



INDUSTRIALES
ETSII | UPM



POLITÉCNICA

Seminario sobre
Energía y Medio Ambiente Local



La contaminación emitida por los vehículos en la ciudad

Jesús Casanova Kindelán
Catedrático de Máquinas y Motores Térmicos
Dpto. Ing^a Energética y Fluidomecánica



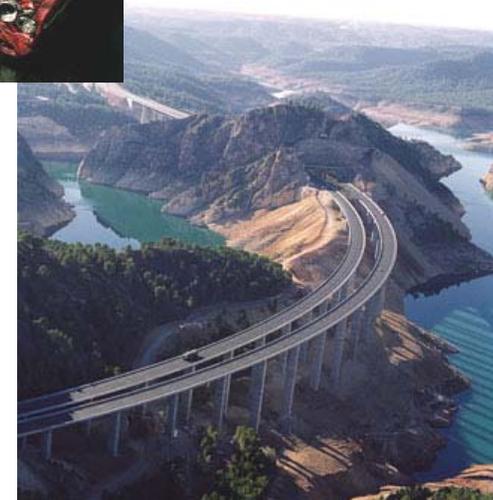
1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones



1. Contaminación y vehículos

- Contaminación de la atmósfera
 - Salud pública y calidad del aire
 - Calentamiento global
- Ensuciamiento de edificios
- Ruido
- Contaminación del suelo y las aguas
- Ocupación del espacio
- Impacto en el paisaje urbano y natural

Conceptos desacoplados



Contaminación y vehículos

El vehículo en la ciudad

Efectos en las emisiones

La evolución tecnológica

Conclusiones



TECNOLOGICA

1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones

- Emisiones de **gases por el tubo de escape** \Rightarrow motor.
 - Gases principales: N_2 , H_2O , O_2 , y CO_2 (\rightarrow **G.E.I.**)
 - **Productos contaminantes** en pequeñas concentraciones
- Emisiones de **partículas sólidas o líquidas** en suspensión en el gas de escape (PM)
 - Combustión + aceite
- Emisión de **partículas de desgaste**
 - Frenos, embrague y neumáticos.
- **Gases de evaporación de la gasolina** del tanque del vehículo y en estación de servicio
 - Control en carga desde camión pero no en boquerel.
 - “Cannister” en vehículos de gasolina
- Gases de **cárter del motor**.
 - Por normativa son recirculados.



Principales sustancias emitidas a la atmósfera por los vehículos en una ciudad: **Contaminantes primarios**

Nombre	Símbolo	Procedencia	Contribución
Monóxido de carbono	CO	<i>Combustión incompleta (cinética y equilibrio químico)</i>	~ 90 %
Óxidos de nitrógeno	NO _x	<i>Combustión a alta temperatura</i>	~ 75 %
Hidrocarburos (Compuestos orgánicos volátiles)	HC (COV)	<i>Evaporación, combustión incompleta</i>	~ 30 % (NM)
Óxidos de azufre	SO _x	<i>Combustible</i>	~ 15 % (↓)
Partículas	PM		~ 70 % (variable)
— Sales y metales		<i>Inquemables del combustible, sales y desgaste</i>	
— Hollín (sólidos)		<i>Mala combustión (carbono)</i>	
— Gotas líquidas		<i>Mala Combustión (hidrocarburos)</i>	

1. Contaminación y vehículos

2. El vehículo en la ciudad

3. Efectos en las emisiones

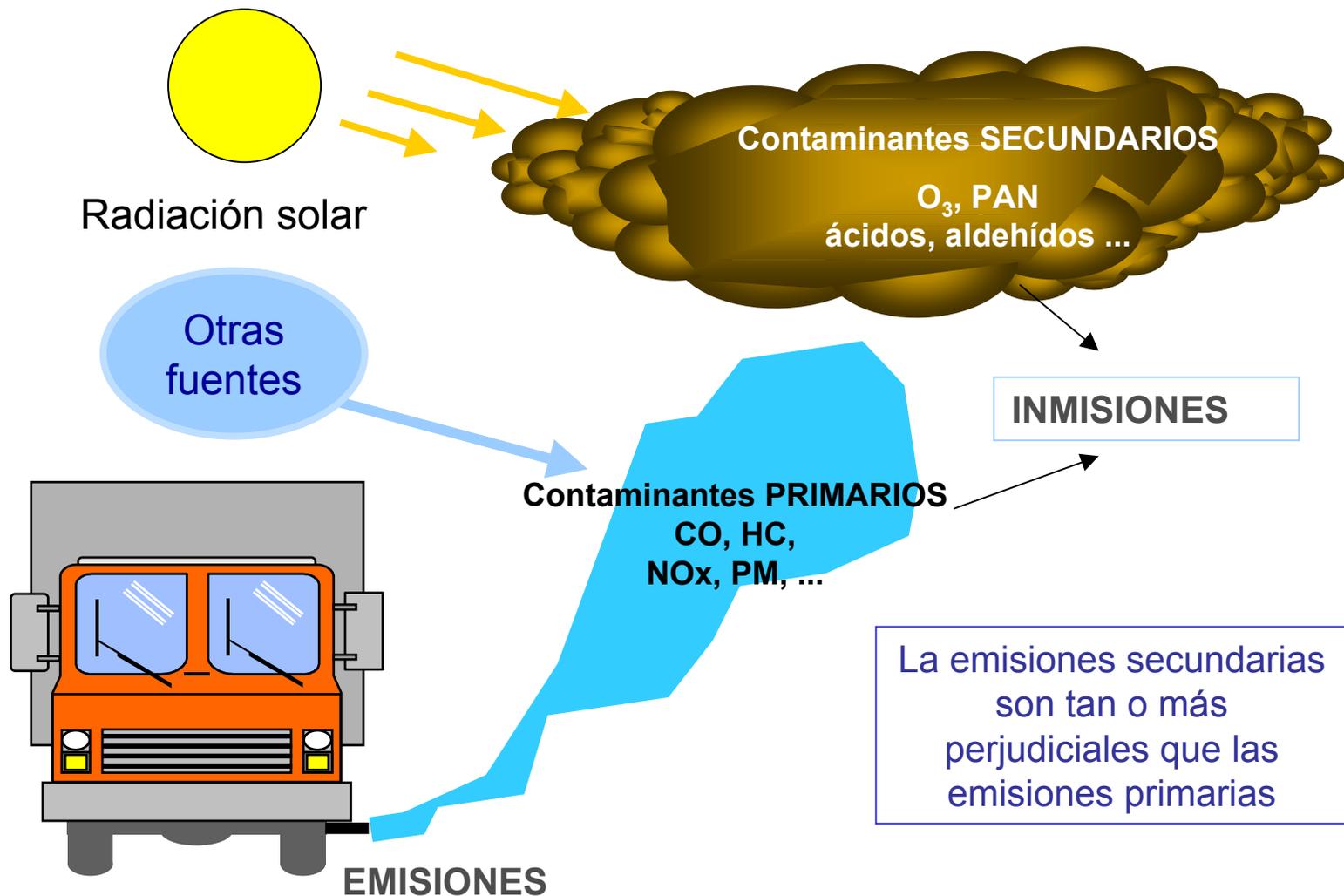
4. La evolución tecnológica

5. Conclusiones

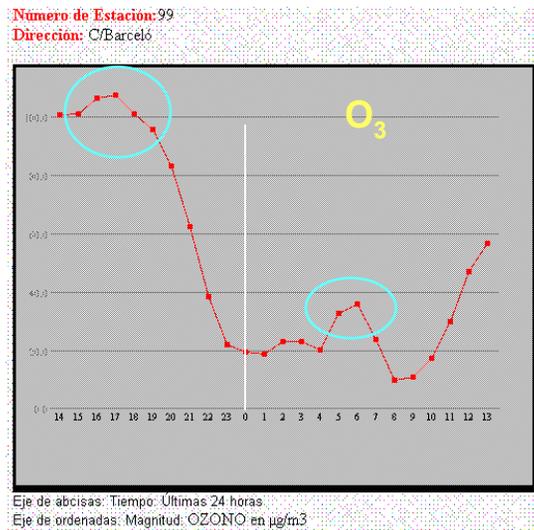
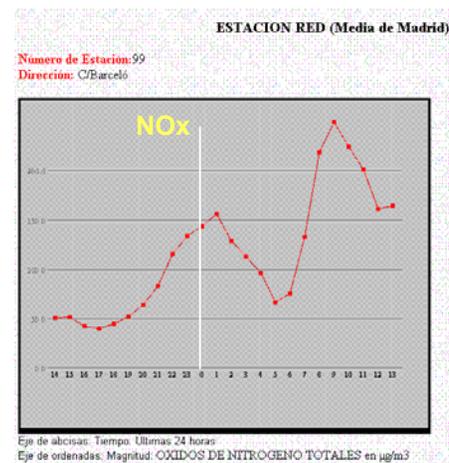
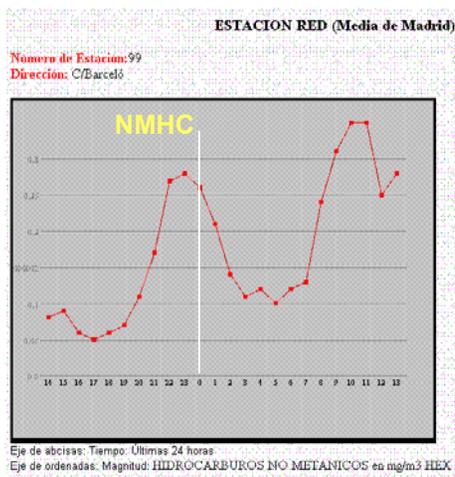
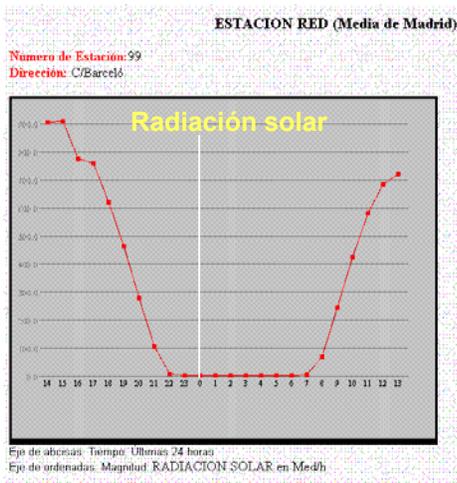


TECNICA

1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones



Evolución diaria en Madrid de la concentración de: Radiación, HC, NO₂ y O₃ (mes de julio)



Evidencia la responsabilidad del tráfico en la contaminación de Madrid

Fuente:
www.munimadrid.es

1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones



- **FACTOR DE EMISIÓN EN g/km** → $FE \text{ (g/km)} = E_e \text{ (g/h)} / V \text{ (km/h)}$

— Emisión por u. de tiempo: $E_e \text{ (g/h)} = e_e \text{ (g/kW·h)} \cdot P_M \text{ (kW)}$

— Potencia del Motor:

$$P_M = [\{M \cdot (g \cdot f_R + g \cdot \sin \alpha + dV/dt) + 1/2 C_X \cdot A_F \cdot \rho_a \cdot V^2\} \cdot V] / \eta_{TR}$$

Dependen del vehículo:

Diseño, condiciones, mantenimiento

- e_e → Emisiones específicas del motor
- η_{TR} → Rendimiento de la transmisión y neumáticos
- M → Masa del vehículo
- f_R → Condiciones de los neumáticos (presión de inflado)
- $1/2 C_X A_F$ → Forma del vehículo: aerodinámica y área frontal

Dependen de la pauta de conducción

- f_R → Estado de la carretera
- $\sin \alpha$ → Perfil de la carretera o ruta.
- dv/dt → Aceleración. Fluidez del tráfico. Tipo de conducción
- V → Velocidad media
- ρ_a → Densidad del aire (altura geográfica y temperatura del aire)

1. Contaminación y vehículos

2. El vehículo en la ciudad

3. Efectos en las emisiones

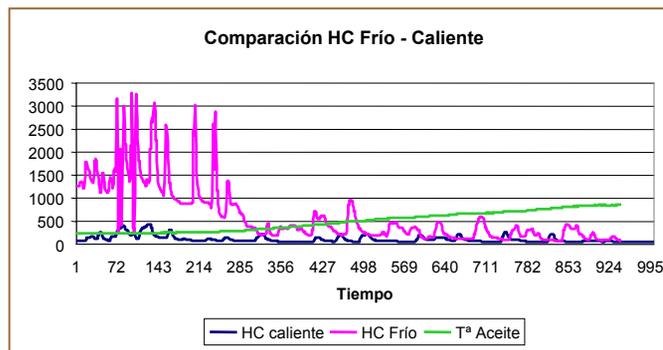
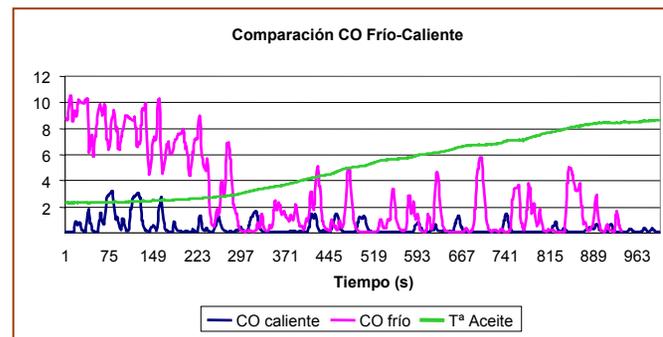
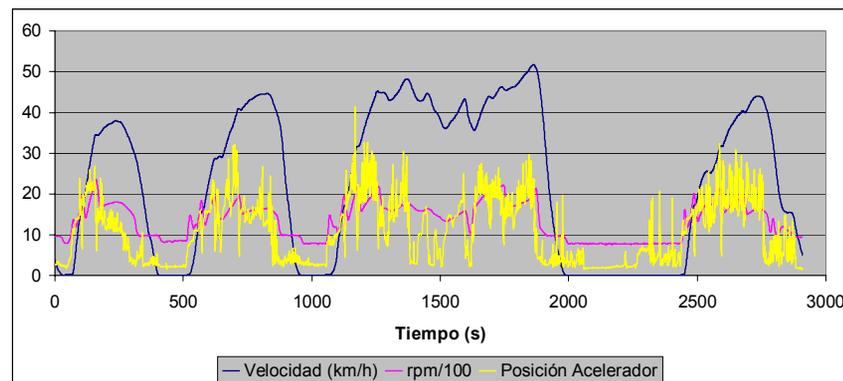
4. La evolución tecnológica

5. Conclusiones



2. El vehículo en la ciudad

- El motor en condiciones transitorias de régimen de giro y de grado de carga.
- El motor utiliza poca potencia < 20 CV
- Revoluciones motor < 60 % de su valor máximo
- Periodos con motor a temperatura de refrigerante y de aceite bajas
- El motor está largos periodos de tiempo a ralentí (mínimo)





- Caracterización de la tipología del tráfico, por zonas
 - Orografía y urbanismo
 - Tipos de vías
 - Climatología
 - Parámetros socio-económicos
- Intensidad media de tráfico, por zonas
- Parque de vehículos

1. Contaminación y vehículos

2. El vehículo en la ciudad

3. Efectos en las emisiones

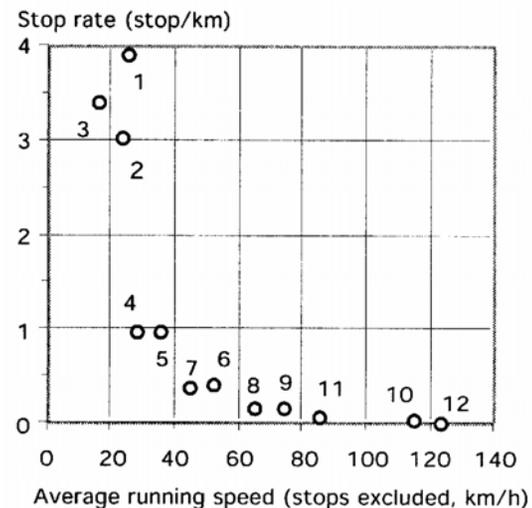
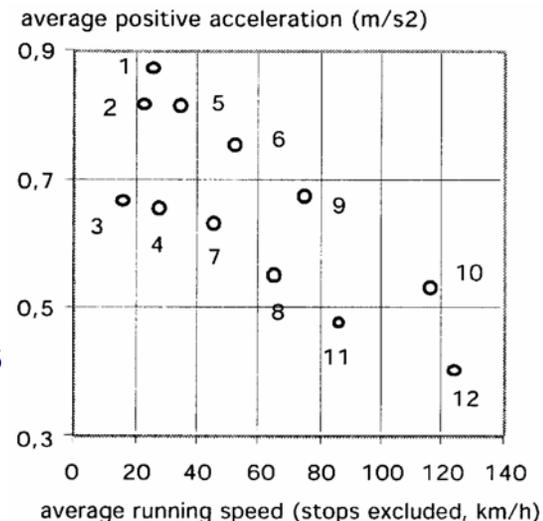
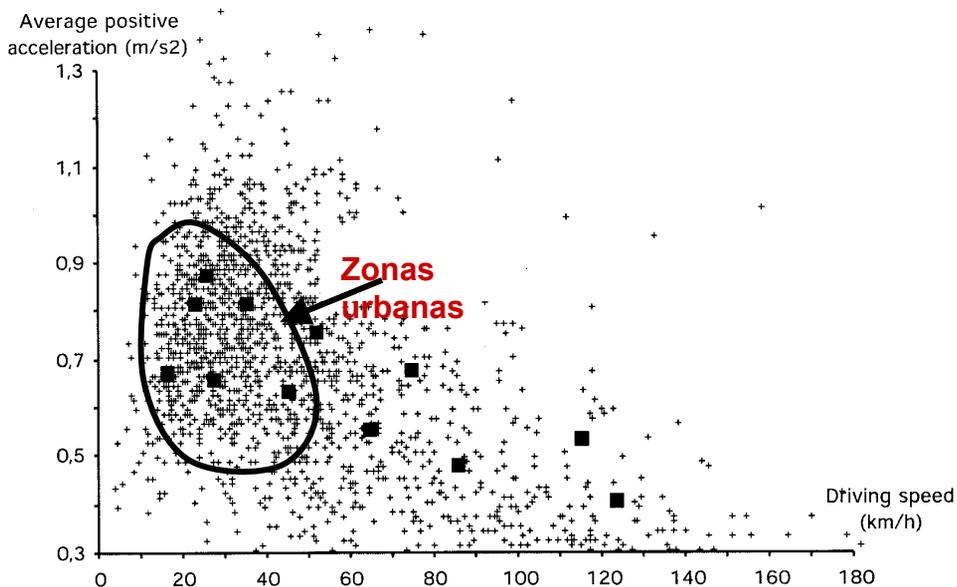
4. La evolución tecnológica

5. Conclusiones



1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones

- Afectan mucho a las emisiones
 - Velocidades
 - Aceleraciones
 - Tiempos de parada con motor en marcha
- Bajas velocidades medias asociadas a paradas y arranques repetidos



Fuente: INRETS (Francia) 2004

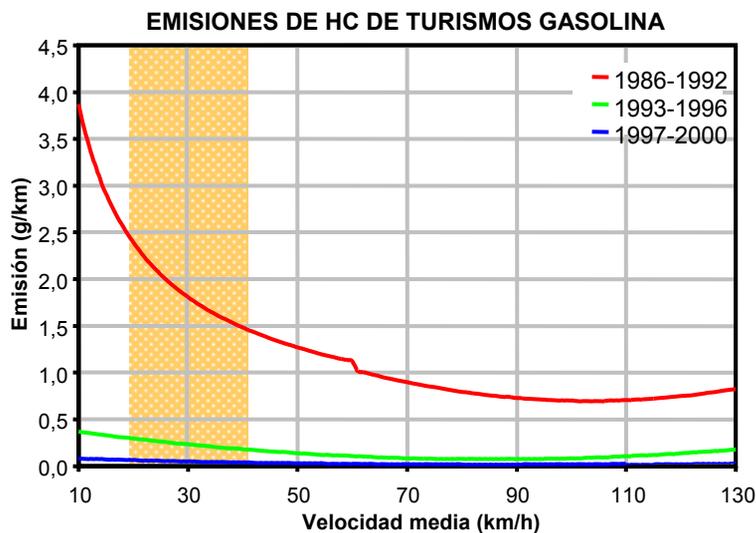
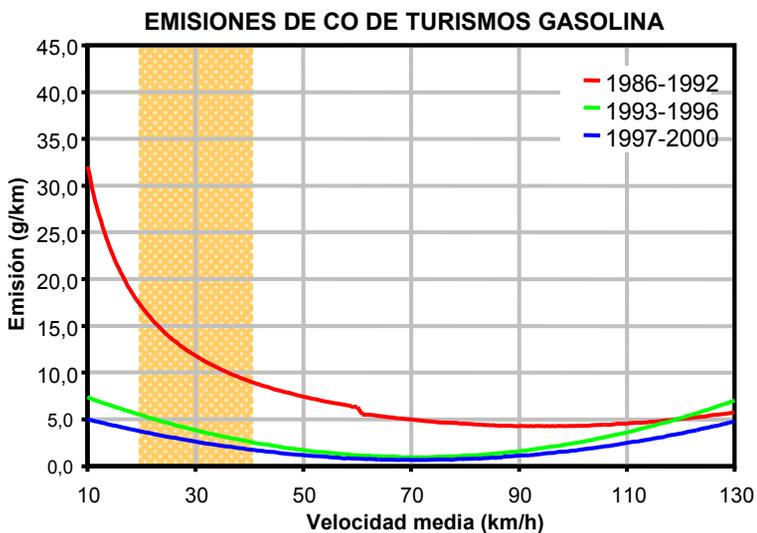
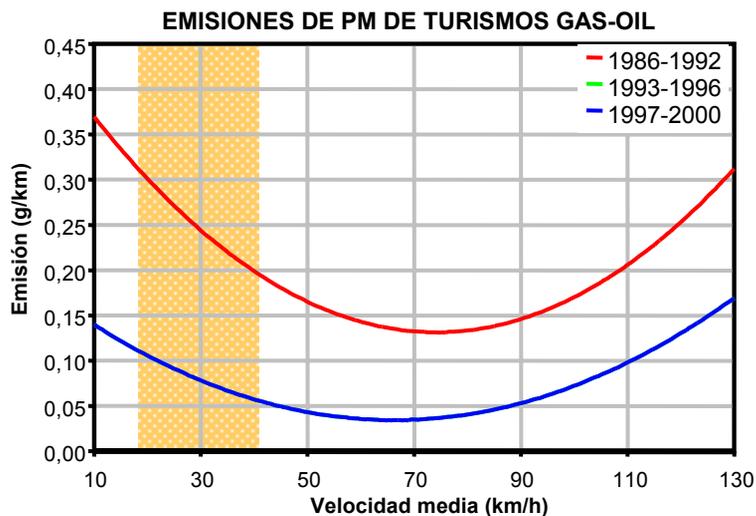
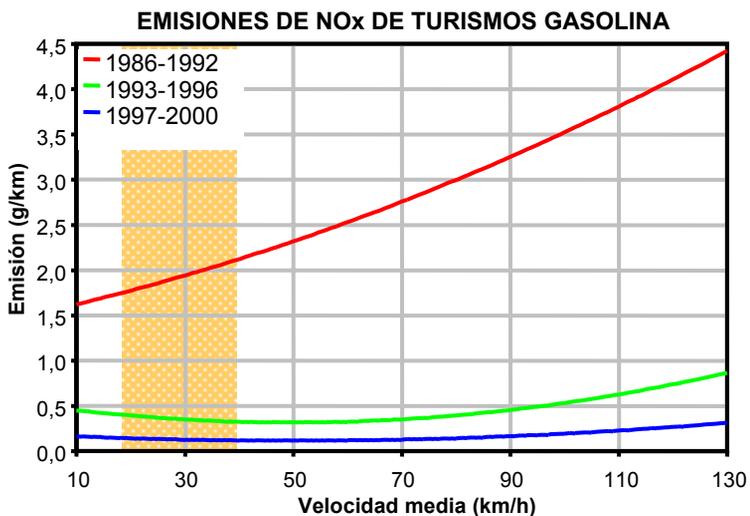
Resultados de un estudio realizado en Europa

	Longitud media por viaje (km)	Duración media del viaje (min)	Paradas durante el viaje				Velocidad media (km/h)
			Valor medio	Número por km	Duración (min)	Duración (%)	
Valores medios en uso urbano	3,4	9,0	5,8	1,7	2,4	18,4	23

	Límite de velocidad (km/h)	Densidad de cruces (cruces / km)	Nivel de tráfico	Velocidad estimada (km/h)
Vías urbanas	< 60	1 – 5	Medio	41
			Alto	31
		> 5	Medio	33
			Alto	23
Autovías urbanas	< 80	0,3	Medio	59
			Alto	46
	> 80	0,3	Medio	92
			Alto	82

Fuente: INRETS (Francia) 2004

1. Contaminación y vehículos
 2. El vehículo en la ciudad
 3. Efectos en las emisiones
 4. La evolución tecnológica
 5. Conclusiones



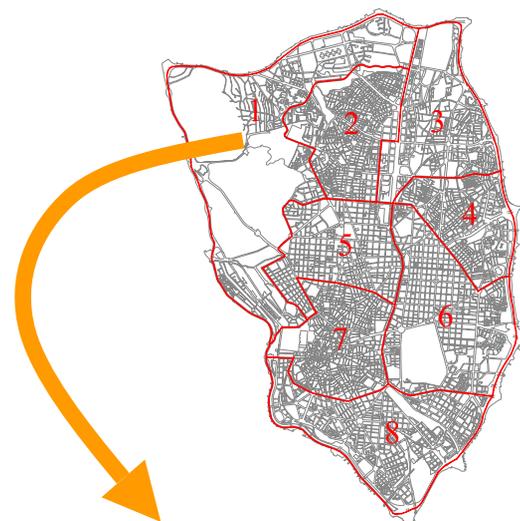
Fuente: Programa Copert III



Desarrollo de un ciclo de conducción para Madrid



- Recorridos por la ciudad
 - Vehículo instrumentado.
 - Seguimiento de un vehículo al azar
 - Diferentes horas y días
- Confección de matriz de densidades velocidad – aceleración por zonas de la ciudad
- Extracción del ciclo de conducción
 - Estudio de perfiles de velocidades y valores máximos
 - Decisiones sobre inclusión de ciertas zonas



- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

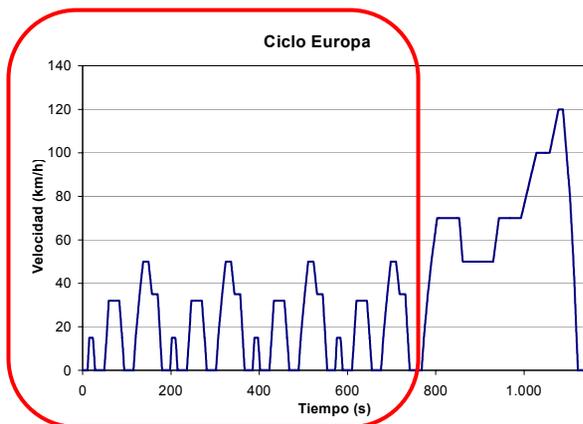
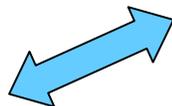
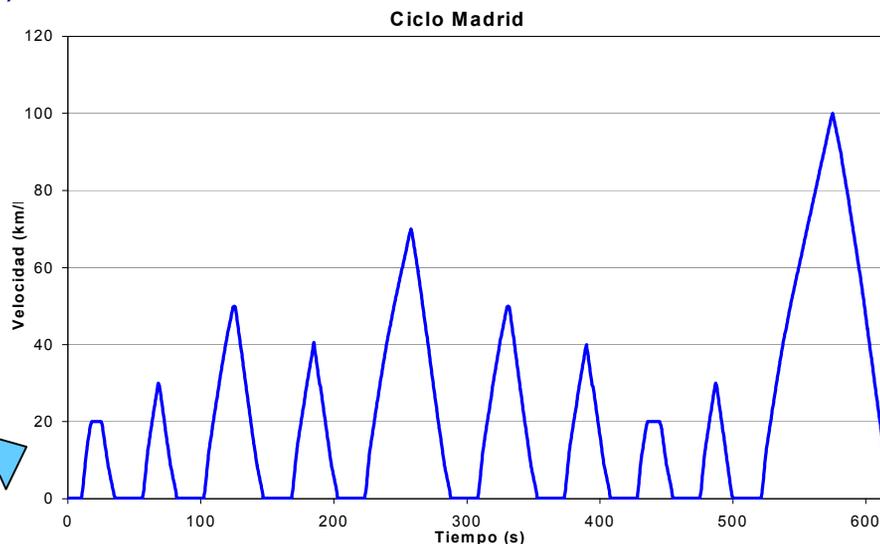


Velocidad (m/s)



Ciclo representativo de una ciudad como Madrid

(Trabajo realizado en la UPM)



Ciclo para certificación de vehículos en Europa para límites normalizados en Europa para vehículos ligeros

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

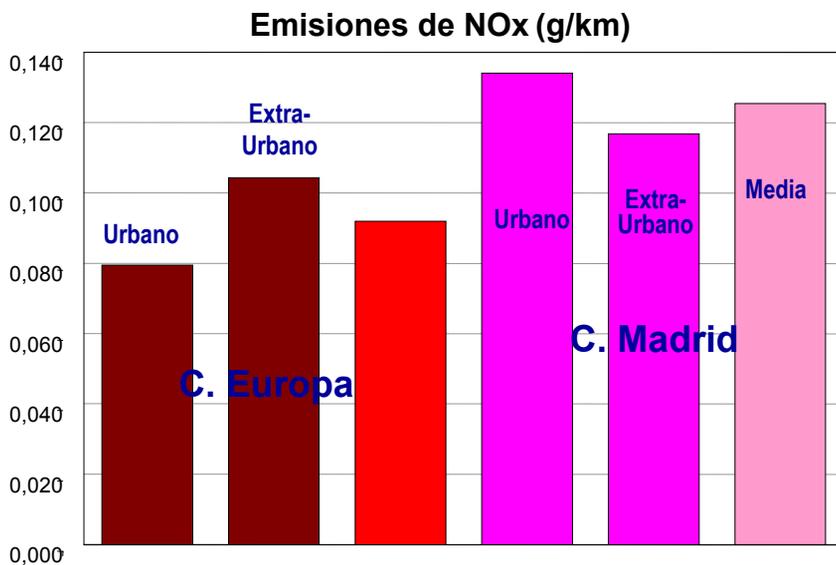
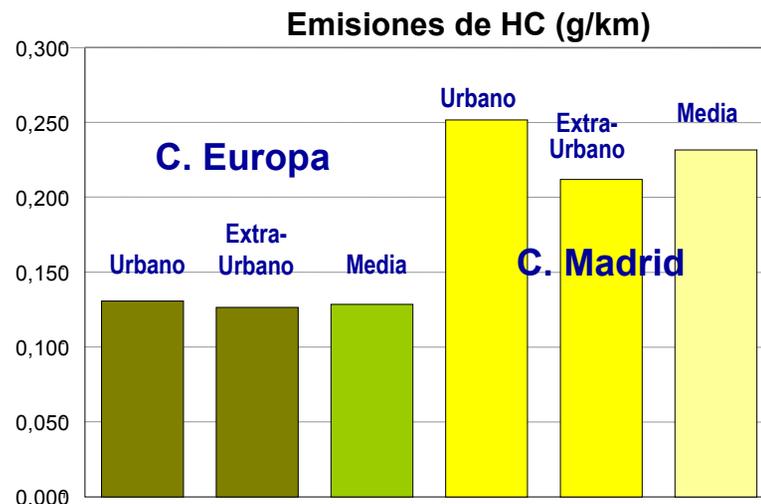
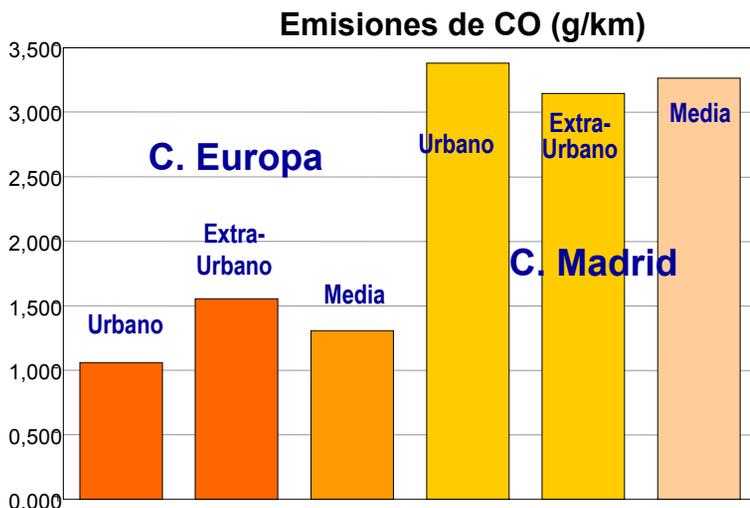


Ciclo "Madrid" vs. Ciclo "Europa"



TECNICA

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones



Datos obtenidos en banco de rodillos con un Peugeot 205 gasolina

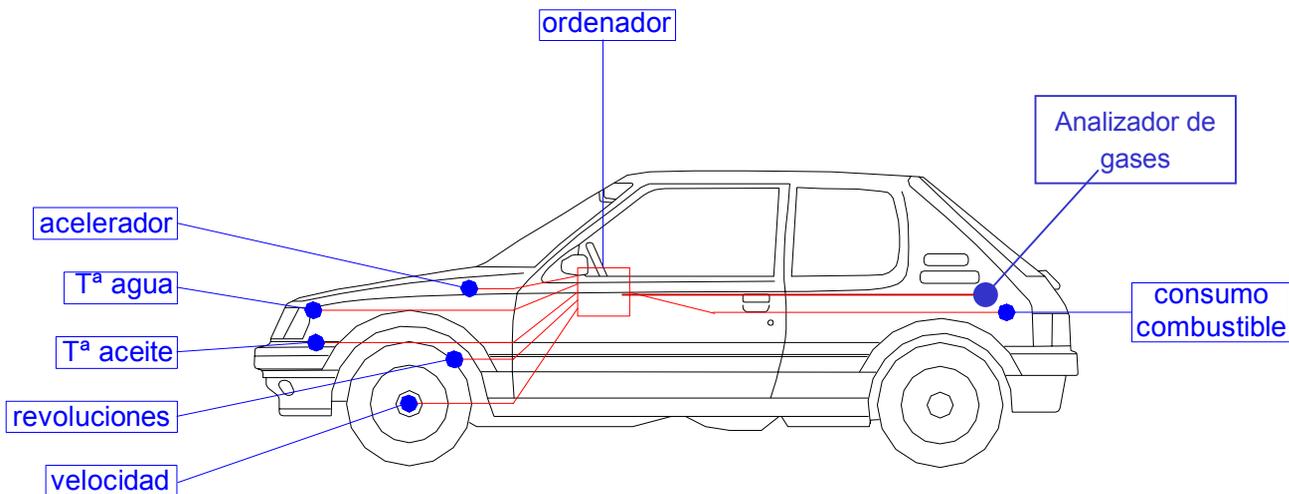
Los vehículos emiten más contaminación en la ciudad que los límite homologados en Europa



3. Efectos en la emisiones



Trabajo desarrollado en la ETSII UPM (Madrid)



1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones





TECNICA

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones



Estudio realizado por GMT – UPM en Madrid.

Zona de calles anchas normalmente congestionadas

	Referencia (Festivo)	Congestión baja	Congestión media
Velocidad media (km/h)	35,5	15,6	11,8
Velocidad media vehículo en movimiento (km/h)	44,3	25,2	18,5
Tiempo parado (s)	76	338	421
Tiempo movimiento (s)	308	544	738

Fuente: GMT - UPM



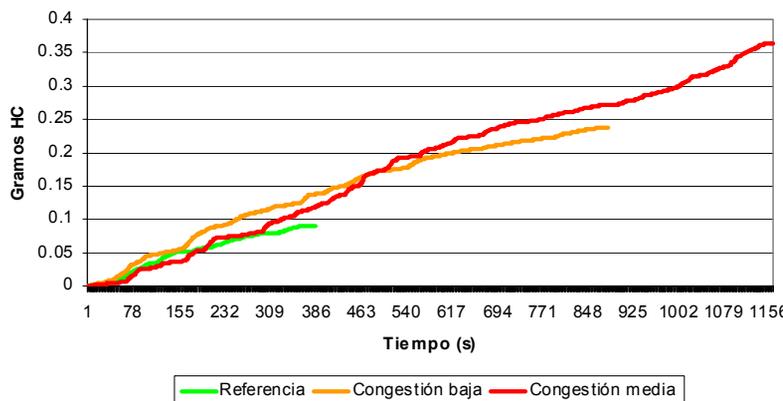
Fuente: GMT - UPM

Referencia: festivo

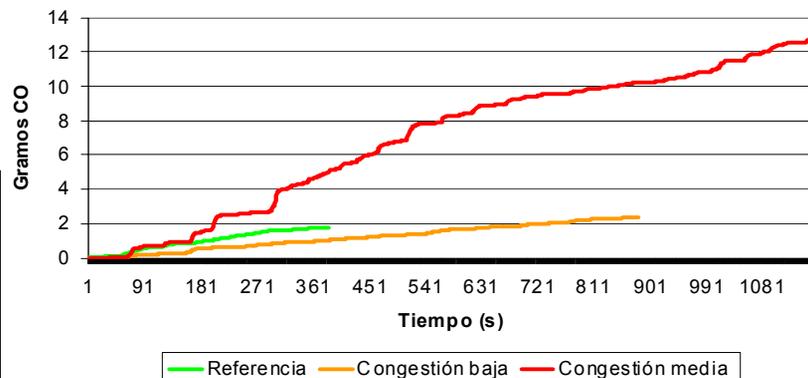
Congestión baja: medio día

Congestión media: media tarde

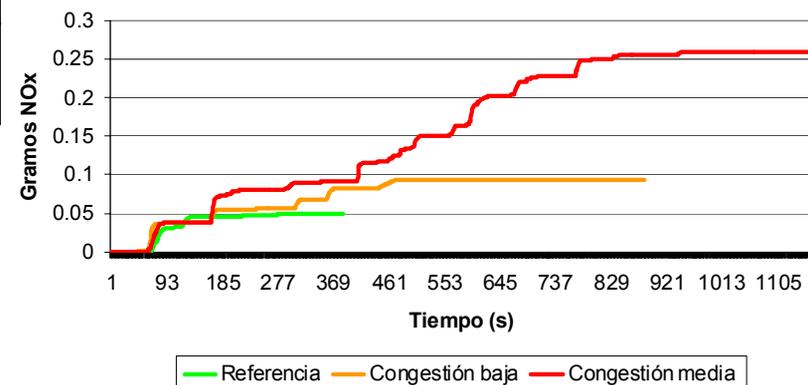
Comparación hidrocarburos en el tiempo



Comparación CO frente al tiempo



Comparación NOx frente al tiempo



- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones



Puentes y túneles

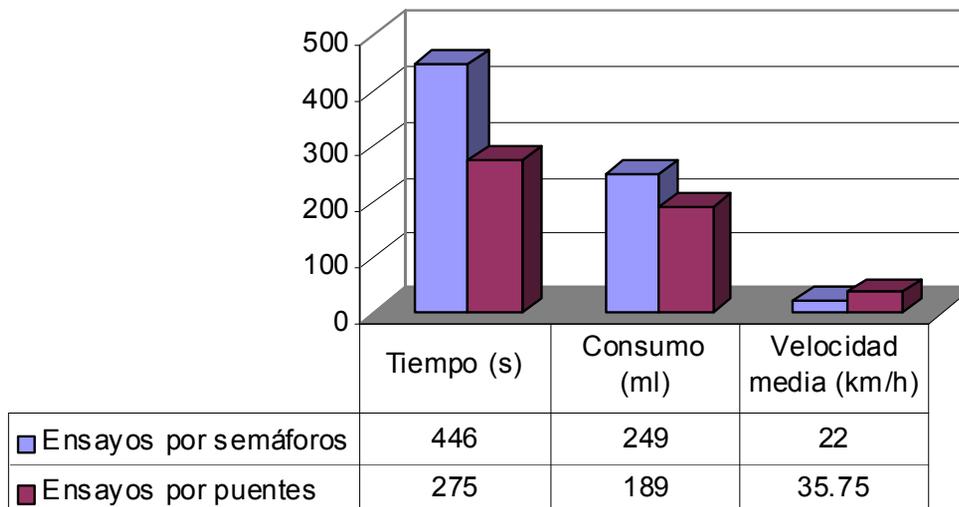


- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

Comparación entre circulación por superficie con semáforos y por pasos a diferentes nivel

Fuente: GMT - UPM

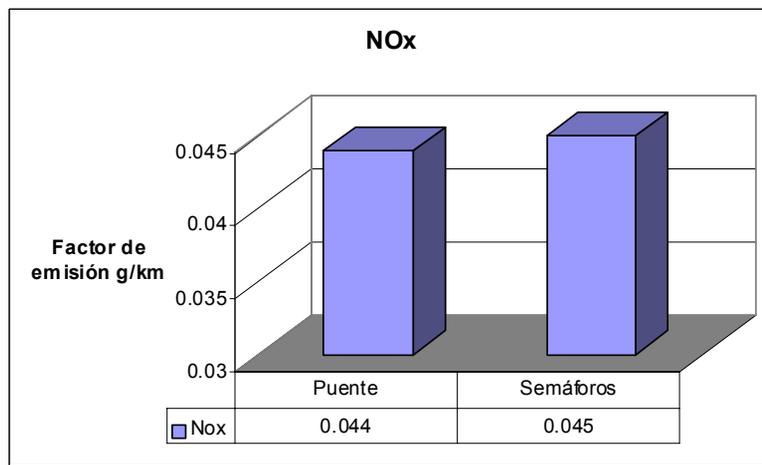
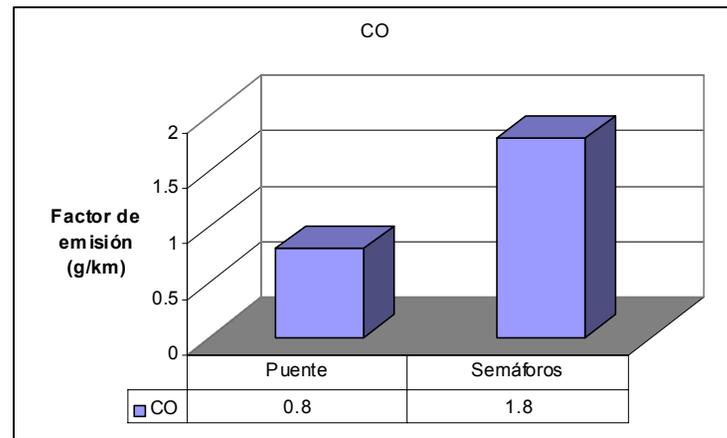
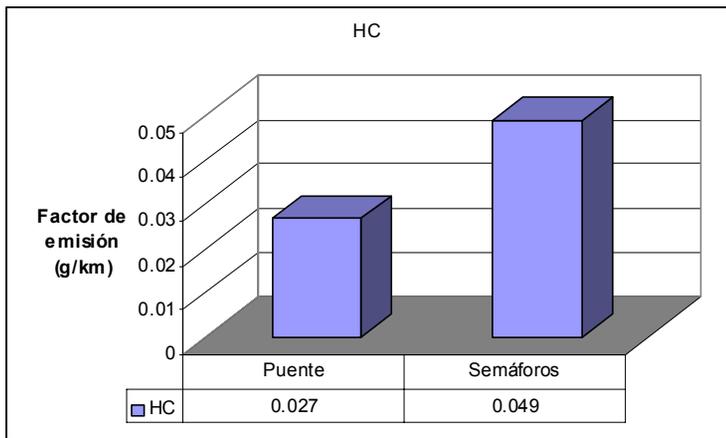
Comparación datos principales





TECNICA

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

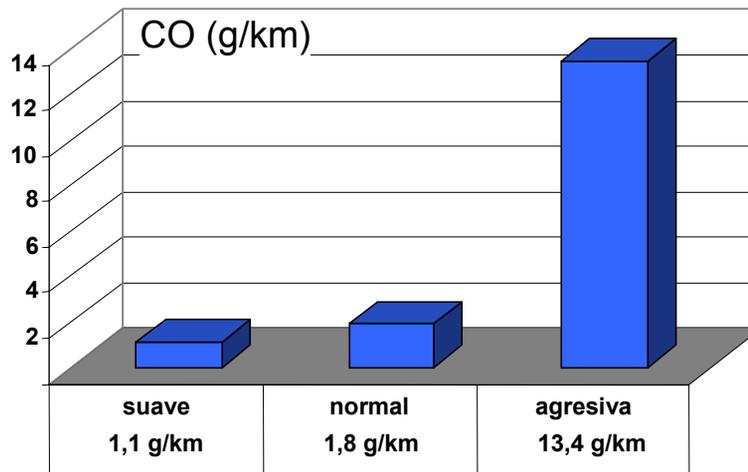
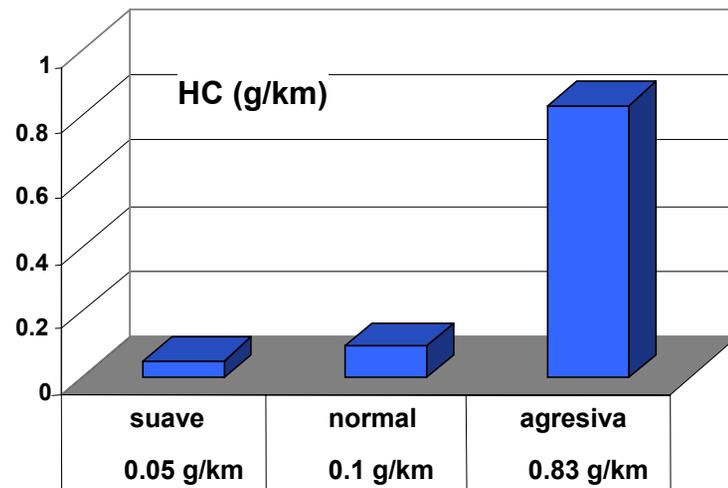
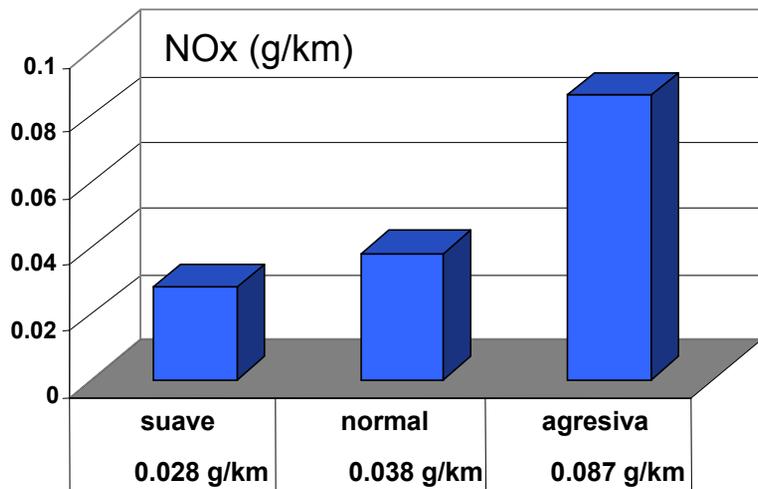


Fuente: GMT - UPM



TECNICA

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

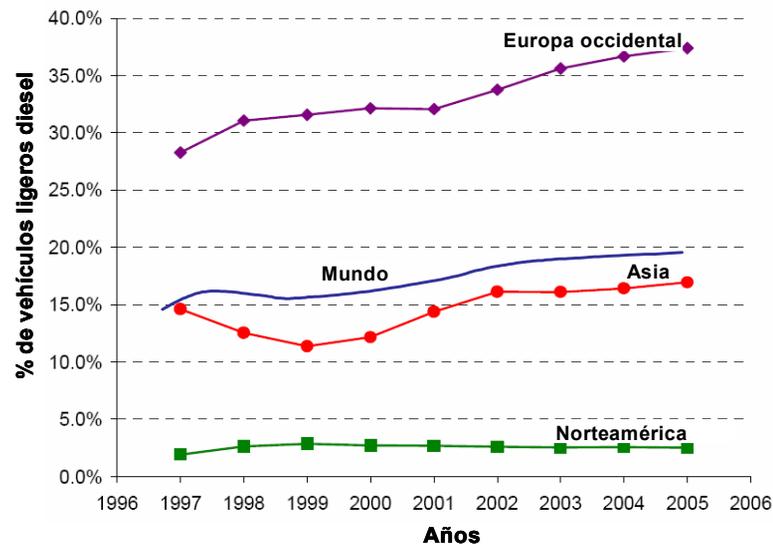


Fuente: GMT - UPM



TECNICA

- Seleccionar el vehículo apropiado
 - Gasolina ↔ Diesel
 - GLP ↔ Diesel
 - Etanol ↔ Diesel
 - Grande ↔ normal o pequeño
- Conducir “bien” el vehículo
 - “Conducción Eficiente”



Datos en tráfico real (turismo < 2500 kg)

Euro 3 Arranque en frío	NOx	PM	CO
Diesel	8,1	>100	1
Gasolina	1	1	4,6

1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones



4. La evolución tecnológica

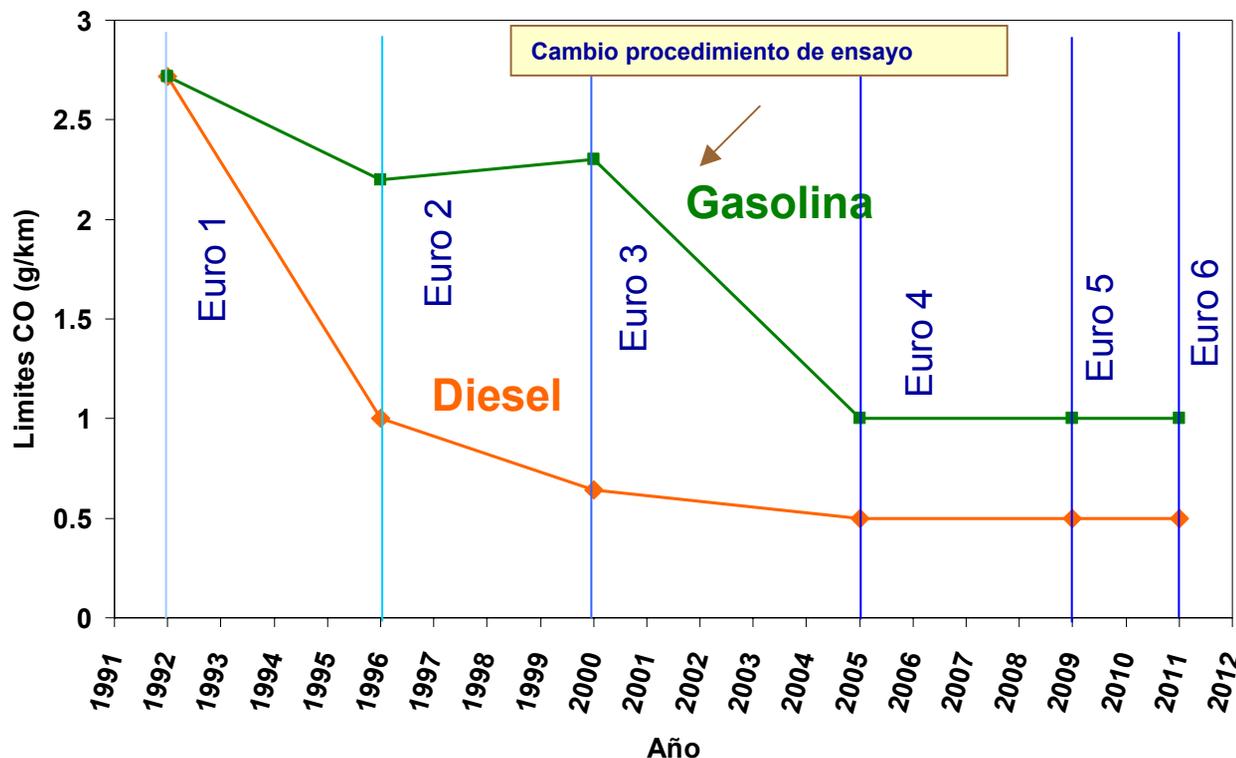


Los vehículos actuales contaminan mucho menos (vehículos ligeros)



Límites de CO en Europa

- Límites en g/km. Igual todos turismos
- Valores mayores en furgonetas



Diesel: difícil reducir PM y NOx simultáneamente

Gasolina: Dificil reducir emisiones de CO (arranque en frío)

1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones

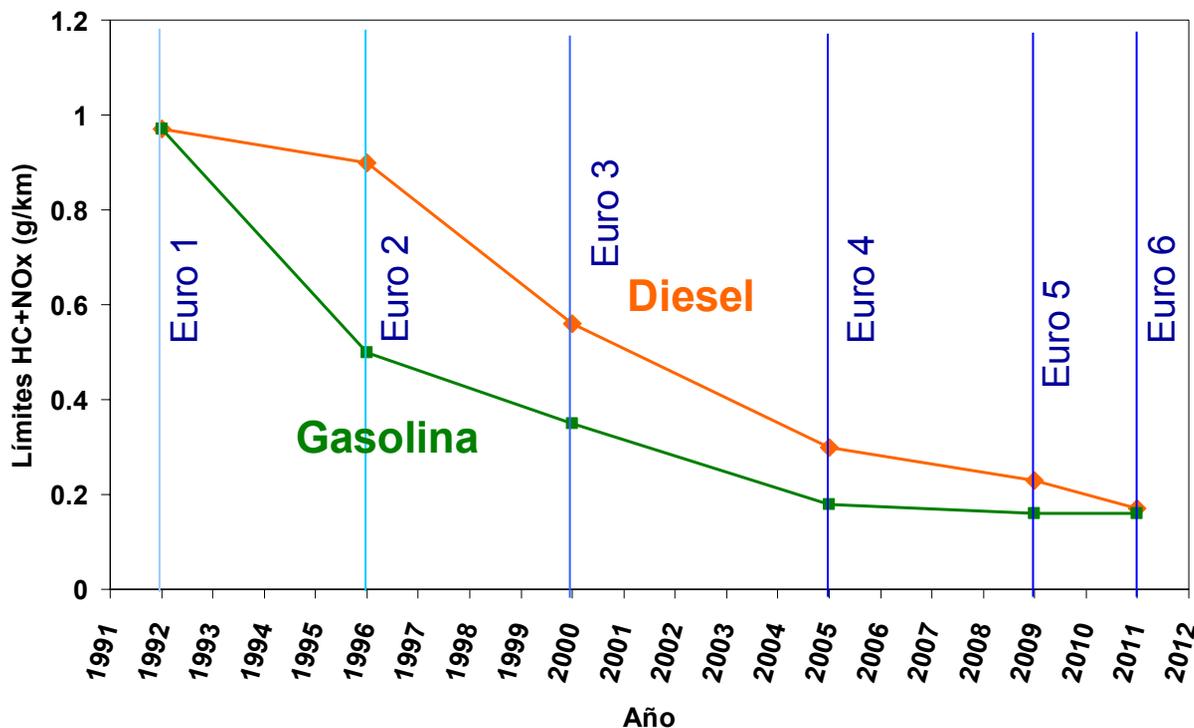


Los vehículos actuales contaminan mucho menos (vehículos ligeros)



Límites de HC + NOx en Europa

- Límites en g/km. Igual todos turismos
- Valores mayores en furgonetas



Diesel: difícil reducir PM y NOx simultáneamente

Gasolina: Difícil reducir emisiones de CO (arranque en frío)

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

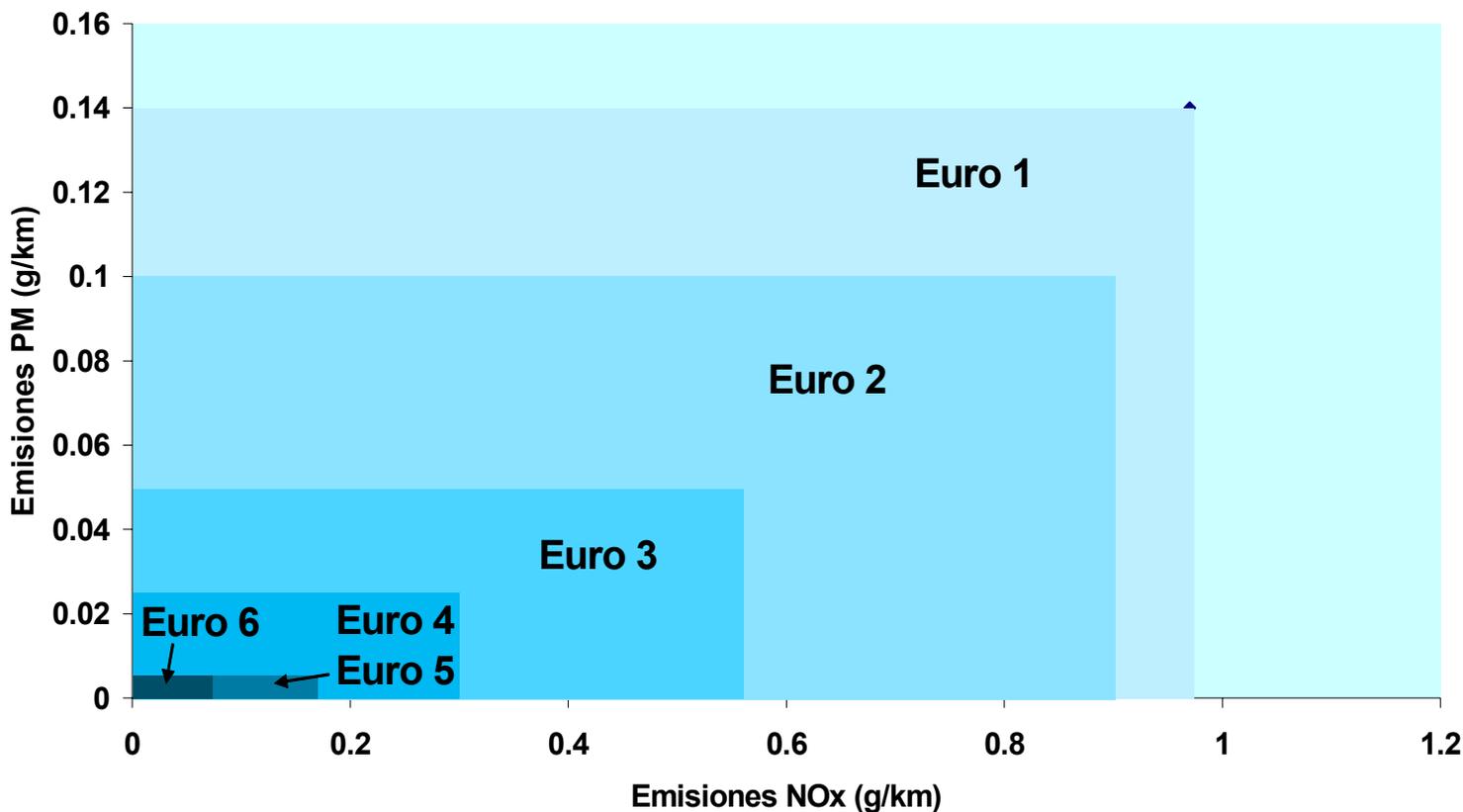


Los vehículos actuales contaminan mucho menos (vehículos ligeros). PM ↔ NOx



- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones

Vehículos diesel ligeros

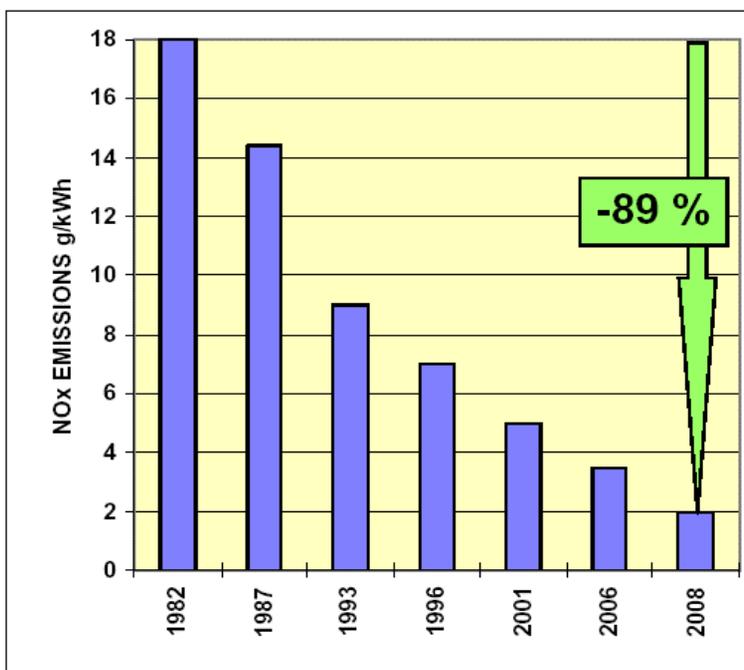




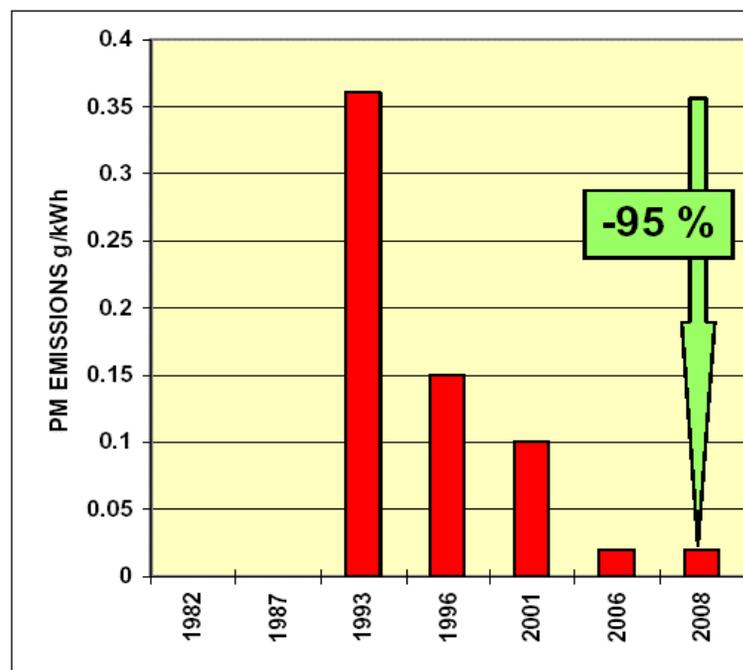
Los vehículos actuales contaminan mucho menos (vehículos pesados)



- Límites de emisiones en g/kWh. Motor más potente emite más
- Los límites van evolucionando hacia vehículos más limpios



1982 ECE R49
 1993 Euro 1
 1996 Euro 2



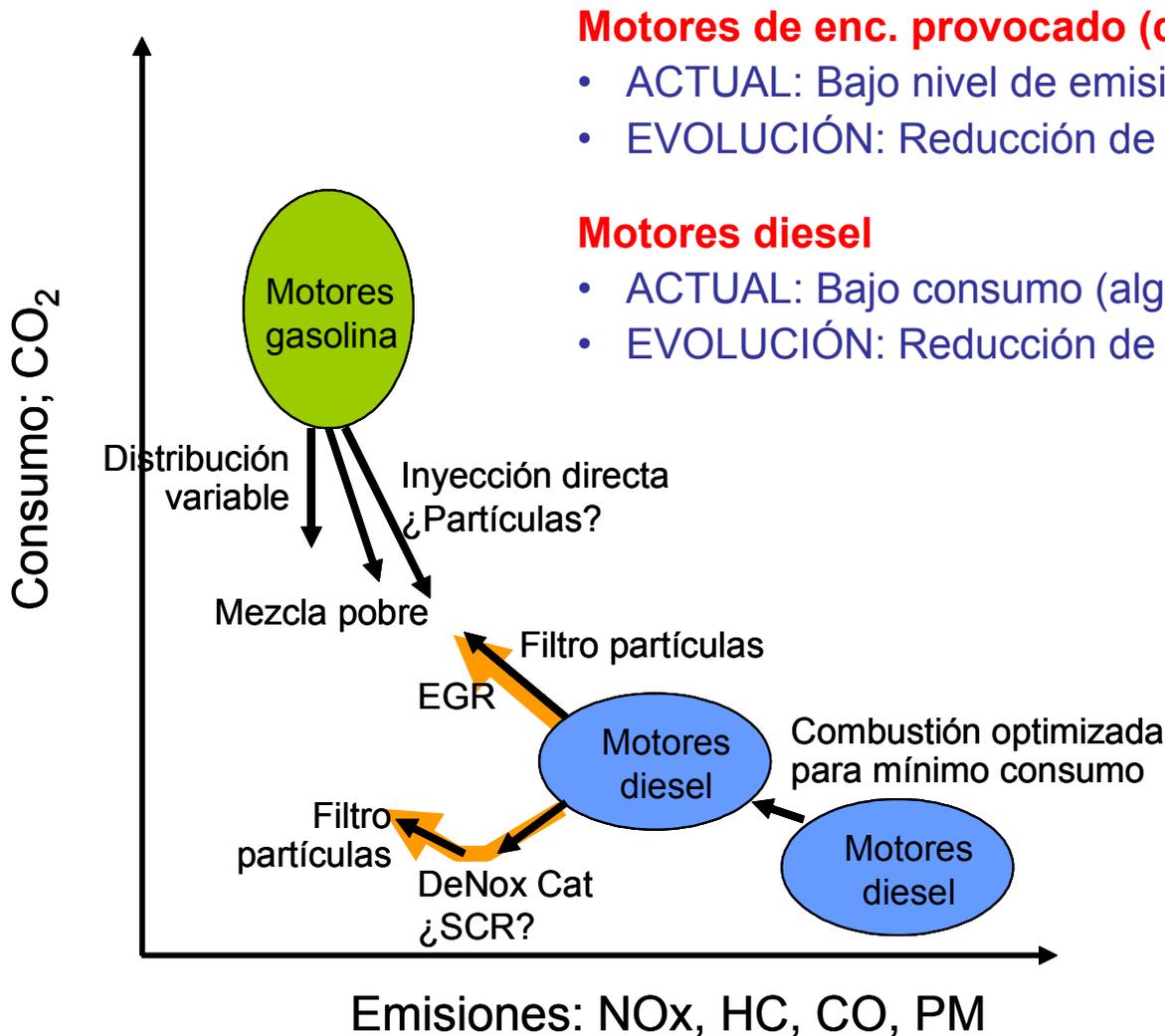
2001 Euro 3
 2005 Euro 4
 2008 Euro 5

Fuente: IVECO

- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones



- 1. Contaminación y vehículos
- 2. El vehículo en la ciudad
- 3. Efectos en las emisiones
- 4. La evolución tecnológica
- 5. Conclusiones



Motores de enc. provocado (ciclo Otto)

- ACTUAL: Bajo nivel de emisiones urbanas
- EVOLUCIÓN: Reducción de consumo \Rightarrow CO₂

Motores diesel

- ACTUAL: Bajo consumo (algo menos CO₂)
- EVOLUCIÓN: Reducción de emisiones urbanas



- Realizado por GMT - UPM
- Objetivos
 - Estudiar las ventajas medioambientales de un plan de renovación de vehículos ligeros.
 - Analizar la influencia de la “dieselización” del parque de vehículos ligeros.
- Se han estudiado cuatro escenarios:
 - Situación actual
 - Plan de renovación semieiciente: Sustituir por vehículos Euro 3
 - Anteriores a 1980 todos sustituidos
 - 1981 a 1995 sustituidos el 50% según reparto actual.
 - Plan de renovación perfectamente eficiente:
 - Todos los anteriores a 1995 sustituidos por Euro 3.
 - Situación límite: Todo el parque a vehículos Euro 3

1. Contaminación y vehículos

2. El vehículo en la ciudad

3. Efectos en las emisiones

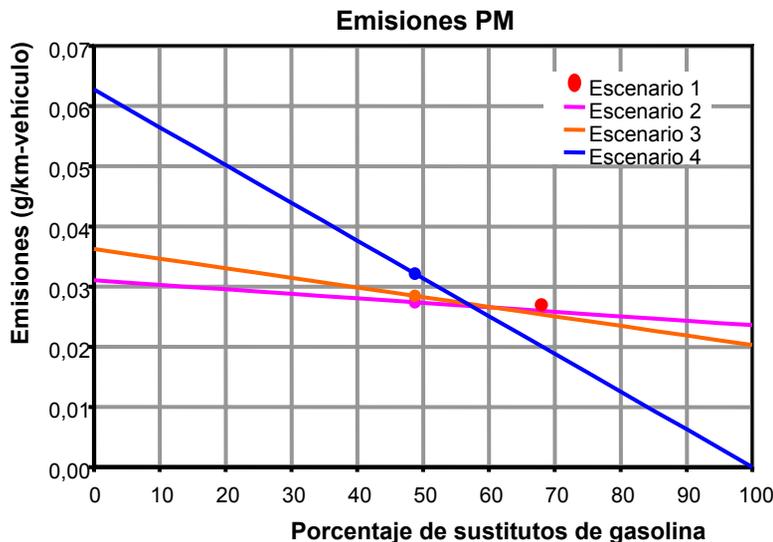
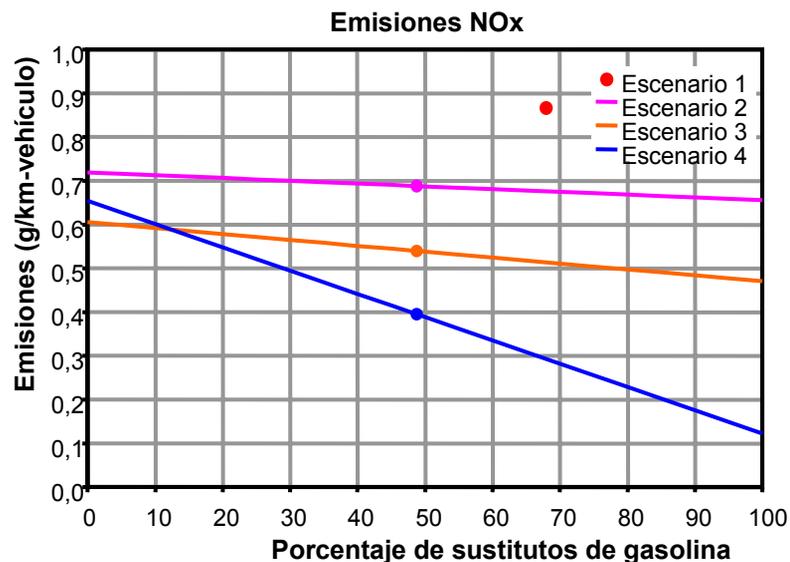
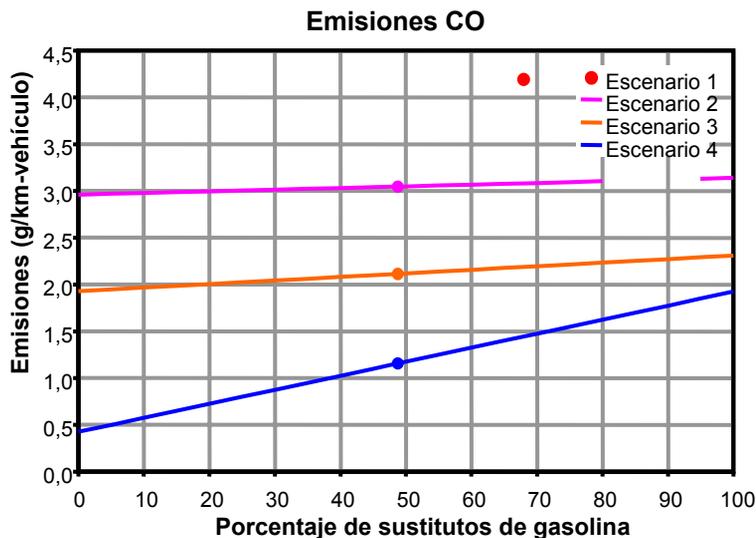
4. La evolución tecnológica

5. Conclusiones



TECNICA

1. Contaminación y vehículos
2. El vehículo en la ciudad
3. Efectos en las emisiones
4. La evolución tecnológica
5. Conclusiones



Fuente: investigación propia



5. Conclusiones



- Las emisiones de los vehículos contribuyen a la formación de contaminantes secundarios.
- La influencia de sus emisiones depende de la dinámica del tráfico, de la antigüedad de la flota, de la pauta de conducción y de las infraestructuras
- Los vehículos han evolucionado mucho, habiéndose reducido mucho las emisiones unitarias.
- La renovación del parque es importante para reducir las emisiones, pero debe frenarse la “dieselización” del parque circulante de vehículos ligeros
- Cuidado con los combustibles alternativos.

1. Contaminación y vehículos

2. El vehículo en la ciudad

3. Efectos en las emisiones

4. La evolución tecnológica

5. Conclusiones



Gracias por su atención

jesus.casanova@upm.es