

2.	NORMAS DE EMISIÓN PARA VEHÍCULOS PESADOS Y LIVIANOS.....	2-1
2.1	Introducción.....	2-1
2.2	Estándares de emisión para vehículos motorizados en USA.....	2-1
2.2.1	Generalidades .....	2-1
2.2.2	Estándares de emisión en USA.....	2-2
2.2.3	Detalle de estándares para vehículos pesados en USA.....	2-11
2.3	Estándares de emisión para vehículos motorizados en la Unión Europea .....	2-15
2.3.1	Vehículos livianos de pasajeros (M1).....	2-15
2.3.2	Vehículos livianos comerciales (N1) .....	2-17
2.3.3	Vehículos pesados .....	2-18
2.4	Ciclos de conducción .....	2-19
2.4.1	Europa .....	2-19
2.4.1.1	Vehículos pesados.....	2-19
2.4.1.2	Vehículos livianos y medianos.....	2-22
2.4.2	Estados Unidos.....	2-24
2.4.2.1	Vehículos pesados.....	2-24
2.4.2.2	Vehículos livianos y medianos.....	2-25
2.4.3	Comentarios .....	2-28
2.5	Regulaciones sobre calidad y especificaciones de combustible en Europa y USA .....	2-30
2.5.1	Europa .....	2-30
2.5.2	Estados Unidos.....	2-33
2.5.2.1	Gasolinas reformuladas - Estados Federales .....	2-34
2.5.2.2	Gasolinas reformuladas - California .....	2-35

## **2. NORMAS DE EMISIÓN PARA VEHÍCULOS PESADOS Y LIVIANOS**

### **2.1 Introducción**

En el presente capítulo se presenta, en primer término, una recopilación de antecedentes relativos a las normas de emisión vigentes en USA y Europa y las tendencias de normas futuras en ambas regiones. En segundo término se hace un análisis de las regulaciones sobre calidad de combustibles y las exigencias que en este sentido imponen las normas de emisión anteriores. Finalmente, sobre la base de estos antecedentes, se plantea una proposición de calendario de aplicación de normas de emisión para vehículos nuevos que ingresen a la Región Metropolitana, para vehículos livianos, medianos y pesados.

### **2.2 Estándares de emisión para vehículos motorizados en USA**

#### **2.2.1 Generalidades**

La EPA (Environmental Protection Agency) es el organismo encargado de establecer los estándares relativos a las emisiones contaminantes de vehículos y motores en Estados Unidos. Además, el estado de California ha introducido límites y procedimientos particulares para este estado a través de su departamento CARB (California Air Resources Board), estableciéndose como líder mundial en la materia de regulación ambiental desde los años 60.

Las regulaciones norteamericanas relativas a la calidad del aire están contenidas en el artículo 40 (Protection of Environment) del Código de Regulación Federal (CFR40). El artículo 40 comprende 18 volúmenes, divididos en diferentes partes, que son actualizados una vez al año. Las regulaciones relativas a la certificación y sus procedimientos están contenidas en el apartado 86 denominado "Control of Air Pollution from New and In-Use Motor Vehicle Engines: Certification and Test Procedures".

Debido a la necesidad de mejorar la calidad del aire, a las mejoras tecnológicas destinadas al control de las emisiones en los vehículos motorizados y a la mejora de los combustibles, los estándares de emisión han estado cambiando continuamente a través de los años. La EPA y el CARB usan varios nombres y abreviaciones para referirse a diferentes estándares de emisión. Actualmente la EPA utiliza, nombrados desde el menos al más estricto, los estándares Tier 0, Tier 1, Tier 2, TLEV, LEV, ILEV, ULEV y ZEV. El término TLEV solo es aplicable en California y el estándar ILEV no se usa en California pero en su lugar utilizan el SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) para vehículos medianos de carga, siendo este más estricto que el ULEV.

La EPA ha implementado los estándares LEV, ILEV, ULEV y ZEV bajo el programa CFFP (Clean Fuel Fleet Program) que implica la adquisición de vehículos que utilizan combustible limpio o CFVs (Clean Fuel Vehicle) dentro de una flota a partir de 1999. Este programa está dirigido a aquellas ciudades que tienen problemas serios de contaminación atmosférica y que no cumplen con los estándares de calidad del aire federales.

### 2.2.2 Estándares de emisión en USA

Los estándares de emisión se encuentran contenidos en varias secciones del CFR. En las tablas 2.1 y 2.2 se muestran las secciones del artículo 40 del Código de Regulación federal (CFR) norteamericano que contiene los estándares para vehículos motorizados de diferentes tipos, incluyendo los vehículos con combustibles alternativos que cumplen estándares del tipo LEV, ULEV e ILEV.

Tabla 2.1. Índice para localizar las secciones del CFR40 donde se encuentran los estándares de emisión

Categoría	1991 y posteriores	1993 y posteriores	1994 y posteriores	1996 y posteriores	1997 y posteriores	1998 y posteriores	1999 y posteriores	2001 y posteriores	2004 y posteriores
Light-Duty vehicle	86.090-8	86.090-8	86.094-8	86.096-8	86.096-8	86.098-8	86.099-8	86.099-8	86.099-8
Light-Duty Truck	86.091-9	86.091-9	86.094-9	86.096-9	86.097-9	86.097-9	86.099-9	86.001-9	86.004-9
Heavy-Duty Otto	86.091-10	86.091-10	86.091-10	86.096-10	86.096-10	86.098-10	86.099-10	86.099-10	86.099-10
HeavyDuty Diesel	86.091-11	86.093-11	86.094-11	86.096-11	86.096-11	86.098-11	86.099-11	86.099-11	86.099-11

Tabla 2.2. Índice para localizar las secciones del CFR40 donde encontrar los estándares LEV, ULEV e ILEV

Categoría	1994 y posterior (LEV, ULEV, ILEV)	1993 y posterior (ILEV)	1998 y posterior (ILEV)
Light-Duty vehicle	88.104-94	88.311-93	88.311-98
Light-Duty Truck	88.104-94	88.311-93	88.311-98
Heavy-Duty Otto	88.105-94	88.311-93	88.311-98
HeavyDuty Diesel	88.105-94	88.311-93	88.311-98

Por otro lado, los vehículos que son convertidos para operar en forma dual (bajo la opción de dos combustibles), deben ser certificados para que cumplan los estándares de emisión correspondientes a cada uno de los combustibles. Para el caso de GLP los estándares de emisión son idénticos a los correspondientes a gasolina. Los estándares para vehículos que utilizan GNC también son iguales excepto por los hidrocarburos, donde son especificados en términos de hidrocarburos no metánicos (NMHC) en lugar de los hidrocarburos totales (HCT). Además, los vehículos del tipo CFVs (Clean Fuel

Vehículos) cumplen estándares que incluyen a los gases orgánicos no metánicos (NMOG).

Los estándares de emisiones de la EPA para certificación de vehículos motorizados varían según el tipo de vehículo y su peso. Vehículos con peso bruto hasta 8500 lbs (3860 kg) son ensayados usando dinamómetro de chasis y sus emisiones y estándares asociados se encuentran expresados en g/milla. Para el caso de vehículos pesados con más de 8500 lbs se utilizan diferentes procedimientos y estándares. En vez de probar el vehículo sobre un dinamómetro de chasis el motor es ensayado separadamente usando un dinamómetro de motor y las emisiones medidas son expresadas en g/bhp-hr. Vehículos con peso bruto entre 8501 y 10000 lbs pueden ser ensayados bajo los dos procedimientos (CFR40 parte 86.094-1b). Las tablas 2.3 y 2.4 muestran las diferentes categorías que la EPA define por peso para vehículos livianos y pesados de carga, así como las diferentes clasificaciones para motores.

Tabla 2.3. Clasificación EPA de vehículos de carga según el peso

Tipo de vehículo	Clasificación según peso	GVWR <sup>1</sup>	LVW <sup>2</sup> o ALVW <sup>3</sup>
Light Light - Duty Truck	1	0 – 6000 lb	0 – 3750 lb (LVW)
Light Light - Duty Truck	2	0 – 6000 lb	3751 – 5750 lb (LVW)
Heavy Light – Duty Truck	3	6000 – 8500 lb	3751 – 5750 lb (ALVW)
Heavy Light – Duty Truck	4	6000 – 8500 lb	> 5750 lb (ALVW)

Tabla 2.4. Clasificación EPA de motores según el peso

Tipo de motor	Peso típico del vehículo GVWR	Rango Típico de potencia
Light Heavy – Duty Engine	8501 – 19499 lb	70 a 170 hp
Medium Heavy – Duty Engine	19500 – 33000 lb	170 a 250 hp
Heavy Heavy – Duty Engine	> 33000 lb	> 250 hp

Además la EPA asigna diferentes estándares de emisión sobre la base de años o millas en servicio. Se define la vida útil del estándar como un periodo de uso del vehículo o motor expresado en millas o años para el cual se certifican las emisiones. La tabla 2.5 muestra los tiempos o millajes para los cuales se aplican los límites de emisión. El deterioro producido en las emisiones, producto del desgaste natural en el uso que justifica esta diferencia en los límites, se verifica mediante la aplicación de adecuados factores de deterioro.

<sup>1</sup> Gross Vehicle Weight Rating, peso bruto (peso máximo del vehículo cargado, todos los pasajeros y estanque de combustible lleno)

<sup>2</sup> Loaded Vehicle Weight, peso neto de marcha, en estado normal de operación (estanque lleno + 300 lbs)

<sup>3</sup> Adjusted Loaded Vehicle Weight, promedio entre el GVWR y el LVW.

Tabla 2.5. Límites de tiempo y millajes para la definición de estándares con factores de deterioro

Tipo de vehículo o motor	Vida útil límites de emisiones gases de escape		Vida útil límites de emisiones evaporativas
	Intermedio	completo	completo
Light-Duty Vehicle	5 años o 50000 millas	10 años o 100000 millas	10 años o 100000 millas
Light-Duty Truck 1 y 2	5 años o 50000 millas	10 años o 100000 millas	10 años o 100000 millas
Light-Duty Truck 3 y 4	5 años o 50000 millas	11 años o 120000 millas	11 años o 120000 millas
Heavy Duty Otto Engine	na	8 años o 110000 millas	10 años o 110000 millas
Light Heavy Duty Diesel Engine	na	8 años o 110000 millas	8 años o 110000 millas
Medium Heavy Duty Diesel Engine	na	8 años o 185000 millas	8 años o 185000 millas
Heavy Heavy Duty Diesel Engine	na	8 años o 290000 millas	8 años o 290000 millas

En la Tabla 2.5, se presenta un resumen general de estándares de emisión aplicados en USA. Esta información se complementa con la Tabla 2.6, que indica los estándares federales (sin California) y la aplicación de TIER 2.

Tabla 2.5. Resumen de estándares de emisión USA

Vehículo			Categoría Emisiones <sup>a</sup>	Norma de Emisión de Gases de Escape, en gramos por milla																			
GVWR Libras	Peso Libras	Tipo		50.000 Millas					100.000 Millas					120.000 Millas									
				THC <sup>b</sup>	(NMHC) <sup>c</sup> NMOG <sup>d</sup>	CO	NOx	HCHO	PM <sup>e</sup>	(NMHC) <sup>c</sup> NMOG <sup>d</sup>	CO	NOx	HCHO	PM <sup>e</sup>	THC <sup>b</sup>	(NMHC) <sup>c</sup> NMOG <sup>d</sup>	CO	NOx	HCHO	PM <sup>e</sup>			
		Light-Duty Vehicle	Fed tier 0	0.41	(0.34) <sup>f</sup>	3.4	1.0		0.20														
			Fed tier 1	0.41	(0.25)	3.4	0.4g 1.0d		- <sup>g</sup> 0.08d	(0.31)	4.2	0.6g 1.25d		- <sup>g</sup> 0.10d									
			Fed LEV		0.075	3.4	0.2	0.015		0.090	4.2	0.3	0.018	0.08									
			Fed ILEV		0.075	3.4	0.2	0.015		0.090	4.2	0.3	0.018	0.08									
			Fed ULEV		0.040	1.7	0.2	0.008		0.055	2.1	0.3	0.011	0.04									
		Passenger Car	CA tier 0		(0.039)	7.0	0.4		0.08														
			CA tier 1		(0.25)	3.4	0.4		0.08	(0.31)	4.2	0.6											
			CA TLEV		0.125	3.4	0.4	0.015		0.156	4.2	0.6	0.018	0.08									
			CA LEV		0.075	3.4	0.2	0.015		0.090	4.2	0.3	0.018	0.08									
			CA ULEV		0.040	1.7	0.2	0.008		0.055	2.1	0.3	0.011	0.04									
		0-6000	0-3750 LVW	Light-Duty Truck 1	Fed tier 0												0.80	(0.67) <sup>f</sup>	10	1.2		0.26	
					Fed tier 1		(0.25)	3.4	0.4g 1.0d		0.08	(0.31)	4.2	0.6g 1.25d		0.10	0.80						
					Fed LEV		0.075	3.4	0.2	0.015		0.090	4.2	0.3	0.018	0.08							
					Fed ILEV		0.075	3.4	0.2	0.015		0.090	4.2	0.3	0.018	0.08							
Fed ULEV					0.040	1.7	0.2	0.008		0.055	2.1	0.3	0.011	0.04				2.1		0.055			
CA tier 0					(0.39)	9.0	0.4		0.08														
CA tier 1					(0.25)	3.4	0.4		0.08	(0.31)	4.2	0.6											
CA TLEV					0.125	3.4	0.4	0.015		0.156	4.2	0.6	0.018	0.08									
CA LEV					0.075	3.4	0.2	0.015		0.090	4.2	0.3	0.018	0.08									
CA ULEV			0.04	1.7	0.2	0.008		0.055	2.1	0.3	0.011	0.04											
3751-5750 LVW	Light-Duty Truck 2		Fed tier 0												0.80	(0.67) <sup>f</sup>	10	1.7		0.13			
			Fed tier 1		(0.32)	4.4	0.7g - d		0.08	(0.40)	5.5	0.97		0.10	0.80								
			Fed LEV		0.100	4.4	0.4	0.018		0.130	5.5	0.5	0.023	0.08									
			Fed ILEV		0.100	4.4	0.4	0.018		0.130	5.5	0.5	0.023	0.08									
			Fed ULEV		0.050	2.2	0.4	0.009		0.070	2.8	0.5	0.013	0.04									
			CA tier 0		(0.50)	9.0	1.0		0.08														
			CA tier 1		(0.32)	4.4	0.7		0.08	(0.40)	5.5	0.97											
			CA TLEV		0.160	4.4	0.7	0.018		0.200	5.5	0.9	0.023	0.10									
		CA LEV		0.100	4.4	0.4	0.018		0.130	5.5	0.5	0.023	0.10										
CA ULEV		0.050	2.2	0.4	0.018		0.070	2.8	0.5	0.013	0.05												

Tabla 2.5. Continuación

Vehículo			Categoría Emisiones	Norma de Emisión de Gases de Escape, en gramos por milla																	
GVWR en Libras	Peso en Libras	Tipo		50.000 Millas					100.000 Millas					120.000 Millas							
				THC	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	THC	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	
6001 - 8500	0-3750 LVW	Heavy Light-Duty Truck	Fed tier 0												0.80	(0.67) <sup>f</sup>	10	1.2		0.26	
		Medium-Duty Vehicle	CA tier 0		(0.39)	9.0	0.4		0.08												
	3751-5750 LVW	Heavy Light-Duty Truck	Fed tier 0												0.80	(0.67) <sup>f</sup>	10	1.7		0.13	
		Medium-Duty Vehicle	CA tier 0		(0.50)	9.0	1.0		0.08												
	5751-8500 LVW	Heavy Light-Duty Truck	Fed tier 0												0.80	(0.67) <sup>f</sup>	10	1.7		0.13	
		Medium-Duty Vehicle	CA tier 0		(0.60)	9.0	1.5		0.08												
	0-3750 ALVW	Heavy Light-Duty Truck	Fed LEV		0.125	3.4	0.4	0.015								0.180	5.0	0.6	0.022	0.08	
			Fed ILEV		0.125	3.4	0.4	0.015								0.180	5.0	0.3	0.022	0.08	
			Fed ULEV		0.075	1.7	0.2	0.008								0.107	2.5	0.3	0.012	0.04	
		Medium-Duty Vehicle 1	CA tier 1		(0.25)	3.4	0.4									(0.36)	5.0	0.55		0.08	
			CA LEV		0.125	3.4	0.4	0.015								0.180	5.0	0.6	0.022	0.08	
			CA ULEV		0.075	1.7	0.2	0.008								0.107	2.5	0.3	0.012	0.04	
	3751 - 5750 ALVW	Light-Duty Truck 3	Fed tier 1		(0.32)	4.4	0.7			(0.46)	6.4	0.98		0.10	0.80						
			Fed LEV		0.16	4.4	0.7	0.018								0.230	6.4	1.0	0.027	0.10	
			Fed ILEV		0.16	4.4	0.4	0.018								0.230	6.4	0.5	0.027	0.10	
			Fed ULEV		0.10	2.2	0.4	0.009								0.143	3.2	0.5	0.013	0.05	
		Medium-Duty Vehicle 2	CA tier 1		(0.32)	4.4	0.7									(0.46)	6.4	0.98		0.10	
			CA LEV		0.16	4.4	0.4 <sup>g</sup>	0.018								0.230	6.4	0.6 <sup>h</sup>	0.027	0.10	
			CA ULEV		0.10	4.4	0.4	0.009								0.143	6.4	0.6	0.013	0.05	
			CA SULEV		0.05	2.2	0.2	0.004								0.072	3.2	0.3	0.006	0.05	
	5751 - 8500 ALVW	Light-Duty Truck 4	Fed tier 1		(0.39)	5.0	1.1			(0.56)	7.3	1.53		0.12	0.80						
			Fed LEV		0.195	5.0	1.1	0.022								0.280	7.3	1.5	0.032	0.12	
			Fed ILEV		0.195	5.0	0.6	0.022								0.280	7.3	0.8	0.032	0.12	
			Fed ULEV		0.117	2.5	0.6	0.011								0.167	3.7	0.8	0.016	0.06	
		Medium-Duty Vehicle 3	CA tier 1		(0.39)	5.0	1.1									(0.56)	7.3	1.53		0.12	
			CA LEV		0.195	5.0	0.6 <sup>i</sup>	0.022								0.280	7.3	0.9 <sup>j</sup>	0.032	0.12	
			CA ULEV		0.117	5.0	0.6	0.011								0.167	7.3	0.9	0.016	0.06	
			CA SULEV		0.059	2.5	0.3	0.006								0.084	3.7	0.45	0.008	0.06	

Tabla 2.5. Continuación

Vehículo			Categoría Emisiones	Norma de Emisión de Gases de Escape, en gramos por milla																
GVWR en Libras	Peso en Libras	Type		50.000 Millas					100.000 Millas					120.000 Millas						
				THC	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	THC	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM
8501 - 14000	8501 - 10000 ALVW	Medium-Duty Vehicle 4	CA tier 1		(0.46)	5.5	1.3									(0.66)	8.1	1.81		0.12
			CA LEV		0.230	5.5	0.7 <sup>k</sup>	0.028								0.330	8.1	1.0 <sup>l</sup>	0.04	0.12
			CA ULEV		0.138	5.5	0.7	0.014								0.197	8.1	1.0	0.021	0.06
			CA SULEV		0.069	2.8	0.35	0.007								0.100	4.1	0.5	0.01	0.06
	10001 - 14000 ALVW	Medium-Duty Vehicle 5	CA tier 1		(0.60)	7.0	2.0									(0.86)	10.3	2.77		0.12
			CA LEV		0.300	7.0	1.0 <sup>m</sup>	0.036								0.430	10.3	1.5 <sup>n</sup>	0.052	0.12
			CA ULEV		0.180	7.0	1.0	0.018								0.257	10.3	1.5	0.026	0.06
			CA SULEV		0.090	3.5	0.5	0.09								0.130	5.2	0.7	0.013	0.06
8501-14000		Medium-Duty Vehicle (OPT) <sup>o</sup> 8501-14000 GVWR	CA tier 1												(3.9) <sup>p</sup>	14.4			0.10	
			CA LEV												(3.5) <sup>p</sup>	14.4		0.050	0.10	
			CA LULEV												(2.5) <sup>p</sup>	14.4 <sup>q</sup>		0.050 <sup>r</sup>	0.05	
8501-14000		Heavy-Duty Otto Cycle Engine <sup>s,t</sup>	Fed											1.1	(0.9) <sup>f</sup>	14.4	4.0 <sup>u</sup>			
Mayores de 14000		Heavy-Duty Otto Cycle Engine <sup>s,t</sup>	Fed y CA											1.9	(1.7) <sup>v</sup>	37.1	4.0 <sup>w</sup>			
Mayores de 8501		Heavy-Duty Diesel Engine <sup>s,t</sup>	Fed y CA												1.3	(1.2) <sup>v</sup>	15.5	4.0 <sup>w</sup>		0.10
			Fed LEV												1.3 <sup>z</sup>	(3.8) <sup>p</sup>	15.5 <sup>aa</sup>	4.0 <sup>u</sup>		0.10
		Heavy-Duty Otto Cycle and Diesel Engine <sup>s,t,y</sup>	Fed ILEV												1.3 <sup>z</sup>	(2.5) <sup>p</sup>	14.4	4.0 <sup>u</sup>	0.050	0.10
			Fed ULEV												1.3 <sup>z</sup>	(2.5) <sup>p</sup>	7.2	4.0 <sup>u</sup>	0.025	0.05

La misma tabla anterior se presenta a continuación, eliminando los estándares de California e incluyendo TIER 2. Las celdas grises indican los actuales estándares utilizados en Chile.

Tabla 2.6. Estándares de emisión USA

Vehículo			Categoría Emisiones <sup>a</sup>	Norma de Emisión de Gases de Escape, en gramos por milla																		
GVWR Libras	Peso Libras	Tipo		50.000 Millas						100.000 Millas					120.000 Millas							
				THC <sup>b</sup>	(NMHC) <sup>c</sup> NMOG <sup>d</sup>	CO	NOx	HCHO	PM <sup>e</sup>	(NMHC) <sup>c</sup> NMOG <sup>d</sup>	CO	NOx	HCHO	PM <sup>e</sup>	THC <sup>b</sup>	(NMHC) <sup>c</sup> NMOG <sup>d</sup>	CO	NOx	HCHO	PM <sup>e</sup>		
		Light-Duty Vehicle	Fed tier 0	0,41	(0,34) <sup>f</sup>	3,4	1,0			0,20												
			Fed tier 1	0,41	(0,25)	3,4	0,4g 1.0d			0,08	(0,31)	4,2	0,6g 1.25d		0,10							
			Tier 2 bin 7		0,1	3,4	0,14	0,015									0,125	4,2	0,2	0,018	0,02	
			Tier 2 bin 6		0,075	3,4	0,11	0,015									0,090	4,2	0,15	0,018	0,02	
			Tier 2 bin 5		0,075	3,4	0,05	0,015									0,090	4,2	0,07	0,018	0,01	
			Tier 2 bin 4		0,040	1,7	0,05	0,008									0,055	2,1	0,07	0,011	0,01	
			Tier 2 bin 3														0,070	2,1	0,04	0,011	0,01	
			Tier 2 bin 2														0,010	2,1	0,02	0,004	0,01	
			Tier 2 bin 1														0	0	0	0	0	
0-6000 (LLDT)	0-3750 LVW	Light-Duty Truck 1	Fed tier 0												0,80	(0,67)	10	1,2		0,26		
			Fed Tier 1		(0,25)	3,4	0,4g 1.0d			0,08	(0,31)	4,2	0,6g 1.25d		0,10	0,80						
			Tier 2	Idem Light Duty Vehicles																		
			Fed LEV		0,075	3,4	0,2	0,015			0,090	4,2	0,3	0,018	0,08							
	Fed ILEV		0,075	3,4	0,2	0,015			0,090	4,2	0,3	0,018	0,08									
	3751-5750 LVW	Light-Duty Truck 2	Fed tier 0												0,80	(0,67)	10	1,7		0,13		
			Fed tier 1		(0,32)	4,4	0,7g -d			0,08	(0,40)	5,5	0,97		0,10	0,80						
Tier 2			Idem Light Duty Vehicles																			
6001 - 8500 (HLDT)	0-3750	Heavy Light-Duty Truck	Fed tier 0												0,80	(0,67)	10	1,2		0,26		
	3751-5750	Heavy Light-Duty Truck	Fed tier 0												0,80	(0,67)	10	1,7		0,13		
	5751-8500	Heavy Light-Duty Truck	Fed tier 0												0,80	(0,67)	10	1,7		0,13		
	0-3750 ALVW	Heavy Light-Duty Truck	Fed LEV		0,125	3,4	0,4	0,015								0,180	5,0	0,6	0,022	0,08		
			Fed ILEV		0,125	3,4	0,4	0,015								0,180	5,0	0,3	0,022	0,08		
	3751 - 5750 ALVW	Light-Duty Truck 3	Fed tier 1		(0,32)	4,4	0,7			(0,46)	6,4	0,98		0,10								
			Fed LEV		0,16	4,4	0,7	0,018									0,230	6,4	1,0	0,027	0,10	
Fed ILEV				0,16	4,4	0,4	0,018									0,230	6,4	0,5	0,027	0,10		

CONTROL DE EMISIONES DE FUENTES MOVILES

Vehículo			Categoría Emisiones	Norma de Emisión de Gases de Escape, en gramos por milla																
GVWR en Libras	Peso en Libras	Type		50.000 Millas						100.000 Millas					120.000 Millas					
				THC	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM	THC	(NMHC) NMOG	CO	NOx	HCHO	PM
	5751 - 8500 ALVW	Light-Duty Truck 4	Fed Tier 1		(0.39)	5.0	1.1				(0.56)	7.3	1.53		0.12					
			Fed LEV		0.195	5.0	1.1	0.022								0.280	7.3	1.5	0.032	0.12
			Fed ILEV		0.195	5.0	0.6	0.022								0.280	7.3	0.8	0.032	0.12
			Tier 2	Idem Light Duty Vehicles																
8501-14000		Heavy-Duty Otto Cycle Engine <sup>s,t</sup>	Fed											1,1	(0,9) <sup>f</sup>	14,4	4,0 <sup>u</sup>			
Mayores de 14000		Heavy-Duty Otto Cycle Engine <sup>s,t</sup>	Fed y CA											1,9	(1,7) <sup>v</sup>	37,1	4,0 <sup>w</sup> Chile 5.0			
Mayores de 8501		Heavy-Duty Diesel Engine <sup>s,t</sup>	Fed y CA											1,3	(1,2) <sup>v</sup>	15,5	4,0 <sup>w</sup> Chile 5.0		0,10 (0.05) bus ur	
		Heavy-Duty Otto Cycle and Diesel Engine <sup>s,t,y</sup>	Fed LEV												1,3 <sup>z</sup>	(3,8) <sup>p</sup>	15,5 <sup>ba</sup>	4,0 <sup>u</sup>		0,10
			Fed ILEV												1,3 <sup>z</sup>	(2,5) <sup>p</sup>	14,4	4,0 <sup>u</sup>	0,050	0,10
			Fed ULEV												1,3 <sup>z</sup>	(2,5) <sup>p</sup>	7,2	4,0 <sup>u</sup>	0,025	0,05

Notas de las Tablas 2.5 y 2.6:

- a) Fed significa federal y CA se refiere a estándares de California
- b) Vehículos a GNC están exentos de los estándares de THC
- c) Los estándares de hidrocarburos no metánicos NMHC están entre paréntesis.
- d) Para vehículos duales livianos de pasajeros y de carga y para vehículos medianos que son parte de la categoría federal LEV y ULEV y en el caso de California de las categorías TLEV, LEV, ULEV y SULEV pueden tener diferentes estándares de NMOG que aquellos listados en esta tabla. La tabla a continuación especifica y detalla los estándares de NMOG para vehículos duales que caen dentro de estas categorías.
- e) Los estándares de PM en esta columna son aplicables sólo a vehículos diesel.
- f) Aplicable sólo a vehículos a GNC.
- g) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 0.7
- h) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 1.0
- i) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 1.1
- j) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 1.5
- k) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 1.3
- l) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 1.8
- m) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 2.0
- n) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 2.8
- o) Estándar opcional, vehículos medianos de carga, 8501 a 14000 lb GVWR, en g/bhp-hr.
- p) Estándar combinado NMHC y NOx
- q) 14.4 g/bhp-hr para aquellos con ciclo Otto y 7.2 para aquellos con ciclo Diesel.
- r) 0.05 para aquellos con ciclo Otto y 0.025 para aquellos con ciclo Diesel.
- s) Estándares son en g/bhp-hr.
- t) Vida útil o periodo para redefinir emisiones es de ocho años o 110000 millas para motores pesados de carga ciclo Otto
- u) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 5.0. Para GNC permaneció en 5.0 Durante 1998 la vida útil para redefinir emisiones llega a 10 años.
- v) Opcional para el estado de California. En forma federal sólo para GNC.
- w) Para modelos anteriores a 1998 el estándar es 5.0. Para GNC permaneció en 5.0 para certificación federal y cambió a 4.0 para certificación en California. Durante 1998 la vida útil para redefinir emisiones llega a 10 años.
- x) Para el caso de California la categoría implica un peso mayor a 14000 lb GVWR.
- y) La vida útil para redefinir emisiones es de ocho años o 110000 millas para los vehículos tipo LHDDE, 185000 millas para los del tipo MHDDE y 290000 para los del tipo HHDDE.
- z) 1.3 g/bhp-hr para ciclo diesel y 1.1 para ciclo Otto en vehículos que pesan menos que 14000 lb. Para vehículos con peso superior es de 1.9 para vehículos ciclo Otto.
- aa) 15.5 g/bhp-hr para ciclo diesel y 14.4 para ciclo Otto en vehículos que pesan menos que 14000 lb. Para vehículos con peso superior es de 37.1 para vehículos ciclo Otto.

Adicionalmente, para vehículos duales se presenta en la Tabla 2.7 los estándares para NMOG en g/milla, que son utilizados en la certificación de vehículos postulantes a las categorías TLEV, LEV, ULEV o SULEV. Los vehículos que utilizan GNC y GLP deben cumplir con todos los estándares listados en la tabla anterior excepto para el caso de los NMOG listados aquí. Las emisiones con gasolina no deben exceder los estándares aplicables al año modelo original del vehículo y tampoco los de NMOG listados aquí.

Tabla 2.7. Estándares de emisión para NMOG

Tipo vehículo	Categoría <sup>4</sup>	ESTANDARES DE NMOG [g/milla]			
		50000 millas		100000 millas	
		GNC o GLP	Gasolina	GNC o GLP	Gasolina
Light-Duty Vehicle Passenger Car Light-Duty Truck 1 (0-3750 lb LVW)	Fed.	0.125	0.25	0.156	0.31
	CA. TLEV		0.25		0.31
	CA. LEV		0.125		0.156
	CA. ULEV		0.075		0.090
Light-Duty Truck 2 (3751 – 5750 lb LVW)	Fed.	0.160	0.32	0.200	0.40
	CA. TLEV		0.32		0.40
	CA. LEV		0.160		0.200
	CA. ULEV		0.100		0.130
Heavy Light-Duty Truck, Medium-Duty Vehicle 1 (3751-5750lb ALVW)	Fed.	0.125	0.25	0.180	0.36
	CA. LEV		0.25		0.36
	CA. ULEV		0.125		0.180
Light-Duty Truck 3 Medium-Duty Vehicle 2 (3751 – 5750 lb ALVW)	Fed.	0.160	0.32	0.230	0.46
	CA. LEV		0.32		0.46
	CA. ULEV		0.160		0.230
	CA. SULEV		0.100		0.143
Light-Duty Truck 4 Medium-Duty Vehicle 3 (5751 – 8500 lb ALVW)	Fed.	0.195	0.39	0.280	0.56
	CA. LEV		0.39		0.56
	CA. ULEV		0.195		0.280
	CA. SULEV		0.117		0.167
Medium-Duty Vehicle 4 (8501 – 10000 lb ALVW)	CA. LEV		0.46		0.66
	CA. ULEV		0.230		0.330
	CA. SULEV		0.138		0.197
Medium-Duty Vehicle 5 (10001 – 14000 lb ALVW)	CA. LEV		0.60		0.86
	CA. ULEV		0.300		0.430
	CA. SULEV		0.180		0.257

### 2.2.3 Detalle de estándares para vehículos pesados en USA

Corresponden a aquellos vehículos cuyo peso bruto vehicular supera las 8500 lbs (3860 kg) en el caso federal y las 14000 (6360 kg) en el caso de California para modelos 1995 y posteriores.

Cabe destacar que en el caso de la normativa TIER 2 para vehículos livianos, actualmente en prueba y completamente implementada para el año 2004, existe una nueva definición de vehículos que implica que algunos vehículos de hasta 10000 lbs (4545 kg) sean reclasificados como “medium duty passenger vehicles” y están sujetos a dicha normativa de livianos.

<sup>4</sup> Aplicables en forma federal a los CFVs y en California a las categorías TLEV, LEV, ULEV y SULEV.

La Tabla 2.8 muestra los estándares actuales tanto federales como para California, válidos para modelos hasta el año 2003. A partir de 1994, el azufre contenido en el combustible utilizado en la certificación fue reducido a 500 ppm.

Tabla 2.8. Estándares de emisión vehículos pesados USA

Año aplicación	EPA Federal [g/bhp-hr]				ARB California [g/bhp-hr]				
	HC	CO	NOx	PM	THC	NMHC	CO	NOx	PM
<b>CAMIONES</b>									
1987	-	-	-	-	1.3	-	15.5	6.0	0.6
1990	1.3	15.5	6.0	0.60	-	-	-	-	-
1991	1.3	15.5	5.0	0.25	1.3	1.2	15.5	5.0	0.25
1994	1.3	15.5	5.0	0.10	1.3	1.2	15.5	5.0	0.10
1998	1.3	15.5	4.0	0.10	-	-	-	-	-
<b>BUSES URBANOS</b>									
1991	1.3	15.5	5.0	0.25	1.3	1.2	15.5	5.0	0.1
1993	1.3	15.5	5.0	0.10	-	-	-	-	-
1994	1.3	15.5	5.0	0.07	1.3	1.2	15.5	5.0	0.07
1996	1.3	15.5	5.0	0.05	1.3	1.2	15.5	4.0	0.05
1998	1.3	15.5	4.0	0.05	-	-	-	-	-

Adicionalmente existe un programa federal voluntario denominado “Clean Fuel Fleet Program” (CFFP) para vehículos pesados, aplicable sobre vehículos modelos 1998 al 2003 y que obedece a los estándares especiales indicados en la Tabla 2.9, sin perjuicio de que deben cumplir con los estándares convencionales mostrados en la tabla anterior para los otros contaminantes.

Tabla 2.9. Estándares de emisión vehículos pesados USA programa voluntario CFFP [g/bhp-hr]

Categoría	CO	NMHC + NOx	PM	HCHO
LEV (Combustible federal)	-	3.8	-	-
LEV (Combustible California)	-	3.5	-	-
ILEV	14.4	2.5	-	0.050
ULEV	7.2	2.5	0.05	0.025
ZLEV	0	0	0	0

Para modelos posteriores al 2004 los estándares de emisión establecidos en forma federal y en California se dirigen a obtener reducciones de óxidos de nitrógeno a niveles aproximados a 2.0 g/bhp-hr. Los fabricantes tienen la posibilidad de certificar sus motores bajo dos opciones. La Tabla 2.10 muestra estas opciones.

Tabla 2.10. Estándares de emisión vehículos pesados USA modelos 2004 y posteriores [g/bhp-hr]

Opción	NMHC + NOx	NMHC
1	2.4	n/a
2	2.5	0.5

Los demás contaminantes se seguirán rigiendo por los estándares aplicados a partir de 1998 mostrados en la tabla anterior.

En Octubre de 1998 se estableció un acuerdo entre la EPA, el Departamento de Justicia, el CARB y los fabricantes de motores (Caterpillar, Cummins, Detroit Diesel, Volvo, Mack Trucks/Renault y Navistar), en el que se explicitan los altos niveles de NOx alcanzados por los motores diesel pesados bajo ciertos modos de conducción (en especial modo carretera) en pro de una reducción del consumo de combustible. La EPA consideró que los sistemas de control de motores de este tipo eran ilegales desde el punto de vista de la reducción de emisiones y se tomaron ciertos acuerdos y medidas, entre las principales las siguientes:

- Establecimiento de penalidades civiles para los fabricantes de motores y requerimientos de financiamiento para investigación en el tema de emisiones.
- Mejoramiento de los motores en existencia para reducir los NOx.
- Lograr los estándares del año 2004 en Octubre del 2002 (15 meses antes).
- Certificación de motores bajo el ciclo FTP y además bajo el “Supplemental Steady State Test”.

Este último se refiere a un test suplementario al FTP que fue introducido para que las emisiones sean controladas en modos estacionarios. Este procedimiento es idéntico al modo ESC europeo (European Stationary Cycle) de 13 modos (comúnmente llamado ciclo Euro III) y los límites numéricos son los mismos que los aplicados en el FTP.

Más aún, en California se establecen estándares especiales para buses urbanos a partir del 2002 tendientes a reducir los niveles de emisión de NOx y MP. La normativa involucra tanto a fabricantes de motores como a los operadores de las flotas. Los operadores tienen la posibilidad de trabajar con “**opción diesel**” o con “**opción combustible alternativo**”. Con la primera opción los operadores requieren que el 85% de los buses modelo 2015 en adelante que sean adquiridos cada año deben ser con combustible alternativo y, por lo tanto, mientras pueden adquirir vehículos diesel pero deben atenerse a más estrictos niveles de emisión.

La normativa provee numerosos detalles, los cuales se pueden resumir como sigue:

- El promedio de la flota en cuanto a emisiones de NOx no debe superar los 4.8 g/bhp-hr, comenzando en el 2002 para ambas opciones.
- Niveles ultra bajos de azufre son requeridos a partir de Julio del 2002 (15 ppm).
- Todos los buses anteriores al 2004 deben tener un dispositivo de “retrofitting” certificado por el CARB con un 85% de eficiencia mínimo en la reducción de

material particulado. La transformación debe comenzar en el año 2003 y terminar el 2007.

- Al final, el 15% de la flota comprada debe tener emisión cero (ZEB, zero emisión bus).
- Todos los buses nuevos deben tener un certificado que acredite el cumplimiento de los estándares mostrados en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Normativa Buses Urbanos de California aplicado a flotas

Fecha	Opción Diesel		Opción Combustible Alternativo	
	NOx	PM	NOx	PM
2000	4.0	0.05	2.5 *	0.05
Julio 2002	Azufre ultra bajo		Azufre ultra bajo	
Octubre 2002	2.5 (NOx+NMHC)	0.01	1.8 (NOx+NMHC)	0.03
Octubre 2002	4.8 NOx promedio flota		4.8 NOx promedio flota	
Julio 2003	3 ZEBs para flotas >200 buses			
2003 al 2007	Retrofit buses diesel		Retrofit buses diesel	
2004	0.5	0.01		
2007	0.2	0.01		
2008	15% de la flota debe ser ZEBs para flotas >200 buses			
2010			15% de la flota debe ser ZEBs para flotas >200 buses	

\* Estándar opcional, requerido para calificar cuando existen incentivos de financiamiento

Por último, la EPA ha anunciado una propuesta de estándares de emisión para vehículos pesados modelos 2007 en adelante y que incorpora también regulaciones al combustible. Se pretende reducir el contenido de azufre a 15 ppm y esta reducción se espera se concrete en Junio del 2006. Por otro lado, se espera reducir el nivel permitido de MP a 0.01 g/bhp-hr, el de NOx a 0.2 y el de NMHC a 0.14 g/bhp-hr. Además se propone un estándar para el formaldehído de 0.016 g/bhp-hr.

## 2.3 Estándares de emisión para vehículos motorizados en la Unión Europea

En un principio los estándares de emisión para vehículos motorizados en Europa fueron formulados por la Comunidad Económica Europea “United Nations Economic Commission for Europe (UN-ECE)”. La ECE es reconocida por la mayoría de las naciones europeas, ya sean de la Unión Europea (EU) o no y además por algunos países del este. Su rol es producir modelos de estándares que puedan ser adoptados por los países miembros pero no tiene atribuciones para hacerlas cumplir en forma obligatoria. Generalmente los estándares promulgados por la Unión Europea (EU) son reeditados por la Comunidad Económica (ECE) y viceversa. Las regulaciones de la Unión Europea, publicadas como “directives” tienen fuerza de ley sobre los países miembros<sup>5</sup> (principalmente bajo el tratado de Roma) y gradualmente han asumido un mayor rol en la determinación de estándares de emisión para vehículos motorizados en el continente.

### 2.3.1 Vehículos livianos de pasajeros (M1)

La directiva base que reguló las emisiones de vehículos livianos en la Unión Europea fue la 70/220/EEC que reguló el CO y los HCT. Durante las próximas décadas los valores se hicieron mas restrictivos mediante una serie de normativas. La primera reducción de los valores límites fue establecida por la directiva 74/290/EEC y en seguida por la 77/102/EEC, estableciendo límites también para los óxidos de nitrógeno. Los valores límites de estos tres contaminantes fueron sucesivamente reducidos por las directivas 78/665/EEC, 83/351/EEC y la 88/76/EEC. Los límites para material particulado proveniente de motores diesel fueron incorporados en la directiva 88/436/EEC. Estándares mas estrictos para vehículos con cilindrada menor a 1400 cm<sup>3</sup> fueron establecidas en la normativa 89/458/EEC. Estos estándares fueron extendidos en la directiva 91/441/EEC que cubre todos los vehículos de pasajeros, independiente del tamaño del motor, incluyendo requerimientos relacionados a las emisiones evaporativas.

La directiva 94/12/EC introduce límites más estrictos para todos los contaminantes. Los vehículos de pasajeros diseñados para llevar más de 6 pasajeros con un máximo de 2500kg, los vehículos comerciales livianos y otros vehículos del tipo fuera de ruta, que eran beneficiados con los límites establecidos hasta entonces, fueron obligados a responder a los requerimientos de las directivas 93/59/EEC y a la 96/69/EEC.

La Tabla 2.12 muestra los estándares cubiertos por la legislación 91/441/EEC y 94/12/EC, válidas para vehículos de pasajeros.

---

<sup>5</sup> Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Portugal, España, Suecia y el Reino Unido.

Tabla 2.12. Estándares 91/441/EEC y 94/12/EC (ciclo de marcha ECE15+EUDC)

Estándar	Combustible	CO [g/km]	HC + NOx [g/km]	PM [g/km]	Evap [g/test]
EURO I	Gasolina	2.72	0.97	-	2.0
	Diesel	2.72	0.97	0.14	2.0
EURO II*	Gasolina	2.2	0.5	-	2.0
	Diesel IDI	1.0	0.7	0.08	-
	Diesel DI	1.0	0.9	0.10	-

\*Fecha efectiva de aplicación a partir del año 1996 para los vehículos nuevos

Posterior a estas normativas se proponen los estándares indicados en la Tabla 2.13, para vehículos livianos de pasajeros (Directive 98/69/EC):

Tabla 2.13. Estándares para vehículos livianos de pasajeros (ciclo de marcha MVEG)

Estándar	Combustible	CO [g/km]	HC [g/km]	NOx [g/km]	HC + NOx [g/km]	PM [g/km]
EURO III (2000)	Gasolina	2.30	0.2	0.15	-	-
	Diesel	0.64	-	0.50	0.56	0.050
EURO IV (2005)	Gasolina	1.00	0.1	0.08	-	-
	Diesel IDI	0.50	-	0.25	0.30	0.025

A modo de resumen, los datos de las dos tablas anteriores se presentan reunidos en la Tabla 2.14. En la sección 2.6.2 se

Tabla 2.14. Directivas 91/441/EEC (EURO I), 94/12/EC (EURO II) , 98/69/EC (EURO III y IV)

Estándar	Año EFECTIVO	Combustible	CO [g/km]	HC [g/km]	NOx [g/km]	HC + NOx [g/km]	PM [g/km]	CICLO PRUEBA
EURO I	1992	Gasolina	2.72			0.97	-	ECE + EUDC
		Diesel	2.72			0.97	0.14	ECE + EUDC
EURO II	1996	Gasolina	2.2			0.5	-	ECE + EUDC
		Diesel IDI	1.0			0.7	0.08	ECE + EUDC
		Diesel DI	1.0			0.9	0.10	ECE + EUDC
EURO III	2000	Gasolina	2.3	0.2	0.15	-	-	MVEG*
		Diesel	0.64	-	0.5	0.56	0.05	MVEG
EURO IV	2005	Gasolina	1.0	0.1	0.08	-	-	MVEG
		Diesel	0.5	-	0.25	0.30	0.025	MVEG

\* ECE+EUDC con medición de gases desde encendido del motor (se incluye el período de estabilización de 40 seg en ralentí)

### 2.3.2 Vehículos livianos comerciales (N<sub>1</sub>)

En el caso de vehículos livianos comerciales (clase N<sub>1</sub>), existe una clasificación de acuerdo a su peso bruto (GVW) en tres grupos, tal como se indica en la Tabla 2.15. Los límites correspondientes a la normativa 93/59/EEC o EURO I son los siguientes:

Tabla 2.15. Estándares para vehículos comerciales (EURO I, 1993-1994)

Tipo de vehículo	CO [g/km]	HC+NOx [g/km]	PM [g/km]
Hasta 1250 kg GVW	2.72	0.97	0.14
1250 a 1700 kg GVW	5.17	1.40	0.19
1700 a 3500 kg GVW	6.90	1.70	0.25

La Directiva 96/69/EC exige límites más estrictos, los que se introducen en fases entre los años 1997 y 1998 (EURO II):

Tabla 2.16. Estándares para vehículos comerciales (EURO II, 1997-1998)

Vehículo		Límites de emisión (g/km)		
Peso referencia	Tipo	CO	HC+NOx	PM
Clase I ≤1250 GVW	Gasolina	2.2	0.5	-
	IDI diesel	1.0	0.7	0.08
	DI diesel	1.0	0.9	0.10
Clase II 1251-1700	Gasolina	4.0	0.6	-
	IDI diesel	1.25	1.0	0.12
	DI diesel	1.25	1.3	0.14
Clase III >1700	Gasolina	5.0	0.7	-
	IDI diesel	1.5	1.2	0.17
	DI diesel	1.5	1.6	0.20

Actualmente se encuentra vigente la Directiva 98/69/EC, que introduce nuevos límites para los años 2000 y 2005, también denominados EURO III y EURO IV. Al igual que para los vehículos livianos de pasajeros, se incorpora una modificación al ciclo de conducción ECE15+EUDC. Este cambio consiste en la eliminación de los primeros 40 segundos de estabilización, comenzándose a medir desde el momento en que se ejecuta el encendido del motor. El ciclo modificado se denomina MVEG. Los límites de emisión son los siguientes:

Tabla 2.17. Límites de emisión para vehículos livianos comerciales N<sub>1</sub> (EURO III y EURO IV)

Estándar	Clase	Masa referencia RW (kg)	Combustible	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC+NOx (g/km)	PM (g/km)
EURO III (2000)	I	RW≤1305	Gasolina	2.30	0.20	0.15	-	-
			Diesel	0.64	-	0.50	0.56	0.050
	II	1305<RW<1760	Gasolina	4.17	0.25	0.18	-	-
			Diesel	0.80	-	0.65	0.72	0.070
	II	RW>1760	Gasolina	5.22	0.29	0.21	-	-
			Diesel	0.95	-	0.78	0.86	0.100
EURO IV (2005)	I	RW≤1305	Gasolina	1.00	0.10	0.08	-	-
			Diesel	0.50	-	0.25	0.30	0.025
	II	1305<RW<1760	Gasolina	1.81	0.13	0.10	-	-
			Diesel	0.63	-	0.33	0.39	0.040

	III	RW>1760	Gasolina Diesel	2.27 0.74	0.16 -	0.11 0.39	- 0.46	- 0.060
--	-----	---------	--------------------	--------------	-----------	--------------	-----------	------------

### 2.3.3 Vehículos pesados

La regulación europea para vehículos pesados es también comúnmente denominada bajo las siglas EURO I hasta EURO V. La EURO I fue introducida en 1992 y la EURO II en el año 1996. Estos estándares se aplican a vehículos pesados de carretera y a buses urbanos, sin embargo estos últimos son de carácter voluntario. En la Tabla 2.16, se resumen los estándares para este tipo de vehículos. Las normativas EURO III, IV y V corresponden a disposiciones para los años 1999, 2005 y 2008 respectivamente.

Tabla 2.16. Estándares de emisión vehículos pesados de la Unión Europea [g/kWh]

Estándar	Fecha y categoría	Test aplicado	CO	HC	NOx	PM	Humo [m <sup>-1</sup> ]
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	1996 Octubre		4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998 Octubre		4.0	1.1	7.0	0.15	
EURO III	1999, EEVs <sup>a</sup>	ESC y ELR <sup>b</sup>	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000 Octubre		2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
						0.13	
EURO IV	2005 Octubre		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
EURO V	2008 Octubre		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

- a) Los EEVs corresponden a vehículos de muy baja emisión denominados comúnmente en Europa como “enhanced environmentally friendly vehicles”
- b) A partir de EURO III se cambia el viejo ciclo de prueba estacionario ECE-R-49 por dos nuevos ciclos: el ESC (European Stationary Cycle) y el ETC (European Transient Cycle), además la opacidad es medida en el test denominado ELR (European Load Response). Para aprobar los estándares EURO III los fabricantes de motores pueden elegir entre el ciclo ESC y el ETC. Para aprobar el estándar EURO IV y el estándar EEVs, los vehículos deben ser probados bajo los dos ciclos.

Los estándares de emisión para vehículos pesados probados bajo el ciclo transiente ETC son los mostrados en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17. Estándares de emisión vehículos pesados Diesel y Gas, Ciclo ETC, Unión Europea [g/kWh]

Estándar	Fecha y categoría	Test aplicado	CO	NMHC	CH <sub>4</sub> <sup>a</sup>	NOx	PM <sup>b</sup>
EURO III	1999, EEVs	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	2000 Octubre		5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 0.21 <sup>c</sup>
EURO IV	2005, Octubre		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
EURO V	2008, Octubre		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03

- a) El metano es sólo para vehículos a gas natural
- b) No aplicable para vehículos a gas.
- c) Para motores de 0.75 dm<sup>3</sup> o menor (carrera de pistón) y una razón potencia velocidad superior a 3000 min<sup>-1</sup>

## 2.4 Ciclos de conducción

### 2.4.1 Europa

#### 2.4.1.1 Vehículos pesados.

En Europa se han desarrollado dos ciclos para ser implementados con EURO III. El primero es el tradicional ciclo estacionario de 13 modos, pero con una nueva estructura en la definición de los puntos carga-velocidad (*Engine Stationary Cycle*, ESC) más un test adicional de opacidad bajo carga dinámica (*Engine Load Response*, ELR), mientras que el segundo ciclo es de tipo transiente (*Engine Transient Cycle*, ETC). En general, después de un análisis de cinco ciclos propuestos donde se evaluó la precisión y la aplicabilidad a las nuevas tecnologías y combustibles, los dos ciclos anteriores ofrecen mejoras substanciales respecto al hasta entonces denominado ciclo ECE R49.

Se considera que el nuevo ciclo estacionario de 13 modos otorga mejor protección frente a motores altamente contaminantes, sobretodo en aquellas áreas del mapa del motor que no eran alcanzadas durante el ciclo, y por otro lado no requiere mayores cambios en la estructura actual del equipamiento necesario para desarrollar las pruebas. Por su parte, el ciclo transiente es más representativo de las condiciones actuales de conducción y se ajusta mejor a motores que son ensayados con combustibles alternativos.

Algunas características importantes de ambos ciclos:

#### **Ciclo estacionario de 13-Modos (ESC+ELR)**

Actualmente, el más importante criterio para la evaluación de motores dice relación con la potencia lograda a una determinada velocidad. Las velocidades de prueba en este ciclo fueron escogidas de acuerdo a una investigación realizada sobre las curvas de potencia de una serie de motores actuales. Se demostró que los rangos de velocidad más comunes se encuentran cuando el motor se encuentra entre el 50% y el 70% de su capacidad máxima de potencia. Las tres velocidades utilizadas en el test son obtenidas dividiendo este rango de operación en cuatro sectores iguales según indica la figura 2.1.

Junto con el punto de ralentí, los otros doce modos son un set de combinaciones entre las tres velocidades definidas antes y los estados de carga para 25%, 50%, 75% y 100% de la carga máxima. Factores de ponderación adicionales son definidos para cada uno de estos puntos como muestra la figura 2.2, donde se presenta el ciclo.

Para asegurar que no existen otros puntos de operación donde el motor se comporte en forma extraña o con altos índices de emisión, el personal de certificación puede elegir tres modos adicionales para ser probados.

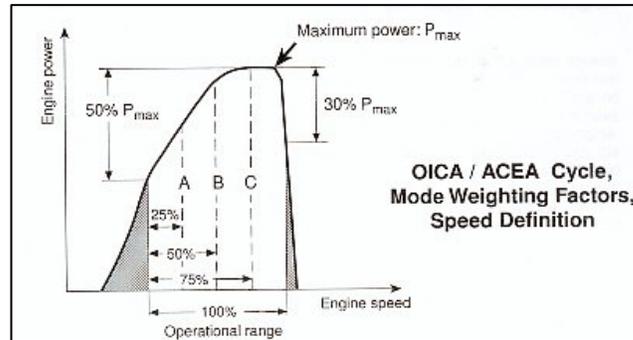


Figura 2.1 Definición de velocidades en ciclo Europeo 13 modos

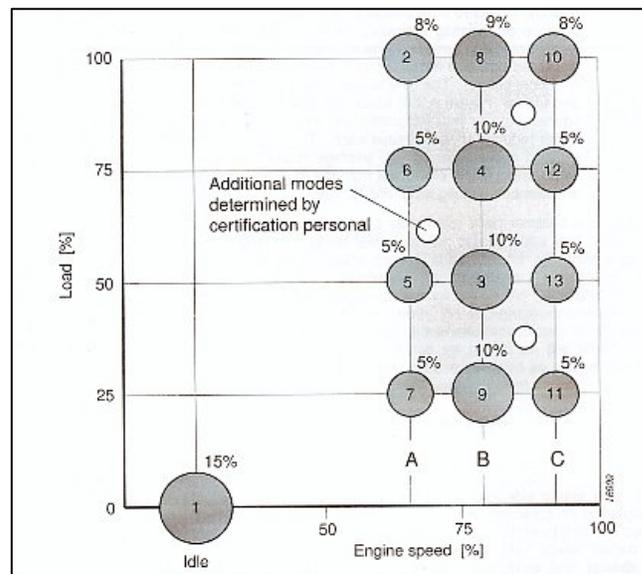


Figura 2.2 Ciclo 13 modos Europeo para emisiones de motores pesados

La secuencia del test es seleccionada de manera de permitir que los motores con sistemas de tratamiento post combustión se encuentren a temperaturas de operación realistas. Esta nueva secuencia es distinta a la utilizada en el antiguo 13 modos. El nuevo orden indicado en la Figura 2.2 permite alcanzar una temperatura estable rápidamente, permitiendo que cada condición no requiera más de un minuto para reproducir las condiciones de operación del motor.

El test de opacidad extra se realiza con el motor preconditionado acelerándolo a fondo desde el estado de 10% de carga máxima. De esta manera, el motor recorre todas las

condiciones mezcla aire-combustible definidas por el sistema de inyección. Este ciclo es denominado ELR.

### Ciclo transiente

El ciclo transiente fue desarrollado a partir de datos de curvas velocidad v/s potencia obtenidas de diferentes programas experimentales europeos. Los datos fueron analizados considerando diferentes tipos de rutas, densidades de tráfico, gradientes, puntos de congestión, detenciones y pesos de vehículos. La curva tiempo velocidad fue normalizada por velocidad de motor y torque, como muestran las curvas de las figuras 2.3 y 2.4 respectivamente, asumiendo un vehículo de 28 toneladas. Las figuras normalizadas son el resultado de la agregación de tres subciclos de 10 minutos cada uno y el establecimiento de los límites de emisión incorpora la medición de las emisiones en cada uno de estos subciclos y una ponderación asociada a cada uno de ellos.

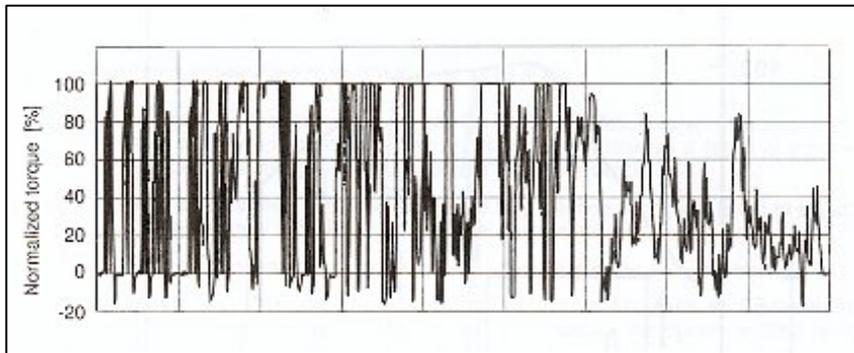


Figura 2.3 Ciclo Europeo ETC (torque v/s tiempo)

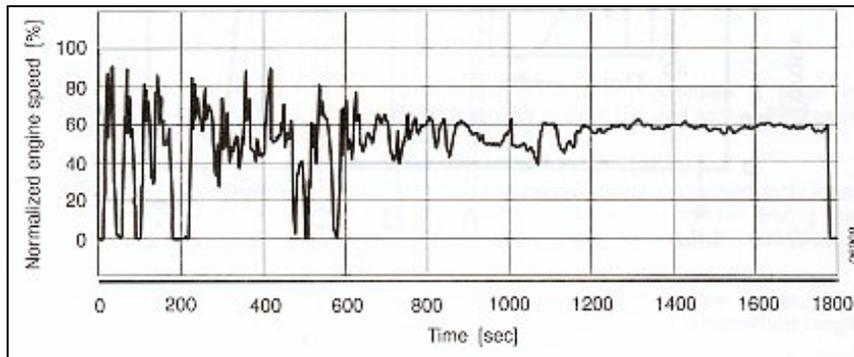


Figura 2.4 Ciclo Europeo ETC (velocidad v/s tiempo)

2.4.1.2 Vehículos livianos y medianos

El ciclo ECE 15 y EUDC son los destinados para evaluar las emisiones en vehículos livianos de pasajeros y comerciales en Europa.

El ECE 15 fue desarrollado para representar condiciones de conducción urbana en el centro de una ciudad típica y tiene como máximo una velocidad de 50 km/h. La Figura 2.5 muestra la curva velocidad tiempo para esta prueba. El procedimiento ECE 15 completo consiste en tres subpruebas definidas a continuación.

La primera prueba es someter al vehículo a un preacondicionamiento conduciéndolo al menos por 3500 kilómetros. El vehículo es dejado luego detenido por al menos 6 horas con temperatura entre 20 y 30°C antes de comenzar la prueba del ECE 15, la que se repite 4 veces sin interrupción conduciendo 4052 km en un tiempo de 780 segundos con una velocidad media de 19 km/h. La diferencia con el antiguo proceso ECE 15 es que se eliminaron los primeros 40 segundos en que se dejaba el motor en ralentí al comienzo de la prueba sin medir. Actualmente el motor se enciende y el ciclo comienza inmediatamente con su respectiva medición de emisiones. El CO se mide con analizadores del tipo NDIR, el HC con FID y los NOx con la técnica de luminiscencia química, todo bajo la metodología de muestreo CVS.

Debido a que el ciclo ECE 15 es considerado de baja carga con una velocidad máxima de 50 km/h , en general, las emisiones son consideradas no muy representativas de la realidad, en especial las de NOx. Por esta razón se agregó al procedimiento un ciclo extra denominado EUDC (Extra Urban Driving Cycle) que se muestra en la Figura 2.6. Este tiene un máximo de velocidad en los 120 km/h y es llevado a cabo una vez terminado el clásico ECE 15.

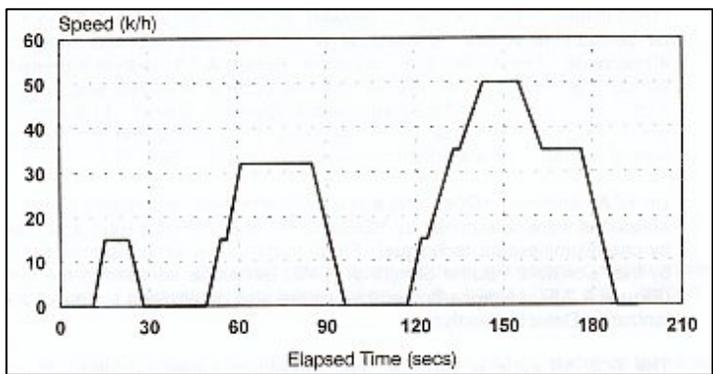


Figura 2.5 Ciclo ECE15 (se repite 4 veces)

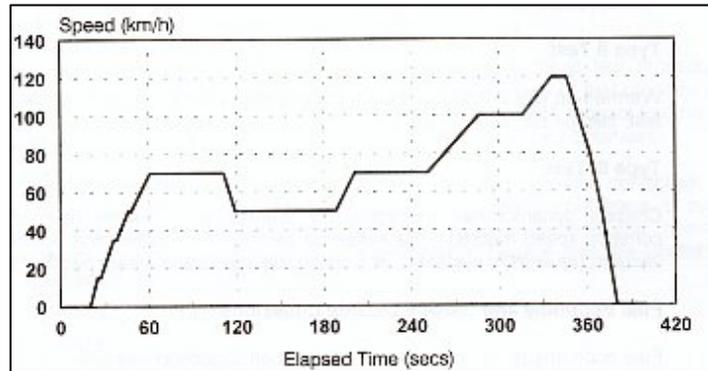


Figura 2.6 Extra Urban Driving Cycle (EUDC)

La segunda prueba de este procedimiento de certificación consiste en un test de CO en ralentí, con motor a temperatura normal de operación, realizado inmediatamente después del ciclo ECE15+EUDC.

Por último, la tercera etapa del proceso consiste en una prueba sobre dinamómetro que verifica las emisiones evaporativas. Controla si el sistema de alimentación de combustible esta operando con vacío parcial (sistemas con válvulas PCV) o si las emisiones detectadas están dentro de los límites permitidos. Se realiza en ralentí y a una velocidad constante de 50 km/h.

A continuación se describen las etapas de preacondicionamiento necesarias para las pruebas descritas arriba.

Vehiculos gasolina: debe realizarse un ciclo de conducción de la Parte I (parte urbana completa) y dos ciclos completos de la Parte II (dos partes extraurbanas completas).

Vehiculos diesel: debe realizarse un ciclo de conducción de tres ciclos completos de la Parte II (tres partes extraurbanas completas).

Luego de estas primeras pruebas, viene el periodo de preacondicionamiento del vehículo a temperatura constante (para vehículos gasolina y diesel) durante las horas previas a las pruebas. Contemplan las siguientes exigencias:

- Tiempo de preacondicionamiento: Mínimo 6 horas, máximo 36 horas. El preacondicionamiento durara un mínimo de 6 h y proseguirá hasta que la temperatura del aceite del motor y la del liquido de refrigeración (si existe) estén a +/- 2°K de la temperatura del local.
- Temperatura de preacondicionamiento.: Entre 20°C y 30°C.
- No hay restricción de humedad durante el preacondicionamiento, sin embargo durante la realización del ensayo de emisiones existe restricción de humedad entre 5,5 y 12,2 g H<sub>2</sub>O/kg aire seco.

- Condiciones de acondicionamiento de los filtros antes del ensayo antes de pesarlos: entre 8h y 56 horas, entre 20°C y 30°C y humedad entre 40% y 60%.
- Condiciones de acondicionamiento de los filtros después del ensayo y antes de pesarlos: entre 2h y 36h entre 20°C y 30°C y humedad entre 40% y 60%.

## **2.4.2 Estados Unidos**

### **2.4.2.1 Vehículos pesados**

A partir de 1985 se utiliza un procedimiento del tipo transiente para motores de vehículos pesados. La concepción del ciclo realizado en este procedimiento tiene sus bases en estudios realizados en la ciudad de Los Angeles y en la ciudad de New York, bajo condiciones tanto de conducción urbana como de carretera.

El ciclo prueba el motor corriendo sobre un amplio rango de cargas y velocidades dando importancia por igual a todos los puntos de operación. El ciclo se corre dos veces, la primera partiendo con motor frío y la segunda partiendo después de 20 minutos de detención inmediatamente luego de haber corrido el anterior. Los dos ciclos son ponderados como 1/6 para la parte que comienza con motor frío y 6/7 para la realizada con motor a temperatura normal de operación.

Las figuras a continuación muestran las curvas de velocidad y carga v/s tiempo para los ciclos utilizados en motores a gasolina y los utilizados en motores de compresión diesel.

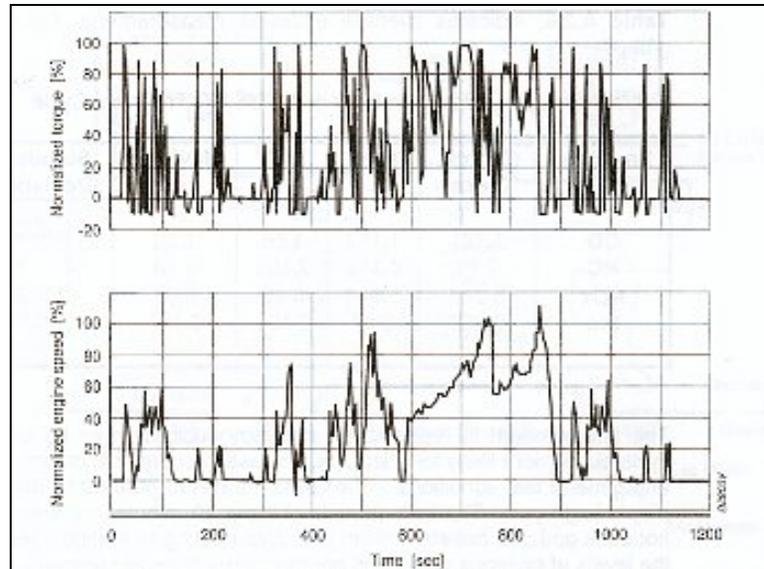


Figura 2.5 Trazas velocidad y carga para motores pesados a gasolina

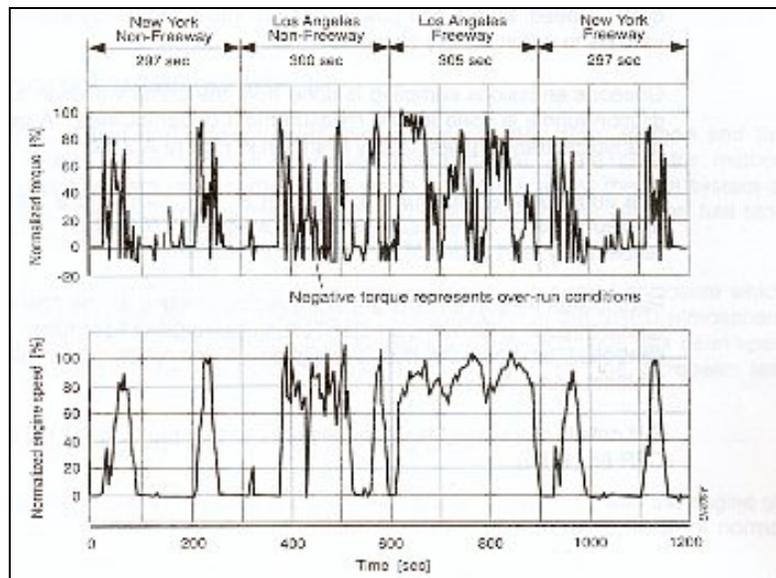


Figura 2.5 Trazas velocidad y carga para motores pesados diesel

#### 2.4.2.2 Vehículos livianos y medianos

Desde 1972 las pruebas de emisiones de gases de escape han sido basadas en ciclos de conducción transientes representativos de la ciudad de Los Angeles (LA-4). El procedimiento original, denominado US-72, contenía un ciclo de dos etapas (fases 1 y 2 de la Figura 2.7) cubriendo 7.5 millas en 23 minutos. A partir de 1975 el procedimiento original fue modificado de manera que la primera fase sea repetida después de 10 minutos con motor detenido formando una tercera parte. El largo total entonces fue

extendido a 11.09 millas en 31 minutos más 10 minutos de detención en caliente, en medio de las fases 2 y 3.

Con la modificación del año 1975 se pretende establecer una ponderación media para la fase de partida en frío y para la fase de partida en caliente, asumiendo que después de los primeros 505 segundos el motor se encuentra estabilizado, de manera que la segunda fase de estabilización no es repetida al final, después de la fase en caliente asumiendo que el comportamiento es igual a la desarrollada después de la fase en frío.

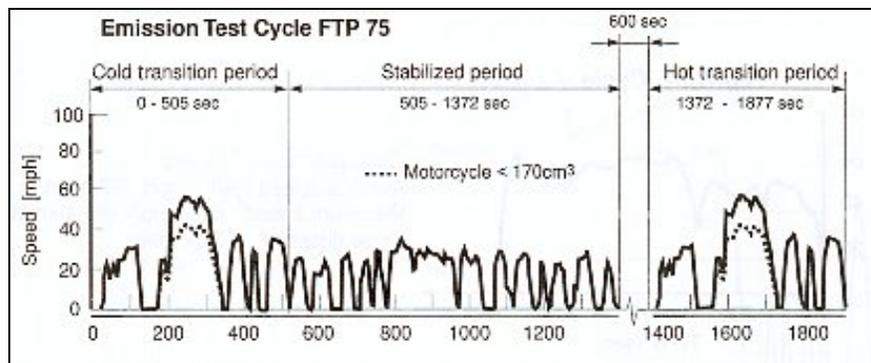


Figura 2.7 Ciclo FTP-75

Las emisiones son medidas usando un sistema CVS y la muestra se recoge en tres bolsas, una para cada fase del ciclo.

- Bolsa 1: 0 – 505 segundos
- Bolsa 2: 505 – 1372 segundos
- Bolsa 3: 1372–1877 segundos (después de 10 minutos detenido)

La prueba comienza con una partida en frío (entre 20 y 30°C) después de un mínimo de 12 horas con motor detenido. El volumen de gas diluido es determinado para cada bolsa y se obtienen las emisiones másicas. Factores de ponderación son aplicados a cada bolsa para obtener un resultado global de la prueba.

Por otro lado, la prueba HWFET (*Highway Fuel Economy Test*) mostrada en la figura 2.8, es utilizada para medir la economía de combustible y también NOx. En el estado de California existe un estándar asociado a este contaminante bajo esta prueba.



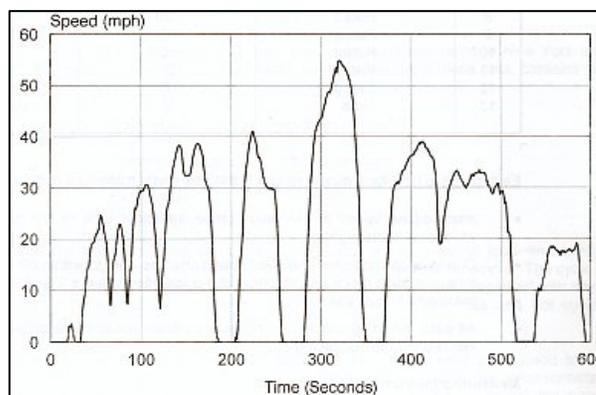


Figura 2.10 Secuencia de conducción EPA SC03

El US06 es llevado a cabo con el vehículo en estado estable, es decir, con el motor funcionando a temperatura normal de operación de manera que el motor y el catalizador estén funcionando en régimen estable. Este ciclo se corre sin conectar sistemas de aire acondicionado. En seguida, después de 10 minutos con motor detenido, se corre el ciclo SC03 con el sistema de aire acondicionado funcionando.

### 2.4.3 Comentarios

Debido a las diferencias existentes entre los procedimientos de medición de USA y la Unión Europea, no es posible comparar directamente los estándares de emisión exigidos en cada caso. Sin embargo, es interesante identificar las características particulares de cada procedimiento, en especial los cambios introducidos por los países europeos con el advenimiento de EURO 3 en enero de 2000.

En primer lugar, los ciclos utilizados para vehículos livianos y medianos corresponden al FTP-75 en USA y el ECE15+EUDC en Europa. Ambos ciclos han sido extendidos, a partir de una versión original. El ciclo FTP-75 proviene del antiguo FTP-72 que solo consideraba las fases 1 y 2, mientras que el nuevo ciclo europeo es la unión del antiguo ECE15 más una fase de mayor exigencia (EUDC). Ambos procedimientos consideran condiciones similares de preconditionamiento y partida en frío, sin embargo el ciclo americano intenta reflejar condiciones reales de operación mientras que el europeo busca cubrir ciertas zonas críticas de operación del motor mediante un ciclo artificial.

La Tabla 2.xx muestra algunas de las características principales de los ciclos, separados en sus versiones originales y actuales.

Característica	Unidad	Ciclos europeos		Ciclos US-EPA	
		ECE15	ECE15+EUDC	FTP-72	FTP-75
Distancia	m	4052	11007	12070	17860
Tiempo	seg	780	1180	1371	1877 (+600)
Vel. media	km/hr	19	33.6	31.7	34.3

Vel. Máxima	km/hr	50	120	91.2	91.2
Ralentí	%	35.4	-	17.4	17.3
Crucero	%	29.3	-	20.0	20.5
Aceleración	%	21.6	-	34.0	33.7
Desaceleración	%	13.8	-	28.8	26.5

Las figuras siguientes indican las zonas más exigentes de los ciclos utilizados en USA y Europa, donde se observa que existen diferencias entre la antigua versión europea (Punto A) y la nueva (Punto B), así como un criterio de maximización de velocidad (Punto B-Europa) v/s mayor aceleración a menor velocidad (Punto C-USA).

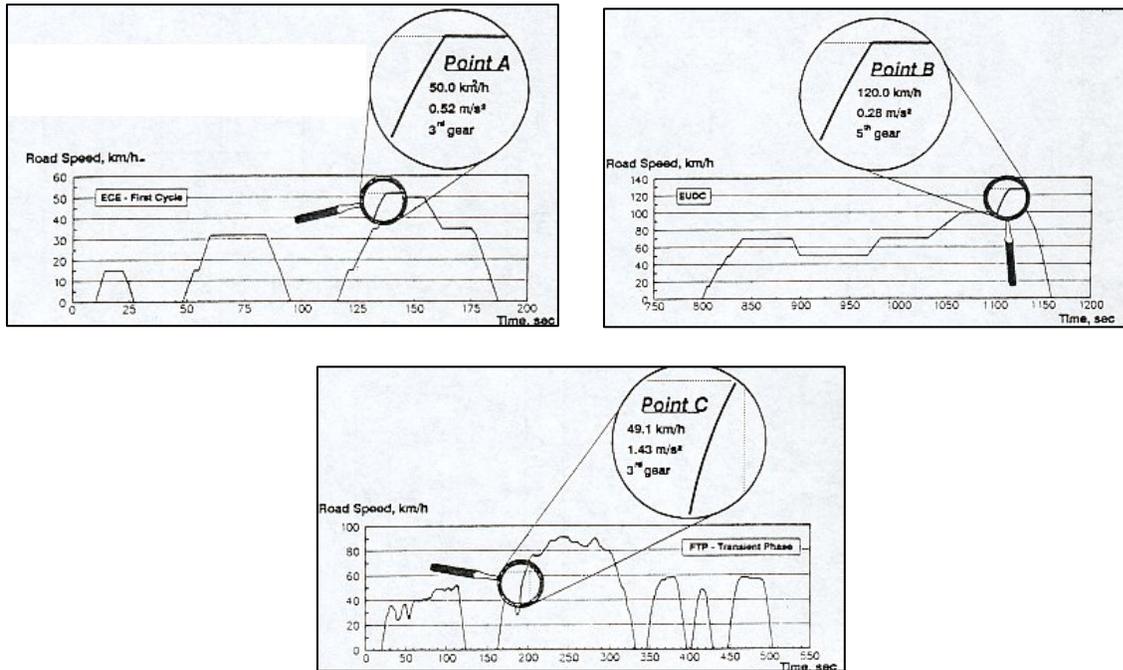


Figura 2.x Comparación entre ciclos de conducción americanos y europeos

## 2.5 Regulaciones sobre calidad y especificaciones de combustible en Europa y Estados Unidos

### 2.5.1 Europa

Las Directivas en vigencia que existen en Europa hasta 1999 son las siguientes:

Tabla 2.18. Directivas vigentes hasta 1999

Directiva	Provisión
85/210/EEC	Plomo y benceno en gasolina
85/536/EEC	Oxigenados en gasolina
93/12/EEC	Contenido de azufre en combustibles diesel

La reciente Directiva 98/70/EC, publicada en el Diario Oficial el 28 de diciembre de 1998, impone nuevas especificaciones para combustibles automotrices, que serán introducidos en el 2000 y 2005. Esta Directiva exige que toda la gasolina debe ser sin plomo a partir de Enero de 2000 (a menos que algún país miembro demuestre tener dificultades técnicas para lograrlo).

Actualmente, todos los países de la Unión Europea, junto con Noruega y Suiza, han adoptado las especificaciones CEN (Comité Europeo de Normalisation) para gasolina sin plomo EN228, combustible diesel EN590 y gas licuado de petróleo automotor EN589. Las Directivas indicadas en la Tabla 2.18 están asociadas a las especificaciones EN:1993 y la Directiva 98/70/EC corresponde a las normas EN:1999.

Las especificaciones EN228 y EN590 adoptadas como estándar europeo en 1993 son las siguientes (Tablas 2.19 y 2.20):

Tabla 2.19. Especificaciones de gasolina sin plomo – EN228:1993

Propiedad	Premium	Regular	Test method (2)
RON (min)	95.0	(1)	ISO5164
MON (min)	85.0	(1)	ISO5163
Lead g/l (max)	0.013		EN237
Benzene %v/v (max)	5.0		EN238
Sulphur %m/m (max)	0.05		EN24260
Gum mg/100ml (max)	5		EN5
Copper corrosion	1		ISO2160
Appearance	clear and bright		Visual
Oxidation stability:	360		ISO7536
Minutes (min)			
Density: kg/m <sup>3</sup>	725-780		ISO3675
Oxygenates	as per Directive 85/536/EEC		
Water tolerance	no water segregation		
Acidity	(3)		ISO1388

Tabla 2.20. Especificaciones de combustible diesel – EN590:1993

All grades		Test Method
Flash point PMCC °C (min)	55	ISO2719
Ash %m/m (max)	0.01	EN26245
Water mg/kg (max)	200	ASTM D1744
Particulates mg/l (max)	24	DIN51419
Cooper corrosion 3h at 50°C (max)	1	ISO2160
Oxidation stability g/m <sup>3</sup> (max)	25	ASTM D2274
Sulphur %m/m (max)	0.20	EN24260 / ISO8754
Carbon residue (10%btms) %m/m (max)	0.30	ISO10370
Temperate climate grades (grades A to F)		
CFPP (max)	Limits from 5° to 20°C	EN116
Density at 15°C kg/m <sup>3</sup>	820-860	ISO3675 / ASTM D4052
Viscosity at 40°C mm <sup>2</sup> /s	2.00-4.50	ISO3104
Cetane number (min)	49	ISO5165
Distillation °C:	46	ISO4264
10 %v rec. at		
50 %v rec. at	report	ISO3405
65 %v rec. at (min)	report	
85 %v rec. at (max)	250	
95 %v rec. at (max)	350	
	370	

Las normas anteriores han sido modificadas debido a publicación de las especificaciones 98/70/EC para los años 2000 y 2005, para gasolina (Tablas 2.21-2.22) y diesel (Tablas 2.24-2.25), las que generan nuevas normas denominadas EN228:1999 y EN590:1999. Pese a la exigencia de eliminar completamente el plomo, algunos países han decidido mantener gasolina plomada con límite máximo de 0.15 gPb/l, hasta fines de 1999. Austria y Suecia cumplieron con la exigencia y Finlandia introdujo diferenciación de impuestos para retirar la gasolina con plomo en etapas. Por otro lado, el contenido de azufre del combustible diesel fue reducido progresivamente en los países de la Unión Europea a 0.2 %m/m en Octubre 1994 y 0.05 %m/m en Octubre de 1996.

Otros países han adoptado exigencias más estrictas que lo establecido por la Directiva 98/70/EC, tanto para gasolina como diesel. Finlandia y Suecia tienen gasolinas reformuladas o ambientales, de composición restringida, con atractivos incentivos de impuesto. Mientras que otros países, principalmente Alemania e Italia, tienen restricciones sobre el contenido de benceno. Grados especiales de diesel con bajo contenido de azufre e índice cetano y/o restricciones de composición están disponibles en Dinamarca, Finlandia, Suecia y el Reino Unido.

Tabla 2.21. Directiva 98/70/EC para gasolina año 2000

Property	Units	Limits		Test	
		Min	Max	Method	Date
Research Octane number		95.0	-	EN25164	1993
Motor Octane number		85.0	-	EN25163	1993
Reid Vapour Pressure, summer	kPa	-	60.0	EN12	1993
Distillation:					
Evaporated @ 100°C	%v/v	46.0	-	EN-ISO3405	1998
Evaporated @ 150°C	%v/v	75.0	-		
Hydrocarbon analysis:					
Olefins	%v/v	-	18.0	ASTM D1319	1995
Aromatics	%v/v	-	42.0	ASTM D1319	1995
Benzene	%v/v	-	1.0	pr. EN12177	1998
Oxygen content	%m/m	-	2.7	EN1601	1997
Oxygenates:				EN1601	1997
Methanol, stabilising agents must be added	%v/v	-	3.0		
Ethanol, stabilising agents must be necessary	%v/v	-	5.0		
Iso-propyl alcohol	%v/v	-	10.0		
Tertiary-butyl alcohol	%v/v	-	7.0		
Iso-butyl alcohol	%v/v	-	10.0		
Ethers containing 5 or more carbon atoms per molecule	%v/v	-	15.0		
Other oxygenates	%v/v	-	10.0	EN1601	1997
Sulphur content	mg/kg	-	150	EN-ISO14596	1998
Lead content	g/l	-	0.005	EN237	1996

Tabla 2.22. Directiva 98/70/EC para gasolina año 2005

Property	Units	Limits		Test	
		Min	Max	Method	Date
Research Octane number			-	EN25164	1993
Motor Octane number			-	EN25163	1993
Reid Vapour Pressure, summer	kPa	-	-	EN12	1993
Distillation:					
Evaporated @ 100°C	%v/v		-	EN-ISO3405	1998
Evaporated @ 150°C	%v/v		-		
Hydrocarbon analysis:					
Olefins	%v/v	-		ASTM D1319	1995
Aromatics	%v/v	-	35.0	ASTM D1319	1995
Benzene	%v/v	-		pr. EN12177	1998
Oxygen content	%m/m	-		EN1601	1997
Sulphur content	mg/kg	-	50	EN-ISO14596	1998
Lead content	g/l	-		EN237	1996

Notas sobre azufre, plomo y oxigenados

- En Alemania se ha anunciado que, a partir de Noviembre 2001 la gasolina que contenga más de 50 mg/kg de azufre deberá estar sujeta a 3 pfennigs/litro extra de impuesto. Este límite será reducido a 10 mg/kg en Enero 2003, e intentarán una campaña para adoptar el límite de 10 mg/kg de azufre en toda la EU.
- La gasolina sin plomo (95 RON Europremium) es ampliamente disponible en Europa, haciendo casi desaparecer la gasolina plomada regular. El grado 98 RON plomado ha sido reemplazado por 98 RON sin plomo, la cual contiene aditivos para proteger el asiento de válvulas (valve seat recession -VSR- protection additives). Los aditivos propuestos incluyen sodio, fósforo, potasio y manganeso y se usan para vehículos antiguos en países que no producen gasolina plomada.
- La EU adoptó, en diciembre de 1985, la Directiva 85/536/EEC sobre oxigenados en gasolina. Esta Directiva asegura que no existen obstáculos legales o administrativos para la venta de gasolina conteniendo oxigenados, apropiada para ser usada por motores de encendido por chispa. Un detalle de esta Directiva se indica en la Tabla siguiente, la cual ha sido adoptada por la Directiva 98/70/EC:

Tabla 2.23. Límites de oxigenados exigidos por Directiva 85/536/EEC

Description	A %v/v	B %v/v
Methanol, suitable stabilizing agents must be added	3	3
Ethanol, stabilizing agents may be necessary	5	5
Isopropyl alcohol	5	10
Tertiary butyl alcohol	7	7
Iso-butyl alcohol	7	10
Ethers containing 5 or more carbon atoms per molecule	10	15
Other organic oxygenates defined in Annex Section I	7	10
Mixture of any organic oxygenates defined in A.S. I	2.5 %m/m oxygen	3.7 %m/m oxygen

El contenido de azufre en el diesel es disminuido de 0.2 %m/m (según norma EN590:1993) a 0.05 %m/m en 1996, para luego ajustarse a los límites de 350 mg/kg el 2000 (EN590:1999) y 50 mg/kg el 2005. No obstante, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Suecia e Inglaterra poseen normas específicas que exigen combustibles con niveles aún más bajos de azufre, con incentivos en los impuestos para facilitar su introducción (0.005%*m/m* max en varios de los países indicados).

Tabla 2.24. Directiva 98/70/EC para diesel año 2000

Property	Units	Limits		Test	
		Min	Max	Method	Date
Cetane number		51.0	-	EN-ISO5165	1998
Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	-	845	EN-ISO3675	1995
Distillation:				EN-ISO3405	1988
95% Vol. Point	°C	-	360		
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	%m/m	-	11.0	IP391	1995
Sulphur content	mg/kg	-	350	EN-ISO14596	1998

Tabla 2.25. Directiva 98/70/EC para diesel año 2005

Property	Units	Limits		Test	
		Min	Max	Method	Date
Cetane number				EN-ISO5165	1998
Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	-	-	EN-ISO3675	1995
Distillation:				EN-ISO3405	1988
95% Vol. Point	°C	-			
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	%m/m	-		IP391	1995
Sulphur content	mg/kg	-	50	EN-ISO14596	1998

## 2.5.2 Estados Unidos

Las especificaciones de combustible ASTM corresponden a aquellas para gasolina (ASTM D4814-94), diesel (ASTM D975-94) y GLP (D1835). Estas especificaciones, establecidas en 1988 y sometidas a revisiones posteriores en 1993 y 1994, no son un requerimiento legal excepto para unos pocos estados que las han adoptado. Las especificaciones para gasolina aún hacen referencia a la gasolina con plomo, a pesar que esta fue eliminada en enero 1995. La norma ASTM D975 cubre especificaciones para dos grados de combustible diesel (No.1-D y No.2-D).

Alguna de las principales propiedades indicadas en los estándares son las siguientes:

Tabla 2.26. ASTM D4814-94 (gasolina)

Existent gum (mg/100ml) max	Sulphur content (%m/m) - max		Oxidation stability (min) max	Lead content (g/USG) - max		Lead content (g/l) – max	
	Unleaded	Leaded		Unleaded	Leaded	Unleaded	Leaded
5	0.10	0.15	240	0.05	4.2	0.013	1.1

Tabla 2.27. ASTM D975-94 (diesel)

Grade	No.1-D	No.2-D
Flash point °C	38 min	52 min
Cloud point °C	-	-
Water & sediment %v	0.05 max	0.05 max
Ramsbottom carbon residue on 10% residue %m	0.15 max	0.35 max
Ash %m/m	0.01 max	0.01 max
Distillation 90% vol °C	288 max	282 - 338
Viscosity kinematic @ 40°C mm <sup>2</sup> /s	1.3 – 2.4	1.9 – 4.1
Sulphur content %m/m	0.05 max	0.05 max
Copper strip corrosion	No.3 max	No.3 max
Cetane number	40 min	40 min
1) Cetane index or	40 min	40 min
2) Aromatics content %v/v	35 max	35 max

EPA ha propuesto reducciones en los niveles de azufre de toda la nación para poder cumplir con los estándares de emisión establecidos por TIER2, llegando a un promedio en refinería de 30 ppm en enero de 2004 – el primer año en que se venderán automóviles TIER2. Paralelamente, la industria automotriz ha impulsado un programa que llevará las 30 ppm en 2004 a niveles “near-zero” con menos de 5 ppm el 2007, con el objeto de permitir tecnologías de control que sean altamente sensibles al contenido de azufre en la gasolina (e.g. motores a gasolina con inyección directa o celdas de combustible). Sin embargo, EPA cree que los niveles TIER2 son posibles con 30 ppm de azufre.

### 2.5.2.1 Gasolinas reformuladas - Estados Federales

El programa federal ha sido requerido por el Clean Air Amendment y se implementará en dos fases. La Fase 1 del programa comienza en enero 1995 y la Fase 2 en enero 2000. Los primeros tres años (95-97) las refinerías pueden usar el “simple model” para certificar sus gasolinas reformuladas. A partir de 1998 se exige usar el “complex model” para certificación. Los valores fijos de la gasolina reformulada deben contener un mínimo de 2.0%*m/m* de oxígeno, un máximo de 1.0%*v/v* de benceno y no debe contener metales pesados. Azufre, T90E y contenido de olefinas no son reducidos, pero no deben superar el promedio de refinería en 1990. Esto se resume en la Tabla 2.28.

Tabla 2.28. Requerimientos gasolina reformulada federal

Parameter	Batch basis	Average basis
Benzene %v/v max	1.0	0.95
Oxygen %m/m	2.0 – 2.7	
Heavy metals	None without an EPA waiver	
T90E – sulphur - olefins	Average no greater than refiners 1990 average	
Detergent additives	Compulsory	

Los parámetros correspondientes al promedio de calidad 1990 mencionado en la tabla anterior son los siguientes:

Tabla 2.29. Statuory Baseline Parameters – 1990 Average Quality

Parámetro	Promedio 1990	Parámetro	Promedio 1990
Gravity	59.1	Distillation	
Benzene	1.6 %v/v	T50	207 °F
Aromatics	28.6 %v/v	T90	332 °F
Olefins	10.8 %v/v	E200 °F	46 %v/v
Sulphur	338 ppm	RVP	8.7 lb/in <sup>2</sup>

### 2.5.2.2 Gasolinas reformuladas - California

En California, los requerimientos de gasolina reformulada -Phase 1- fueron introducidos para algunas áreas en enero de 1992 y consideraban lo siguiente:

- RVP (verano): 7.8 psi/53.8 kPa max
- Ventas de gasolina plomada fueron prohibidas
- Aditivos de control en depósitos requeridos (para alcanzar los límites de test BMW)

El California Air Resources Board (CARB) adoptó límites más severos – Phase 2 – para reemplazar los grados previos en Junio de 1996. La Tabla 2.30 muestra los límites en California comparados con los límites de todas las gasolinas estatales. El costo incremental de la gasolina reformulada de California comparada con la RFG Federal ha sido estimado en US\$0.10/gal, principalmente debido a los costos de hidrosulfurización.

Tabla 2.30. Gasolina reformulada California Fase 2

Parameter (maximum limits)	Producer limit	Averaging limit	All gasolines Limit
Volatility	7.0 psi/48.3 kPa	6.8	7.0 psi/48.3 kPa
Sulphur (ppm/m)	40	30	80
Aromatics %v/v	25	22	30
Benzene %v/v	1.0	0.8	1.2
Olefins %v/v	6.0	4.0	10.0
Oxygen %m/m	1.8 – 2.2	2	1.8 – 2.7
Distillation			
T50 °F (°C)	210 (99)	200 (93)	220 (104)
T90 °F (°C)	300 (149)	290 (143)	330 (166)

N.B.: El 25 de marzo de 1999, el gobernador de California anunció la eliminación en fases de Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) de la gasolina de California, en un periodo de tres años y ocho meses. El 100% de la eliminación debería

hacerse efectiva el 31 de diciembre del 2002, sin incurrir en violación del Federal Clean Air Act.