectos de conversión de unidades, que 1 CV equivale a 0,736 kW y, por tanto, 1 kW equivale a 1,36 CV.

Conviene conocer, a efecto de la realización de cálculos, que el peso específico del gasóleo es del orden de 840 gramos por cada litro.

En el uso de un vehículo, la potencia demandada al motor depende de:

- El peso del vehículo y sus características técnicas.
- La aceleración que se le imprime.
- La pendiente de la carretera.
- La velocidad a la que circula.
- Las condiciones climatológicas.

El motor debe responder en cada momento a la entrega de potencia que las condiciones del tráfico y el conductor le demanden, por lo que consumirá la cantidad necesaria de carburante en cada momento y, como éste se emplea en mover el vehículo por la carretera, el consumo se suele medir en **litros** utilizados en recorrer **100 kilómetros**. Por tanto, si empleamos menos carburante para hacer un mismo recorrido o hacemos más kilómetros con la misma cantidad de carburante, estamos disminuyendo el consumo.

Ahora bien, **el consumo es un valor instantáneo** y, por lo tanto, variable en función del tiempo. Así, una forma de reducir el consumo medio sería a través de la reducción del consumo en cada uno de los instantes, evitando en la medida de lo posible los periodos de consumo con el vehículo parado y su motor funcionando a ralentí.

Disponer de un motor capaz de entregar mucha potencia, para emplear de forma habitual una potencia mucho menor, da lugar a mayores consumos que si empleáramos para ello un motor de menor potencia máxima. El propietario debe ser capaz, por tanto, de seleccionar el motor con una potencia adecuada para el uso requerido a su vehículo.

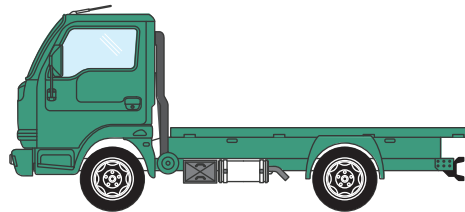
Ejemplos de camiones con motores de distintas potencias



220 CV



380 CV



500 CV

Además del motor, el tipo de caja de cambios, así como el puente trasero de reducción, repercutirán en el consumo del vehículo. Actualmente, los fabricantes ofrecen una amplia oferta en los distintos sistemas del vehículo, pudiendo el comprador personalizar prácticamente el vehículo en función de sus necesidades.

Por esta razón, es de gran importancia la consideración por parte del comprador, tanto de las características necesarias que deben tener los distintos sistemas del vehículo, como de la oferta disponible en el mercado, cotejando la información detallada al respecto facilitada por los distintos fabricantes.

2.5 Ventajas de la conducción eficiente

La evolución tecnológica ocurrida durante los últimos años ha modificado en gran medida el diseño de los vehículos y ha permitido la introducción de importantes modificaciones en el motor y en los distintos sistemas destinados a aumentar su rendimiento, reduciendo su consumo de carburante y sus emisiones. Estas mejoras tecnológicas demandan al conductor un **nuevo estilo de conducción** acorde con ellas y que aproveche las ventajas que proporcionan.

La conducción eficiente ofrece las siguientes ventajas:

- **Ahorro de energía.**

El conductor, con su comportamiento, tiene una gran influencia sobre el consumo de carburante del vehículo, dando lugar a ahorros de carburante del orden del 10%.

Esto supone un considerable ahorro energético para nuestro país, mejorándose además la balanza de pagos y reduciéndose la dependencia energética del exterior.

- **Ahorro económico para las empresas de transporte.**

El carburante supone la principal partida en los gastos que genera la actividad de un vehículo industrial. Una mayor eficiencia en el consumo de carburante incidirá en un ahorro de costes, y por tanto, en un mayor beneficio económico para la empresa.

- **Reducción de los costes de mantenimiento.**

El efecto de reducción de consumo está asociado no sólo a un menor coste en carburante, sino también a un menor coste en mantenimiento del vehículo, ya que las nuevas pautas a seguir provocan que los distintos sistemas del vehículo (frenos, embrague, caja de cambios, motor...), estén sometidos a un esfuerzo inferior al que soportarían en el caso de la conducción convencional.

Aplicando las técnicas de la conducción eficiente, se han registrado reducciones medias de utilización de la caja de cambios del orden del 30%.

- **Reducción de emisiones.**

La reducción del consumo de carburante a través de la puesta en práctica de la conducción eficiente va ligada a una reducción de las emisiones de CO₂ y de contaminantes al medio ambiente.

Con la reducción de emisiones de CO₂ lograda por la conducción eficiente se contribuye a la resolución de los problemas del calentamiento de la atmósfera y al cumplimiento de los acuerdos internacionales en esta materia.

- **Mejora de la velocidad media.**

Con la conducción eficiente se realizan las aceleraciones de una forma más efectiva, se evitan en mayor medida las detenciones y se aprovechan mejor las inercias que presenta el vehículo en su circulación.

- **Reducción del riesgo de accidentes.**

La conducción eficiente incrementa la seguridad en la conducción, ya que estas técnicas de conducción están basadas en la previsión y en la anticipación. Esta mejora en la seguridad está constatada a través de distintos estudios realizados en países europeos donde lleva tiempo implantada, con reducciones en las cifras y gravedad de los accidentes de tráfico.

- **Mejora del confort.**

Además de todos los sistemas de mejora del confort que incorporan los vehículos modernos, se puede hacer que el viaje sea aún más cómodo mediante la nueva conducción eficiente. Ante todo la conducción eficiente es un estilo de conducción impregnado de tranquilidad y sosiego, que reduce las tensiones y el estado de estrés producido por el tráfico al que están sometidos los conductores.

Como se puede apreciar en las distintas partidas que muestra la tabla que aparece a continuación, una conducción más eficiente rebajaría los costes de las partidas

de combustible, neumáticos, mantenimiento y reparaciones, es decir, repercutiría sobre el 40% de los costes totales de operación del vehículo.

Costes de operación de un vehículo:

En un vehículo de 420 CV con una MMA (masa máxima autorizada) de 40 t y una carga útil de 25 t, que recorre anualmente 120.000 km con un ratio de ocupación del 85%, su reparto porcentual medio aproximado de los costes de operación sería el siguiente:

Concepto	% del total
Amortización	14,2
Financiación	1,7
Personal del conducción	24,9
Seguros	6,5
Costes fiscales	0,8
Dietas	12,3
Combustible	29,4
Neumáticos	5,5
Mantenimiento	1,7
Reparaciones	3,0
Total	100

3 Tecnología de motores y vehículos

Para la correcta comprensión de los conceptos asociados a la conducción eficiente, es de gran utilidad el conocimiento de una serie de aspectos técnicos sobre los motores y el comportamiento de los vehículos. Cuanto mejor conocimiento se tenga del vehículo, mejor utilización se hará del mismo.

3.1 Conceptos de Potencia y Par Motor

El funcionamiento de un motor tiene como objetivo fundamental la extracción de la energía almacenada en el carburante en forma química y su transformación en energía mecánica, para la realización de un trabajo.

El carburante se transforma en potencia precisamente quemándose de manera controlada en el interior de los cilindros del motor. Para su combustión **necesita del aire**, tomado de la atmósfera y comprimido por el turbo. En el proceso se eleva la temperatura de la cámara de combustión, haciendo que los gases en su interior se inflamen y tiendan a expandirse, empujando al pistón hacia abajo por el interior del cilindro y transmitiendo la fuerza a las bielas y desde éstas al cigüeñal. Esta energía mecánica se aprovecha después para mover el vehículo.

Para realizar una conducción eficiente, es necesario el conocimiento de las prestaciones que se le solicitan al motor en cada momento, por lo que conviene entender los términos de par y de potencia, cómo se actúa sobre ellos y su relación con el consumo.

Las dos características que mejor describen las prestaciones de un motor de combustión interna de un vehículo son sus curvas de **potencia máxima** y de **par motor máximo**.

El **concepto de par**, se puede entender como una fuerza de rotación aplicada al final de un eje giratorio. Por ejemplo, la fuerza que se hace para girar un destornillador a la hora de enroscar un tornillo es un par. Cuanto más par se desarrolle, más se podrá apretar el tornillo.

En un vehículo hay que distinguir dos pares fundamentales:

- **El Par Motor.** Es el par desarrollado por el motor en cada instante y medido en el final del cigüeñal, volante de inercia o primario del embrague. Se produce debido a la combustión del carburante en los cilindros, por lo que, en general, cuanto más se apriete el acelerador mayor será el par obtenido.
- **El Par en Rueda.** Es el par que se aplica en la rueda, proporcionando la fuerza de tracción que será la que realmente mueva el vehículo. Es diferente al par motor, puesto que la caja de cambios se encarga de multiplicarlo, ya que, como se verá después, al reducir la velocidad de giro en la caja se multiplica el par.

El *Par Motor Máximo*, que es el dato habitualmente proporcionado por los fabricantes, es la máxima fuerza de giro que puede proporcionar el motor. Se da solamente en unas condiciones determinadas:

- Plena carga: acelerador pisado al 100%.
- Régimen de revoluciones de motor intermedio, que es aquel en el que se consigue la optimización de diversos factores, entre ellos el rendimiento del turbo y la combustión.

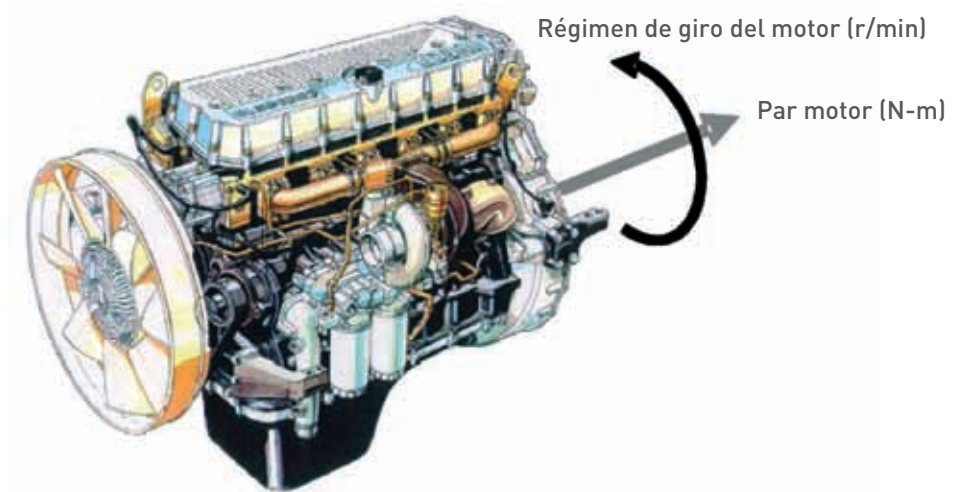
A **cargas parciales**, es decir, sin el acelerador a fondo, no se puede obtener el par máximo del motor.

- La **potencia** es la cantidad de trabajo que puede desarrollar un motor en un tiempo determinado.

Cuanta más potencia tenga un motor, más trabajo podrá realizar en el mismo tiempo. Con un *motor más potente*, un camión puede:

- Acelerar un vehículo más deprisa.
- Subir una pendiente a más velocidad.
- Remolcar cargas más pesadas.

El motor proporciona par y régimen de giro



Como se puede ver en la figura, el motor proporciona en cada momento un par y un régimen de giro. El valor de la potencia en cada instante se obtiene al *multiplicar el par por el régimen de giro*:

$$\text{Potencia (CV)} = \frac{\text{Par motor (Nm)} \times \text{Régimen (r/min)}}{7.024}$$

Por ello, en un motor aumenta la potencia, bien por que se aumente el par apretando el acelerador, o bien porque se aumente el régimen de giro.

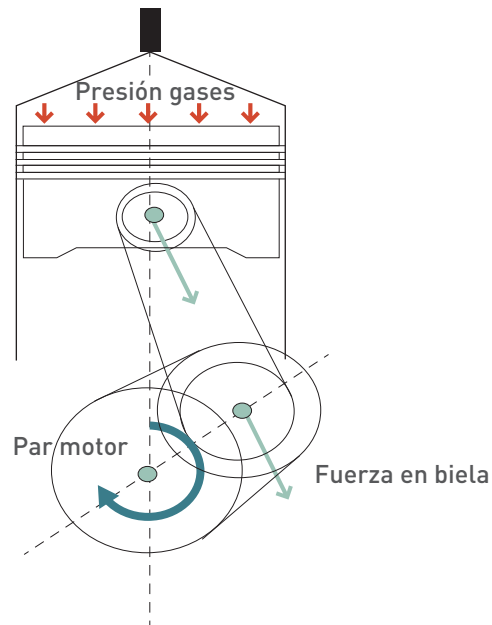
La **potencia máxima** suele darse a altos regímenes (revoluciones) del motor y el par máximo a regímenes medios o bajos.

La potencia máxima del motor da lugar a la **mayor potencia en rueda**, lo que condiciona la máxima pendiente que podrá superar el vehículo o la máxima velocidad que podrá alcanzar en una pendiente.

En un motor que funciona a **potencia máxima** (régimen de motor elevado y acelerador a fondo), el consumo es muy elevado. En circunstancias normales de circulación

no es necesario el desarrollo de potencias tan elevadas, las cuales dan lugar a mayores consumos de carburante.

3.2 El motor como consumidor de energía



Croquis de transmisión de la fuerza en un motor alternativo

La presión ejercida por la combustión en el cilindro, empuja el pistón y genera un par motor. Parte de la energía de la combustión se pierde en su transferencia hacia el eje de salida del motor. Estas pérdidas son inevitables y, en cierta manera, necesarias para que pueda funcionar. Las más importantes son las que se detallan a continuación:

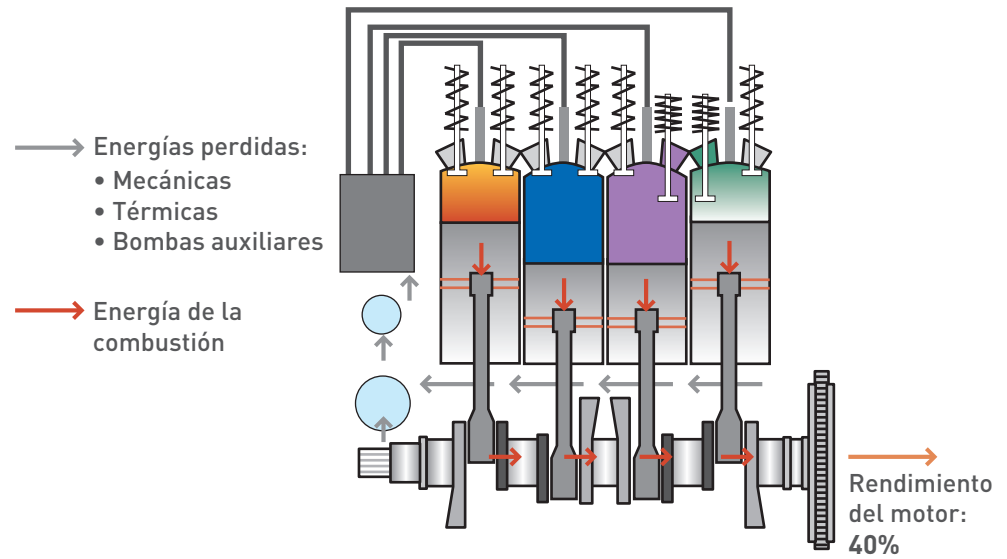
- **Pérdidas de energía de origen térmico:**

- *Sistema de refrigeración:* el fluido refrigerante (agua + aditivos) se encarga de mantener la piezas internas del motor a una temperatura adecuada para su funcionamiento. Aproximadamente el 15% de la energía extraída del combustible se pierde en forma de calor disipado a través del sistema de refrigeración.
- *Gases de escape:* los gases que salen por el escape lo hacen a temperaturas elevadas (400-500 °C), llevándose consigo casi un 30% de la energía del carburante.

- **Pérdidas de energía de origen mecánico:** son las debidas a los rozamientos internos de las diversas piezas del motor y las debidas a gasto de potencia para los servicios auxiliares de las bombas de inyección de aceite y de agua y para el alternador. Rondan el 15% de la energía del combustible. La energía perdida a través de los rozamientos mecánicos se disipa finalmente a través del radiador de aceite o del mismo radiador de refrigerante del motor.

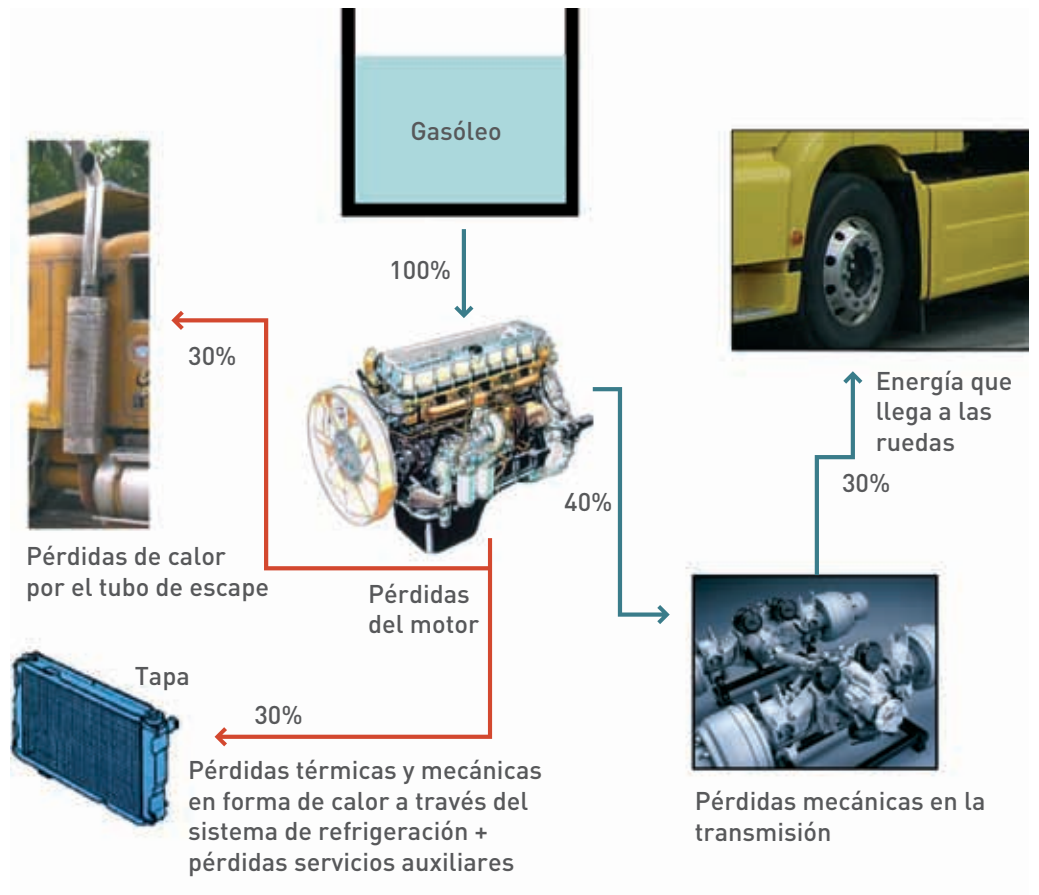
Por lo tanto, queda aproximadamente un **40%** de la energía inicial, la cual es proporcionada por el motor en forma de potencia para accionar la transmisión. Como en ésta se pierde aproximadamente otro 10% de la energía disponible inicialmente, **a la rueda llega sólo en torno al 30%** de la energía del combustible, cuando un vehículo avanza por una carretera a velocidad constante.

Balance energético del motor



La siguiente figura muestra el balance energético que tiene lugar en el funcionamiento de un vehículo cuando circula por una carretera a una velocidad constante:

Ejemplo de balance energético en el sistema de propulsión de un camión circulando por carretera a velocidad constante



MUY IMPORTANTE:

Existen condiciones de utilización de los motores en las que el consumo de carburante es cero. Cuando el motor se encuentra girando sin pisar el acelerador, con la relación de marchas en la que se circula engranada (retención), estando o no accionado el retardador, no se inyecta combustible en los cilindros, es decir, **no se consume carburante**.

Cuando al reducirse la velocidad del vehículo el régimen del motor se acerca el de ralentí, esta condición desaparece, volviendo a inyectarse una pequeña cantidad de combustible para asegurar que el motor no se pare.

3.3 Curvas características del motor y curvas de equiconsumo

Un motor de automoción normalmente trabaja en condiciones distintas a las de plena carga (acelerador a fondo). Para conocer cuáles son las prestaciones del motor en cualquier condición de régimen de giro y posición del acelerador, se utilizan las **curvas características**. Estas curvas permiten entender las posibilidades de utilización del motor de un vehículo y estudiándolas con detalle se obtienen las características principales que definen el comportamiento de cada motor.

3.3.1 Curvas de Par y de Potencia

Curva de par a plena carga: es la habitualmente proporcionada por el fabricante y muestra el par máximo proporcionado por el motor *a cada régimen de giro* cuando la carga es máxima, es decir, *el acelerador está pisado a fondo*.

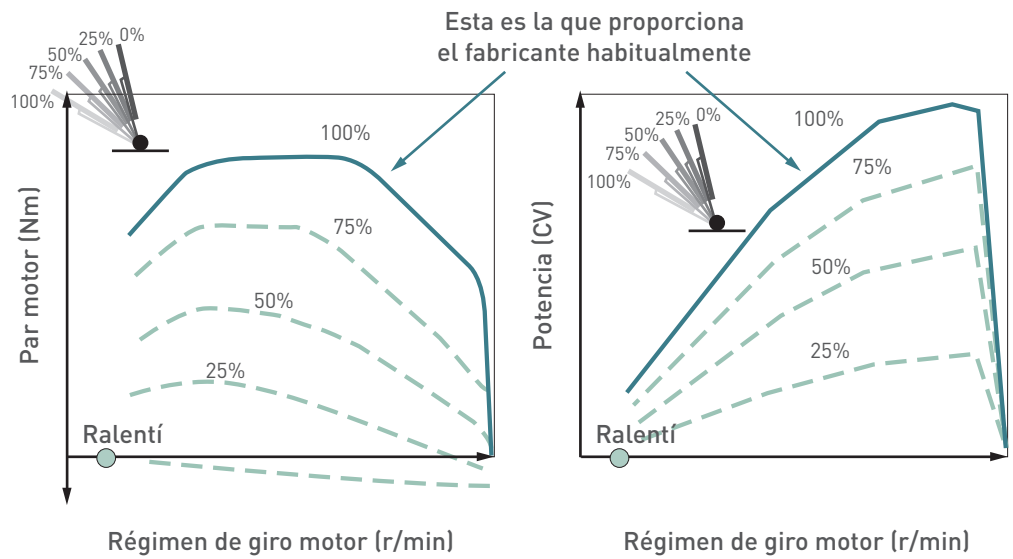
Curva de par a carga parcial: muestra el par proporcionado por el motor a diferentes posiciones del pedal acelerador, por ejemplo al 25, 50 o 75% de su recorrido.

Curva de potencia a plena carga: es también la que habitualmente proporciona el fabricante y muestra el valor de la potencia que entrega el motor *a cada régimen de giro* cuando la carga es máxima, es decir, *el acelerador pisado a fondo*.

Curva de potencia a carga parcial: muestra la potencia proporcionada por el motor en función de las revoluciones del mismo, cuando la carga es menor de la máxima, es decir, a posiciones del pedal acelerador de, por ejemplo, el 25, 50 o 75% de su recorrido.

Tan importante o más que el valor que alcanza el par motor máximo, o el de la potencia máxima, será el conocimiento por parte del conductor de los rangos o intervalos de revoluciones en las que obtienen estos valores. Los valores límites de revoluciones que definen estos rangos varían de un vehículo a otro y son normalmente facilitados por el fabricante en la documentación técnica del vehículo, y en caso de no disponerse de los mismos, se recomienda solicitarlos al fabricante.

Curvas características de un motor actual



Como se verá en el siguiente apartado, el intervalo de revoluciones de par máximo va a ser la referencia para la realización de los cambios de marcha y de la circulación del vehículo de una forma eficiente, mientras que el de potencia máxima será utilizado para las situaciones más exigentes de utilización del motor, dando lugar a mayores consumos de carburante.

3.3.2 Curvas de equiconsumo

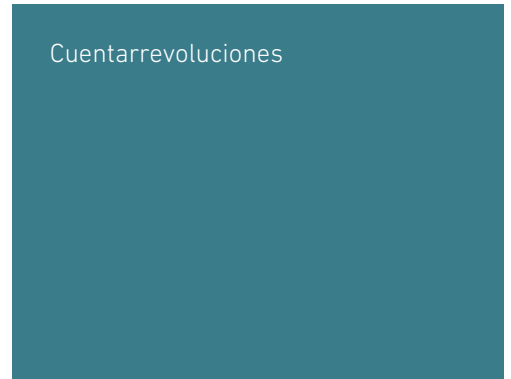
Estas curvas se suelen dibujar sobre las de par (o de potencia) del motor y representan líneas de nivel de consumo específico constante. Es decir, las condiciones del motor en cada curva son tales que la cantidad de gramos de combustible necesarios para producir una determinada cantidad de energía es constante, o lo que es lo mismo, en las que el rendimiento del motor es constante.

Existe una zona, denominada “polo de mínimo consumo”, que proporciona el **menor valor de consumo específico** (en g/CVh o en litro/CVh), es decir el **mejor rendimiento del motor**. La zona de consumos específicos mínimos está situada normalmente en regímenes ligeramente inferiores al de par máximo o en la zona más baja del mismo, y con acelerador bastante apretado, aunque no a fondo (en torno a las tres cuartas partes de su recorrido). El régimen de consumo mínimo baja cuando el acelerador está menos apretado.

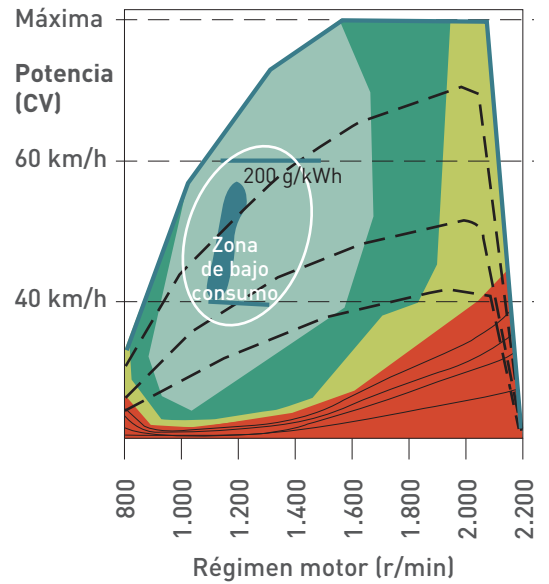
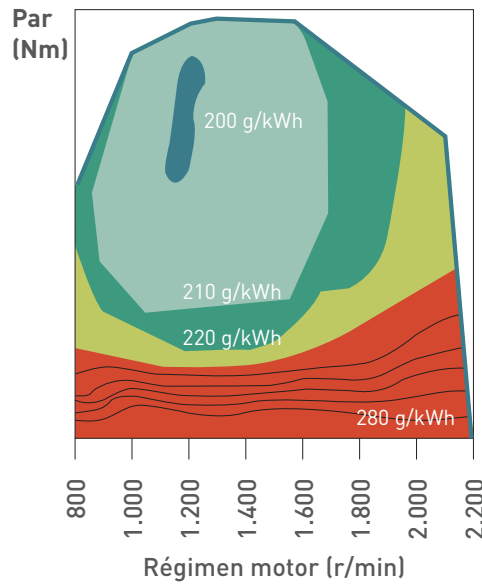
Por lo tanto, mantener el motor en *condiciones de trabajo cercanas a las de menor consumo específico* proporciona **menores consumos para una misma cantidad de energía producida**. En estas condiciones el motor aprovechará mejor el carburante por lo que el vehículo consumirá menos haciendo el mismo trabajo, o lo que es lo mismo, realizando el mismo trayecto.

Las “curvas equiconsumo” dan información sobre las zonas de mínimos consumos por unidad de potencia entregada. Si sobre dichas curvas se superponen las de respuesta del motor a varias posiciones del pedal acelerador, se puede ver que a potencia constante existe una zona de régimen de giro donde el consumo específico es mínimo, y por tanto, si se circula en estas condiciones, lo será también el

consumo medido en l/100 km. Esta zona se corresponderá con la parte inferior de la zona verde del cuentarrevoluciones.



Curvas de equiconsumo



Sin embargo, conviene aclarar que un motor consumirá menos caudal de combustible cuanto más baja sea la potencia que se le demande.

Un vehículo necesita más potencia para ir a mayor velocidad, pues aumentan las resistencias aerodinámica y de rodadura. En la situación de circulación a una determinada velocidad, se necesita una cantidad fija de potencia entregada por el motor. En la gráfica arriba mostrada de potencia/régimen del motor, si el vehículo circula a 40 km/h (línea horizontal inferior), se observa que la potencia necesaria para circular se puede obtener de distintas formas:

- A altas revoluciones, circulando en relaciones de marcha que no son las más largas y con el pedal acelerador poco pisado.
- A más bajas revoluciones, circulando en marchas más largas y con el acelerador pisado en mayor medida, concretamente en torno a las tres cuartas partes de su recorrido.

Así pues, en este último supuesto, el motor trabajará en la zona de mínimos consumos específicos, del orden de 200 g/kWh, consumiendo considerablemente menos que en el primer caso, donde los consumos específicos rondarían los 230 g/kWh.

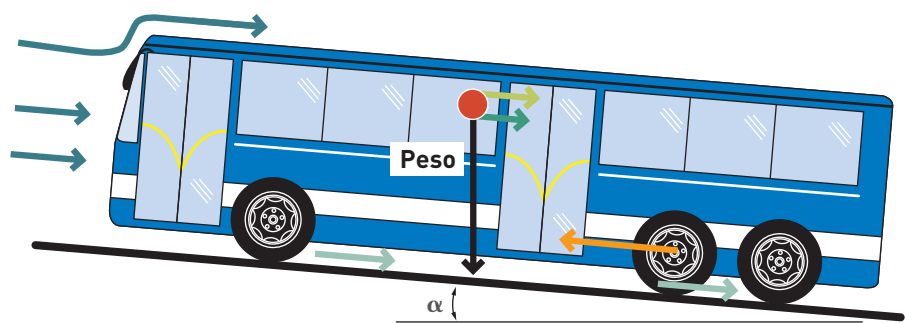
3.3.3 Fuerzas de resistencia al avance de un vehículo

Los vehículos pueden mantener una velocidad, acelerar y subir pendientes, debido a que las ruedas motrices ejercen una fuerza de empuje sobre el eje y en contra del suelo, transmitida por el rozamiento neumático-asfalto. Esta es la denominada **fuerza de tracción en rueda** que se puede obtener dividiendo el par en rueda entre el radio de la rueda.

La fuerza de tracción en rueda vence a una serie de fuerzas que son las que contrarrestan el avance y aceleración del vehículo, conocidas como “fuerzas de resistencia al avance”, y que a continuación se detallan:

- **Fuerza de resistencia al avance por rodadura:** al rodar un neumático cargado por una superficie dura se deforma. Esto provoca una fuerza que se opone al movimiento del mismo, llamada **resistencia a la rodadura**. En vehículos cargados y circulando a bajas velocidades, ésta es la resistencia que más energía requiere para su vencimiento, llegando a suponer hasta un 40% de la fuerza total resistente. Esta fuerza de resistencia es proporcional a la masa del vehículo y depende del tipo y número de neumáticos, *aumentando considerablemente cuando el neumático está desinflado*.
- **Fuerza de resistencia al avance por pendiente:** como es sabido, la fuerza de la gravedad tiende a evitar que cualquier cuerpo ascienda y, por lo tanto, cuando sube por una pendiente, es necesario vencer esta fuerza. De la misma manera, cuando se desciende por una rampa, esta misma fuerza favorece el movimiento, tendiendo a acelerar al camión. Esta fuerza depende directamente de la masa total del vehículo y de la inclinación de la pendiente.

Fuerzas a favor y en contra del movimiento



- Resistencia aerodinámica = $0,5 \cdot C_x \cdot A_f \cdot V^2$
- Resistencia rodadura = $f_R \cdot \text{Peso}$
- Resistencia por pendiente = $\text{sen} \alpha \cdot \text{Peso}$
- Resistencia por aceleración = $\Delta V / \Delta t \cdot \text{Peso}$

$$\text{Fuerza de tracción} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Velocidad}}$$

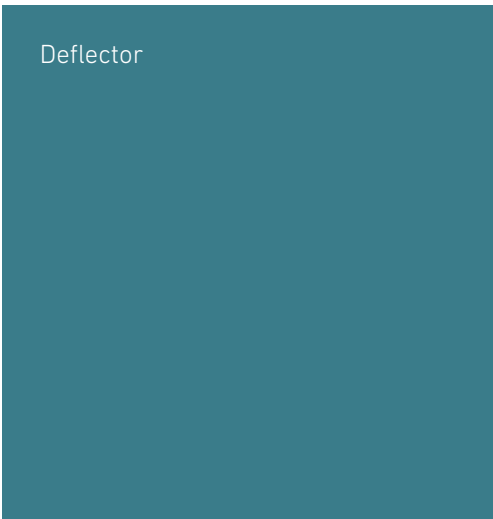
- **Fuerza de resistencia al avance por aerodinámica:** cuando un vehículo avanza, debe ir desplazando el aire que tiene delante y llenando el hueco que va dejando

detrás. Cuanto mayor es la velocidad, mucho mayor es la potencia necesaria para realizar dicho trabajo, es decir, para vencer la **resistencia aerodinámica**. La resistencia aerodinámica depende de la sección frontal del vehículo, de la forma del camión y de la densidad del aire, y aumenta con el incremento de la velocidad elevado al cuadrado.

Duplicar la velocidad equivale a multiplicar por ocho la potencia necesaria para vencer la resistencia aerodinámica. Por ello, los componentes que modifican la aerodinámica del vehículo cobran gran importancia, por lo que se recomiendan las formas suaves, sin alteraciones bruscas de sección ni zonas angulosas.

Los spoilers y deflectores en techo de cabina reducen bastante el consumo, pudiendo lograrse cifras medias de ahorro de alrededor de un 6% y de más del 10% a la velocidad de 90 km/h.

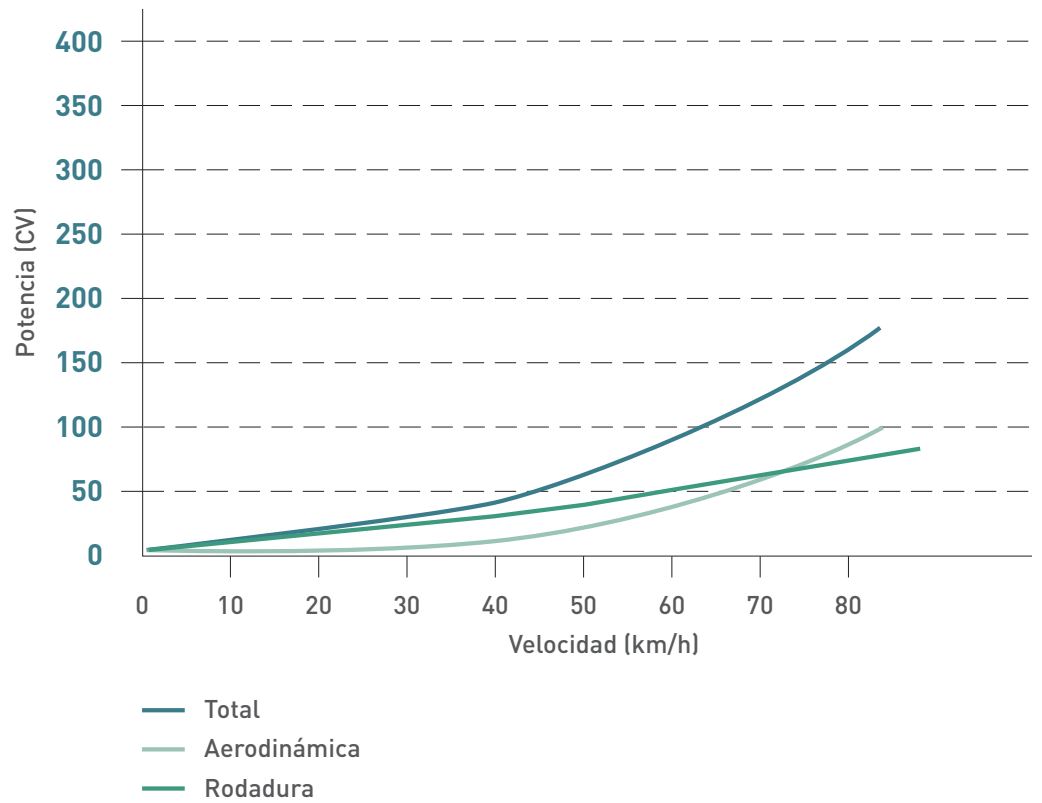
Los spoilers se ajustarán de forma que su parte superior quede enrasada con la parte alta de la carga.



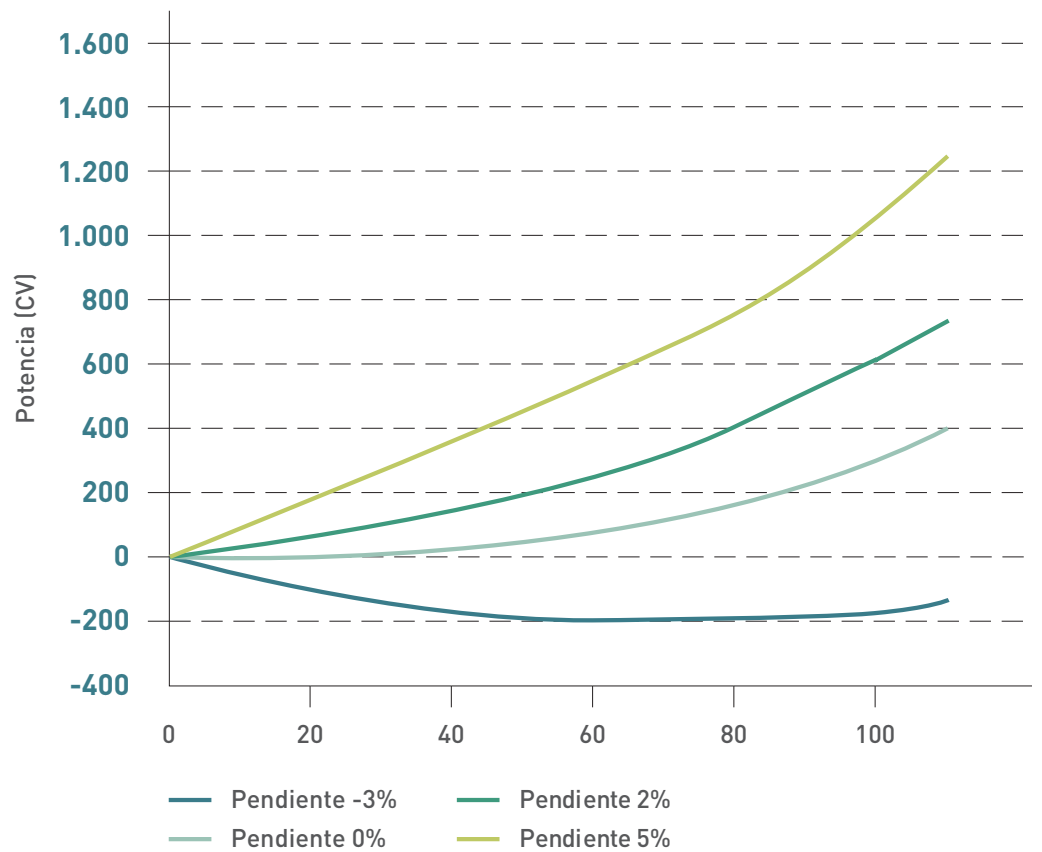
- **Fuerza de resistencia por aceleración:** al acelerar un vehículo, se necesita vencer una fuerza proporcional a la masa del vehículo por la aceleración a la que se le somete. Por tanto, en un proceso de aceleración, cuanto mayor sea la aceleración pretendida o cuanto mayor sea la masa del vehículo, mayor tendrá que ser la fuerza de tracción en rueda.

Las fuerzas de resistencia dependen de la velocidad del vehículo. La figura adjunta muestra, para un camión de 40 toneladas, la evolución de las potencias de resistencia por rodadura y aerodinámica, así como la evolución de la potencia cuando se sube o se baja una pendiente. Las zonas de potencia negativa indican que la pendiente “empuja” al vehículo sin necesidad de fuerza de tracción.

Potencias necesarias para el avance de un camión de 40 t en llano a una determinada velocidad



Potencia necesaria en un camión de 40 t para mantener una velocidad en función de la pendiente



3.4 El consumo de energía en un vehículo

El consumo en litros/100 km de un vehículo, se puede obtener de la siguiente forma:

$$C = 0,09 \times C_e \times \frac{P}{V}$$

Siendo:

C= consumo (l/100km)

C_e= consumo específico (g/kWh)

P= potencia (CV)

v= velocidad (km/h)

Atendiendo a esta fórmula, se podrían dar los siguientes casos:

- Para una misma potencia y consumo específico del motor, el consumo disminuye con el aumento de la velocidad.
- Para una misma velocidad y consumo específico del motor, el consumo disminuye con la disminución de la potencia.
- A igualdad de potencia y velocidad, el consumo disminuye con la disminución del consumo específico; ésta es la forma de aprovechar bien el motor, utilizándolo en la zona de menores consumos específicos.

El vehículo, en su movimiento por la carretera, está sometido a condiciones diferentes, como pueden ser:

- Acelerar para salir desde parado.
- Acelerar para aumentar la velocidad ya en movimiento.
- Mantener una velocidad constante baja en llano.
- Mantener una velocidad constante alta en llano.
- Subir una pendiente de mayor o menor intensidad.
- Bajar una pendiente de mayor o menor intensidad.
- Vehículo parado con motor en marcha.

Cada situación exige una velocidad diferente y una determinada fuerza de tracción en las ruedas motrices, que se traduce en **una potencia diferente solicitada al motor**. La fuerza de tracción debe vencer las resistencias a la rodadura, aerodinámica, aceleración y pendiente que cada situación determine. Conociendo aproximadamente las *curvas equiconsumo del motor*, para la entrega de una determinada potencia, se podrá saber en qué rangos de revoluciones y grados de carga del pedal acelerador el motor consume menos.

Las zonas de menores consumos específicos de un motor son las que los fabricantes indican con el color verde en el cuentarrevoluciones. Los mínimos consumos se corresponden con regímenes de motor de la zona inferior de par máximo o algo menores en motores modernos. Este régimen, varía según la cilindrada de los motores entre las 1.000 y 1.500 r/min.

Por tanto, en cada situación del tráfico, la potencia resistente debe ser proporcionada por el motor, seleccionando entre las posibles condiciones de su funcionamiento (definidas por la relación de marchas seleccionada, la posición del pedal acelerador y el régimen de giro del motor), la que permita obtener un menor consumo de carburante, siempre sin salirse de la zona de par máximo.

No se debe circular con el motor funcionando por debajo de la zona de par máximo, es decir, por debajo de la zona verde del cuentarrevoluciones, ya que los vehículos suelen presentar una brusca caída de par al entrar en esta zona, lo que podría dar lugar a problemas por falta de respuesta ante distintas situaciones del tráfico.

En las gráficas que se muestran a continuación, se superponen las 3 curvas características de un motor a funcionando a plena carga (par máximo, potencia máxima y consumo específico) de 2 motores modernos de vehículos industriales. Estas curvas, dadas por el fabricante, son indicativas de las características de funcionamiento de los respectivos motores.

En ellas se observa cómo la zona de mínimos consumos específicos se extiende desde la zona de par máximo hasta regímenes más altos del motor, llegando a entrar en los inicios del régimen de potencia máxima en el caso de la segunda gráfica.

El consumo total del vehículo, como ya se ha visto, es el producto del consumo específico por la potencia proporcionada por el motor. Los menores consumos, por tanto, se obtendrán combinando estas dos variables, de forma que se mantengan sus valores lo más bajo posible. Pero, como se ve en las gráficas, ambas están relacionadas y, por tanto, se intentará llegar a la combinación de las mismas que proporcione el mínimo consumo.

Así, el mínimo consumo se obtendrá manteniendo el motor en la zona de mínimos consumos específicos (habitualmente la zona verde del cuentarrevoluciones) y con bajas demandas de potencia. Es decir, minimizando el régimen sin salirse de la zona verde del cuentarrevoluciones.

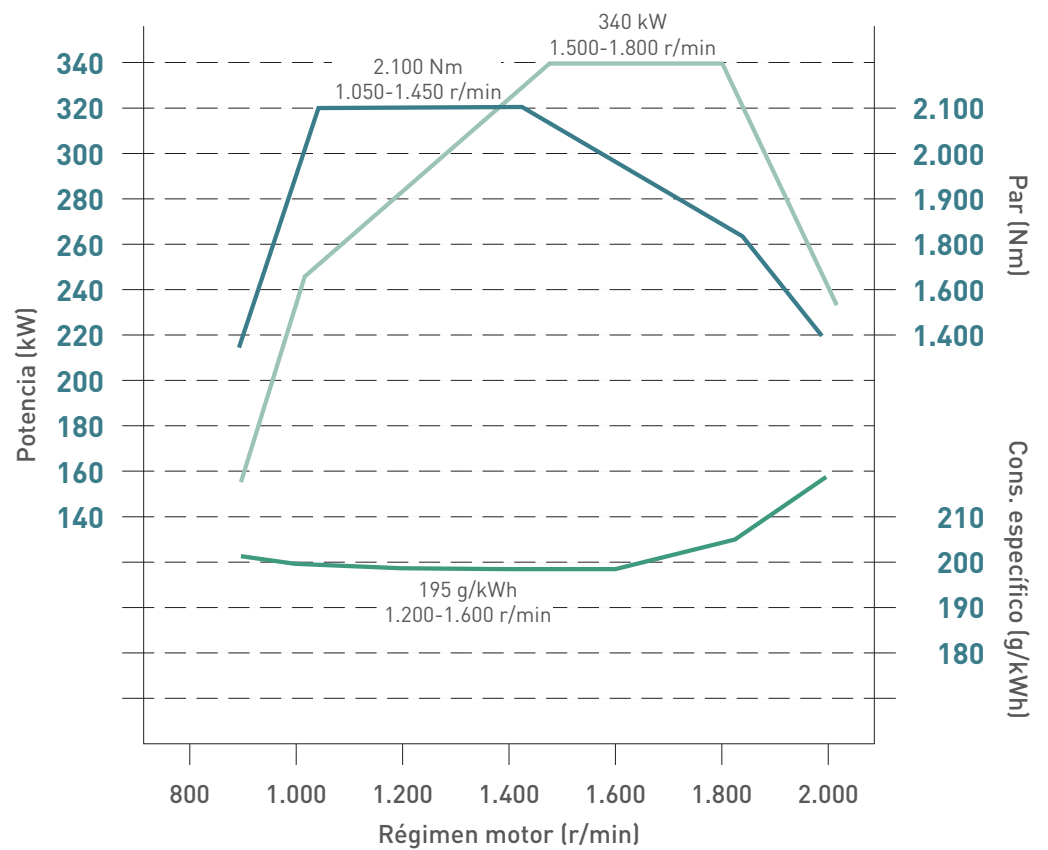
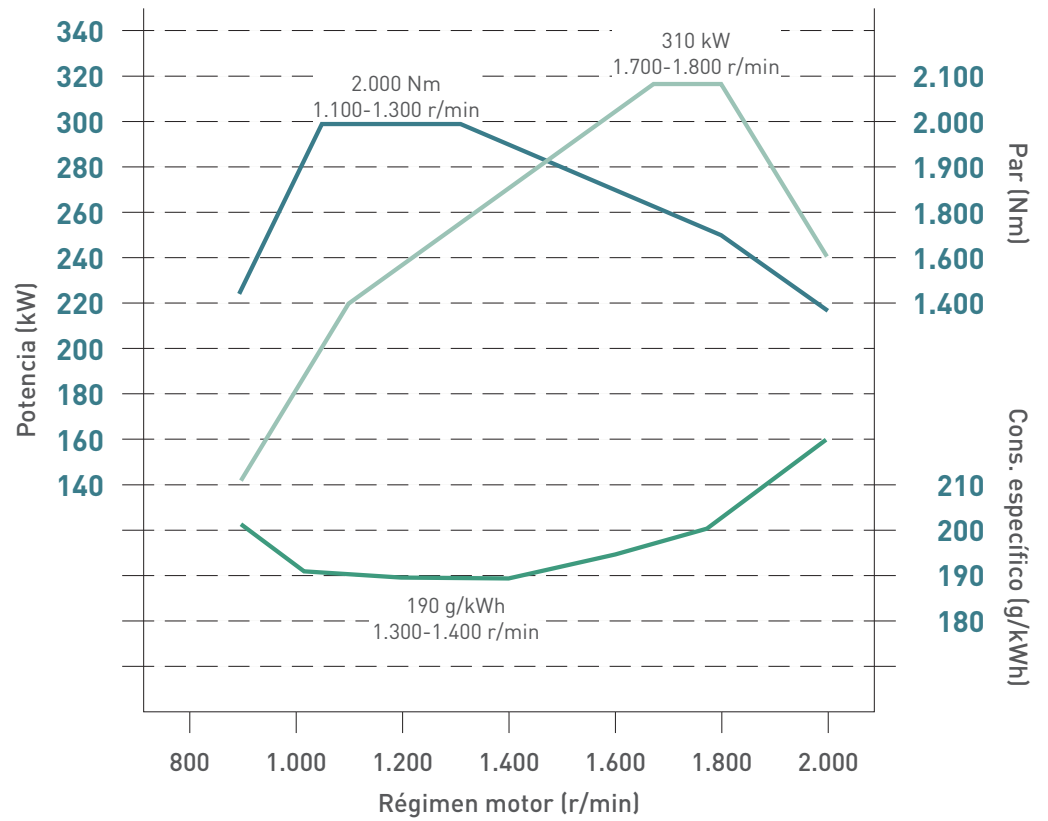
3.5 Parámetros externos al vehículo: influencia en el consumo

Existen otras variables externas al vehículo e independientes del estilo de conducción que afectan al consumo de carburante del vehículo:

El **tipo de carretera** o la **orografía del terreno** por el que discorra un viaje, pueden influir de manera notable en el consumo de carburante del vehículo.

Los **factores meteorológicos** también afectan al consumo de carburante, tanto por su implicación directa como por la modificación que exigen al conductor de su actitud ante la situación que presenta la carretera. El viento a favor lógicamente reduce el consumo y el viento en contra lo aumenta. Temperaturas atmosféricas muy bajas aumentan el consumo por su influencia en la resistencia aerodinámica (la densidad del aire aumenta al bajar la temperatura), así como por la mayor resistencia a la rodadura y por un cierto incremento de la fricción en los componentes de la transmisión, al no estar calientes.

Ejemplo de curvas características de 2 motores de camión



El viento en contra aumenta el consumo por efectos aerodinámicos hasta un 8% con viento de 18 km/h y hasta un 18% con viento de 36 km/h en un vehículo con deflectores en cabina.

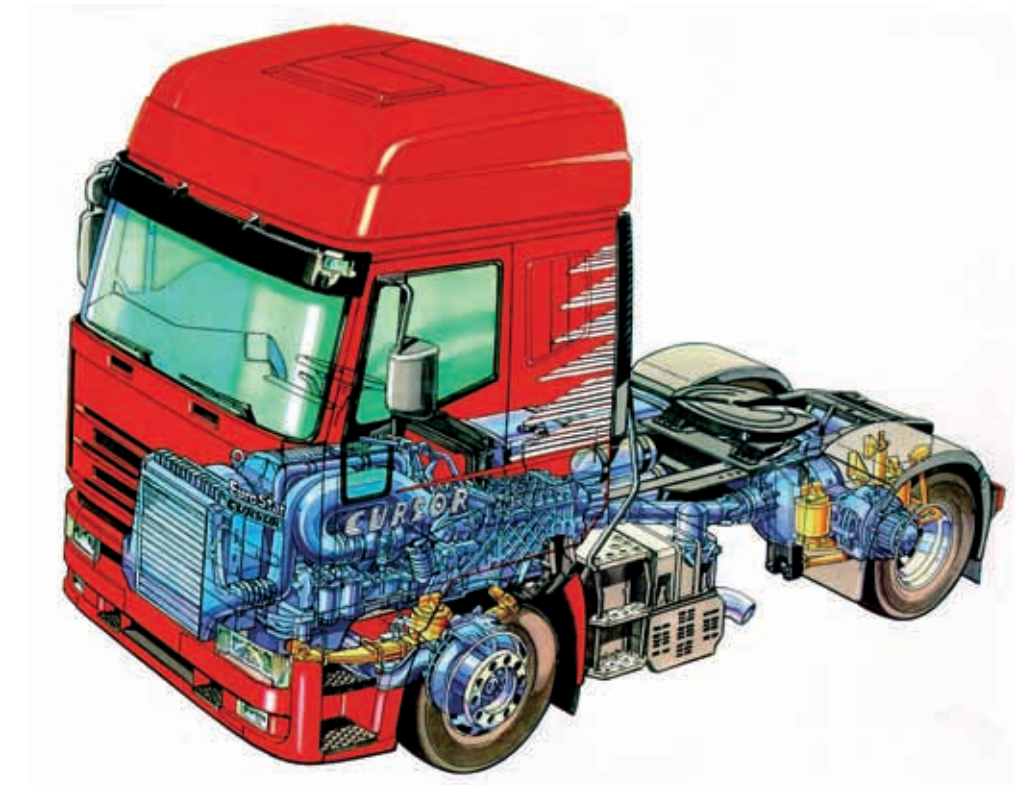
Una bajada de temperatura atmosférica de unos 10 °C aumenta el consumo en torno a un 4%.

3.6 La caja de cambios y su influencia en la tracción y el consumo de carburante

Ya se ha visto cómo el vehículo obtiene del motor la potencia necesaria para moverse, a través de un par y de una velocidad de giro a la salida del embrague. Pero esta potencia no es directamente utilizable en la rueda, dado que el par suministrado por los motores es demasiado bajo y la velocidad de giro demasiado alta.

Por ello, los vehículos están dotados de una serie de elementos, que constituyen el **sistema de transmisión**, para adaptar la potencia saliente del motor a unas condiciones que sirvan para utilizarla para propulsar el vehículo.

Sistema de propulsión y transmisión del vehículo

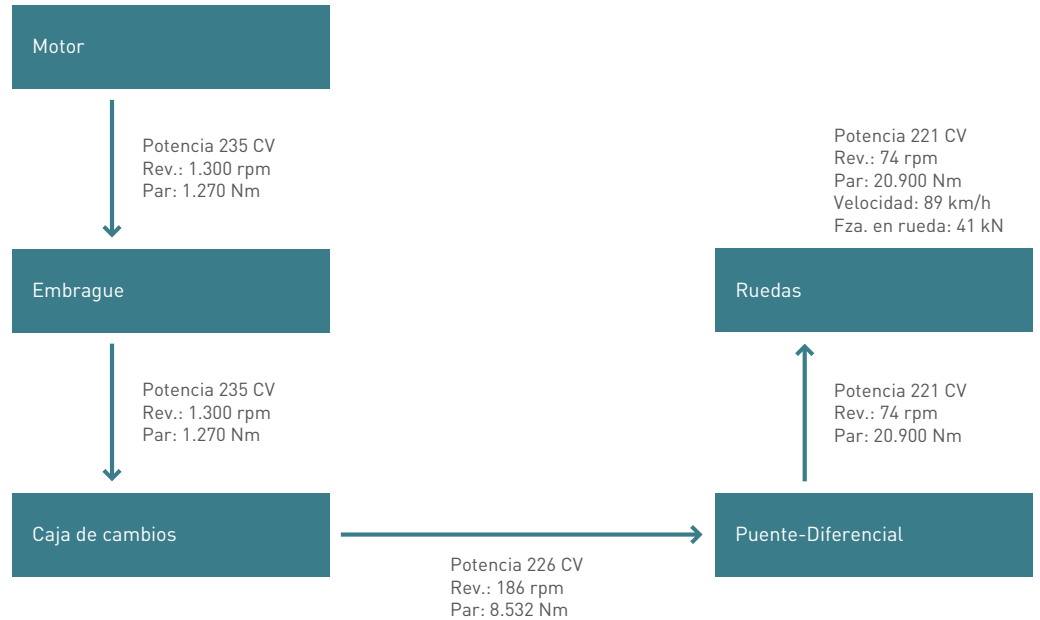


Los elementos que componen esta cadena de transmisión son el embrague, la caja de cambios, el árbol de transmisión y el puente o grupo. En ellos se realizan funciones distintas, a saber:

a) Embrague: sirve para desacoplar el giro del motor y el giro de las ruedas, de tal manera que se separa físicamente el eje que proviene del motor con el eje que entra en la caja de cambios. Esto permite mantener *girando el motor con el vehículo parado y,*

en el inicio del movimiento del vehículo, que el *motor esté funcionando a una velocidad distinta a la entrada de la caja de cambios*. Si esto no fuera así, no sería posible iniciar el movimiento el vehículo, ni hacer cambios de marcha sin que el vehículo diera tirones.

Transmisión de la potencia desde el motor a las ruedas



b) Caja de cambios: es el elemento fundamental del sistema de transmisión, ya que permite seleccionar la relación entre el régimen de giro del motor y el que llega a las ruedas. La potencia se trasmite, apenas con pérdidas, del eje de entrada de la caja de cambios al eje de salida. Mediante la caja de cambios se selecciona cómo aplicar esa potencia hacia la rueda, es decir, qué combinación de par (fuerza en el eje) y velocidad de giro se quiere transmitir a la rueda. Para una potencia dada del motor, cada una de las marchas de la caja de cambios proporcionará diferente par y velocidad de giro en las ruedas.

Palanca de caja de cambios



Una marcha corta hace que el eje de salida de la caja gire más despacio, por lo que su par será mayor que el de una marcha larga, en la que el régimen del eje de salida será mayor, pero a costa de un par menor.

Normalmente la caja trasmite la potencia y aumenta el par en la misma proporción que reduce el régimen. Así, cuanto más fuerza de tracción se quiera en las ruedas, menos velocidad habrá de tenerse en las mismas, y viceversa.

En la arrancada, o en una subida, se necesita mucha fuerza de tracción (par) en las ruedas, lo cual será a costa de una baja velocidad de giro de las mismas. Esto es lo que ocurre cuando se selecciona una de las marchas cortas del vehículo: se tiene mucha fuerza en las ruedas, con lo que se puede arrancar, remontar pendientes pronunciadas o acelerar, pero a cambio, el vehículo circula a velocidad lenta. Por el contrario, si no se necesita mucha fuerza en las ruedas del vehículo, pero se trata de mantener una velocidad de crucero alta, se ha de seleccionar una marcha larga. De esta manera, se tiene alta velocidad de avance del vehículo, pero disponiendo de menor fuerza en las ruedas.

En definitiva, la caja de cambios es el mecanismo del que dispone el vehículo para seleccionar cómo se desea que llegue la potencia producida por el motor a las ruedas. Si se desea mucha fuerza se utilizan marchas cortas, y si se quiere velocidad, se utilizarán marchas largas.

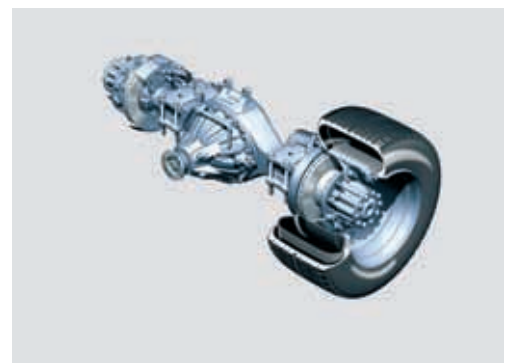
c) Árbol de transmisión: es un eje que se encarga de llevar la potencia saliente de la caja de cambios hacia el puente, para acercarla a las ruedas.

d) Puente: es el mecanismo que, a partir de la potencia que le entra desde el árbol de transmisión, hace girar uno o más ejes, encargados de llevar el giro a las ruedas. Normalmente introduce también una cierta reducción de régimen de giro entre el árbol de transmisión y las ruedas para permitir mayor régimen de giro a la salida de la caja de cambios y con ello reducir el tamaño de la misma.

Puente de reducción doble



Puente de reducción



Se deberá tener en cuenta que, cada vez que se realiza un cambio de marchas, se tiene, además de un pequeño pero acumulable desgaste de la caja de cambios y del embrague, un consumo de carburante durante la operación, por lo que se debe ejecutar esta maniobra siempre y cuando sea necesario, evitando los cambios de marcha superfluos. Además, estos cambios provocan una pérdida en la velocidad del vehículo, que se tendrá que recuperar posteriormente acelerando tras la realización del cambio.

3.7 La inercia de un vehículo en movimiento

Un vehículo, en su circulación, lleva asociada una energía que depende del valor de su masa y de su velocidad. El producto de ambas magnitudes es lo que se llama “cantidad de movimiento” o más comúnmente inercia. Por tanto, los camiones y autobuses cuando van cargados tienen mayor inercia para una misma velocidad que si van descargados.

Una vez puesto el vehículo en movimiento, la tendencia natural del mismo es a seguir avanzando y sólo la actuación de las resistencias al avance o la actuación de alguno de los frenos pueden reducir al valor de la inercia.



Importancia de la inercia

Por lo tanto, las variaciones de la inercia de un vehículo concreto pueden ocurrir por dos causas:

- **Reduciendo la velocidad** mediante la acción de alguno de los sistemas de freno.
- **Aumentando la velocidad** por la aportación de energía mediante el motor y su consumo de carburante.

La inercia que arrastra un vehículo en su desplazamiento genera una energía aprovechable de la siguiente forma: si se levanta el pie del pedal acelerador y se deja rodar el vehículo con la marcha engranada, **se circulará sin consumir carburante**, es decir, con consumo nulo. Por tanto, se ha de utilizar esta técnica siempre que se pueda, evitando las frenadas y acelerones innecesarios que hacen perder las inercias adquiridas.

4 La actitud del conductor

La conducción eficiente está basada en una serie de pautas de comportamiento que conforman una actitud determinada en la conducción del vehículo. Las técnicas de la conducción eficiente van indisolublemente ligadas a esta actitud ante la conducción, hasta el punto de que, sin la aplicación de estas pautas de comportamiento, no se podrán ejecutar las mismas de forma adecuada y precisa.

4.1 Mentalidad y responsabilidad

La conducción de un vehículo industrial comporta una elevada **carga de responsabilidad**, por tanto, se requiere una actitud resuelta, decidida y basada en una serie de directrices a considerar:

- **Prever** las situaciones peligrosas y anticipar a tiempo las maniobras a ejecutar, para evitar verse involucrado en maniobras comprometidas.
- Conocer las **alternativas disponibles** para solucionar una maniobra y tener la capacidad para discernir cual de ellas es la más adecuada.
- Evitar **comportamientos arriesgados** que pudieran generar situaciones de riesgo para los usuarios de la vía.



Actitud del conductor

Se ha de evitar la práctica de una conducción agresiva, basada en continuas aceleraciones y frenazos bruscos. Con la práctica de una conducción eficiente se logran ahorros de carburante de más del 30% respecto a una conducción agresiva.

4.2 Antes de arrancar

Antes de subir a la cabina del vehículo, se procederá a realizar un examen visual sobre algunos elementos del vehículo, para comprobar su correcto estado.

Aunque depende del modelo de vehículo, en líneas generales, una correcta revisión previa debería contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Niveles de líquidos: aceite de motor, agua de refrigeración y líquido de servodirección.
- Sistema de frenos: presión de aire de frenos y purgado del agua de condensación.
- Instrumentación de ayuda a la conducción: limpieza y colocación de los retrovisores, verificación del funcionamiento del alumbrado y de las luces de advertencia.
- Montaje del vehículo: sujeciones de alerones, enganches y acoplamientos, y los toldos que recubren la carga, en su caso.
- Neumáticos: presiones, desgastes, objetos incrustados, estado general y fijaciones. No olvidar también la supervisión del estado de las ruedas de repuesto.

La preparación con anterioridad del **itinerario** a seguir permitirá ahorrar kilómetros recorridos innecesariamente y, por lo tanto, combustible. Esta planificación de los itinerarios, unida a una adecuada programación de la ruta, es decir, horas de paso y cargas o descargas a efectuar en los distintos puntos, permitirá en muchas ocasiones evitar atascos que ralentizarían el ritmo medio del viaje y aumentarían el consumo de carburante.

4.3 Previsión y anticipación

Con el fin de poder anticiparse a los acontecimientos que presenta la circulación vial en cada momento, es necesario controlar el entorno del vehículo, para lo cual se utilizará:

- *Un amplio campo visual de la vía y de la circulación:* se ejercerá un control visual de los vehículos que circulen a nuestro alrededor. La altura del vehículo industrial ofrece un amplio campo visual, que favorece esta práctica. De esta forma se podrá controlar lo que acontece varios vehículos por delante del nuestro.
- *El rodaje por inercia:* ante cualquier incidencia que se prevea en la vía o ante cualquier deceleración que se vaya a realizar, se utilizará la técnica del rodaje por inercia con la marcha engranada. De esta forma, además de ahorrar carburante, se favorece la previsión y la anticipación de cara a cualquier maniobra a realizar.
- *La distancia de seguridad:* se debe guardar una razonablemente amplia distancia de seguridad con el vehículo precedente, que permita al conductor responder de forma adecuada a las circunstancias del tráfico y de la vía. De esta forma, se conservará un mayor margen de actuación en la conducción, sin que ésta quede condicionada por las aceleraciones y frenadas del vehículo precedente.
- *Con circulación densa,* además de guardar la distancia de seguridad, se intentará acelerar y frenar siempre algo menos que el vehículo precedente, para evitar el llamado “efecto acordeón”.

Ante un turismo que circula unos cuantos vehículos por delante, y que comienza a frenar, se levantará el pie del acelerador, dejando rodar el vehículo por su propia inercia.

Así se ahorrará combustible al haber rodado sin consumo, y además se podrá frenar de una manera menos severa o incluso evitar la frenada si finalmente no fuera necesaria.

A través de las actuaciones mencionadas, que favorecen el control del entorno del vehículo, se podrán **prever** las acciones de los conductores circundantes y **anticipar** las acciones a llevar a cabo.

5 Control y conducción del vehículo

5.1 Control de los neumáticos

Una presión excesivamente baja de los neumáticos redundará en una **mayor resistencia a la rodadura**, un peor comportamiento en curvas y un aumento de su temperatura de trabajo por lo que, además de aumentar el consumo, aumentan las posibilidades de un reventón o desprendimiento de la banda de rodadura, en caso de neumáticos con banda de rodadura no original.

Además, la presión excesivamente baja respecto a la recomendada por el fabricante, provoca desgastes anormales y no uniformes sobre las partes laterales de la banda de rodadura. En montajes de ruedas gemelas, podría ocurrir, debido a una presión anormalmente reducida, que la deformación de la parte del neumático que apoya en cada instante en el suelo fuese tan abultada que tocase con el neumático gemelo, dando esto lugar a fenómenos de rozamiento que aumentan notablemente la temperatura de trabajo, produciendo un desgaste anormal en los flancos del neumático.

Se recomienda el control de la presión de todos y cada uno de los neumáticos:

- Diariamente: de manera visual.
- Cada pocos días o cada 5.000 km: midiendo su presión.

Una reducción de la presión de un neumático de 2 bares, aumenta el consumo un 2% y reduce su vida útil en torno a un 15%.

Por otro lado, una presión excesivamente alta en los neumáticos produce, además de rebotes innecesarios en la suspensión, desgastes a saltos del mismo, principalmente concentrados en la zona central de la banda de rodadura, lo que incrementa el consumo y produce un desgaste prematuro del neumático.

5.2 Control del motor

La realización de un mantenimiento adecuado al motor del vehículo tiene una gran repercusión en su consumo de carburante. Se deben revisar:

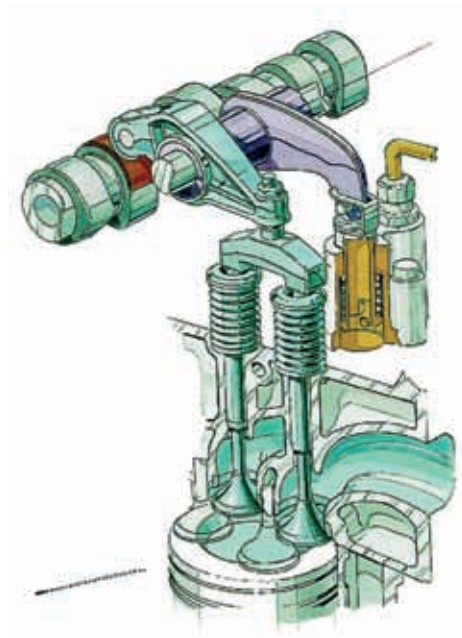
- **El filtro de aceite:** su mal estado puede aumentar el consumo del vehículo hasta un 0,5%, además de tener influencia en la adecuada lubricación del motor. Un mal estado de este elemento, incrementa el riesgo de sufrir graves averías en el motor.
- **El filtro del aire:** su mal estado, habitualmente por un exceso de suciedad, provoca mayores pérdidas de carga de las deseables en el circuito de admisión, lo que hace aumentar también el consumo hasta un 1,5%.
- **El filtro de combustible:** su mal funcionamiento puede causar aumentos en el consumo de hasta un 0,5%, además de que, en caso de bloqueo, pararía el motor. Es importante controlar la cantidad de agua en el filtro.

Un aumento en el consumo de combustible sin una causa que lo justifique, es un claro indicativo de algún problema en el motor, por lo que un **control periódico del consumo** anotando las cargas de carburante y los kilómetros recorridos, puede llevar a detectar averías en el motor del vehículo antes de que se agraven.

5.3 Sistemas de ayuda a la reducción del consumo

5.3.1 El freno motor

Como ya se ha visto anteriormente, cuando no se pisa el pedal acelerador y se circula con una marcha engranada, el motor no consume combustible y sus propias pérdidas mecánicas actúan como freno. Por tanto, siempre que se pueda, se usará en las deceleraciones este sistema, para lo cual sólo es necesario levantar el pie del acelerador, sin pisar el embrague.



Esquema del freno motor

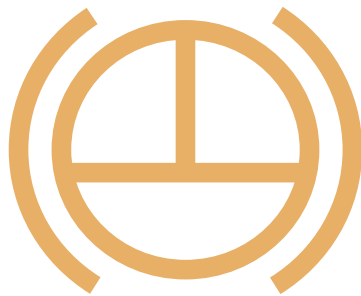
Sin embargo, para retenciones mayores, muchos camiones están dotados de un sistema adicional, accionable por el conductor, que una vez cortada la entrada de combustible al motor, cierra parcialmente el conducto de escape con una válvula y realiza modificaciones en la distribución, consiguiendo hacer funcionar al motor como un compresor, al provocar una oposición al giro del mismo y haciendo frenar al vehículo.

El freno motor es un sistema muy útil para las frenadas prolongadas por el descanso que proporciona al freno de servicio, evitando su desgaste prematuro y su calentamiento en exceso; efectos que restan eficacia a su acción de frenado.

5.3.2 Retardadores hidráulicos y electromagnéticos

Aunque la mayor parte de los vehículos industriales destinados al transporte de mercancías han abandonado el uso de estos sistemas, la práctica totalidad de los vehículos industriales destinados al transporte de pasajeros siguen estando dotados de retardadores.

Estos mecanismos tienen una función y utilización aproximadamente igual a la del freno motor, ya que se usan principalmente para aliviar de cargas ligeras y continuas a los frenos de servicio. Su fundamento técnico está basado en conectar a la transmisión un mecanismo que genera, por rozamiento, una serie de pérdidas. Dependiendo del sistema concreto, se puede tratar de **retardadores hidráulicos**, en los que el rozamiento se genera a través de la oposición que crea el movimiento de un fluido viscoso, contrario al del movimiento de giro de los ejes, o **los electro-magnéticos**, cuya resistencia viene originada por la inducción electromagnética que genera una fuerza contraria al movimiento, al pasar una intensidad a través de un devanado que está conectado a la transmisión.



Testigo del retarder

Los retardadores electromagnéticos prácticamente ya no se usan, debido a su elevado peso y generación de temperatura. Sin embargo, los retardadores hidráulicos, denominados comercialmente "retarder", cada día son más utilizados debido a su alto rendimiento y peso reducido.

De la misma manera, por tanto, que el freno motor, estos dos sistemas de retardo se usan mayoritariamente en descensos y deceleraciones, contribuyendo a minimizar el desgaste del freno de servicio y a evitar sobrecalentamientos excesivos por su uso prolongado. Su utilización sin necesidad, sin embargo, puede aumentar el consumo de carburante por el menor aprovechamiento de la inercia del vehículo.

5.4 La carga del vehículo

El **peso total** de un vehículo, incluyendo la carga que transporta, influye directamente en el consumo. La potencia requerida al motor aumenta con el peso del vehículo por su influencia en la resistencia a la rodadura.

Se estibarà la carga de manera que se garantice su completa inmovilidad ante aceleraciones, frenazos y pasos por curvas, de manera que la seguridad del vehículo en su tránsito no se vea comprometida.

La **manera de cargar** el vehículo tiene una influencia importante en cuanto al ahorro de combustible se refiere. Se debe intentar distribuir la carga de manera que el peso sobre cada eje sea aproximadamente el mismo, y que el contorno exterior del camión sea lo más uniforme posible, de tal forma que se reduzcan al mínimo las pérdidas de potencia debidas a la resistencia aerodinámica.

5.5 Arranque del motor e inicio del movimiento del vehículo

Antes de arrancar el motor del vehículo, se colocará el discograma del tacógrafo, o se pasará la tarjeta del conductor, en el caso de que el tacógrafo sea digital.



Tacógrafo

Para **arrancar el motor** del vehículo, se girará la llave y se encenderá el motor sin pisar el pedal acelerador.

La moderna electrónica del vehículo regula las condiciones de encendido y el caudal de carburante necesario para tal fin. El hecho de pisar el pedal acelerador en el momento del arranque del motor, repercute únicamente en un mayor consumo de carburante y en un desajuste de la electrónica que regula el encendido.

No se deben, además, realizar aceleraciones en vacío. El pedal acelerador se utilizará con las marchas engranadas y con el vehículo en movimiento.

Para el inicio del movimiento del vehículo, se debe dar tiempo para que se lubrique adecuadamente el turbo y para que haya suficiente presión en los calderines. Por tanto, se puede aprovechar esos instantes para colocar el discograma del tacógrafo. En un tiempo de un minuto aproximadamente, se puede haber realizado esta operación y se iniciará la marcha del vehículo sin más demora.

A este efecto, conviene recordar que se deben evitar en la medida de lo posible los períodos de funcionamiento del motor a ralentí, ya que generan un inútil consumo de carburante, cifrado en unos 1,5-2 litros/hora.

El motor funciona en frío, es decir, sin alcanzar su temperatura normal de funcionamiento, durante unos 4-5 minutos en circulación o durante unos 20-25 minutos a ralentí.

El **motor en frío** se comporta peor, sufre más desgastes y **consume más carburante**, por lo que se debe evitar, siempre que sea posible, hacerlo funcionar a regímenes de giro demasiado altos, o con el acelerador a plena carga, mientras no se haya llegado a la temperatura óptima de funcionamiento.

La actuación correcta será iniciar la marcha lo antes posible, conduciendo de manera **especialmente suave** hasta que el motor establezca su temperatura en la de funcionamiento normal. De esta manera, se consigue un calentamiento del motor más rápido y uniforme, y además se ahorra combustible.

Uso del pedal acelerador en el inicio de movimiento del vehículo

Para iniciar el movimiento de un vehículo con el motor ya caliente, a la salida de un semáforo después de llevar un rato circulando, o después de una detención en

un puesto de pago de peaje, etc., se utilizarán **cargas parciales** de acelerador y regímenes de revoluciones relativamente bajos, dentro de la zona verde del cuentarrevoluciones, como se explicó anteriormente.

Si se requieren aceleraciones fuertes, como por ejemplo, en una incorporación a una vía más rápida, se usarán **cargas mayores** de acelerador y regímenes de revoluciones más elevados, intentando llegar lo antes posible a la velocidad de crucero, y a situar el motor en la parte inferior de la zona verde, o de consumo económico.

Se iniciará el movimiento del vehículo, con una relación de marchas acorde a cada situación y que no fuerce el funcionamiento del embrague de forma innecesaria.

Con fuertes pendientes ascendentes, se pondrá en movimiento el vehículo en 1ª corta o larga, según el vehículo y las condiciones de la vía.

Una vez engranada la relación de marchas para el inicio del movimiento del vehículo y siguiendo los consejos expuestos, se levantará, siempre que sea posible, el pie del pedal del embrague completamente, antes de proceder a pisar el pedal acelerador.

5.6 Selección de la marcha en el cambio

Los cambios de marcha se llevarán a cabo en función de las condiciones de carga del vehículo, de la circulación, de la pendiente de la vía y del propio motor del vehículo.

En condiciones favorables, la consigna a seguir para los cambios de marcha, es la de realizarlos de tal forma que tras la realización del cambio, las revoluciones que indica el cuentarrevoluciones sean las correspondientes al inicio de la zona verde. Para tal fin, se ejecutará el cambio en el entorno del final de la zona de par máximo, que se suele corresponder con el intervalo medio-alto de la zona verde del cuentarrevoluciones.

Así pues:

En condiciones favorables, se puede cambiar a la siguiente media marcha (motores de grandes cilindradas, de 10-12 litros), aproximadamente a las 1.400 r/min.

Mientras que los cambios de marchas enteras se realizarán en torno a:

- 1.600 r/min en motores de 10-12 litros.
- Entre las 1.700-1.900 r/min en los de menores cilindradas.

En situaciones más comprometidas (por ejemplo, en la incorporación a una autovía), el cambio de marchas se realizará a mayores revoluciones, en un rango cercano al intervalo de revoluciones de potencia máxima.

En situaciones favorables de circulación, pueden realizarse “**saltos de marchas**” en la progresión creciente de las mismas, sin tener que seguir el orden consecutivo de cambio. La ventaja de esta práctica es que se llegará con mayor prontitud a las marchas largas, que son en las que finalmente se va a circular, permitiendo menores consumos de carburante. Con esta práctica, además se logra la reducción del número de cambios de marcha con la consiguiente mejora en el mantenimiento del vehículo.



Caja de cambios

En este caso, la realización de los cambios de marchas se llevará a cabo a más altas revoluciones que en los cambios sencillos, concretamente en el entorno del intervalo de revoluciones de potencia máxima, acelerando de forma ágil y progresiva hasta prácticamente el final del recorrido del pedal acelerador tras la realización del cambio. El motivo de esta práctica es el de que, si normalmente un cambio de marchas en un proceso de aceleración supone una caída de revoluciones, el salto de una marchas supone una caída sustancialmente mayor de las mismas, por lo que, si se quiere permanecer en régimen de par máximo, habrá que subir las revoluciones en mayor medida antes de la realización del cambio.

En un vehículo con caja de cambios de 8 relaciones de marchas, se podrá cambiar de 2ª a 4ª y luego de 4ª a 6ª y de 6ª a 7ª, para cambiar finalmente a 8ª.

En un vehículo con caja de cambios de 12 relaciones de marchas, se podrá cambiar de 2ª corta a 4ª corta, luego a 5ª larga para pasar después a 6ª larga.

En todo caso, los saltos de marchas se realizarán de forma que no se caiga nunca por debajo de la zona verde del cuentarrevoluciones. Una caída de unas 500-600 r/min, propia de cajas de cambios de 8 relaciones de marchas, es aceptable; pero en el caso de un salto de marchas, esta caída será mucho mayor.

No se debe realizar el doble embrague porque, además de doblarse el número de intervenciones del embrague, con el consiguiente deterioro de los sistemas del vehículo implicados en los cambios, supone una pérdida doble de tiempo en la realización de los cambios de marchas, lo que conlleva una considerablemente mayor pérdida de la velocidad del vehículo. Las cajas de cambio modernas no necesitan de esta práctica.

Se recomienda **realizar los cambios de marcha de forma rápida**, a fin de incurrir en la menor caída de velocidad posible tras el cambio. Además, de esta forma engranará mejor la nueva relación de marchas.

Conviene acelerar ligeramente el motor en el momento de desembragar, para igualar las revoluciones en el embrague y evitar, por tanto, la retención producida por el motor, lo que restaría velocidad.

Inmediatamente tras la realización del cambio se pisará el acelerador de forma ágil, para continuar el proceso de aceleración del vehículo.

En las gráficas mostradas, se comparan 2 estilos muy distintos de conducción, para el caso de salida desde parado en caliente (en frío sería mejor no realizar saltos

de marchas, ya que se forzaría al motor unas prestaciones más exigentes durante un período de funcionamiento de peor eficiencia), y progresión de marchas hasta circular a una velocidad crucero de 90 km/h:

Ejemplo de progresión creciente de marchas

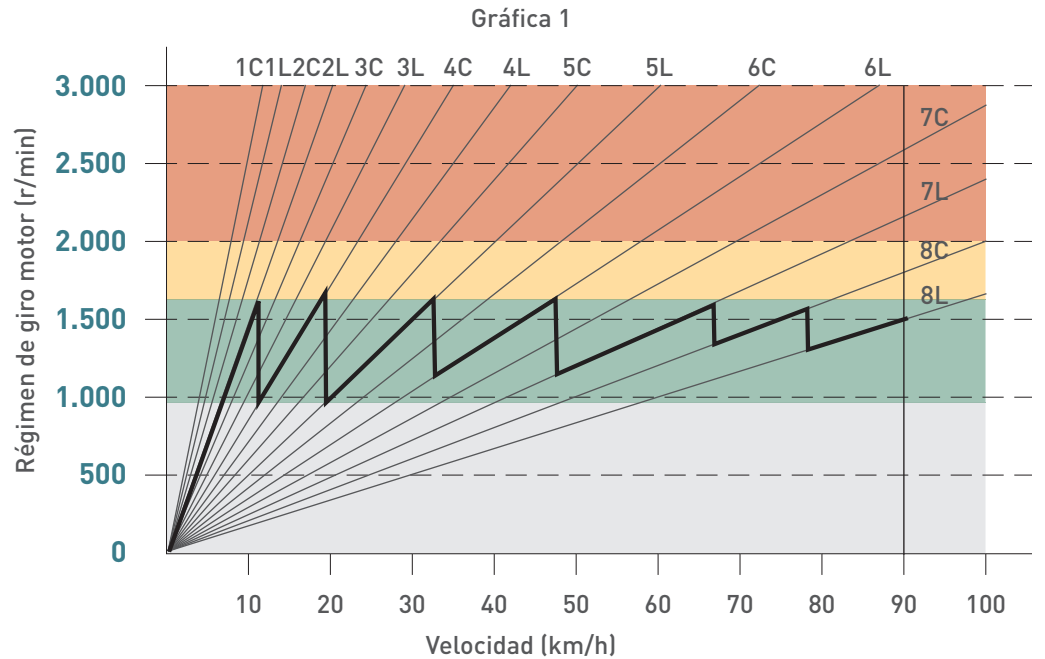
Gráfica 1:

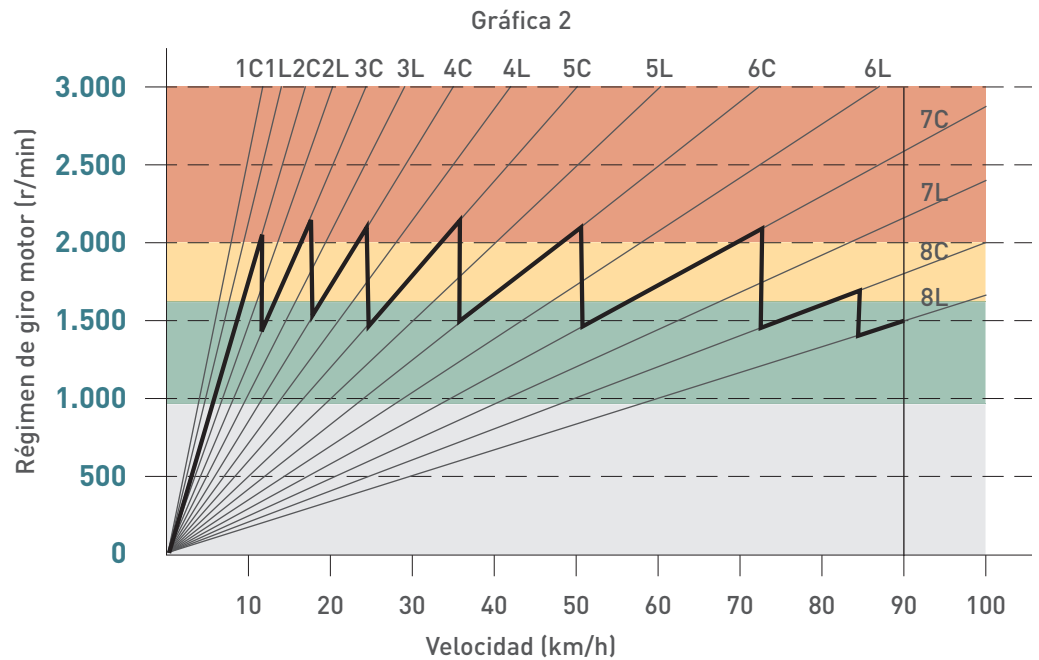
Una vez iniciado el movimiento del vehículo, los cambios se realizan prácticamente al final de la zona verde del cuentarrevoluciones, lo que se corresponde aproximadamente con el inicio de la zona de revoluciones de potencia máxima de este motor. Esto se debe a la realización de los saltos de marchas que se llevan a cabo: de 2ª corta a 4ª corta, luego a 5ª larga, para pasar a 6ª larga y luego a 7ª larga. A partir de ahí se cambiarían medias marchas para ganar velocidad hasta llegar a la 8ª larga a 90 km/h.

Se observa que, en los cambios de marchas enteras, las revoluciones caen en torno a 300 r/min en cada cambio, mientras que en los de marcha y media la caída ronda las 600 r/min. En situación favorable, los cambios de medias marchas –al final de la progresión– se realizan a más bajas revoluciones, concretamente entre las 1.400 y 1.500 r/min, lo que correspondería aproximadamente a la zona alta de par máximo del motor.

Se puede apreciar también que, durante el proceso de aceleración, el régimen medio de revoluciones ronda las 1.300 r/min, que corresponderían en este vehículo a la mitad aproximada de la zona verde del cuentarrevoluciones, donde se logran bajos consumos de carburante.

Dos posibles secuencias de cambio de marcha en aceleración





Gráfica 2:

Los cambios de marchas se realizan en la zona roja del cuentarrevoluciones, es decir, a más de 2.000 r/min, revolucionándose por tanto el motor más de lo necesario y con ello, sometiendo al motor a condiciones más exigentes de funcionamiento, dando lugar a un mayor gasto de carburante que en el primer ejemplo.

Como se puede observar, el régimen medio de circulación se sitúa en torno a la mitad de la zona amarilla del cuentarrevoluciones (a unas 1.800 r/min).

También se puede ver que el segundo conductor ha realizado un mayor número de cambios de marchas y por tanto, ha aumentado el desgaste de la caja de cambios y el embrague.

5.7 Circulación en una determinada marcha

Como se ha mostrado en anteriores apartados, la circulación del vehículo en una determinada marcha se desarrollará en la **parte baja o inicial de la zona verde del cuentarrevoluciones**. Esta zona se corresponderá a su vez aproximadamente con el inicio del intervalo de revoluciones de par máximo.

En situación favorable de circulación, esta condición se alcanzará con carga o posición del **pedal acelerador en torno a las tres cuartas partes de su recorrido**. La posición de plena carga por tanto, se empleará solamente en condiciones especiales de mayor exigencia al motor (saltos de marchas, incorporaciones a autopistas, fuertes subidas, etc.).



Acelerador accionado

Otro factor relevante en la realización de una conducción eficiente es el aprovechamiento de las **inercias del vehículo**. La puesta en movimiento de un vehículo industrial, debido a su gran peso da lugar a un elevado consumo, pero supone por otro lado una generación de energía que puede ser aprovechada.

Para tal fin, se evitará la realización de frenadas y acelerones innecesarios, ya que dan lugar a pérdidas de energía en la frenadas e incrementos de consumo en las consiguientes aceleraciones realizadas para recuperar la velocidad de circulación.

Se recomienda mantener una velocidad media estable, eliminando en la medida de lo posible los picos y valles de velocidad que aumentan el consumo, pero no van a suponer llegar antes al destino final.

Por otro lado, conviene hacer notar que el consumo del vehículo aumenta con la velocidad y que se podrán dar circunstancias durante el trayecto en las que se pueda moderar la misma. La siguiente tabla muestra un ejemplo del aumento del consumo de un vehículo de 40 t, a distintas velocidades de circulación:

Velocidad (km/h)	Consumo (l/100 km)
80	31
85	33
90	34,5
95	37

En este sentido, el programador de velocidad (**cruise control**), tiende a facilitar la labor de la conducción al automatizar el control del acelerador, pero con el inconveniente de incidir en un mayor consumo de carburante, al anular la componente de previsión y anticipación del conductor.

El cruise control corrige las pequeñas variaciones de velocidad que se puedan dar, pero ante variaciones bruscas respecto a la velocidad de referencia fijada, tiende a recuperar la misma de forma rápida, a través de un proceso de aceleración de elevado consumo de carburante.

El “tempomat” es otro dispositivo de control de velocidad muy empleado que tiene dos funciones:

- *Cruise control*.
- *Autolimitador*: impide exceder una velocidad prefijada, cortando la inyección del carburante.

Tempomat



En el límite de velocidad establecido, ya sea por el tempomat, o por el limitador obligatorio de velocidad del vehículo, se circulará con el acelerador pisado a las tres cuartas partes de su recorrido, de forma que el vehículo mantenga perfectamente estable la velocidad seleccionada, evitando así el derroche de carburante que significarían las oscilaciones alrededor de la velocidad deseada.

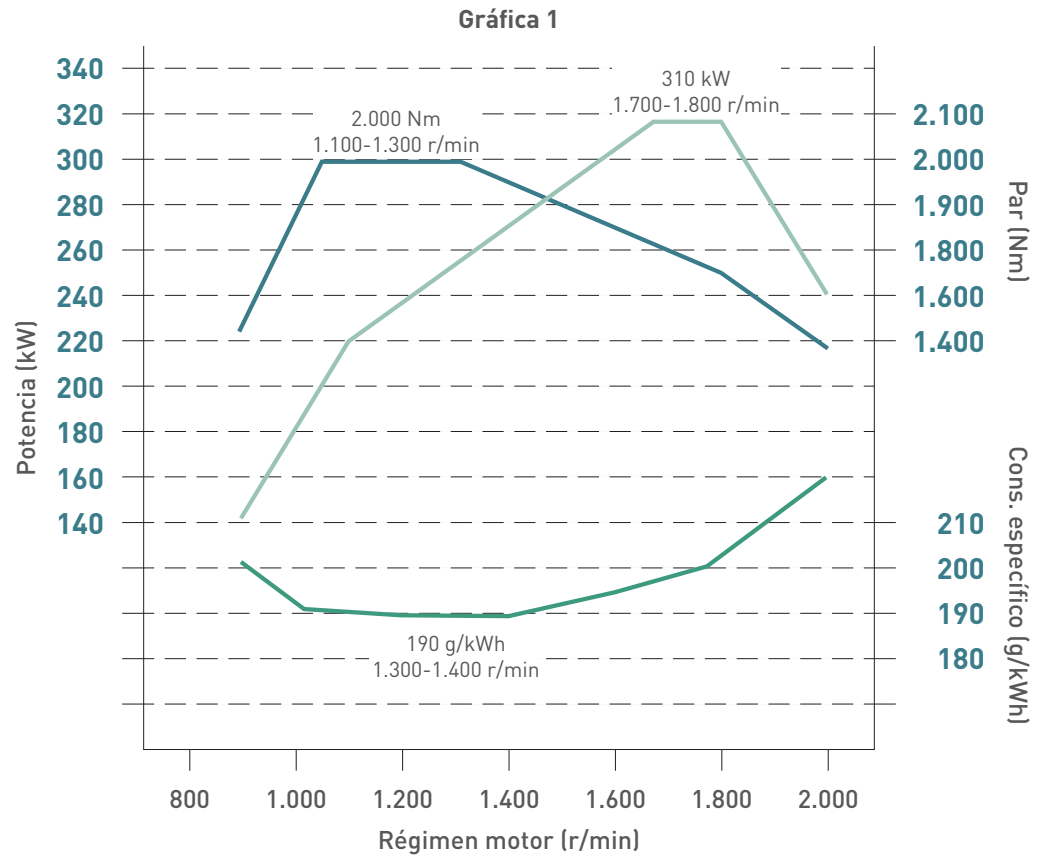
Las gráficas mostradas revelan las curvas características de 2 motores modernos. Se recomendaría para cada una de ellas los siguientes regímenes de circulación:

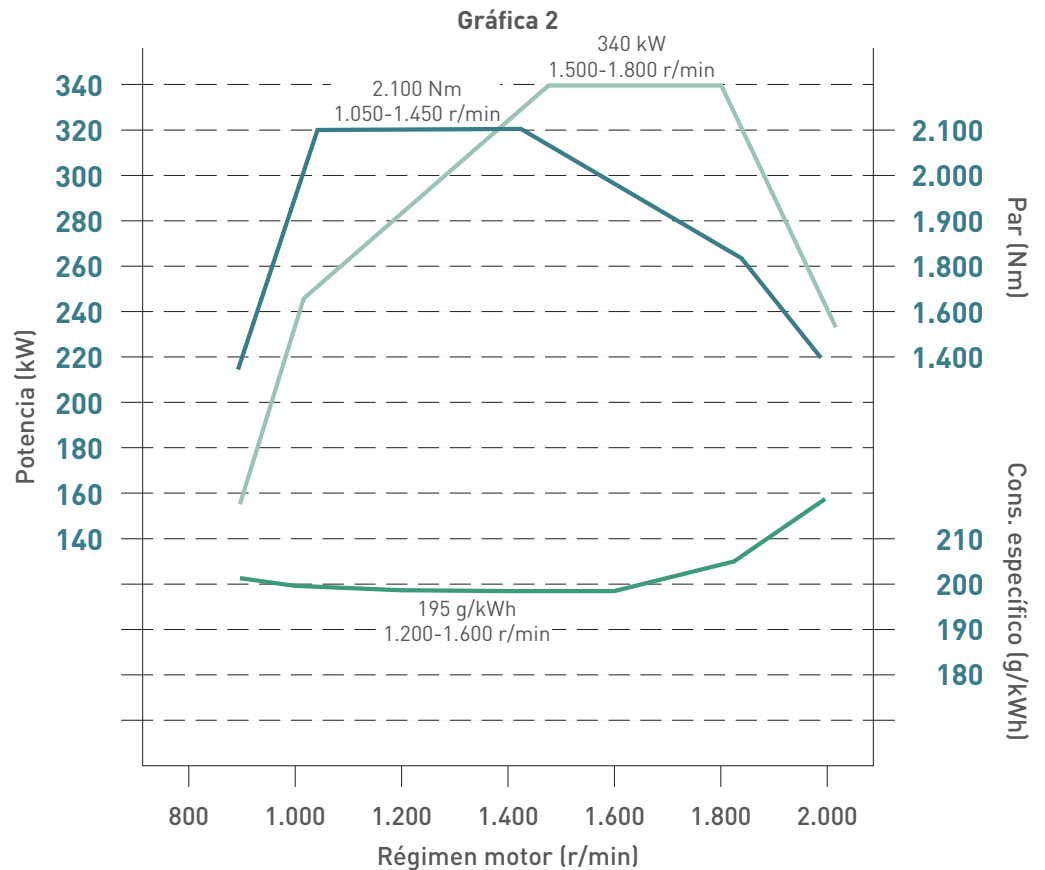
Ejemplo

Gráfica 1: circulando entre 1.100 y 1.500 r/min se obtienen los menores consumos, en un abanico de potencias de 220 a 280 CV, más que suficientes para mantener un vehículo de 40 t rodando a 90 km/h en terreno llano. Recordando que, en estas condiciones, un vehículo de estas características necesita que el motor proporcione 150 CV para mantener su velocidad, se mantendrá el motor al mínimo régimen posible sin caer por debajo de las 1.100 r/min, por lo tanto, usando la marcha más larga que deje el motor en el entorno de este régimen.

Gráfica 2: circulando entre 1.100 y 1.600 r/min se obtienen los menores consumos, en un abanico de potencias de 260 a 340 CV, más que suficientes para mantener un vehículo de 40 t rodando a 90 km/h en terreno llano. De la misma forma que en el caso anterior, se mantendrá el motor al mínimo régimen posible sin caer por debajo de las 1.100 r/min, por lo tanto, usando la marcha más larga que deje el motor en el entorno de este régimen.

Ejemplo de curvas características de dos motores de camión





Como consecuencia de ambos ejemplos, se puede concluir que el menor consumo del vehículo se obtendrá manteniendo el motor en los regímenes más bajos de consumo específico mínimo, y se hará frente a las diferentes solicitudes de potencia mediante variaciones en la carga del mismo (posición del pedal de acelerador), es decir:

- Ante aumentos de demanda de potencia, se pisará más el acelerador antes de reducir de marcha (y subir por tanto el régimen de revoluciones), en tanto en cuanto el régimen del motor no baje del régimen de mínimo consumo específico.
- Ante bajadas de la demanda de potencia, se aliviará la presión del acelerador, cambiando de marcha en cuanto se prevea que el engrane de la siguiente no dejará el motor por debajo del régimen mínimo de revoluciones en el que el consumo específico es el más bajo posible, y que en ambos ejemplos está situado en los alrededores de las 1.100 r/min.

Conduciendo con el limitador de velocidad, se seleccionará la marcha que sitúe el motor en el régimen de revoluciones anteriormente recomendado (en los ejemplos, a unas 1.100 r/min), con el acelerador presionado a last tres cuartas partes de su recorrido, dejando que la centralita electrónica regule la carga por sí misma de manera que se minimice el consumo.

5.8 Frenadas y deceleraciones

En las deceleraciones, se recomienda mantener el motor girando **sin pisar el acelerador y con la relación de marchas en la que se circula engranada**. De esta manera y por encima de un número mínimo de revoluciones cercano al de ralentí, el consumo de carburante del motor es nulo, es decir, **no se consume carburante**. Además, en estas circunstancias se produce un efecto de retención del propio motor de gran utilidad para la realización de las deceleraciones.

En las deceleraciones, o ante cualquier imprevisto que presente la vía, es recomendable la utilización del rodaje por inercia del vehículo con la marcha engranada, así como del freno motor y los retardadores del vehículo durante el mayor tiempo que sea posible, antes de pasar a actuar sobre el freno de servicio.

En este sentido, hay que hacer notar que, a mayor relación de marchas engranada, la distancia para poder rodar por inercia aumentará, al presentar el motor menor resistencia al avance del vehículo y, por tanto, aprovecharse mejor las inercias. Así, si el régimen lo permite, se progresará a marchas más largas para dejar rodar el vehículo por su propia inercia.

Se evitará la práctica de rodar en las deceleraciones a ralentí (punto muerto), lo que conlleva un consumo de carburante, además de una peligrosidad implícita.

En los camiones, el freno motor complementará al rodaje por inercia cuando sea necesario, ya sea para bajar o para decelerar ante cualquier eventualidad, cuando se prevea un cruce, un stop, etc. Su funcionamiento es más efectivo a altas revoluciones.

Freno motor



Freno motor activado



Al realizar frenadas suaves, se evitará la práctica de pisar el pedal del embrague del vehículo, la cual conduce a un consumo innecesario de combustible, requerido para mantener el régimen de ralentí del motor.

Situaciones que son habituales, como la acción de frenar ante un vehículo más lento que nos preceda, pueden ser evitadas con una **adecuada atención y previsión de los sucesos que rodean al vehículo**. De esta manera, cuanto antes se detecte que va a ser necesario reducir la velocidad, más eficientemente se podrá solventar la situación.

Como pauta general, se levantará el pie del acelerador, dejando que el vehículo reduzca la velocidad por sí solo, y haciendo uso de los retardadores y del freno de servicio, sólo si es necesario. Es muy común que la situación se aclare antes de llegar a frenar y pueda recuperarse nuevamente la velocidad de circulación.

5.9 Paradas prolongadas. Detención del vehículo

Se debe parar el motor del vehículo ante detenciones cuya duración se prevea superior a los 2 minutos, salvo en vehículos que dependan del continuo funcionamiento de su motor para el correcto uso de sus servicios auxiliares.

En autobuses no será posible realizar esta práctica, ya que los sistemas de confort que incorpora el vehículo para los pasajeros hacen uso del mismo (mantenimiento de una correcta temperatura, así como de una ventilación adecuada).

No es necesaria, en la **detención del vehículo**, la práctica de dejar el motor funcionando a ralentí durante un cierto tiempo, consumiendo carburante y contaminando de forma innecesaria.

Esta práctica es errónea y se fundamenta en que permite la bajada de revoluciones del turbocompresor, para lo cual, únicamente son necesarios unos pocos segundos, siendo suficientes para tal efecto los empleados en el aparcamiento del vehículo.

Finalmente, se recuerda la inutilidad de la práctica de la realización de acelerones a ralentí al terminar la marcha, con el objeto de lograr un mejor mantenimiento del vehículo. Estos acelerones, lo que realmente originan es daño al motor y dan lugar a un consumo innecesario de carburante.

Camiones estacionados



6 Respuesta ante diferentes situaciones de tráfico

A continuación se proponen una serie de acciones a llevar a cabo por el conductor, ante situaciones concretas que se presentan en el tráfico vial:

6.1 Salida a la circulación

En situaciones favorables del tráfico vial, para realizar la incorporación a la vía, se utilizará el acelerador a las tres cuartas partes de su recorrido, realizando los cambios de marcha en la zona más alta de par máximo.

Se pueden presentar también otras circunstancias de la vía que demanden una mayor utilización de la potencia del motor para realizar la incorporación del vehículo a la vía; como pueden ser los tramos en subida o de circulación más densa, en cuyo caso se revolucionará el motor en mayor medida, con cargas más elevadas del pedal acelerador, realizando los cambios en revoluciones del entorno de la zona de potencia máxima.

6.2 Semáforos y detenciones previsibles

En las deceleraciones previas a una detención, se evitarán los frenazos si se conduce con previsión y anticipación. Cuanto más suaves sean, menos energía se estará desperdiciando, y por tanto, más combustible se ahorrará.

Ante una detención en un semáforo, se utilizará nuevamente la técnica del rodaje por inercia con la marcha engranada, desembragando el motor de la caja de cambios en el último momento. Si desapareciese la causa de la detención, por ejemplo al cambiar el semáforo a verde, se seleccionará la marcha adecuada a la velocidad de ese instante y se comenzará a acelerar de nuevo.

Se utilizarán también, en la medida de lo posible, el freno motor o los retardadores y, en caso de ser necesario, el freno de servicio.

Con el aprovechamiento de las inercias se intentará evitar las detenciones previsibles en la medida de lo posible, ya que dan lugar al empleo de marchas cortas para las arrancadas posteriores, en las cuales se producen elevados consumos de carburante. El inicio del movimiento del vehículo en cada una de las detenciones realizadas, llega a suponer un consumo adicional de hasta 1 litro de carburante en vehículos de gran tonelaje.

6.3 Curvas y giros

Para el correcto trazado de una curva, se ha de tener en cuenta con la suficiente previsión su curvatura, anchura del carril, tipo de firme, peraltes y demás

características del entorno. El conductor, analizando estas características, decidirá a qué velocidad entrará en la misma, evitando aceleraciones o frenazos repentinos por falta de previsión y anticipación de su trazado.



Autobús en carretera

Se evitará la práctica común de frenar inmediatamente antes de la toma de una curva, para a continuación reducir de marchas y acelerar durante su trazado. Con este hábito, además de perderse la inercia de circulación del vehículo, se aumentará el estrés del conductor y la peligrosidad en la circulación.

Se debe preparar la curva mucho antes de iniciarla, utilizando el rodaje por inercia con la marcha engranada y de manera que las frenadas previas a la misma sean, siempre que sea posible, reducciones de marchas en vez de utilizaciones del freno de servicio.

Siempre que sea posible, se entrará a una curva con una velocidad adecuada a su trazado y sin usar el freno de servicio, sino solamente con la retención del motor. Durante su trazado, se mantendrá una velocidad uniforme con el pie en posición estable sobre el pedal acelerador, para luego volver a acelerar de forma progresiva a la salida de la misma.

6.4 Otras situaciones del tráfico

Para otras posibles situaciones que presente la ruta, se recomienda prever y estudiar las condiciones del entorno, de manera que se puedan anticipar las acciones a realizar, adecuando la velocidad del vehículo a las circunstancias de la vía, trazado, climatología, etc., de una manera tranquila, y evitando frenazos o aceleraciones bruscas.

Al atravesar una intersección, si se ha actuado con suficiente previsión, será fácil variar la velocidad de la manera necesaria para no comprometer la seguridad, y con la suficiente antelación para reducir o aumentar la marcha de manera suave.

Es mejor levantar el pie del acelerador un poco antes y dejar que el vehículo pierda velocidad poco a poco.

En las **incorporaciones**, lo más importante es llegar al tramo de incorporación con el vehículo a una velocidad lo más cercana posible a la del tráfico que presente la vía. La aceleración en un tramo de incorporación sigue el mismo método que el

expuesto anteriormente en los apartados de inicio de marcha y de selección de las distintas relaciones de marcha.

En las **salidas**, se comenzará a reducir la velocidad durante la incorporación al carril de deceleración, descargando el pedal del acelerador y dejando que el vehículo pierda velocidad, sin pisar el embrague. Posteriormente, si es necesario, se usarán el freno motor o los retardadores y el freno de servicio para llegar a la salida del carril a la velocidad adecuada.

En las **glorietas**, se adecuará la velocidad del vehículo al trazado y al tráfico que presenten las mismas, utilizando nuevamente el rodaje por inercia con la marcha engranada, evitando, siempre que sea posible, la detención del vehículo a la entrada de la rotonda.

En la aproximación a la entrada de la glorieta, es necesario también prever las trayectorias que se encuentran realizando los vehículos en la misma y que pudieran interferir con la de nuestro vehículo (por ejemplo, para buscar un hueco de entrada en la glorieta, si los coches entran con fuerza y rectos en su trayectoria, es porque seguramente van a salir de la misma sin completarla). La incorrecta previsión de estas circunstancias, representará seguramente una nueva detención con el consiguiente gasto de carburante que genera la posterior arrancada, además del riesgo que comporta la realización de una maniobra brusca en un vehículo industrial para la seguridad de los vehículos.

6.5 Pendientes ascendentes y descendentes

En las **pendientes ascendentes**, se actuará de la siguiente forma:



Camión subiendo una pendiente

Si se estima que el vehículo puede continuar transitando a la misma velocidad, únicamente pisando más el acelerador, no se cambiará de marcha y se aumentará la carga sobre el acelerador. Si las revoluciones no bajan, o bajan muy despacio, sin salir de la zona verde del cuentarrevoluciones, se mantendrá la situación hasta que termine la pendiente, momento en el que se reducirá la carga ligeramente, hasta recuperar la velocidad anterior.

Si no se puede mantener la velocidad y el régimen de revoluciones desciende notablemente, de manera que sale de la zona verde por su parte inferior, se reducirá

media marcha, o incluso una entera si la caída de revoluciones es acusada, repitiendo las reducciones de marcha hasta que se llegue a un régimen de velocidad constante, en la parte alta de la zona verde del cuentarrevoluciones.

Si la velocidad fuese demasiado reducida, podría usarse el motor en la zona de potencia máxima, para mantener una velocidad adecuada a la vía, pero conllevando un alto consumo de carburante.

Cuando el vehículo culmina una subida en la que se ha tenido que reducir de marchas, e inicia posteriormente una **pendiente descendente**, se aprovechará la bajada para volver de nuevo a la velocidad de crucero, dejando que el vehículo se acelere ayudado por la pendiente. Los cambios de marchas se realizarán de manera que la aguja del cuentarrevoluciones se sitúe en la parte inferior de la zona verde del cuentarrevoluciones.

En **descensos pronunciados**, se utilizará el freno motor lo más posible, aumentando el régimen de giro del mismo a base de las reducciones de marchas oportunas para que el vehículo no se acelere. A mayor régimen de giro del motor y menor relación de cambio, se obtendrá una mayor retención del mismo. En estas ocasiones, no hay problema en subir de vueltas el motor, aunque sin llegar a entrar en la zona roja (cuyo inicio se encuentra en torno a las 2.400 r/min), para no ocasionar daños en el mismo.

Ejemplo de subida de pendiente

Vehículo:

Camión de 420 CV.

Caja de cambio de 16 relaciones de marchas.

Curvas características:

Zona de par máximo: entre las 1.100 y 1.400 r/min.

Zona de potencia máxima: entre las 1.500 y 1.800 r/min.

Zona de mínimo consumo específico: entre las 1.300 y 1.400 r/min (189 g/kWh).

Subida de pendiente:

En una subida con un camión de estas características, se actuará de la siguiente forma:

- Si, ya subiendo, se mantiene el número de revoluciones estable dentro de la zona de par máximo, no se cambiará de marcha.
- Si, con **pendiente moderada**, cae lentamente el número de revoluciones, se aumentará la carga sobre el pedal acelerador en la medida de lo necesario. Si continúan cayendo, se reducirá media marcha en torno a las 1.200 r/min, es decir, sin llegar a apurar hasta el límite de la zona de par máximo, para que, tras el cambio, el motor adquiera suficientes revoluciones para continuar circulando dentro de la zona de par máximo.
- Si, con **pendiente más fuerte**, cae más rápidamente el número de revoluciones, se reducirá una marcha entera en torno al límite de la zona de par, es decir, a unas 1.150 revoluciones.

- Si se produce o se prevé un **cambio brusco de pendiente**, se reducirá con salto de marchas (bajar 2 marchas enteras de una misma vez).
- **Coronando la pendiente**, si el vehículo se mantiene en torno al límite inferior de la zona de par máximo –en este caso unas 1.100 vueltas–, se proseguirá en esta misma relación de marchas evitando la realización del cambio. Al llegar a la cima, ayudará el hecho de que durante la coronación se suaviza gradualmente la pendiente.
- Si, estando **cerca de la coronación**, continúan cayendo las revoluciones, significa que no se ha llegado a la zona de coronación aún y que es necesaria la realización de un último cambio de marchas, pudiendo reducirse normalmente media marcha o una entera según la pendiente y la cercanía de la coronación.
- Por otro lado, se debe **evitar la costumbre de**, ante una pendiente, anticipar las reducciones de marchas para subir la misma de forma más revolucionada, ya que se incurrirá en un mayor gasto de carburante. Además, al subir de una u otra manera, la posible diferencia en el tiempo de coronación es despreciable en comparación con el tiempo empleado en el recorrido del trayecto del vehículo hasta su punto de destino.
- En subidas muy suaves, la progresión de marchas se realizará en zona de potencia máxima, con saltos de marchas enteras (en el entorno de las 1.700 r/min).

6.6 Adelantamientos y situaciones especiales

En **adelantamientos y situaciones especiales**, se debe prescindir si es necesario de los consejos de este manual para ahorrar combustible, dado que la seguridad prevalece sobre la economía.

Ante un adelantamiento, se debe minimizar el tiempo invertido en la maniobra, extrayendo del motor del vehículo sus máximas prestaciones posibles. Para lograr este objetivo se manejará la caja de cambios de manera que siempre se sitúe al motor alrededor de la zona de régimen de potencia máxima del motor, es decir, se cambiará a una marcha superior un poco por encima del régimen de potencia máxima, o se descenderá a una marcha inferior cuando se esté un poco por debajo del citado régimen.

Se procurará asimismo calcular el adelantamiento con suficiente antelación, de manera que al cambiar de carril, la velocidad sea ya relativamente mayor que la del vehículo adelantado y teniendo en cuenta la limitación impuesta por el limitador de velocidad del vehículo. Para ello, es fundamental guardar una holgada distancia con el vehículo precedente, y comenzar a acelerar antes de cambiar de carril, aprovechando el espacio guardado.

Esta distancia guardada con el vehículo precedente permite además, si se falla en la apreciación, utilizar la misma para desistir de la maniobra.

6.7 Conducción urbana. Tráfico congestionado

Cuando las circunstancias obliguen a circular con camiones o autobuses en zonas urbanas o de fuerte congestión de tráfico, con continuos arranques y sucesivas detenciones, se tendrán presentes las siguientes recomendaciones:

- Utilizar las marchas cortas muy poco tiempo, cambiando rápidamente a marchas medias o largas, saltándose incluso alguna marcha intermedia.
- Mantener el vehículo moviéndose por inercia en cuanto se detecte que va ser necesaria una detención o reducción de velocidad inminente.
- Conducir con bastante anticipación para prever los huecos y movimientos del tráfico.
- Utilizar el rodaje por inercia en la marcha más larga que permita el tráfico vial y, en caso de ser necesario, frenar suavemente evitando continuas reducciones de marcha y detenciones.
- Prever y anticipar en la realización de las aceleraciones y de las frenadas, buscando un mayor aprovechamiento de las inercias y una mayor regularidad de la velocidad.

6.8 Conducción de autobuses

La conducción eficiente de autobuses no difiere demasiado de la de los vehículos industriales destinados a transporte de mercancías. En líneas generales, las técnicas de conducción para los camiones son también aplicables a los autobuses, pero con ciertas particularidades que se detallan a continuación:

Los autobuses de larga distancia modernos tienen relaciones potencia/peso normalmente superiores a las de los camiones, lo que les confiere un comportamiento en la conducción diferente, con mayores capacidades de aceleración y velocidad. La regularidad en la velocidad y el aprovechamiento de la inercia en la conducción son igualmente aplicables a estos vehículos.

Teniendo en cuenta que la carga transportada en este caso son pasajeros, la suavidad en las actuaciones del conductor, la sensación de seguridad y la regularidad de velocidad, tienen mayor importancia que en los camiones, por lo que la conducción eficiente se convierte en los autobuses, además, en una conducción más confortable para los pasajeros.

Los autobuses urbanos están obligados a realizar continuos arranques y detenciones, circulando muy poco tiempo a una velocidad uniforme. Gran parte de los mismos disponen de caja de cambios automática, al proporcionar ésta una mayor comodidad al conductor en su trabajo, por tener menos variables que controlar. Sin embargo, una aplicación correcta, y basada en la experiencia, de las reglas descritas en los apartados anteriores, hace que la conducción pueda mejorar en eficiencia y confort para los pasajeros.

No acelerar más de lo necesario para llegar a la siguiente parada y levantar el pie del pedal acelerador en cuanto prevea que ya no es necesario aumentar más la velocidad; anticiparse a las actuaciones de otros vehículos y mantener una velocidad uniforme cuando las circunstancias lo permitan, puede reducir el consumo hasta porcentajes del orden de un 10%.

Autobús urbano



En vehículos dotados de **convertidor de par**, las aceleraciones se realizarán de la siguiente manera:

- Saliendo desde parado, se presionará levemente el acelerador hasta que se note el convertidor funcionando de manera que haya una buena transmisión de potencia. Posteriormente se acelerará en mayor medida, según las necesidades de la circulación, y la caja de cambios realizará los cambios oportunos.
- En caso de que se pretenda la opción de anticipar los cambios de marcha, se puede obligar a la caja de cambios a engranar una marcha superior rebajando la presión sobre el pedal acelerador.
- Es importante que, si se llega a pisar a fondo, se haga de forma progresiva y evitando hacer presión sobre el final de su recorrido, para no accionar el *kick-down*, el cual reduciría las marchas sin llegar a ser necesario.

7 Ejemplos prácticos

Ejemplo 1 (camión)

Motor de 460 CV:

Zona de par máximo: 1.050 y 1.450 r/min.

Zona de potencia máxima: entre las 1.500 y 1.800 r/min.

Zona de mínimo consumo específico: entre las 1.200 y 1.600 r/min (190 g/kWh), entre 60 y 100% de carga.

Caja de cambios:

Manual, 12 velocidades, 3 relaciones en 2 gamas, partidas.

Itinerario:

- Salida de polígono industrial.
- Recorrido por autopista.
- Llegada a descarga a muelle en el puerto.

El vehículo está cargado, siendo su peso en orden de marcha de 36 t.

Proceso

Arranque del motor e inicio del movimiento del vehículo en frío

- Arranque del motor y colocación del disco-diagrama en el tacógrafo.
- Tras un minuto, hay presión suficiente en los calderines. Se quita el freno de estacionamiento, se engrana la 1ª L y se inicia el recorrido.
- Se circula unos 4 o 5 metros y se frena para comprobar el sistema de frenos.

Progresión de marchas

- Se vuelve a salir de nuevo, para progresar a 3ª L, 4ª C, 4ª L, 5ª C y 5ª L, en la que se circulará a unos 50 km/h aproximadamente, hasta salir a la autopista. Se recorrerán todas estas marchas porque el motor aún está frío, y así se evitará que suban las revoluciones, para protegerlo de posibles desgastes prematuros. Por tanto, se realizarán los cambios a unas 1.500 r/min, con el acelerador al 70% de carga.

Circulación

- En las *rotondas*, se realizará el acercamiento a las mismas previendo el tráfico de forma anticipada y procurando entrar en 4ª C, o si es muy amplia, en 4ª L.

Siempre que sea posible, se evitará la detención del vehículo en la entrada de la rotonda, a través de la utilización del rodaje por inercia, del freno motor y, en caso de ser necesario, de la reducción de marchas para llegar a la velocidad adecuada (si está congestionada, se entrará a menor velocidad).

- Posteriormente, con el motor ya caliente, se realizará la *incorporación a la autopista* desde 4ª C, pasando a 5ª C, 6ª C (cambios a 1.600-1.700 r/min) y posteriormente, a 6ª L (cambio a 1.500 r/min), con el pedal acelerador pisado a un 90% de su recorrido.
- Se mantendrán 90 km/h, con el acelerador pisado a las tres cuartas partes de su recorrido y dejando actuar al limitador, que corta la inyección para no sobrepasar esta velocidad.
- Se evitará tocar el freno de servicio o el freno motor en la medida de lo posible, anticipando siempre el alivio de presión sobre el acelerador en cuanto se prevea una necesidad de reducir la velocidad por debajo de 90 km/h.
- *Al salir de la autopista*, se dejará de presionar el acelerador unos 250 metros antes del desvío, y llegaremos al muelle de carga usando marchas enteras, es decir, tratando de evitar las intermedias (ya sean las cortas o las largas, según el caso).

Arranque y progresión de marchas en caliente

- En caso de detención, y posterior reanudación de la marcha, se progresará según la siguiente secuencia: 3ª C, 4ª C, 5ª C, 6ª C y 6ª L. En caso de que se presenten algunas condiciones adversas, se pueden intercalar entre ellas la 5ª L y, en su caso, la 4ª L.
- En inicios del movimiento del vehículo con condiciones exigentes, como por ejemplo en pendientes ascendentes, se usarán la 1ª C y 1ª L, así como para maniobras a muy baja velocidad, o condiciones de muy baja adherencia, en las cuales se embragará el motor a la caja de cambios sin tocar el acelerador.

Ejemplo 2 (camión)

Motor:

Zona de par máximo: 1.100 y 1.300 r/min.

Zona de potencia máxima: entre las 1.600 y 1.800 r/min.

Zona de mínimo consumo específico: entre las 1.300 y 1.400 r/min (189 g/kWh), entre 70 y 90% de carga.

Caja de cambios:

Manual, 16 velocidades, 4 relaciones en 2 gamas, partidas.

Itinerario:

- Salida de polígono industrial.
- Recorrido por carretera nacional de orografía variada.
- Llegada a descarga a muelle en el puerto.

El vehículo está cargado, siendo su peso total de 38 t.

Proceso

Arranque del motor e inicio del movimiento del vehículo en frío

- Arranque del motor y colocación del disco-diagrama en el tacógrafo.
- Tras un minuto, se tendrá presión suficiente en los calderines neumáticos. Se quita el freno de estacionamiento, se engrana la 1ª L y se inicia la marcha.
- Se recorren unos 4 o 5 metros y se frena para comprobar el sistema de frenos.

Progresión de marchas

- Se sale de nuevo, realizando cambios a 1.600 r/min, pasando por 3ª L, 5ª C y 6ª L, con un 60% de carga aproximadamente, mientras se circula por el polígono.

Circulación

- En caso de haber *rotondas*, previendo con anticipación la posibilidad de incorporación y el tráfico existente, se procurará tomarlas en 5ª C, 5ª L o 6ª C, dependiendo de su amplitud.
- En todos los casos, se llegará a las rotondas e intersecciones con el vehículo a velocidad suficientemente reducida como para poder prever la situación del tráfico, y entrar en las mismas con una leve aceleración, evitando en lo posible detener completamente el vehículo.
- Una vez *en la carretera*, se realizarán los cambios de marchas enteras, a unas 1.650 r/min, con una carga aproximada en el acelerador del 90%.
- Al llegar a la *velocidad de crucero*, se activará el limitador de velocidad (tempomat) a 80 km/h, en 8ª L, y se mantendrá el acelerador con una carga constante a las tres cuartas partes del recorrido del pedal acelerador.

Subidas

- En el momento de afrontar pendientes, se mantendrá el acelerador a fondo, y se observará la velocidad a la que cae el régimen de giro del motor:
 - Si cae deprisa, se esperará a llegar a unas 1.150 r/min y entonces se reducirá una marcha entera.
 - Si caen despacio, se llegará hasta las 1.100 r/min y se reducirá media marcha.
 - Se repetirá el proceso hasta mantener una velocidad estable.

Bajadas

- Continuando por carretera, a la hora de afrontar una pendiente descendente, se levantará el pie del acelerador lo antes posible, y se hará uso del freno motor el mayor tiempo posible. En caso de que el vehículo sobrepase la velocidad de 80 km/h se acompañará con el freno de servicio.

Arranque y progresión de marchas en caliente

- En caso de detención, y posterior reanudación de la marcha, se iniciará el movimiento del vehículo, para progresar de marchas según la siguiente secuencia: 3ª L, 4ª L, 5ª L, 6ª L, 7ª L y 8ª L. En caso de condiciones adversas (pendiente

ascendente o mala carretera), se podrán intercalar entre ellas las marchas cortas que se estimen oportunas.

Ejemplo 3 (autobús)

Motor de 380 CV:

Zona de par máximo: 1.100 y 1.400 r/min.

Zona de potencia máxima: entre las 1.500 y 1.800 r/min.

Zona de mínimo consumo específico: entre las 1.200 y 1.600 r/min (190 g/kWh), entre 60 y 100% de carga.

Caja de cambios:

Manual, 8 velocidades, 4 relaciones en 2 gamas.

Itinerario:

- Recorrido en circuito urbano.
- Recorrido por autopista.
- Recorrido en circuito urbano.

El vehículo realiza la mayor parte del recorrido con 15 t de carga.

Proceso

Arranque del motor e inicio del movimiento del vehículo

- Arranque del motor y colocación del disco-diagrama en el tacógrafo.
- Tras un minuto, hay presión suficiente en los calderines neumáticos. Se quita el freno de estacionamiento, se engrana la 1ª relación de marchas y se pone el vehículo en movimiento.
- Se recorren unos 4 o 5 metros y se frena para comprobar el sistema de frenos.

Progresión de marchas

- Se sale en la 2ª relación de marchas, realizando cambios a 1.700 r/min, pasando por 4ª y 6ª, posteriormente cambiando a 1.600 r/min, 7ª y 8ª, con aproximadamente un 75% de carga en el acelerador.

Circulación

- Las *rotondas* se tomarán en 4ª o 5ª, dependiendo de su amplitud.
- Se evitarán en lo posible las detenciones, pero en su caso, se repetirá el procedimiento, saliendo en 2ª.
- Se anticiparán las *frenadas*, evitando hacer uso del freno de servicio. Ante la aparición de cualquier obstáculo en la distancia, la primera reacción será la de levantar el pie del acelerador y dejar al vehículo avanzar por su propia inercia, haciendo uso del freno eléctrico o retarder y, posteriormente, del freno de servicio, cuando sea necesaria una mayor intensidad de frenada.

Subidas

- En el caso de *fuertes pendientes ascendentes*, se esperará a que el motor caiga hasta 1.200 r/min para reducir a marchas más cortas.
- Una técnica muy apropiada es la de la realización de un *mínimo número de cambios*, que en este caso se traduciría en:

Dejar caer en gran medida las revoluciones del motor para efectuar sólo un cambio de marchas, por ejemplo, de 8ª a 6ª en lugar de realizar de 8ª a 7ª y luego a 6ª, con lo que se consigue una menor pérdida de velocidad, ya que el empuje solamente se interrumpe una vez (en una rampa de por ejemplo un 7% , la pérdida de velocidad en cada cambio para un camión de unas 40 toneladas sería del orden de un 28%, suponiendo la realización del cambio en un tiempo de 2 segundos). Por tanto, se consigue, además de una reducción en el empleo de la caja de cambios y embrague, una mayor velocidad media en la subida.

8 Metodología de la formación práctica

La formación en las técnicas de la conducción eficiente trata, no sólo de transmitir a los conductores las técnicas y actitudes para una conducción más eficiente, sino también de demostrar las ventajas y reducciones de consumo que se pueden alcanzar a través de la utilización de estas técnicas. Para tal fin, la realización de pruebas comparativas de consumos de carburante resulta de gran importancia. La demostración práctica de que efectivamente se reduce el consumo de combustible es casi imprescindible para el éxito del curso a medio y largo plazo.

Es también relevante transmitir a los conductores participantes en los cursos que la conducción eficiente es un **nuevo estilo de conducción**, basado en las tecnologías que incorporan los vehículos modernos y que viene a complementar su estilo propio de conducción, adaptándolo a estas modernas tecnologías.

El curso, en función del número de alumnos, se puede realizar en un sólo día en jornada de mañana y tarde. Un posible programa sugerido para el mismo, es el siguiente:

1. Tanda de conducción real en un recorrido preseleccionado, sin que el conductor reciba ninguna instrucción previa.
2. Clase teórica en aula para transmitir y justificar los conceptos y técnicas fundamentales de la conducción eficiente.
3. Recorrido de demostración realizado por el instructor mostrando las técnicas y situaciones más importantes. Esta etapa es opcional, aunque resulta de gran efectividad pedagógica para la transmisión al alumno de la correcta utilización práctica de las técnicas, y por tanto, se recomienda firmemente su realización.
4. Tanda de conducción real en el mismo recorrido preseleccionado, procurando que el conductor aplique las técnicas que se le han enseñado.
5. Reunión final para puesta en común de experiencias y análisis de los datos obtenidos.

8.1 Selección del recorrido y procedimientos de control de consumo

Se procurará escoger una ruta de tamaño medio, aproximadamente unos 30 o 40 km. A ser posible la ruta será variada y completa, conteniendo la mayor parte de los elementos característicos de la circulación de un vehículo industrial, en los que se puedan aplicar las distintas técnicas de la conducción eficiente:

- Intersecciones.
- Glorietas.
- Semáforos.
- Vías de doble sentido.

- Pendientes en subida y en bajada.
- Autovías (incluyendo tramos de incorporación y salida).
- Carreteras, etc.

Se ha de contar con un **procedimiento adecuado para la medición y el control de los consumos de carburante** durante las tandas de conducción. Se proponen varios métodos para tal efecto:

- **Ordenador a bordo:** si el vehículo está equipado con ordenador a bordo, se pueden utilizar sus registros para controlar el consumo instantáneo y promediado, así como las velocidades medias de circulación de cada recorrido. La visión por parte del conductor del consumo instantáneo en los distintos momentos del recorrido, es muy útil para la demostración práctica del instructor (consumos nulos en las deceleraciones en las que se aplica el rodaje por inercia, altos consumos en marchas cortas, etc.).
- Instalar un **medidor de consumo** para las experiencias formativas. Existen proveedores de accesorios para el automóvil que disponen de equipos sencillos y acoplables a cualquier vehículo, que muestran los consumos instantáneo y promediado, así como las distancias y velocidades medias en los recorridos, además de otros parámetros relevantes en la conducción. Estos equipos permiten, además, guardar registros de consumos y velocidades para distintos conductores.
- Por **llenado del tanque**. Si el vehículo no dispone de ordenador a bordo y no es posible la instalación de un equipo específico de medición de consumo, se puede medir el consumo de carburante por el método que se describe a continuación:
 - Se llena el depósito hasta el boquerel, dejando reposar el combustible y volviendo a llenar, para dejar el nivel perfectamente enrasado en alguna marca.
 - Se realiza la tanda de conducción en el recorrido propuesto.
 - Se vuelve a rellenar el depósito de la misma manera que anteriormente, anotando los litros de combustible suministrados correspondientes al carburante gastado.

8.2 Primera tanda de conducción

Se desarrollará una primera tanda de conducción, realizada por los conductores a su estilo propio de conducción. El monitor acompañará al conductor sentado en el asiento del acompañante. Éste intentará generar confianza en el conductor, comunicándole que el objetivo de la prueba práctica no es el de evaluar en forma alguna su estilo de conducción, sino el de hacerlo más eficiente, sostenible y seguro, a través de la puesta en práctica de las técnicas de la conducción eficiente.

Durante el recorrido, el monitor irá apuntando las observaciones oportunas de la conducción del alumno, tanto las positivas como las negativas, cuya corrección o modificación pueda incidir en una mejora en la eficiencia de su conducción.



Clase práctica de conducción

Finalmente, se registrarán los distintos datos de consumo medio, tiempo invertido en el desplazamiento, velocidad media, número de realización de cambios de marcha, etc., relevantes para el análisis final de las pruebas de formación de cada conductor.

8.3 Clase teórica

El objetivo de esta clase, impartida en un aula de formación, es doble: por una parte concienciar al conductor de las necesidades y ventajas de reducir el consumo de carburante y por otra exponer y argumentar las técnicas aplicables para realizar una conducción eficiente y la actitud necesaria para ello. Se procurará acompañarlo de alguna proyección con colores atractivos y con figuras auto-explicativas.



Clase teórica

Las partes en que puede dividirse la presentación son las siguientes:

- **Energía, transporte y medio ambiente.** Se mostrará el problema del consumo de energía en general y en el transporte en particular, así como la emisión de CO₂ y las emisiones contaminantes en Europa y en España. Se expondrán las posibles soluciones y la responsabilidad que tiene el conductor a tal efecto, mostrando las ventajas de aplicar una conducción eficiente.
- **Fundamentos técnicos.** Se realizará una breve introducción sobre el funcionamiento de los motores de combustión interna y los mecanismos de transmisión de potencia. Se definirán después, con claridad, los conceptos de potencia, par y consumo y se explicarán en detalle las curvas características de funcionamiento del motor. A continuación se tratarán las resistencias al avance del vehículo para, finalmente, establecer la relación entre el funcionamiento del motor y el

comportamiento del vehículo en las distintas situaciones del tráfico y su relación con el consumo de carburante. La comprensión de los conceptos técnicos básicos es de gran importancia para la correcta aplicación práctica de las técnicas de conducción.

- **Técnicas de conducción.** Se expondrán a continuación las técnicas de la conducción eficiente, utilizando ejemplos prácticos para las distintas situaciones del tráfico vial y realizando comparaciones de los hábitos incorrectos comúnmente realizados con los propuestos a través de las técnicas.
- **Discusión final.** Para finalizar, se ofrecerá a los asistentes que expongan en un coloquio sus inquietudes, respondiendo los casos particulares que ellos mismos puedan plantear.

8.4 Demostración práctica

Resulta de gran utilidad para el aprendizaje de las técnicas, que el monitor realice una demostración práctica en el vehículo y en tráfico real, aplicando las técnicas explicadas, mostrando los consumos en el medidor y haciendo hincapié en los períodos de consumo nulo, la anticipación, el manejo de la caja de cambios, etc.

La intención de esta demostración no es la de demostrar la capacidad de ahorro de carburante del monitor, sino la de mostrar la forma eficiente y racional de afrontar las distintas situaciones que se presentan en el tráfico. En todo momento, se abrirá a los alumnos la posibilidad de que formulen sus dudas o comentarios sobre el porqué de determinadas acciones y de las técnicas de conducción. Aportará valor añadido el hecho de que el formador dé respuesta a las preguntas, siempre que sea posible, por medio de demostraciones prácticas.

8.5 Segunda tanda de conducción

La segunda tanda de conducción por parte de los conductores participantes en el curso, se realizará sobre el mismo recorrido de la primera. El formador podrá recomendar y sugerir a los conductores acciones a tomar durante el recorrido, haciendo hincapié en la anticipación, el manejo de las marchas, el manejo de los sistemas de frenada y del acelerador. Como es natural, el conductor deberá sentirse en todo momento relajado, por lo que las intervenciones del monitor se realizarán en tono de asesoramiento, generando motivación y confianza al conductor.

8.6 Puesta en común final. Análisis de los resultados

De vuelta al aula de formación, se presentarán los resultados comparados de consumo y velocidad media en la primera y segunda tanda de conducción de los conductores participantes en el curso.

Se argumentarán los resultados obtenidos, comentando las distintas incidencias y situaciones que se hayan presentado durante las rondas de conducción y la valoración de la respuesta dada por los conductores en la ejecución de las técnicas de la conducción eficiente.

9 Claves de la conducción eficiente

Los contenidos mostrados pueden resumirse en una serie de sencillas claves, que al aplicarlas dan como resultado reducciones de consumo del orden del 10 %, así como una reducción de emisiones al medio ambiente y una mejora en la seguridad de la conducción. Se muestran a continuación:

1. Características del motor del vehículo

Es de gran importancia el conocimiento por parte del conductor de los intervalos de revoluciones a los cuales el vehículo presenta el par máximo y la potencia máxima, así como de las curvas características propias del motor. En caso de no disponerse de esta información, conviene solicitarla al fabricante.

2. Arranque del motor

Arrancar el motor sin pisar el acelerador. Colocar el disco-diagrama del tacógrafo e iniciar el movimiento del vehículo transcurrido un minuto (ya se tiene presión suficiente en los calderines).

3. Inicio del movimiento del vehículo

Se iniciará el movimiento del vehículo, con una relación de marchas acorde a cada situación y que no fuerce el funcionamiento del embrague de forma innecesaria.

En fuertes pendientes ascendentes, se pondrá en movimiento el vehículo en 1ª corta o larga, según el vehículo y las condiciones de la vía.

4. Realización de los cambios de marchas

Realizar los cambios de marcha en la zona de par máximo de revoluciones del motor. Tras el cambio, el régimen del motor ha de quedar dentro de la zona de par máximo, es decir, dentro de la zona verde del cuentarrevoluciones.

En condiciones favorables, se cambiará aproximadamente:

- Subiendo medias marchas, en torno a unas 1.400 r/min en motores grandes (de 10-12 litros).
- Subiendo marchas enteras, a unas 1.600 revoluciones en motores de 10-12 litros y entre las 1.700 y 1.900 r/min en motores de menores cilindradas.

Realizar los cambios de forma rápida y acelerar tras la realización del cambio.

No se realizará el doble embrague.

5. Saltos de marchas

Cuando se puedan llevar a cabo, se podrán saltar marchas, tanto en los procesos de aceleración como en los de deceleración.

6. Selección de la marcha de la circulación

Procurar seleccionar la marcha que permita al motor funcionar en la parte baja del intervalo de revoluciones de par máximo. Esto se consigue circulando en las marchas más largas con el pedal acelerador pisado a las tres cuartas partes de su recorrido. En cajas automáticas, se procurará que la caja sincronice la marcha más larga posible a través de la utilización del pedal acelerador. La circulación se desarrollará aproximadamente:

- En torno a unas 1.100-1.300 r/min en motores grandes (de 10-12 litros).
- Entre unas 1.300-1.700 r/min en motores de menores cilindradas.

7. Velocidad uniforme de circulación

Intentar mantener una velocidad estable en la circulación evitando los acelerones y frenazos innecesarios. Aprovechar las inercias del vehículo.

8. Deceleraciones

Ante cualquier deceleración u obstáculo que presente la vía, se levantará el pie del pedal acelerador, dejando rodar el vehículo por su propia inercia con la marcha en la que se circula engranada, o si es posible, en marchas más largas. En estas condiciones el consumo de carburante del vehículo es nulo (hasta regímenes muy bajos de revoluciones cercanos al de ralentí).

Utilizar más el freno motor y evitar el uso innecesario del freno de servicio.

9. Paradas y estacionamientos

En las paradas prolongadas (por encima de 2 minutos de duración), apagar el motor, salvo en los vehículos que dependan del continuo funcionamiento de su motor para el correcto uso de sus servicios auxiliares.

En las paradas, una vez realizado el estacionamiento del vehículo, ya se ha dado tiempo suficiente para que baje el turbo de revoluciones y se apagará el motor sin mayor dilación.

10. Previsión y anticipación

Prever las circunstancias del tráfico y, ante las mismas, anticipar las acciones a llevar a cabo. Dejar suficiente distancia de seguridad con el vehículo precedente acelerando un poco menos que éste, para luego tener que frenar también en menor medida. Controlar visualmente varios vehículos por delante del propio.

11. Circunstancias exigentes

En la mayoría de las situaciones son aplicables las anteriores reglas, pero existen determinadas circunstancias en las que se requieren acciones específicas distintas para que la seguridad no se vea afectada.

En las circunstancias que lo requieran, se acelerará el vehículo revolucionando su motor en mayor medida, realizando los cambios de marchas en el entorno del intervalo de revoluciones de potencia máxima y con el pedal acelerador a plena carga.

IDAE: Calle Madera 8, 28004, Madrid, Telf.: 91 456 49 00
Fax: 91 523 04 14, mail: comunicacion@idae.es, www.idae.es

