

## **2 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN ECOEFICIENTE DE FLOTAS.**

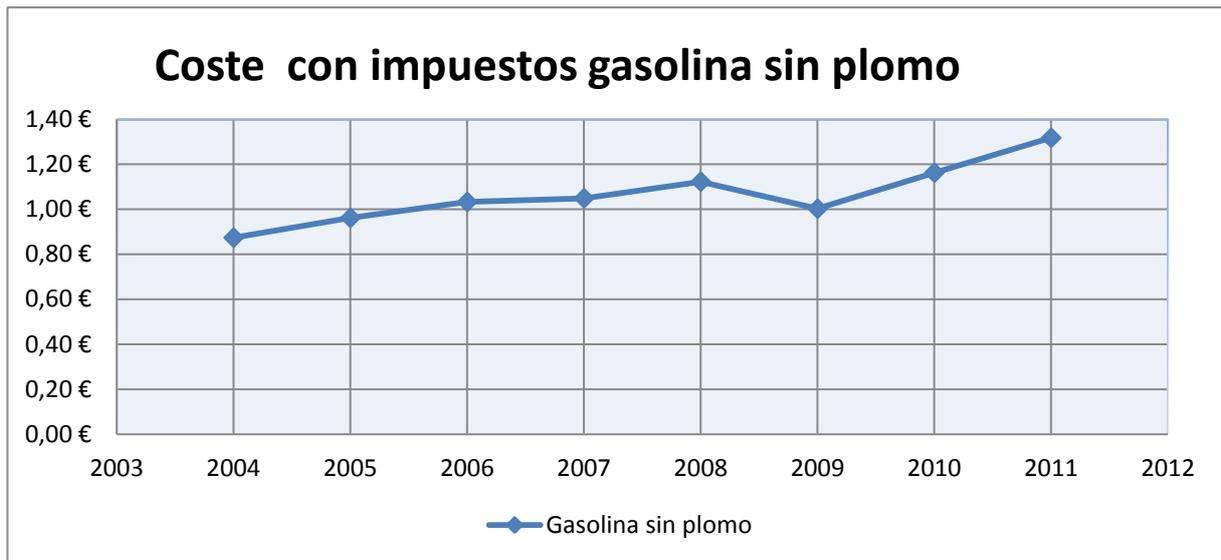
### ***2.1 Importancia del coste del combustible en las flotas.***

#### **2.1.1 Evolución del precio de los carburantes.**

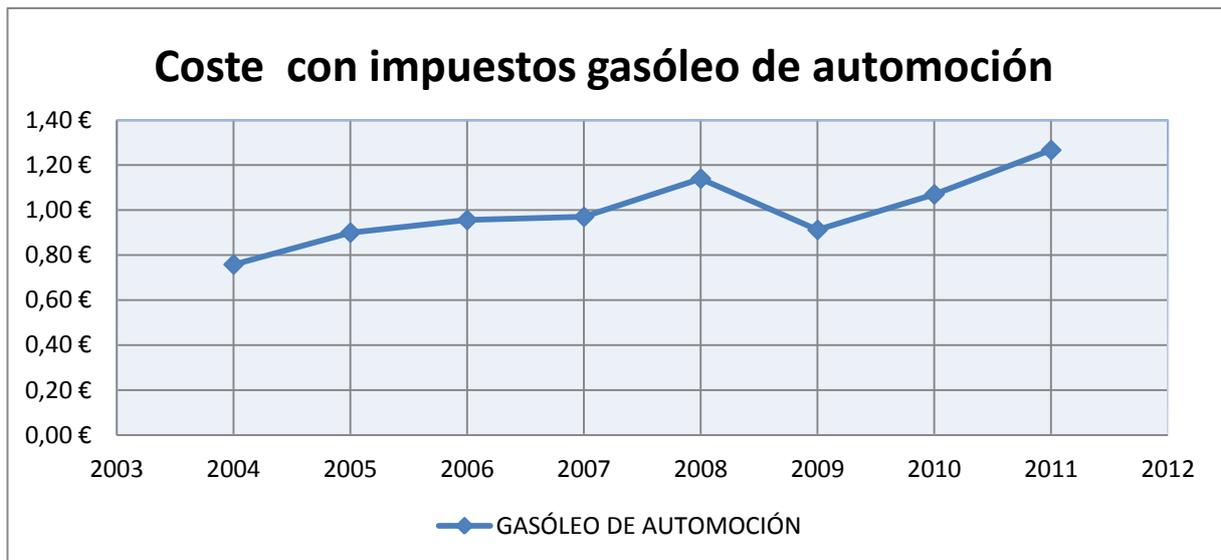
La evolución de los precios de los carburantes es una variable económica que tiene un gran impacto sobre la economía de cualquier país y, particularmente, sobre la de los Estados Miembros de la Unión Europea. La tendencia al alza de los precios de los productos energéticos a lo largo de la última década ha tenido notables efectos para estos países, principalmente en términos de inflación, de crecimiento económico y de competitividad.

Estas consecuencias negativas son resultado en gran medida de la dependencia energética de los países comunitarios de los productos petrolíferos, de la incidencia de los precios de estos bienes en el proceso de formación del nivel general de precios de la economía y del carácter necesario de los carburantes para la sociedad europea.

El siguiente gráfico muestra la evolución del precio de los carburantes en la última década, tanto de la gasolina sin plomo como del gasóleo.



**Fig. 1. Coste de gasolina sin plomo 2004-2011**



**Fig. 2. Coste de gasóleo de automoción 2004-2011**

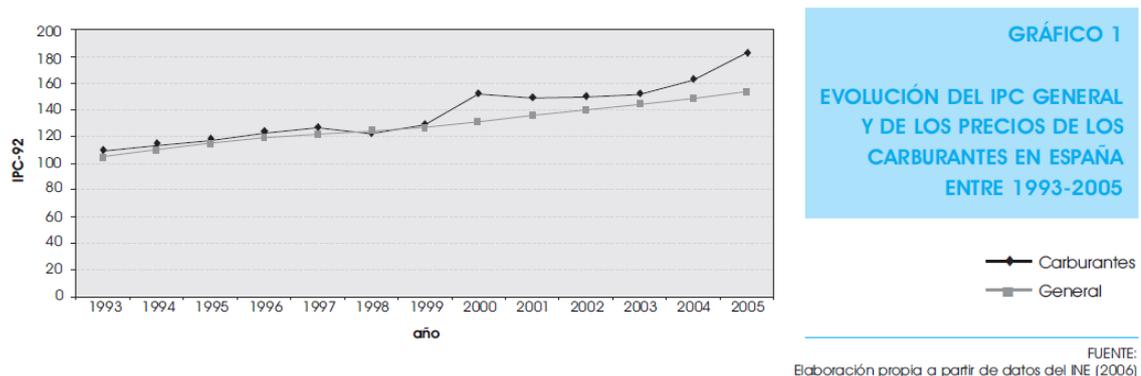
El petróleo es un recurso natural finito y que está disminuyendo rápidamente. Como ocurre con cualquier otra materia prima, los precios del combustible suben y bajan en función de la demanda.

Los últimos estudios de la Agencia Internacional de la Energía ponen de manifiesto que los suministros de petróleo convencional se estancarán para

2020, lo que dará lugar a un brusco y constante aumento de los precios y de la disponibilidad.

Incluso en los próximos diez años, se prevé que los precios del petróleo aumenten aproximadamente un 2% al año. Por otra parte, la demanda de los países en desarrollo está creciendo rápidamente. La subida de los precios, la reducción de la oferta y la mayor demanda han hecho que algunos economistas predigan un precio medio por encima de los 200 dólares por barril en un plazo de 30 años –un aumento de más del 100%–. Dejando a un lado, de momento, las consecuencias medioambientales del consumo desenfrenado, la reducción de las reservas de combustible pone en tela de juicio la futura rentabilidad del conjunto del sector del transporte de mercancías por carretera.

Este impacto sobre los precios se pone inmediatamente de manifiesto si comparamos la evolución general de precios con la experimentada por los carburantes. Así, tal y como se puede observar en la figura 4 en España la evolución del índice de precios al consumo (IPC) general y de los carburantes en base 1992 han seguido una pauta muy similar a lo largo de la década de los noventa y, a partir de ese momento, el precio de los carburantes ha sufrido un aumento muy considerable responsable en gran medida de la tendencia incrementa lista del IPC general. Esta circunstancia responde al elevado peso de los carburantes en la cesta de bienes que sirven de cálculo para el IPC.



**Fig. 3. Evolución del IPC general y de los precios del carburante en España 1993-2005**

Ningún gestor de flota está a salvo de la subida de los precios del combustible, ni en términos reales ni en términos de porcentaje de los costes de explotación.

Si bien los precios europeos varían, en algunos mercados la combinación de mayores precios del petróleo e impuestos más altos han llevado al precio del combustible a alcanzar niveles récord.

## 2.1.2 Costes asociados al transporte

Para llevar a cabo una gestión eficiente de flotas de transporte es necesario contar con un sistema de gestión de costes de la empresa, que pueda ayudar para la fijación de precios/tarifas de los servicios.

Entre las funciones habituales de un sistema de gestión de costes destacan:

- ✓ Cuantificar los costes de los servicios prestados para la elaboración de las cuentas anuales.
- ✓ Proporcionar información útil a directivos y empleados respecto a la eficiencia de los procesos internos de la empresa.
- ✓ Buscar la rentabilidad de los servicios ofrecidos.
- ✓ Comparar mensualmente los gastos reales con los presupuestados.
- ✓ Implementar medidas oportunas para minimizar costes.

Los costes asociados al transporte se clasifican en:

- **Costes Directos:** Son los costes asociados de manera directa con un servicio de transporte. Pueden dividirse en:
  - *Costes Fijos:* Son aquellos costes directos que se mantienen constantes con independencia del número de servicios que se realicen. Dentro de este grupo estarían:
    - Salarios de los conductores y seguros sociales a cargo de la empresa
    - Tributos (impuestos fiscales): sobre el vehículo (ITV, IVTM, inspecciones y revisiones) y sobre la actividad (IAE, tarjetas de transporte y visados)
    - Seguros: sobre los vehículos y sobre la carga o pasajeros.
    - Gatos financieros: por financiación propia (capital, reservas) o ajena (intereses de préstamos, gastos de leasing o renting)
    - Amortización: por pérdida de valor de los activos fijos

- **Costes Variables:** Son aquellos costes directos que varían en proporción al volumen de actividad (kilómetros recorridos, horas facturadas, servicios realizados). Los principales costes variables serían:
  - Coste de combustible: tanto el consumido por el vehículo como por los equipos auxiliares.
  - Neumáticos
  - Lubricantes
  - Costes de mantenimiento y reparaciones
  - Dietas del conductor
  - Peajes en autopistas
  
- **Costes Indirectos:** Son los llamados costes estructurales, aquellos no especificados al mismo servicio de transporte (costes de administración, alquiler de oficinas,...). En este grupo nos encontramos entre otros con: gastos comerciales, gastos de administración, material de oficina, equipos informáticos, seguros de bienes inmuebles y amortización de bienes inmuebles.

El cálculo de cada uno de los costes anuales anteriores para toda la flota es sencillo tomando como referencia la contabilidad de la empresa. Sin embargo el cálculo individualizado de cada uno de los costes anuales para cada vehículo no es sencillo si no se lleva una contabilidad de costes adecuada.

El cálculo de costes de cada vehículo por kilómetro recorrido es muy importante para ofrecer una tarifa competitiva al cliente por los servicios a realizar. Además permite calcular aquellos vehículos que suponen un mayor coste a la empresa y por tanto puede servir como referencia en el plan de renovación de la flota.

### 2.1.3 Evolución de costes anuales para un tipo de vehículo

Un vehículo articulado de carga general con una MMA (masa máxima autorizada) de 40 ton y una carga útil de 25 ton que recorre anualmente 120.000 km con un ratio de ocupación del 85% (circulando cargado el 85% de su recorrido) y un consumo de 38,5 litros/100km, tiene el siguiente reparto de costes directos en los años 2006, 2008 y 2010 (ACOTRAM, 2012):

## A. Año 2006

**Tabla 1. Costes anuales de un vehículo articulado año 2006**

	Euros	% coste anual
Coste total (€)	108.978,12	100,0
Precio gasóleo (€/litro)	0,770	
<b><u>Costes directos</u></b>	<b><u>108.978,12</u></b>	<b><u>100,0</u></b>
<b>- Costes fijos</b>	<b>62.532,99</b>	<b>57,4</b>
Amortización del vehículo	13.651,11	12,5
Financiación del vehículo	2.326,17	2,1
Personal de conducción	26.322,25	24,2
Seguro del vehículo	6.414,73	5,9
Costes fiscales	870,73	0,8
Dietas del conductor	12.948,00	11,9
<b>- Costes variables</b>	<b>46.445,13</b>	<b>42,6</b>
<b>Combustible</b>	<b>35.566,04</b>	<b>32,6</b>
Neumáticos	5.851,09	5,4
Mantenimiento	1.812,00	1,7
Reparaciones	3.216,00	3,0

**B. Año 2008**

**Tabla 2. Costes anuales de un vehículo articulado año 2008**

	Euros	% coste anual
Coste total (€)	121.220,62	100,0
Precio gasóleo (€/litro)	0,965	
<b><u>Costes directos</u></b>	<b><u>121.220,62</u></b>	<b><u>100,0</u></b>
<b>- Costes fijos</b>	<b>64.895,42</b>	<b>53,5</b>
Amortización del vehículo	13.764,21	11,4
Financiación del vehículo	2.788,39	2,3
Personal de la conducción	27.375,14	22,6
Seguro del vehículo	6.595,61	5,4
Costes fiscales	902,07	0,7
Dietas del conductor	13.470,00	11,1
<b>- Costes variables</b>	<b>56.325,20</b>	<b>46,5</b>
<b>Combustible</b>	<b>44.567,07</b>	<b>36,8</b>
Neumáticos	6.322,13	5,2
Mantenimiento	1.956,00	1,6
Reparaciones	3.480,00	2,9

### C. Año 2010

**Tabla 3. Costes anuales de un vehículo articulado año 2010**

	Euros	% coste anual
<b>Coste total (€)</b>	<b>119.420,83</b>	<b>100,0</b>
Precio gasóleo (€/litro)	0,901	
<b><u>Costes directos</u></b>	<b><u>119.420,83</u></b>	<b><u>100,0</u></b>
<b>- Costes fijos</b>	<b>65.274,33</b>	<b>54,7</b>
Amortización del vehículo	13.844,83	11,6
Financiación del vehículo	1.302,69	1,1
Personal de la conducción	28.384,73	23,8
Seguro del vehículo	6.848,08	5,7
Costes fiscales	928,00	0,8
Dietas del conductor	13.966,00	11,7
<b>- Costes variables</b>	<b>54.146,50</b>	<b>45,3</b>
<b>Combustible</b>	<b>41.619,83</b>	<b>34,9</b>
Neumáticos	6.730,67	5,6
Mantenimiento	2.088,00	1,7
Reparaciones	3.708,00	3,1

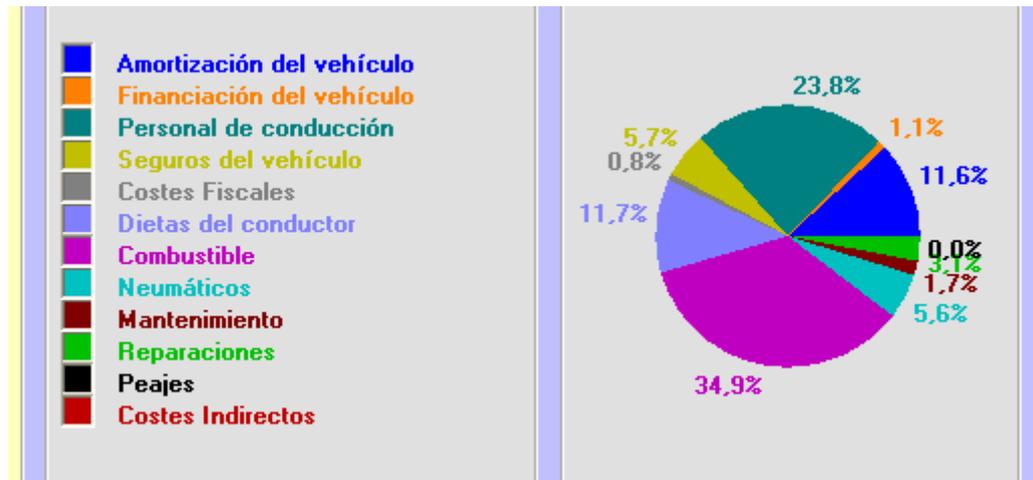


Fig. 4. Reparto anuales de costes para un vehículo articulado año 2010

Como podemos observar el combustible representa una proporción cada vez más importante de los presupuestos de explotación de las empresas de transporte, pasando del 32,6% de los costes directos para este vehículo en el año 2006, hasta el 34,9 % en 2010, lo cuál significa que hay un aumento significativo de 2,3 puntos y 6.053 euros anuales en 4 años si se mantiene la misma distancia, es decir, los mismos niveles de servicio.

La siguiente tabla 4 nos representa los costes directos fijos y los variables por kilómetro recorrido, así como el porcentaje del coste del combustible con respecto a los costes directos cuando cambia la distancia recorrida para el mismo vehículo anterior.

Tabla 4. Tendencia en costes para un Articulado de 40 Ton (2006-2010)

	2006	2007	2008	2009	2010
<b>COSTE FIJO (€/Año)</b>	62.532,99	62.847,42	64.895,42	65.604,13	65.274,33
<b>COSTE VARIABLE (€/Km)</b>	0,3870	0,3972	0,4694	0,3795	0,4512
<b>COSTE COMBUSTIBLE (€/Km)</b>	0,2963	0,3034	0,3714	0,2771	0,3468
<b>% COSTE COMBUSTIBLE</b>					
60,000 Km	21,4	21,7	24,7	19,5	23,3
80,000 Km	25,9	26,2	29,6	23,6	27,9
100,000 Km	29,5	29,8	33,5	27,0	31,7
120,000 Km	32,6	32,9	36,8	29,9	34,9

Se observa en la tabla 4 que los costes fijos han aumentado en 2.741€ (4,38%) en el periodo 2006-2010, los costes variables en 0,0642€ por km (16,59%) y los costes de combustible como parte de los costes variables han aumentado un 17,04%. Esto se debe a que cada año transcurrido el precio del combustible influye en una mayor cuota de participación en los costes totales debido al aumento del precio del combustible, excepto en 2009 donde hubo una caída del precio del gasóleo según se observa en la figura 3. También se observa en la tabla 4 que a medida que se reduce el número de kilómetros recorridos, los costes de combustible y el porcentaje de los mismos sobre el total decae.

Para otro tipo de vehículo de menor consumo los costes difieren. Así en la tabla 5 se muestran los resultados asociados a un vehículo rígido de carga general de 3 ejes cuya MMA es de 26 Ton, consumo 30 litros/100km y el nivel de servicios medios es de 95.000 km anuales.

**Tabla 5. Tendencia en costes para un Rígido de 26 Ton (2006-2010)**

	2006	2007	2008	2009	2010
<b>COSTE FIJO (€/Año)</b>	<b>51.134,17</b>	<b>51.297,27</b>	<b>53.073,14</b>	<b>54.352,32</b>	<b>54.188,47</b>
<b>COSTE VARIABLE (€/Km)</b>	<b>0,2994</b>	<b>0,3071</b>	<b>0,3632</b>	<b>0,2930</b>	<b>0,3490</b>
<b>COSTE COMBUSTIBLE (€/Km)</b>	<b>0,2309</b>	<b>0,2364</b>	<b>0,2894</b>	<b>0,2159</b>	<b>0,2703</b>
<b>% COSTE COMBUSTIBLE</b>					
<b>60,000 Km</b>	<b>20,5</b>	<b>20,8</b>	<b>23,7</b>	<b>18,5</b>	<b>22,1</b>
<b>80,000 Km</b>	<b>24,8</b>	<b>25,2</b>	<b>28,4</b>	<b>22,4</b>	<b>26,6</b>
<b>100,000 Km</b>	<b>28,4</b>	<b>28,7</b>	<b>32,3</b>	<b>25,7</b>	<b>30,3</b>
<b>120,000 Km</b>	<b>31,4</b>	<b>31,8</b>	<b>35,5</b>	<b>28,5</b>	<b>33,3</b>

Se observa en la tabla 5 que para este vehículo menor, los costes son menores, pero también aumentan en el periodo 2006-2010. Los costes fijos han aumentado en 3.054€ (5,97%), los costes variables aumentaron en 0,0496€ por km (16,57%) y los costes de combustibles también aumentan un 17,06%. Se observa que aunque el vehículo es de menor consumo, los aumentos son incluso ligeramente mayores que en el otro vehículo de la tabla 4. Finalmente, comentar que hay una leve caída de los costes fijos en 2010 debido a la bajada en precios de los vehículos nuevos.

Todos los datos anteriores se han extraído de la aplicación ACOTRAM del Ministerio de Fomento, en base a datos aportados por el Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera para Octubre 2006, Abril 2007, Abril 2008, Abril 2009 y Abril 2010. Un estudio similar se podía haber realizado con datos sobre autobuses usando la aplicación ACOTRAVI del Ministerio de Fomento, en base a datos aportados por el Observatorio del Transporte de Viajeros por Carretera.

De este análisis se deduce claramente que un incremento en la eficiencia del consumo de combustible en un vehículo pesado (HDV) reduciría por un lado los costes de operación de la empresa y por otro lado las emisiones de gases contaminantes. También, una reducción en la distancia recorrida reduciría ambos parámetros.

## ***2.2 El aspecto medioambiental en las flotas de transporte.***

### **2.2.1 Contaminantes y sus efectos.**

Cuando hablamos de emisiones generadas por el transporte debemos diferenciar entre aquellas que contribuyen al cambio climático y aquellas que afectan de forma directa a la salud humana, o sea las que afectan a la calidad del aire. Hay muchas razones para fomentar el ahorro de combustible, una de ellas es para disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

La reacción de combustión de los hidrocarburos que se produce en el motor de los vehículos de transporte por carretera es del tipo:



Como se observa, en el proceso de combustión de un hidrocarburo siempre se producirá dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y en las mismas cantidades estequiométricas (la combustión emite 2,6 ó 2,35 Kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de gasóleo ó gasolina respectivamente). Pero además, se emiten otros productos contaminantes debido principalmente a una combustión incompleta.

Los productos de la combustión tienen dos tipos de efectos:

**A) Efecto local (afecta a la calidad del aire):** CO, HC, NO<sub>x</sub> y partículas en suspensión

El Monóxido de Carbono y los Hidrocarburos volátiles se producen por una combustión incompleta, mientras que los óxidos de nitrógeno se generan por un exceso de aire a alta temperatura.

**B) Efecto global (cambio climático):** CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> es esencialmente inofensivo en un entorno local, pero es acumulativamente perjudicial con un aumento de las concentraciones globales.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por el transporte han aumentado debido a varios factores:

- a) Mejora de las características de seguridad de los vehículos.
- b) La adición de características de comodidad.
- c) La elección de modelos más grandes y más potentes.
- d) El aumento del número de vehículos en nuestras calles.

La siguiente tabla 6 muestra los principales contaminantes y sus respectivos efectos:

**Tabla 6. Los principales contaminantes y sus respectivos efectos**

CONTAMINANTE	EFEECTO
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	Producido por la combustión incompleta de carbono, principalmente por combustibles fósiles. Los vehículos por carretera representan el 90% de las emisiones. CO es responsable de la producción de Carboxihemoglobina (COHb) en la sangre, lo cual afecta a la entrega de oxígeno al corazón, al cerebro y a otros tejidos.
ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO <sub>x</sub> )	El transporte por carretera es la principal fuente de óxidos de nitrógeno, que representan el 51% de las emisiones totales. De estos óxidos, el dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) daña las vías altas más pequeñas de los pulmones y aumenta la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. Pequeñas exposiciones a NO <sub>2</sub> puede producir asma.
OXIDO NITRICO	Incluido en ellos está el óxido nitroso, estimado en 250 veces más potente que el CO <sub>2</sub> como un gas de efecto invernadero

BENCENO	Este es uno de los muchos hidrocarburos aromáticos. La exposición al benceno puede causar irritación en la piel, los ojos y el tracto respiratorio superior.
DIOXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> )	Otro producto de la quema de combustibles fósiles y que representa aproximadamente el 50% del calentamiento global, de los cuales el 20% es derivado de vehículos de motor.
PARTICULAS (PM)	Estos son emitidos por motores diesel y se cree que son cancerígenos.

Para reducir las cantidades de emisiones (hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas) producidas por motores diesel, se han introducido una serie de regulaciones, las normativas EURO.

### 2.2.2 Regulación EURO: máximas emisiones para una categoría

Una norma europea sobre emisiones es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea con implantación progresiva que son cada vez más restrictivas.

Actualmente, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO) y Partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, incluyendo automóviles, camiones, trenes, tractores y máquinas similares, barcas, pero excluyendo los barcos de navegación marítima y los aviones.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> no están incluidos en estas normas, ya que no es una línea de gases contaminantes (respirar el CO<sub>2</sub> no es tóxico para los seres humanos y los animales, excepto en dosis muy altas).

Para cada tipo de vehículo se aplican normas diferentes. El cumplimiento se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado. Los vehículos nuevos no conformes tienen prohibida su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los vehículos que ya están en circulación. En estas normas no se obliga el uso de una tecnología en concreto para limitar las emisiones de contaminantes, aunque se consideran las técnicas disponibles a la hora de establecer las normas.

a) **Normativa sobre emisiones para turismos:**

**Tabla 7. Normativa Euro sobre emisiones máximas para turismos**

Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Diésel</b>						
Euro I†	Julio de 1992	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro II, IDI	Enero de 1996	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro II, DI	Enero de <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro III	Enero de 2000	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro IV	Enero de 2005	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro V	Septiembre de 2009	0.50	-	0.23	0.18	0.005
Euro VI (propuesto)	Septiembre de 2014	0.50	-	0.17	0.08	0.005
<b>Gasolina</b>						
Euro I†	Julio de 1992	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro II	Enero de 1996	2.2	-	0.5	-	-
Euro III	Enero de 2000	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro IV	Enero de 2005	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro V	Septiembre de 2009	1.0	0.10	-	0.06	0.005 <sup>b</sup>
Euro VI (propuesto)	Septiembre de 2014	1.0	0.10	-	0.06	0.005

\* Antes de Euro V turismos > 2500 kg estaban clasificados en la categoría **Vehículo industrial ligero N1 - I**

**b) Normativa sobre emisiones para vehículos industriales ligeros**

**Tabla 8. Normativa Euro sobre emisiones máximas para vehículos industriales ligeros**

Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Diésel</b>						
Euro I	Octubre de 1994	2.72	-	0.97	-	0.14
Euro II, IDI	Enero de 1998	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro II, DI	Enero de 1998	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro III	Enero de 2000	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro IV	Enero de 2005	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro V (propuesto)	Septiembre de 2010	0.50	-	0.23	0.18	0.005
Euro VI (propuesto)	Septiembre de 2015	0.50	-	0.17	0.08	0.05
<b>Gasolina</b>						
Euro I	Octubre de 1994	2.72	-	0.97	-	-
Euro II	Enero de 1998	2.2	-	0.5	-	-
Euro III	Enero de 2000	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro IV	Enero de 2005	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro V	Septiembre de 2010	1.0	0.075	-	0.06	0.005
Euro VI						

### c) Normas sobre emisiones para camiones y autobuses

**Tabla 9. Normativa Euro sobre emisiones máximas para camiones y autobuses**

Tipo	Fecha	Ciclo de ensayos	CO	HC	NOx	PM	Humo
Euro I	1992, < 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	Oct. 1996		4.0	1.1	7.0	0.25	
	Oct. 1998		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	Oct. 1999 Sólo EEVs	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	Oct. 2000	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13*	0.8
Euro IV	Oct. 2005		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	Oct. 2008		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

\* Para los motores de menos de 0.75 dm<sup>3</sup> de cilindrada por cilindro y una potencia nominal a velocidad mayor de 3000 rpm. EEV es "Enhanced environmentally friendly vehicle" ("vehículo ecológico avanzado").

Desde el año 2010, cualquier vehículo debe estar equipado con motores que cumplan la normativa Euro V sobre emisiones. Aunque esta normativa reduce las emisiones de ciertos contaminantes, no controla la eficiencia en el consumo de combustible y puede ocasionar un leve incremento del consumo.

Cualquier intervención o actuación que aumente la eficiencia respecto al combustible claramente reducirá el impacto ambiental de la flota y también, una intervención implantada de forma correcta podría reducir los costes de operación y en función del coste de la intervención, ser amortizada en un plazo razonable. A continuación vamos a centrarnos en las posibles intervenciones que se pueden hacer en una flota de vehículos por carretera para mejorar la eficiencia energética y medioambiental.

## 2.3 Intervenciones.

### 2.3.1 Introducción.

Se entiende como una intervención o actuación para la mejora de la eficiencia energética a un dispositivo, sistema o acción introducida por un gestor de flota para reducir el uso del combustible. Tales intervenciones se hacen para reducir el consumo de combustible directamente (en litros/100km) o para aumentar la eficiencia en otros términos como aumentar la ocupación de los

vehículos o reducir la distancia a recorrer. Cualquier intervención supone una inversión por lo que la selección de la mejor intervención en cada momento es una decisión crucial para los gestores de la flota.

Para medir la eficiencia energética en una flota de transporte, se suelen mejorar tres indicadores clave de rendimiento (*Key Performance Indicators*, KPI):

- Reducir la distancia total recorrida, por ejemplo mediante la mejora de las rutas y la programación de operaciones.
- Reducir el total de combustible utilizado para realizar los servicios, por ejemplo mediante el uso de vehículos de mayor capacidad.
- Mejorar el consumo de combustible de cada vehículo, por ejemplo a través de la formación de conductores.

Hay que tener cierto cuidado porque algunas intervenciones pueden empeorar unos indicadores al mejorar otros, como por ejemplo los vehículos de mayor capacidad aumentan los consumos de combustible pero reducen el total de combustible.

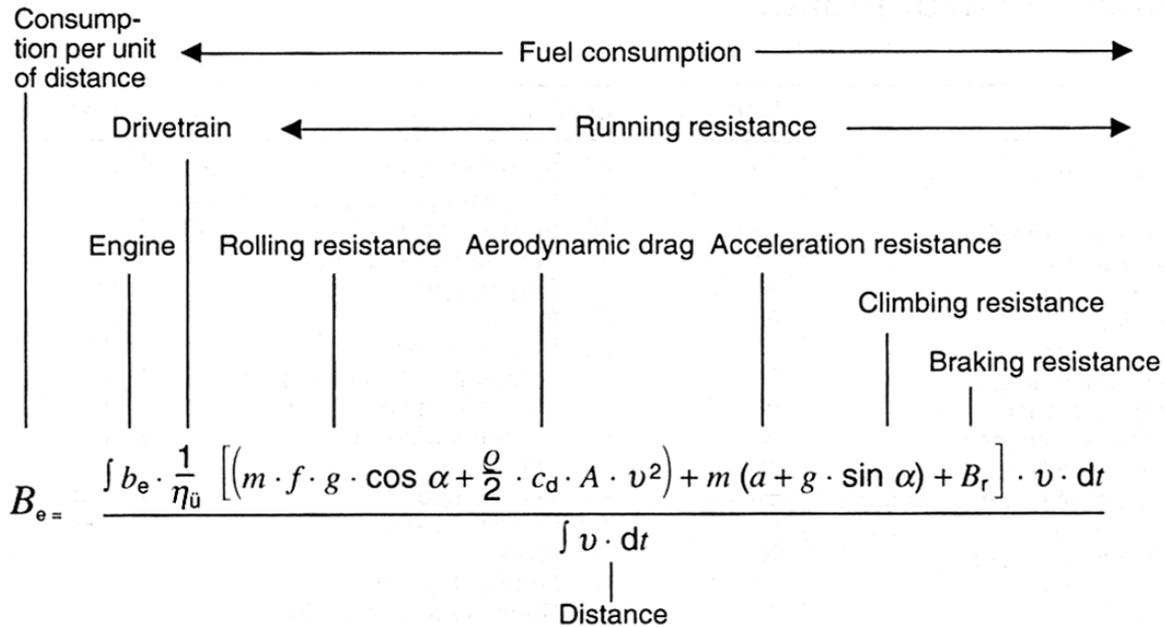
Es posible identificar más de 100 diferentes intervenciones de ahorro de combustible que existen en el mercado. Para situar estas intervenciones en las categorías pertinentes, es necesario examinar las características de diseño de un vehículo que influyen en el consumo del mismo y las otras características principales que están relacionadas con la forma de operar.

### 2.3.2 Las intervenciones de ahorro de combustible

La fórmula de Bauer muestra la fórmula estándar de ingeniería para modelar el consumo de combustible y sólo se refiere a las resistencias que se ven influidas por el diseño y construcción del vehículo y el cuerpo. No se refiere a factores de la gestión u operativos que pueden influir en el consumo de combustible.

$$B_{e..} = \frac{\int b_e \cdot \frac{1}{\eta_u} \left[ \left( m \cdot f \cdot g \cdot \cos \alpha + \frac{\rho}{2} \cdot c_d \cdot A \cdot v^2 \right) + m (a + g \cdot \sin \alpha) + B_r \right] \cdot v \cdot dt}{\int v \cdot dt}$$

Los componentes individuales en la fórmula de Bauer y su relación con los diversos tipos de resistencia se muestran en la siguiente figura 6:



Symbol		Unit
$B_e$	Consumption per unit of distance	g/m
$\eta_{\dot{u}}$	Transmission efficiency of drivetrain	-
$m$	Vehicle mass	kg
$f$	Coefficient of rolling resistance	-
$g$	Gravitational acceleration	m/s <sup>2</sup>
$\alpha$	Angle of ascent	°
$\rho$	Air density	kg/m <sup>3</sup>
$c_d$	Drag coefficient	-
$A$	Frontal area	m <sup>2</sup>
$v$	Vehicle speed	m/s
$a$	Acceleration	m/s <sup>2</sup>
$B_r$	Braking resistance	N
$t$	Time	s
$b_e$	Specific fuel consumption	g/kWh

Fig. 5. Explicación de las características de diseño en la fórmula de Bauer

Como hemos podido mencionar anteriormente, la fórmula de Bauer sólo identifica las características clave que se derivan de la ingeniería del vehículo,

pero no incluye los factores de la gestión de flota de transporte cómo por ejemplo:

1. La eficacia de la ruta y de la programación
2. La conducción eficiente del conductor
3. Un mantenimiento eficaz
4. Un control del consumo de combustible eficaz

A partir de la fórmula de Bauer se puede clasificar las intervenciones de combustible en siete diferentes categorías, asociadas a los factores relacionados con la resistencia del vehículo que afectan al consumo de combustible (fórmula de Bauer):

1. Consumo específico del motor
2. Eficiencia de la transmisión del tren de conducción
3. Coeficiente de resistencia al rodamiento
4. Coeficiente aerodinámico
5. Masa del vehículo
6. Angulo de inclinación
7. Resistencia al frenado

La siguiente tabla muestra la explicación de cada uno de esos factores así como los tipos de intervenciones aplicadas.

**Tabla 10. Intervenciones relacionadas con la resistencia del vehículo**

Nº	CATEGORÍA	EXPLICACIÓN	TIPOS DE INTERVENCIONES APLICADAS
1	Consumo específico del motor	El combustible utilizado para producir una cantidad específica de energía	Aceites y aditivos que reducen la fricción.  Equipos de mejora de la combustión o aditivos que aumentan la eficiencia térmica
2	Eficiencia de la transmisión del tren de conducción	Las pérdidas de potencia y de transmisión debidas a la fricción dentro de la caja de cambios	Aceites y aditivos para la transmisión que reducen la fricción entre los componentes
3	Coeficiente de resistencia al	Es el producto del proceso de deformación que ocurre en el punto de contacto entre el	Neumáticos con un coeficiente reducido de resistencia al rodamiento.

	rodamiento	neumático y el firme	Dispositivos para monitorizar o mantener la presión de los neumáticos
4	Coefficiente aerodinámico	Las pérdidas para superar la resistencia del aire al movimiento	Ayudas aerodinámicas que reducen el coeficiente de resistencia al avance
5	Masa del vehículo- Resistencia a la aceleración	Resistencia causada por un aparente aumento de la masa del vehículo debido al giro de las masas	Desarrollo de nuevos materiales más ligeros
6	Angulo de inclinación	Resistencia de un vehículo en movimiento ante una pendiente	Ninguna
7	Resistencia al frenado	Al frenar, la energía cinética de los vehículos se absorbe en lugar de ser usada para propulsar el vehículo	Técnicas de conducción

Así mismo existen factores que están relacionados con la gestión y operación que afectan al consumo de combustible:

1. Eficiencia en el diseño y planificación de rutas
2. Eficiencia en las técnicas de conducción
3. Correcta especificación del vehículo para el servicio
4. Eficiencia en el mantenimiento
5. Seguimiento eficiente del consumo de combustible

**Tabla 11. Intervenciones relacionadas con la gestión y operación**

Nº	CATEGORÍA	EXPLICACIÓN	TIPOS DE INTERVENCIONES APLICADAS
1	Eficiencia en el diseño y planificación de rutas	Reducir la distancia recorrida	Mejora del diseño de rutas y la planificación de operaciones mediante el uso de herramientas por ordenador
2	Eficiencia en las técnicas de conducción	Mínimizar de forma consistente el combustible usado	Formación de conductores. Dispositivos a bordo
3	Correcta especificación del vehículo para el servicio	Hacer coincidir las especificaciones del vehículo con el trabajo a realizar	Asegurarse de que el vehículo tiene la potencia adecuada (ratios de motor y transmisión)
4	Eficiencia en el mantenimiento	Reparación inmediata de fallos que aumenten el consumo de combustible	Procedimientos ágiles para la obtención de informes de consumo por vehículo

5	Seguimiento eficiente del consumo de combustible	Anotar los cambios en el consumo de combustible	Sistemas de seguimiento y control del combustible
---	--	---	---

Cada uno de los 12 posibles factores que afectan al consumo lleva asociado diversas posibles intervenciones. La experiencia demuestra que algunas de ellas han tenido más expectativas de éxito que otras.

La siguiente tabla 12 muestra los distintos factores que afectan al consumo de combustible y la probabilidad de éxito de cada uno de ellos (Coyle, 2003).

**Tabla 12. Diferentes tipos de intervenciones y sus probabilidades de éxito**

Nº	CATEGORÍA	PROBABILIDAD DE EXITO	TIPO
1	Consumo específico del motor	BAJA	Diseño
2	Eficiencia de la transmisión del tren de conducción	BAJA	Diseño
3	Coefficiente de resistencia al rodamiento	BAJA	Diseño
4	Coefficiente aerodinámico	ALTA	Diseño
5	Masa del vehículo-Resistencia a la aceleración	BAJA	Diseño
6	Angulo de inclinación	BAJA	Diseño
7	Resistencia al frenado	BAJA	Diseño
8	Eficiencia en el diseño y planificación de rutas	ALTA	Gestión
9	Eficiencia en las técnicas de conducción	ALTA	Gestión
10	Correcta especificación del vehículo para el servicio	MEDIA	Gestión
11	Eficiencia en el mantenimiento	MEDIA	Gestión
12	Seguimiento eficiente del consumo de combustible	MEDIA	Gestión

Es importante diferenciar los factores de diseño con los de gestión. Los factores de diseño no pueden ser cambiados rápidamente ni a bajo coste y por definición van asociados al vehículo. Los factores de gestión sin embargo pueden asociarse a decisiones sobre si realizar formación de los conductores o si instalar programas de diseño y planificación de rutas. Algunos factores pueden considerarse que están entre el diseño y la gestión, como “una correcta especificación del vehículo”. Este factor se encarga de elegir los factores de

diseño de un vehículo que mejor se ajusten a los servicios a realizar. Por ejemplo, vehículos que operen en terrenos con grandes pendientes necesitarán mayor potencia que los que operen en un lugar llano. La labor de la gestión es suministrar la información precisa que necesite la persona encargada de renovar la flota de vehículos.

Pueden existir solapes entre distintas categorías de intervenciones, como en la de seguimiento de vehículos y la de mantenimiento. También pueden llevarse a cabo más de una intervención a la vez para un mismo vehículo, asumiendo que no son excluyentes. La importancia de cada categoría en la eficiencia del consumo de combustible depende del tipo de trabajo que se realice. Por ejemplo, un vehículo pesado con rutas interurbanas por carreteras de alta velocidad usará mucha energía para vencer la resistencia aerodinámica, mientras que un vehículo ligero de reparto urbano de mercancía encontrará menos resistencia aerodinámica. En el primer caso puede ser interesante analizar una intervención aerodinámica y nunca en el segundo caso.

Para completar la tabla 12, se han realizado varios estudios sobre éxitos y fracasos en la aplicación de intervenciones en flotas de vehículos de mercancías por carretera. En dicho estudio se analizaron 82 operaciones asociadas al ahorro de combustible, obteniendo los siguientes resultados de la tabla 13 (Coyle, 2003).

**Tabla 13. Ratios de éxitos y fracasos en intervenciones**

INTERVENCIÓN	CATEGORÍA	INTENTOS	EXITOS	
			NÚMERO	%
Formación de conductores	9	42	40	95%
Cambio especificaciones de vehículo	10	35	33	94%
Mejora rutas y planificación	8	38	35	92%
Diferente fabricante de vehículo	10	39	32	82%
Aerodinámica	4	49	38	78%
Registro de datos a bordo	12	33	21	64%
Aceite de motor sintético	1	33	20	61%
Aceite de transmisión sintético	2	27	16	59%
Neumáticos de baja energía	3	24	11	46%
Combustible plus	12	23	9	39%
Aditivo al combustible	1	25	7	28%

De las tablas 12 y 13 se puede extraer como conclusión que las intervenciones de mayores éxitos son las siguientes:

- Formación de conductores en habilidades para la eficiencia del consumo
- Especificación del vehículo y elección del fabricante
- Gestión eficiente del transporte en el diseño y planificación de rutas
- La intervención de diseño que más éxito obtiene es la asociada al uso de ayudas aerodinámicas

Como podemos observar las intervenciones destacadas pueden tener unas probabilidades de éxito muy altas tanto las de diseño como las de gestión. No obstante, la selección de la intervención más adecuada en cada caso y el procedimiento a llevar a cabo es fundamental para que la empresa adquiera una mejora en el rendimiento asociado a la eficiencia del combustible.

En el próximo capítulo de este proyecto se va a desarrollar una guía metodológica para realizar paso a paso las intervenciones en la flota. Pero antes, es necesario conocer el estado actual de la flota desde el punto de vista energético y ambiental para poder seleccionar las intervenciones o actuaciones más adecuadas. Para ello se introduce el concepto de auditorías energéticas y medioambientales.

## ***2.4 Auditorías energéticas y medioambientales.***

Como paso previo a la implantación de cualquier intervención o actuación encaminada a una reducción del consumo energético y de las emisiones medioambientales, es necesario realizar una diagnosis de la situación de la empresa de transporte. Dicha diagnosis forma parte de lo que se conoce como auditorías energéticas y medioambientales.

### **2.4.1 Auditorías energéticas.**

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el cual:

1. Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del perfil de consumo energético de un equipo, una instalación o toda una empresa,
2. Se detectan los factores que afectan al consumo de energía, y

3. Se identifican, valoran y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Como consecuencia de la aplicación de dichas propuestas de eficiencia energética, se alcanzan en general mejoras en la calidad del servicio prestado, mejoras económicas y mejoras medioambientales.

Una auditoría energética permite a las empresas:

- Conocer la situación energética actual, así como el funcionamiento y la eficiencia de sus equipos e instalaciones
- Inventariar sus principales equipos e instalaciones
- Realizar mediciones de los principales parámetros de consumo energético
- Analizar las posibilidades de optimización del suministro energético actual
- Analizar la posibilidad de instalar energías renovables o equipos más eficientes
- Proponer mejoras y realizar su evaluación técnica y económica

#### **2.4.2 Auditorías medioambientales.**

Una auditoría medioambiental (AMA) es un instrumento de gestión que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de la eficacia de la organización, el sistema de gestión y procedimientos destinados a la protección del medio ambiente, y que tienen por objeto facilitar el control, por parte de la dirección, de las prácticas que puedan tener efectos sobre el medio ambiente y evaluar su adecuación a las políticas medioambientales de la empresa.

Las auditorías medioambientales surgen como un instrumento voluntario y hoy en día están ligadas mayoritariamente a los Sistemas de Gestión Medioambientales bajo la Norma ISO 14001. Por tanto, se enfocan principalmente a identificar problemas existentes o potenciales de la empresa con la normativa medioambiental vigente.

Los objetivos fundamentales comunes a cualquier AMA son:

- Conocer el estado medioambiental de la empresa
- Proporcionar cobertura legal a la empresa. Identificar el grado de cumplimiento de la normativa aplicable a la instalación o empresa
- Informar a los grupos interesados

- Implantar las bases de un adecuado sistema de gestión medioambiental

Hoy en día, las empresas consideran las auditorías medioambientales como una obligación para evitar sanciones. No obstante, si se consideran estas auditorías como prácticas hacia una correcta gestión medioambiental, no solo se alcanzan beneficios medioambientales sino también ventajas competitivas para la empresa, como:

- Proporciona ventajas frente a la competencia, como prestigio y buena imagen
- Incentiva a la innovación tecnológica
- Mejora el rendimiento y la eficiencia en la utilización de los recursos
- Es una fuente de información fundamental para la empresa que se utilizará para introducir cambios, para la toma de decisiones o nuevas iniciativas
- Facilita la obtención de seguros especiales para cubrir riesgos ambientales
- Facilita la obtención de licencias, subvenciones o contratos públicos

### **2.4.3 Fases de una auditoría energética y medioambiental en una flota**

Las auditorías energéticas y medioambientales son pues herramientas de gestión sistemáticas que evalúan el estado energético y medioambiental de una empresa, analizan los factores asociados a ineficiencias energéticas o incumplimiento normativo medioambiental y finalmente proponen actuaciones de mejora que tienen como consecuencia unos beneficios globales en la empresa.

A continuación se describen cada una de las etapas que conformarían las auditorías energéticas y medioambientales.

Fase 1: trabajos previos de información y toma de datos

Fase 2: diagnóstico de la situación actual

Fase 3: propuesta de un plan de actuaciones

Como primer paso previo a la auditoría en sí, se definen los objetivos a alcanzar. Se consideran objetivos asociados al rendimiento energético y medioambiental. Para cada uno de los objetivos se definen unos indicadores clave del rendimiento (KPI) que permitirán evaluar la situación actual y hacer un control y seguimiento futuro sobre dichos objetivos.

Durante la Fase 1 se realiza el proceso de toma de datos, que consiste en la recogida de información sobre la flota de vehículos necesaria para el cálculo de los indicadores previamente definidos. La toma de datos se puede realizar a través de encuestas, aforos, entrevistas, observación directa, documentos históricos o sistemas de información a bordo de los vehículos. La información a recoger en general hace referencia a datos sobre: vehículos, personal, instalaciones, costes, mantenimiento y operaciones.

En la Fase 2 se lleva a cabo una diagnosis de la situación actual de la flota. La diagnosis consiste en medir el rendimiento energético y medioambiental de la flota en cada instante de tiempo mediante el cálculo de los indicadores a partir de la información obtenida en la etapa anterior. En esta fase se obtendría la evolución de cada uno de los indicadores definidos en un determinado horizonte de tiempo. Uno de los resultados más interesantes de esta fase consiste en la obtención de los inventarios de consumo energético y de emisiones medioambientales de la flota.

Finalmente, y en virtud de la diagnosis anterior, se realiza una Fase 3 que consiste en plantear actuaciones (intervenciones) que mejoren aquellos indicadores que superen unos márgenes prefijados, acorde a criterios de eficiencia. El análisis de un indicador o conjunto de indicadores ayuda a la toma de decisiones sobre las propuestas o actuaciones más adecuadas según los objetivos prefijados. El plan de actuaciones debe contener las oportunidades de ahorro energético y medioambiental de forma ordenada, es decir, proponiendo en primer lugar medidas inmediatas a corto plazo de bajo coste, después medidas a medio plazo y finalmente medidas de inversión importante a largo plazo. Cada actuación irá acompañada de un estudio de viabilidad técnica y económica, una cuantificación del ahorro energético y medioambiental y un presupuesto de implantación. También se acompañará un diseño de un sistema de control y seguimiento de las actuaciones, a través del cual, sea posible alcanzar los objetivos previstos.

En el presente proyecto se va a desarrollar una metodología para la implementación del plan de actuaciones que se obtiene como resultado de la auditoría energética y medioambiental.



Metodología para la implementación de actuaciones de eficiencia energética  
en flotas de transporte por carretera

