

# LA MOVILIDAD URBANA: PLANTEAMIENTOS INTEGRALES DE AHORRO ENERGÉTICO Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN



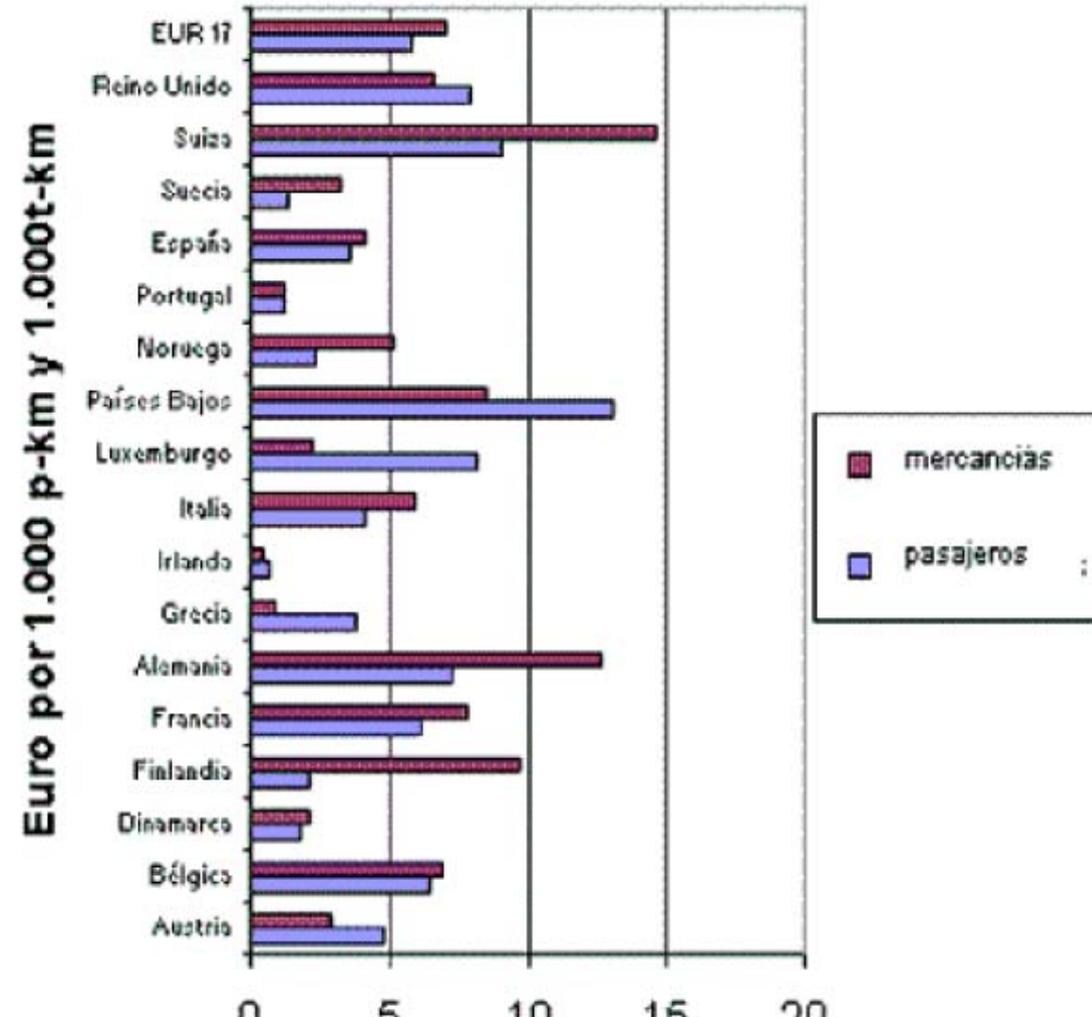
*Eugenio Bañobre Nebot*

*Responsable del Departamento de Medioambiente*

*Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A.*

# LA MOVILIDAD URBANA: PROBLEMAS: CONGESTIÓN

Coste estimado de la congestión en diversos países europeos



La OCDE estima que las retenciones del tráfico representan una pérdida de 100 millardos de US\$ para el mundo entero.

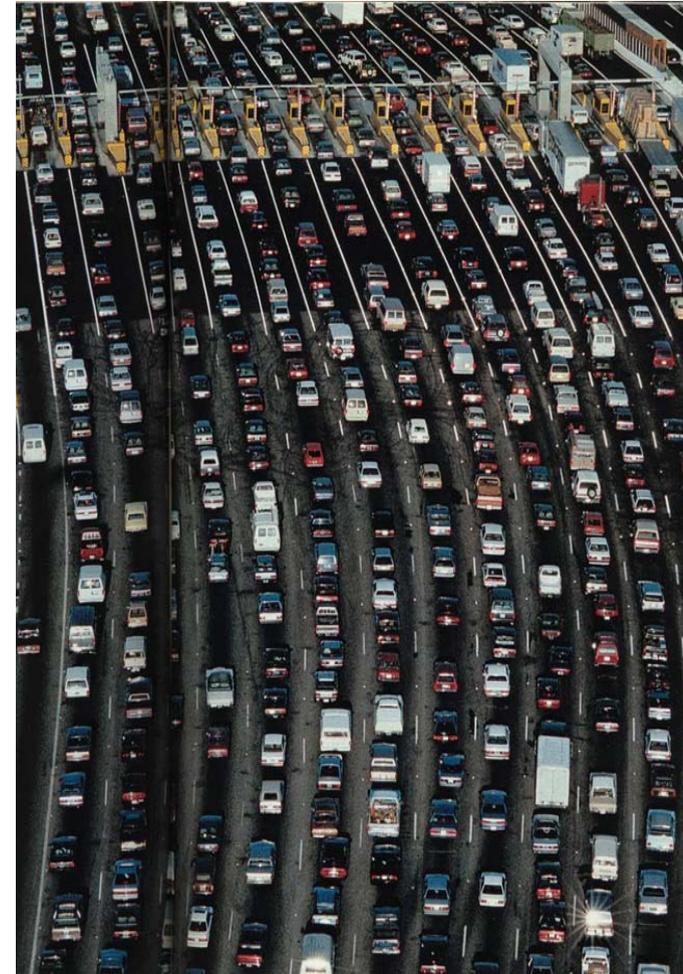
# LA MOVILIDAD URBANA: PROBLEMAS: CONGESTIÓN

## El uso actual del automóvil...

- La tercera parte de los desplazamientos en coche son de menos de 2 Km.
- La mitad de los desplazamientos en coche no superan los 6 Km.
- El número de ocupantes medio de un coche es inferior a 2
- El 75 % de los ocupados se desplazan a trabajar en coche

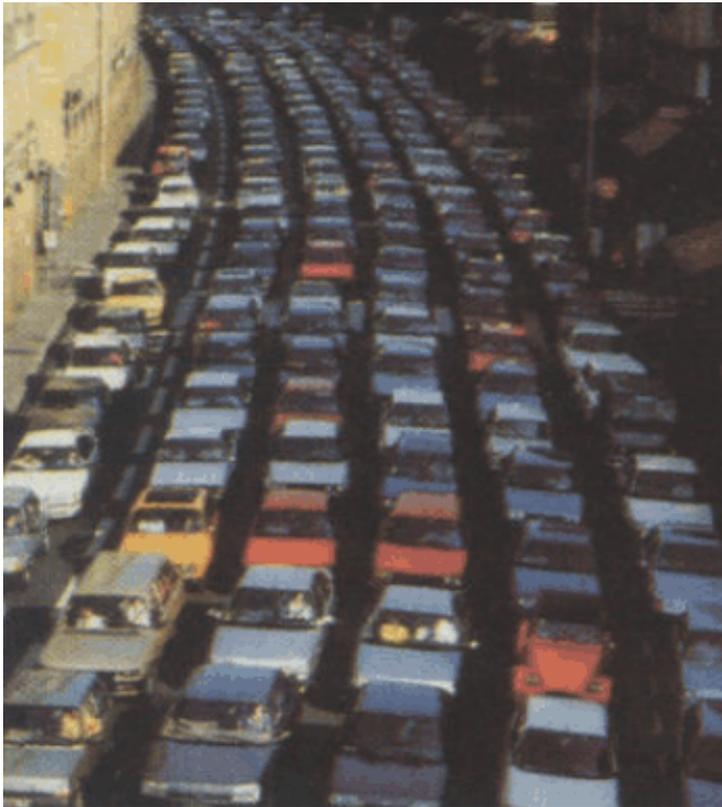
## ...implica unos enormes costes sociales

- El 68% del crudo importado se destina al sector transportes
- Los vehículos son los responsables del 30% de las emisiones del CO<sub>2</sub>
- Los coches en España consumen el 15 % de la energía nacional, la media en Europa es el 10 %



# LA MOVILIDAD URBANA: PROBLEMAS: CONGESTIÓN

**230 PERSONAS = 177 COCHES = 1 SUPERAUTOBUS**

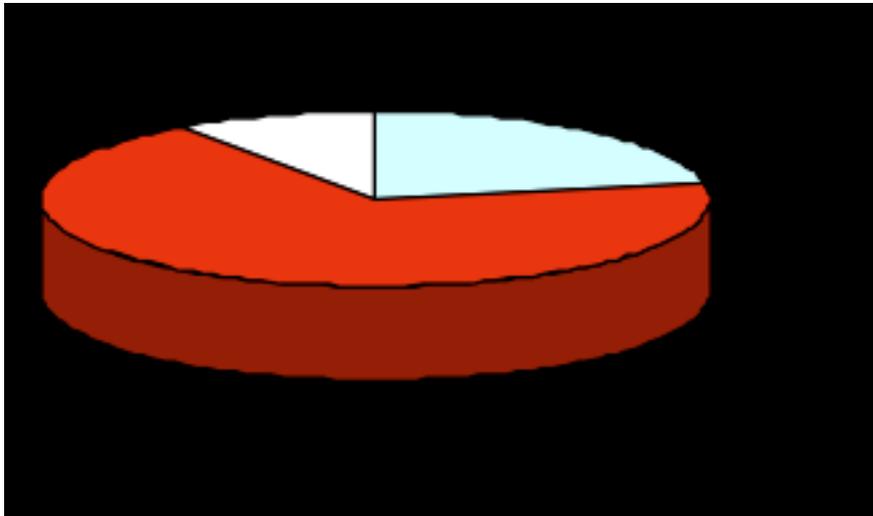


=



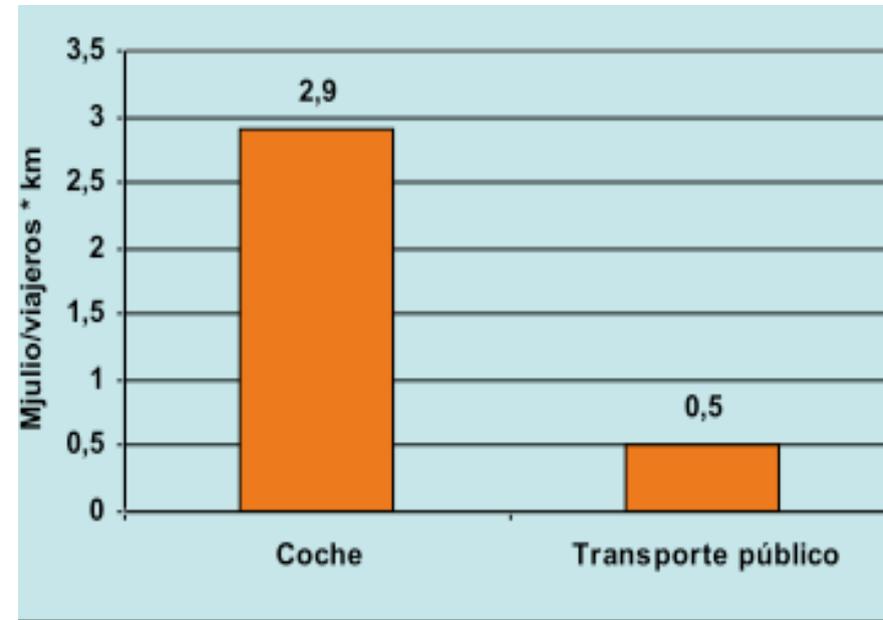
## CONSUMO DE ENERGÍA NO RENOVABLE

### CONSUMO DE PETRÓLEO EN ESPAÑA POR SECTOR



Fuente: IDAE. 2005

### EFICIENCIA ENERGÉTICA POR MODO DE TRANSPORTE

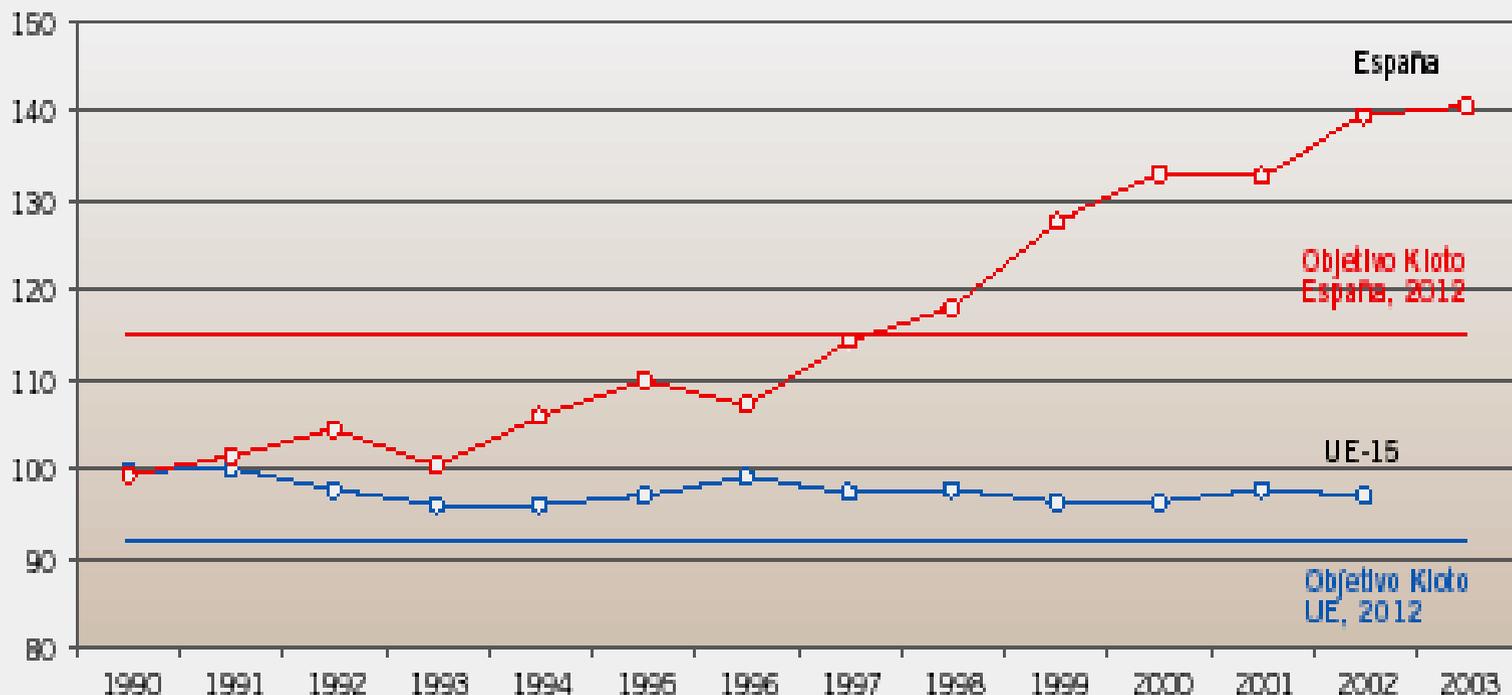


(\*) Fuente: UPC, UB Y ATM (2000)

## CONTAMINACION

### EMISIONES TOTALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (CO<sub>2</sub> EQUIVALENTE)

Indice, 1990=100



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente

## SOCIALES

Fascinación por el coche

Comodidad y economía por parte del usuario



## INFRAESTRUCTURALES:

Carencia de modos de transporte alternativos

Oferta viaria inferior a la demanda en vehículo privado

# LA MOVILIDAD URBANA: CAUSAS DE LOS PROBLEMAS

## URBANÍSTICAS:



Fuente

# LA MOVILIDAD URBANA: CAUSAS DE LOS PROBLEMAS

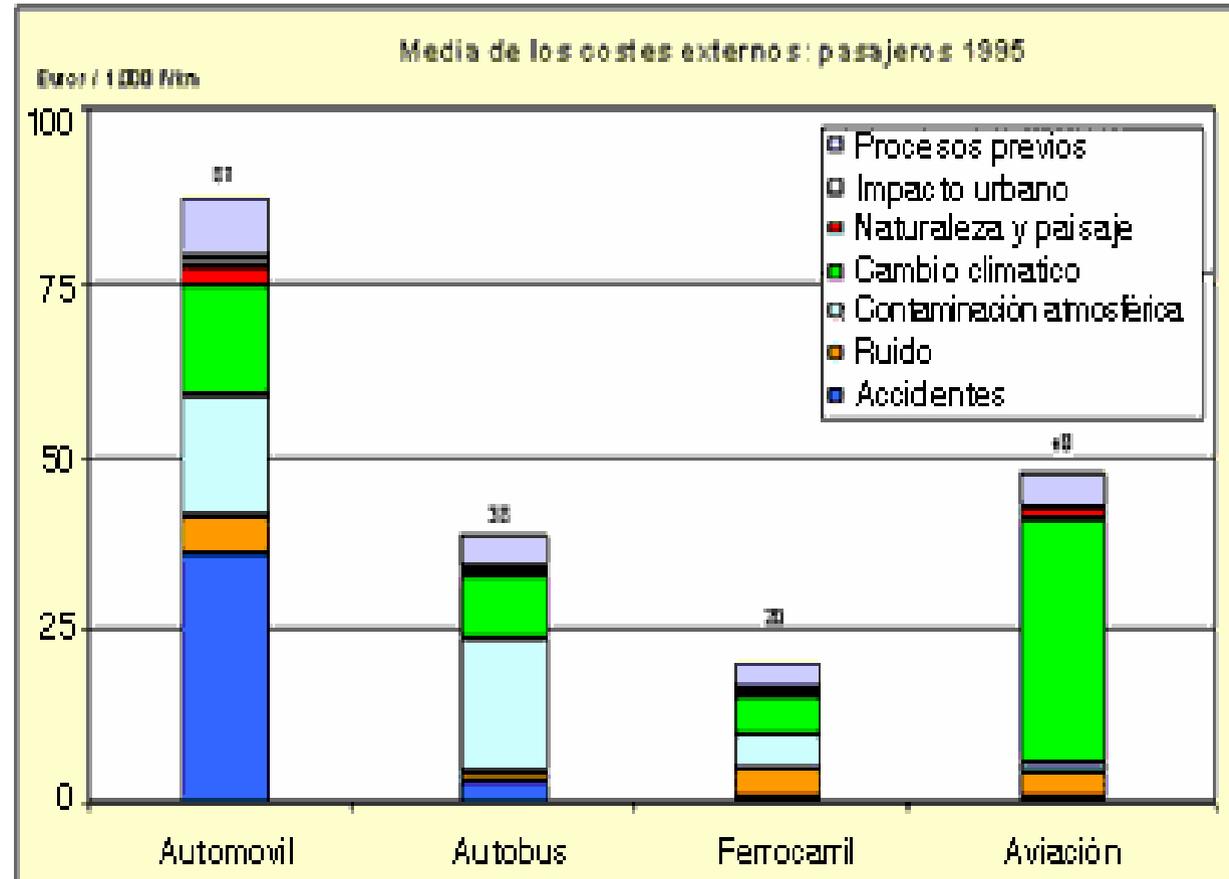
## ECONÓMICAS:

Externalidades no contempladas

Debilidades en la gestión de la demanda

## POLÍTICAS:

Carencia de una gestión integral del sistema



# PLANES DE MOVILIDAD URBANA: OBJETIVOS

---

***MAS SOSTENIBLE***

***MAS COMPETITIVO***

***MAS UNIVERSAL***

***MAS SEGURO***

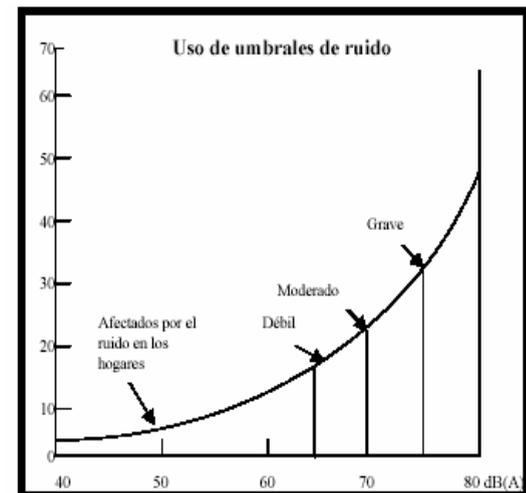
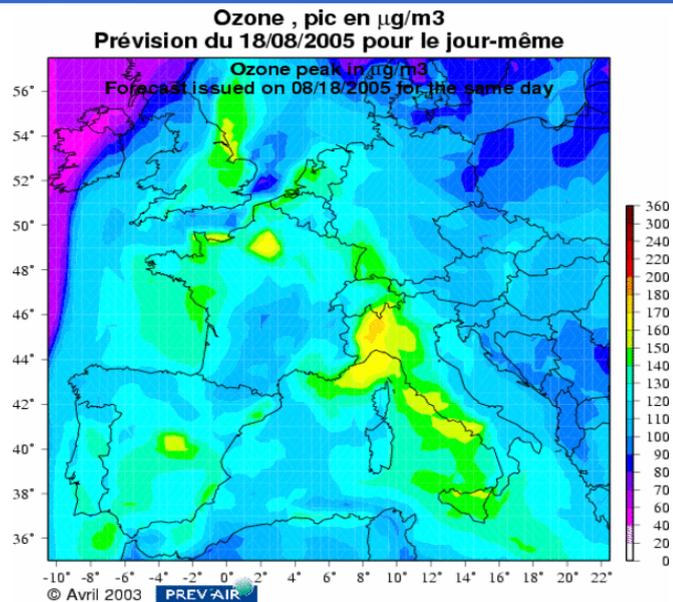


**MEJORAR LA EFICIENCIA  
SOCIAL DEL ESPACIO  
URBANO**

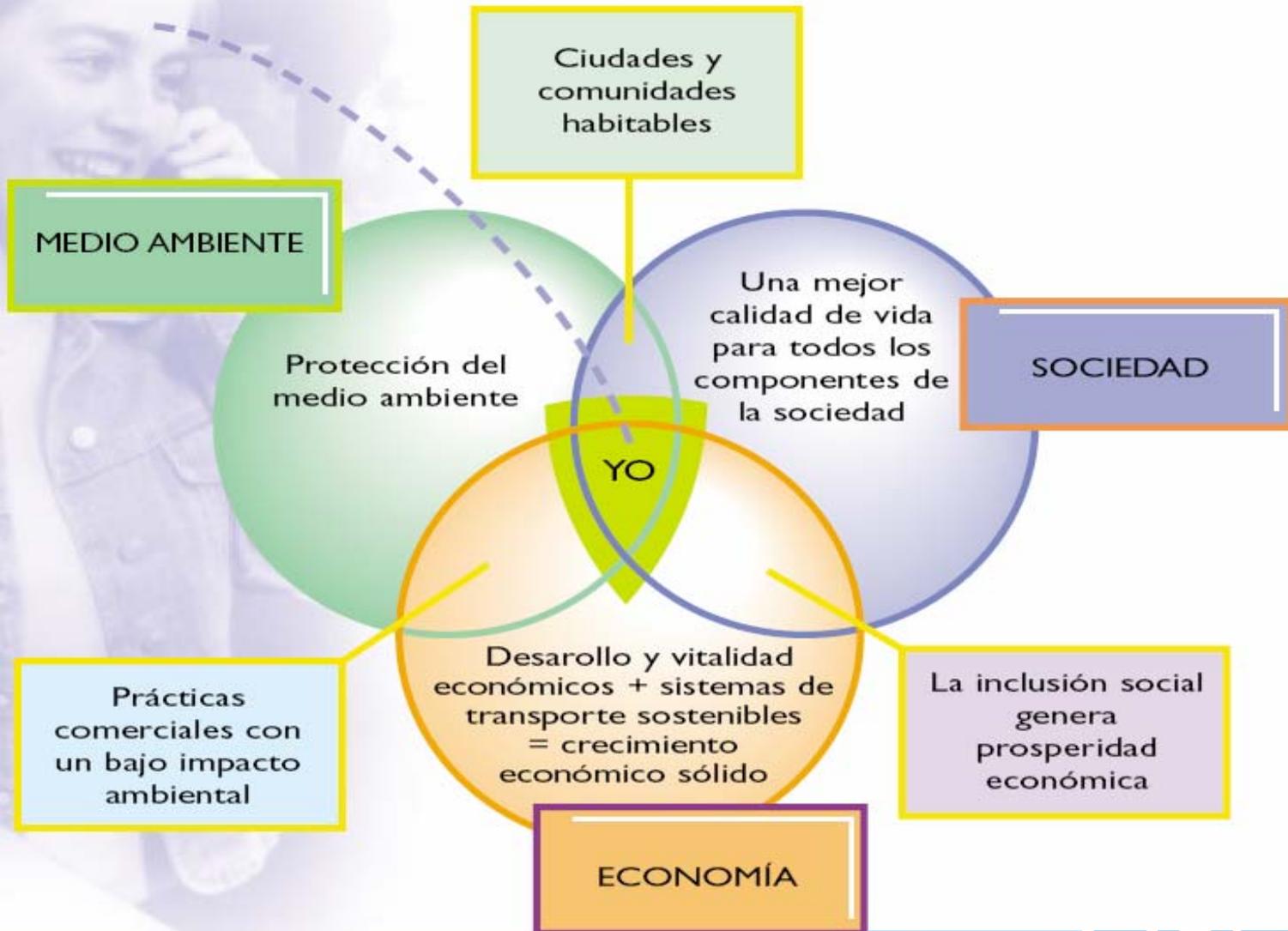
**REDUCIR LA  
CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA**

**REDUCIR LA  
CONTAMINACIÓN  
ACÚSTICA**

**REDUCIR EL CONSUMO DE  
ENERGÍAS NO  
RENOVABLES**



# EL DESARROLLO SOSTENIBLE TIENE EN LA MOVILIDAD UNO DE SUS MÁXIMOS EXPONENTES



**GARANTIZAR LA REGULARIDAD EN LOS TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO DE TODOS LOS MODOS DE TRANSPORTE, EVITANDO LA CONGESTIÓN**

**MEJORAR LA CALIDAD DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN TODOS LOS MODOS DE TRANSPORTE**

**MEJORAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS Y SU INCIDENCIA EN LA MOVILIDAD GENERAL**



**GARANTIZAR EL DERECHO A LA MOVILIDAD DE LOS SECTORES DE POBLACIÓN QUE NO DISPONEN DE VEHÍCULO**



**CONSEGUIR QUE LOS COSTES DE TRANSPORTE PÚBLICO SEAN ASUMIBLES POR TODOS**

**MEJORAR LA ACCESIBILIDAD A LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE LAS PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA**



REDUCIR EL NÚMERO Y  
GRAVEDAD DE LOS  
ACCIDENTES

DISMINUIR LA  
ACCIDENTALIDAD ENTRE  
JÓVENES Y TERCERA EDAD

MEJORAR LA ASISTENCIA A  
LAS VÍCTIMAS



**TODOS LOS OBJETIVOS SE  
CONSEGUIRÍAN UTILIZANDO LOS MEDIOS  
DE TRANSPORTE PÚBLICO**

## Desincentivación del transporte privado

- Regulación del aparcamiento
- Templado de tráfico
- Creación de zonas de residentes
- Peatonalizaciones

## Potenciación del transporte público

- Aumento frecuencias y horarios (donde sea necesario)
- Mejora de la puntualidad
- Aumento velocidad (carril bus, prioridad semafórica)
- Mayor o mejor cobertura
- Aparición de modos más efectivos (intercambiadores)
- Creación de aparcamientos disuasorios

## Introducir una gestión eficaz

- Mayor control del tráfico
- Mayor facilidad al transporte público (política tarifaria)
- Potenciación de modos alternativos (bicicleta)



- La política de fomento del transporte público implica darle preferencia sobre el transporte privado
- Adoptando algunas medidas que permitan una circulación más fluida del autobús (carriles bus).
- En la mayoría de las ciudades se adoptan además medidas complementarias



- Potenciación de los aparcamientos disuasorios y de residentes
- Creación o ampliación de la zona peatonal
- Ampliación de los carriles-bici
- Prioridad semafórica para el autobús en cruces
- Eliminación de aparcamientos en superficie para obtener plataformas exclusivas

## Ecológico

Contamina menos por pasajero-Km. que el vehículo privado  
Nuevas tecnologías que lo hacen menos contaminante (Eléctrico, híbrido, pila de combustible alimentada por hidrógeno)

## Accesible

Acceso en superficie, reduciendo los tiempos de acceso  
Permite acceder a las personas con minusvalías mediante las rampas

## Flexible y adaptable

Es capaz de variar su recorrido en función de las circunstancias (accidentes, manifestaciones etc.)

Menor periodo de instalación nuevas líneas

## Económico

Menor coste de infraestructura y del material móvil



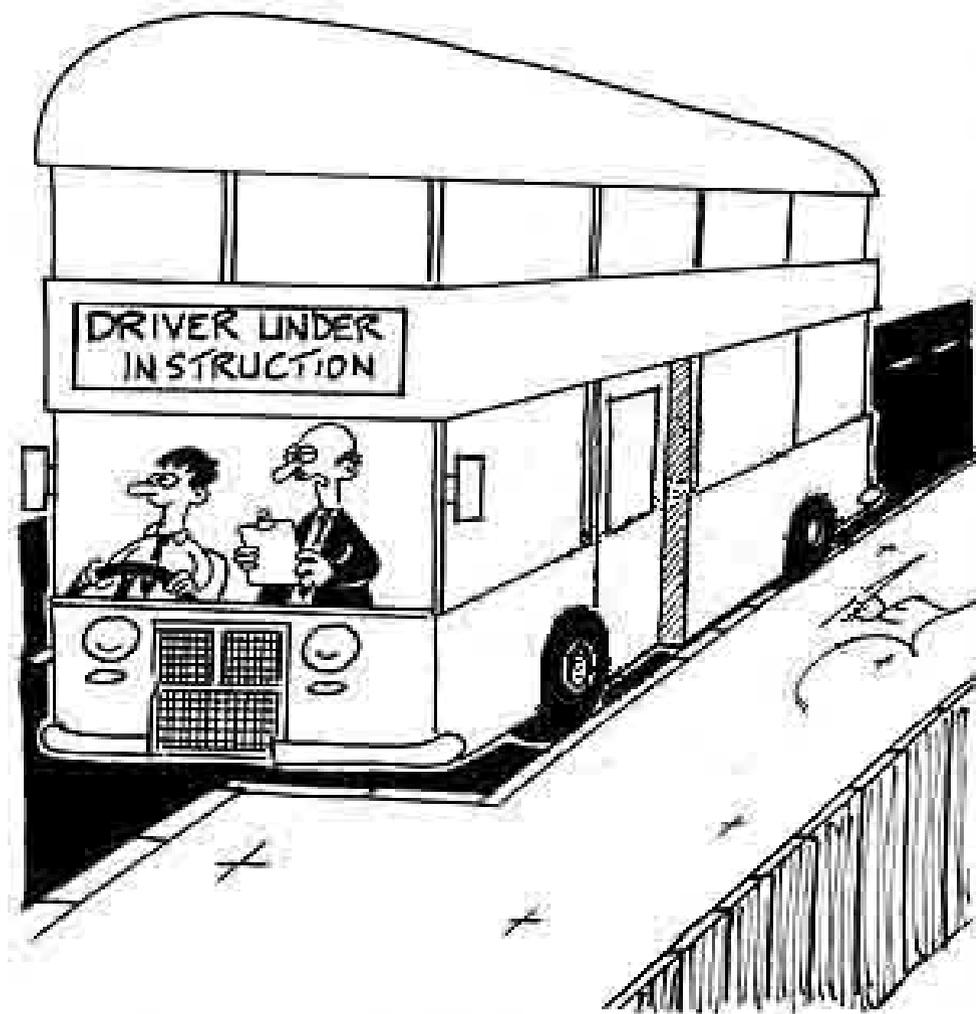
## ⇒ Conducción más eficiente

- Cursos a los conductores

## ⇒ Autobuses más eficientes

- Mejores motores
  - Mejor combustión (diseño motor)
  - Gestión electrónica de la alimentación
- Cajas de cambio más eficientes
  - Programas de cambio mejorados

- Cada grupo estaba compuesto por un instructor y cinco alumnos
- Se han impartido clases entre el 1 de enero y el 15 de octubre
- Han sido impartidas a 1.036 conductores
- La formación se ha dividido en clases teóricas y prácticas



"...And then as a vehicle approaches from behind, quickly pull out in front of it."

- Primero se realizó un recorrido preestablecido
- A continuación se dio en un aula formación sobre los fundamentos teóricos de la conducción eficiente
- A continuación se hizo un recorrido donde se pusieron en práctica los métodos aprendidos
- Se usaron cuatro autobuses dotados de caudalímetro para poder conocer el consumo instantáneo y acumulado



- **Fundamentos teóricos :**

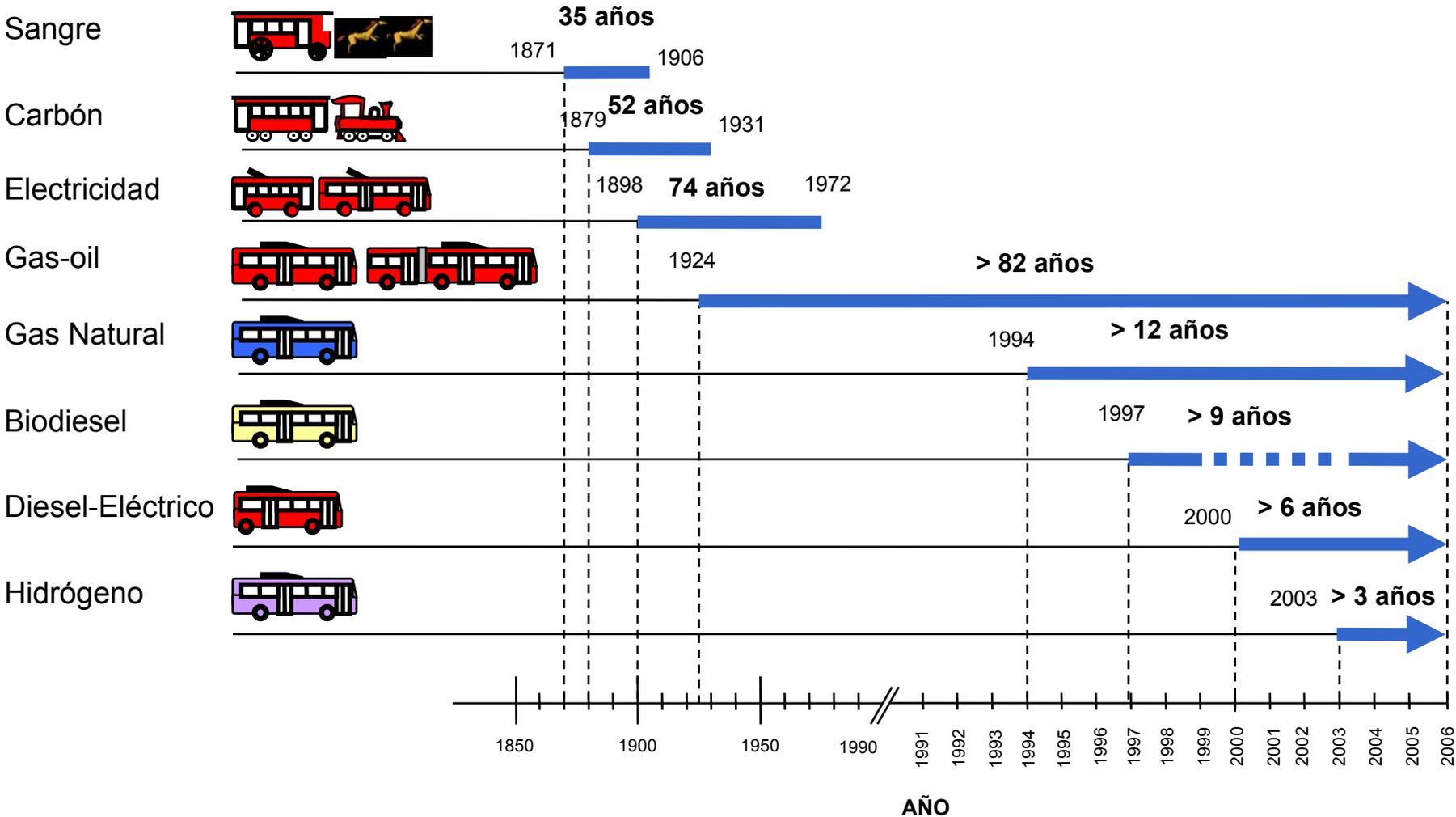
- Uso controlado del acelerador
  - No acelerar al arrancar el motor
  - No acelerar demasiado rápido, ni usar el kick down pues aumenta mucho el consumo
- Llevar las revoluciones del motor en la zona de menor consumo específico
- Prever las condiciones del tráfico para evitar frenar y acelerar innecesariamente (aprovechar las inercias)
- No usar el punto muerto salvo parados
- Apagar el motor al parar el vehículo

## BENEFICIOS

- Ahorro de energía (hasta el 13%)
- Reducción de los costes de mantenimiento
- Reducción de emisiones
- Reducción del riesgo de accidentes
- Mejora del confort del pasaje



## Energía de Tracción



## ■ GASOIL. EVOLUCIÓN. CONTAMINACIÓN PRODUCIDA.

■ En uso en Madrid desde 1924 (los primeros autobuses)

■ Evolución normativa:      Reglamento nº 49, en 1982.

   Directiva 88/77 CEE en Octubre de 1990.

   Directiva 91/542 CEE en Octubre de 1993 (EURO I)

   Octubre de 1996 (EURO II)

   Directiva 1999/96 CEE en Octubre de 2001 (EURO III)

   Octubre de 2006 (EURO IV)

   Octubre de 2009 (EURO V)

■ Los límites varían para el NOx desde 18,0 gramos/kWh a 2 gramos/kWh

   HC desde 3,5 gramos/kWh a 0,46 gramos/kWh

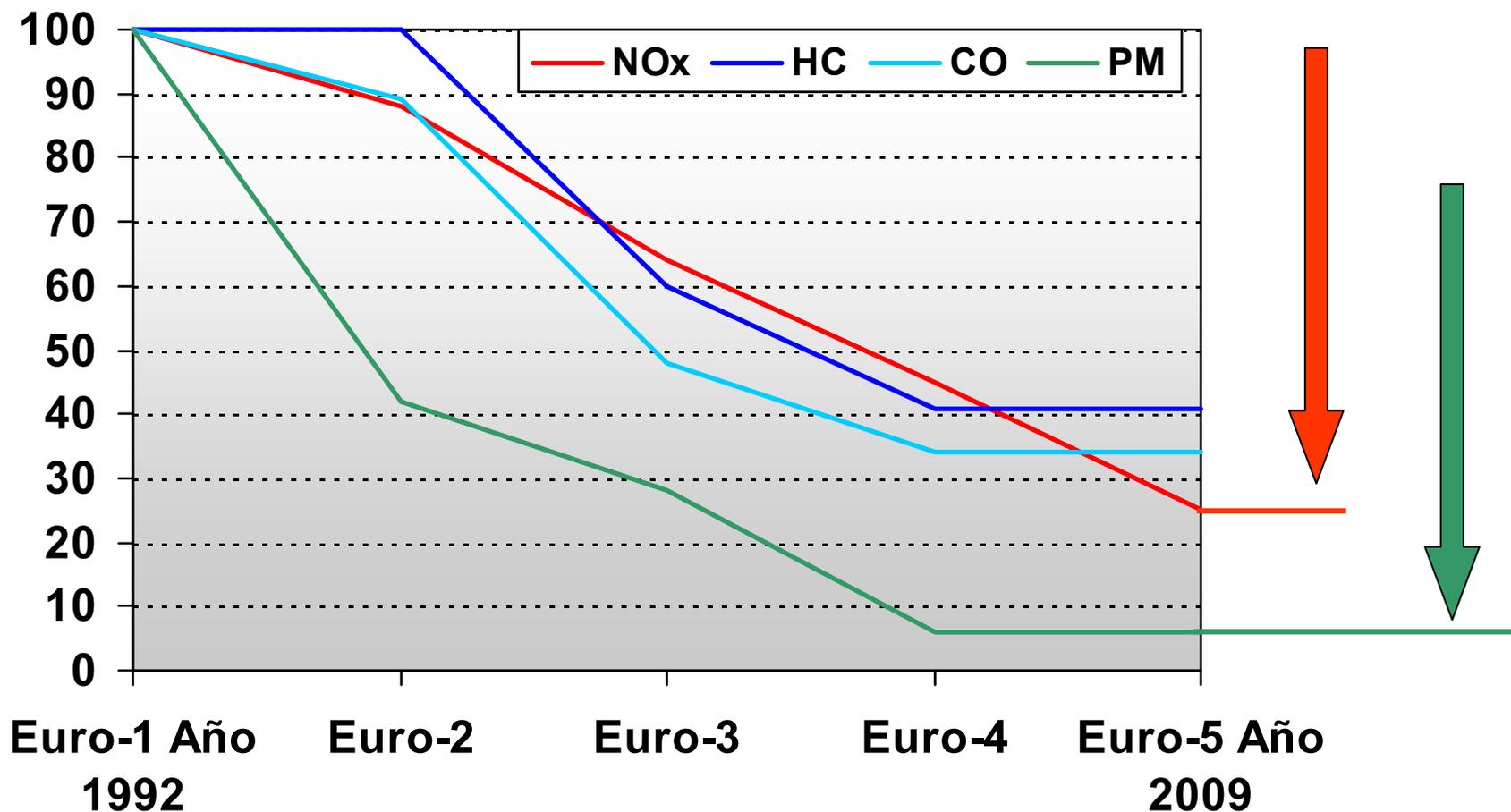
   CO desde 14,0 gramos/kWh a 1,50 gramos/kWh

   Partículas por debajo de 0,02 gramos/kWh

# LÍMITES DE EMISIONES: MOTORES DE COMBUSTIÓN

NORMATIVA	Fecha Matriculación	grs./kWh			
		NOx	HC	CO	Partículas
Reglamento nº 49	1982	18,0	3,5	14,00	---
Directiva 88/77 CEE	Octubre 1990	14,4	2,4	11,20	---
Directiva 91/542 CEE EURO I	Octubre 1993	8,0	1,1	4,50	0,36
Directiva 91/542 CEE EURO II	Octubre 1996	7,0	1,1	4,50	0,15
Directiva 1999/96 CEE EURO III	Octubre 2001	5,0	0,66	2,10	0,10
Directiva 1999/96 CEE EURO IV	Octubre 2006	3,5	0,46	1,50	0,02
Directiva 1999/96 CEE EURO V	Octubre 2009	2,0	0,46	1,50	0,02
<b>IVECO CITYCLASS GNC</b>	---	<b>1,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,37</b>	<b>0,010</b>

## Variación de los límites de emisiones motores Diesel



¿Como se ha llegado al nivel EURO IV?

- Mejora de los motores.
- Mejora de los combustibles.
- Nuevas tecnologías:

## **EGR (Recirculación de los Gases de Escape)**

Sistema que introduce parte de los gases de escape, previamente enfriados, en la entrada de aire del motor.

Disminuye la temperatura de combustión

Limita NO<sub>x</sub>

## **SCR (Reducción Catalítica Selectiva)**

Post-tratamiento de los gases de escape mediante la inyección de un aditivo (UREA). La urea reacciona con los NO<sub>x</sub>, transformándose en vapor de agua y N<sub>2</sub>.



# EL GAS NATURAL COMPRESIONADO (GNC)

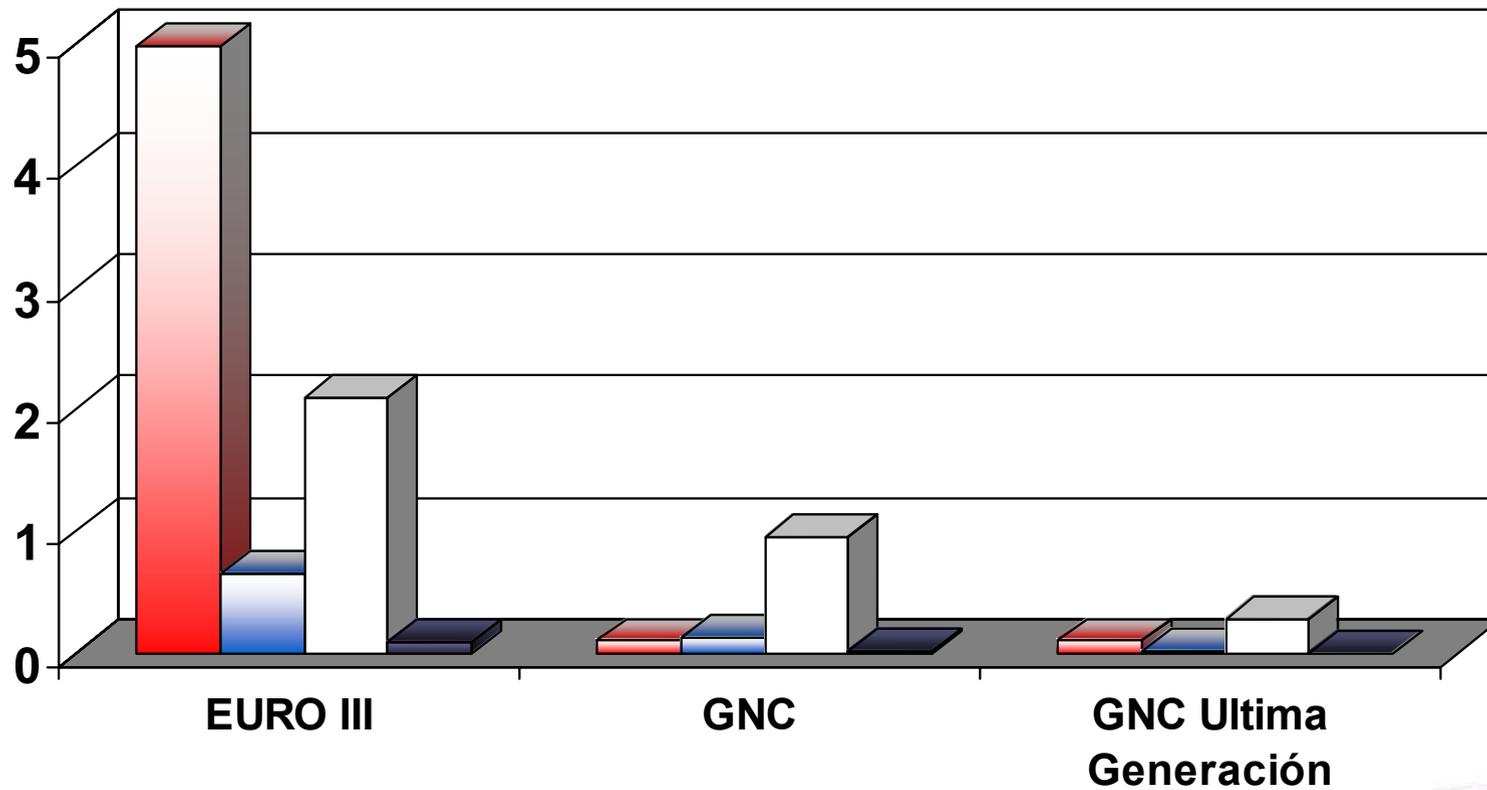


## GAS NATURAL COMPRIMIDO, HISTORIA EN LA EMT

- Año 1994. Proyecto ECOBUS. IVECO/PEGASO, GAS NATURAL,
- Desde el año 1995, crecimiento constante de la flota hasta 336 en el año 2007.
- Contaminan muy poco:
  - NOx, inferior a 0,11 gr/kWh.
  - HC, inferior a 0,02 gr/kWh.
  - CO, inferior a 0,28 gr/kWh.
  - Partículas, inapreciable.



grs/kWh



- 4 compresores de 750 Nm<sup>3</sup> de caudal unitario y 160 kW de potencia cada uno.
- 62 posiciones de llenado en parking.
- Capacidad de compresión: 3.300 Nm<sup>3</sup>/hora.
- Tiempo de llenado: 20 vehículos/hora
- Se ha previsto un grupo electrógeno de 630 kVA que posibilita el funcionamiento de la estación al 50%



- 5 compresores de 2.500 Nm<sup>3</sup> de caudal unitario y 315 kW de potencia cada uno.
- Modulo de almacenamiento en cascada en alta y media presión.
- 6 puestos de llenado rápido (3 minutos) de funcionamiento simultáneo.
- Capacidad de compresión: 12.500 Nm<sup>3</sup>/hora.
- Tiempo de llenado: 100 vehículos/hora
- Se ha previsto un grupo electrógeno de 1.100 kVA que posibilita el funcionamiento de la estación al 40%





# EL BIODIESEL



- Ester metílico o etílico derivado de aceites vegetales obtenidos de plantas oleoginosas: Soja, colza, palma.

## EXPERIENCIAS

- BIO-BUS: Año 1997/1999, mezcla (70% gasoil, 30% biodiesel) en 2 autobuses durante 10 meses. Colaboraron IDAE, Repsol, INSIA, CLH. Más de 200.000 kilómetros sin ningún problema.
- IDAE: Noviembre 2003. Pruebas con distintos porcentajes de biodiesel, en 2 autobuses MAN y 2 autobuses IVECO con nivel EURO III. Se hicieron más de 42.000 kilómetros sin ningún problema.
- CLM: Julio 2005, mezcla (80% gasoil, 20% biodiesel) Se hicieron más de 300.000 kilómetros sin ningún problema.
- EHN: Octubre 2005, 6 autobuses hasta 100% biodiesel. Se hicieron más de 300.000 kilómetros sin ningún problema.
- EMT: Octubre 2006, se continuó la experiencia con 200 autobuses utilizando mezcla 80% gasoil, 20% biodiesel. Se hicieron de 3.000.000 kilómetros sin ningún problema.



- Ensayo pionero realizado en el año 1997
- Segunda fase realizada entre los años 1998 y 1999
- Realizado en dos autobuses Pegaso 6424
- 30 % Ester metílico derivado de aceite de girasol y 70% gasoleo convencional
- Combustible importado de Francia



## PRIMER ENSAYO CON BIOCOMBUSTIBLE (1997)



- Ester metílico derivado de aceite de girasol.
- Ensayo en Man NL263F con distintos porcentajes de biocombustible y gasoleo
- Ensayo realizado entre enero y diciembre de 2005
- Biodiesel de fabricación nacional



<b>PORCENTAJE</b>	<b>FECHAS</b>	<b>Km. RECORRIDOS</b>	<b>LITROS CONSUMIDOS</b>	<b>CONSUMO l/100 Km.</b>
100 % BIO	23-01-2005 21-02-2005	4.301	2.887	67,13
30 % BIO 70 % DIESEL	22-02-2005 15-03-2005	1.949	1.248	64,04
50 % BIO 50 % DIESEL	16-03-2005 17-05-2005	11.009	6.988	63,47
20 % BIO 80 % DIESEL	18-05-2005 23-12-2005	25.467	15.397	60,45



- Biodiesel derivado de aceites vegetales reciclados
- Fabricación nacional, Castilla la Mancha
- 20 % biológico y 80 % diesel convencional
- Ensayo realizado en seis coches:
  - 3 Man 263F (Euro III)
  - 3 Iveco Cursor (Euro III)
- Fecha de inicio: Julio de 2005



<b>MODELO</b>	<b>LÍNEAS</b>	<b>Km. RECORRIDOS</b>	<b>LITROS CONSUMIDOS</b>	<b>CONSUMO l/100 Km.</b>
Man 263F	160 - 161 – 162	47.793	32.021	67,00
Iveco CityClass	49 - 150	84.773	39.846	47,00
<b>TOTAL</b>		<b>166.420</b>	<b>98.574</b>	<b>59,23</b>



- Ester metílico derivado de aceites vegetales de primera utilización
- Combustible biológico puro al 100%
- Ensayo realizado en seis coches:
  - 2 Mercedes 405N (Euro II)
  - 2 Iveco CityClass (Euro II)
  - 2 Iveco Cursor (Euro III)
- Fecha de inicio: Octubre de 2005
- Fabricación nacional



<b>MODELO</b>	<b>LÍNEAS</b>	<b>Km. RECORRIDOS</b>	<b>LITROS CONSUMIDOS</b>	<b>CONSUMO l/100 Km.</b>
Mercedes 405N	72	46.696	30.418	65,14
Iveco CityClass	68	75.523	40.021	52,99
Iveco Cursor	66-173	44.202	28.136	63,65
<b>TOTAL</b>		<b>166.420</b>	<b>98.574</b>	<b>59,23</b>



MODELO	CONSUMO BIODIESEL	CONSUMO DIESEL CONTROL	INCREMENTO CONSUMO
BIO BUS	61,73	60,46	2,10%
IDAE – 100 %	67,13	60,48	11,00%
IDAE – 50 %	63,47	60,79	4,41%
EHN – 100 %	64,42	59,24	8,74%
CLM – 20 %	54,21	52,56	3,14%



- Uso sin modificaciones técnicas
- Sin averías o efectos adversos
- Igualdad de prestaciones al diesel convencional
- Ligero incremento de consumo, dependiendo del tipo y porcentaje
- Producción íntegramente nacional
- Olor característico





# BIO ETANOL



- Se usa en Brasil, en Estados Unidos, en Francia y en Suecia.
- En Estocolmo, más de 100 autobuses urbanos, han usado etanol.
- El Bioetanol es alcohol etílico producido a partir de la fermentación de azúcares que se encuentra en productos vegetales (cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa)
- Tipos de carburantes:
  - Fabricación de ETBE (45% etanol, 55% isobutilenos de refinería)
  - E5, mezcla directa con gasolina hasta el 5% (limite fiscal)
  - Mezclas superiores, E10 (EE.UU.), E25 (Brasil), E85 (Suecia, España). E95 (Estocolmo, Madrid), E100 (motores especiales, Brasil)
  - E-Diesel, mezcla con gasoil, utilizando un aditivo co-disolvente.



- Cinco autobuses Scania Euro III diseñados específicamente para Bioetanol
- Combustible: Bioetanol E95:
- 95 % Etanol de origen Biológico
- 5 % acelerantes de ignición
- Entrada en servicio en la primavera de 2007





# EL HIDRÓGENO VECTOR ENERGÉTICO EN LAS PILAS DE COMBUSTIBLE



EMT ha colaborado en tres programas.

- Proyectos **CUTE** y **HyFLEET:CUTE**, con Evobus y Daimler

Autobús de pila de combustible alimentada por hidrógeno

3 autobuses durante tres años.

Se han recorrido 150.000 km y transportado mas de 560.000 viajeros

- Proyecto **City-Cell**, con Irisbus.

Autobús híbrido, pila de combustible y baterías.



**Resultados a 30 de septiembre de 2005**

<b>AUTOBÚS</b>	<b>FECHA DE ENTREGA</b>	<b>FECHA DE ENTRADA EN SERVICIO</b>	<b>DIAS TRABAJADOS</b>	<b>HORAS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>km</b>	<b>Kg de H<sub>2</sub></b>	<b>PASAJEROS</b>
9051	05-05-03	19-06-03	293	2.735,2	26.871	8.074,99	116.085
9053	31-07-03	07-08-03	385	2.908,8	39.317	10.082,62	125.246
9052	25-09-03	01-10-03	362	3.104,8	32.669	9.523,48	129.368
<b>TOTAL</b>			<b>1.040</b>	<b>8.748,8</b>	<b>98.857</b>	<b>27.681,09</b>	<b>370.699</b>

Consumo medio de hidrógeno: 0,280 Kg. H<sub>2</sub>/Km.

Hidrógeno empleado: 27.681 Kg.

Velocidad Media: 11,29 Km./h



**Resultados a 31 de diciembre de 2006**

AUTOBÚS	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTRADA EN SERVICIO	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	Km.	Kg. de H <sub>2</sub>	PASAJEROS
9051	05-05-03	16-01-06	1.104	15.875	4.753	61.290
9053	31-07-03	16-01-06	1.312	16.519	4.608	59.906
9052	25-09-03	16-01-06	1.047	18.907	5.573	68.825
<b>TOTAL</b>			<b>3.463</b>	<b>51.301</b>	<b>14.934</b>	<b>190.021</b>

Consumo medio de hidrógeno: 0,291 Kg. H<sub>2</sub>/Km.

Hidrógeno empleado: 14.934 Kg.





**Muchas gracias por su atención**

