

ME741: Emisiones Vehiculares

Introducción al motor de combustión interna

***Expositor: Dr. Mauricio Osses
Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de Chile***





Clasificación de contaminantes atmosféricos vehiculares

- Las emisiones antropogénicas emitidas por los vehículos motorizados se pueden clasificar según su origen, su efecto sobre el medio ambiente o simplemente según la legislación vigente
- Emisiones antropogénicas son aquellas producidas por la acción del hombre en el medio
- En términos generales, las fuentes de emisión se clasifican en fijas y móviles, y las últimas emiten contaminantes a la atmósfera como emisiones evaporativas, de escape o por desplazamiento
- Según su efecto nocivo sobre el medio ambiente, las emisiones pueden ser primarias o fotoquímicas
- Existen algunos contaminantes que se encuentran regulados por leyes o estándares de emisión y otros que no, aún cuando su efecto nocivo esté científicamente demostrado.

Emisiones emitidas por vehículos motorizados

Existen tres fuentes principales y algunas secundarias:

- Por los respiraderos del motor, donde escapes de gas del pistón o vapores de aceite son evacuados (CO, HCT)
- En el sistema de combustible, donde emisiones evaporativas desde el carburador o la entrada de aire de la inyección de combustible, y el tanque de combustible son evacuadas a la atmósfera (HCT)
- En el sistema de escape, donde los productos de una combustión incompleta son expelidos desde el tubo de escape a la atmósfera (CO, HCT, NOx, PM10)
- También se consideran las emisiones producidas por el desplazamiento del vehículo sobre un camino sucio con material particulado o polvo, el cual es resuspendido en la atmósfera (PM10)
- El desgaste de neumáticos participa en la emisión de material asociado a partículas en suspensión, así como el desgaste de frenos. Ambos temas están en estudio actualmente y su incidencia es discutida

Emisiones emitidas por vehículos motorizados

Dentro de un motor, la combustión completa de combustible compuesto exclusivamente de carbón e hidrógeno, solamente generaría CO_2 y H_2O . Sin embargo, el corto tiempo disponible para que el proceso de oxidación química se desarrolle al interior de la cámara, la falta de homogeneidad en la mezcla, así como la heterogeneidad y variaciones de temperatura, no permiten el estado de equilibrio termodinámico ideal necesario. Esto significa que aparecen productos de combustión incompleta en el escape, así como compuestos de azufre de los residuos sulfurosos del combustible que permanecen en el motor. Además, se presentan también óxidos de nitrógeno formados a partir del nitrógeno inerte presente en el aire, debido a las altas temperaturas de oxidación.

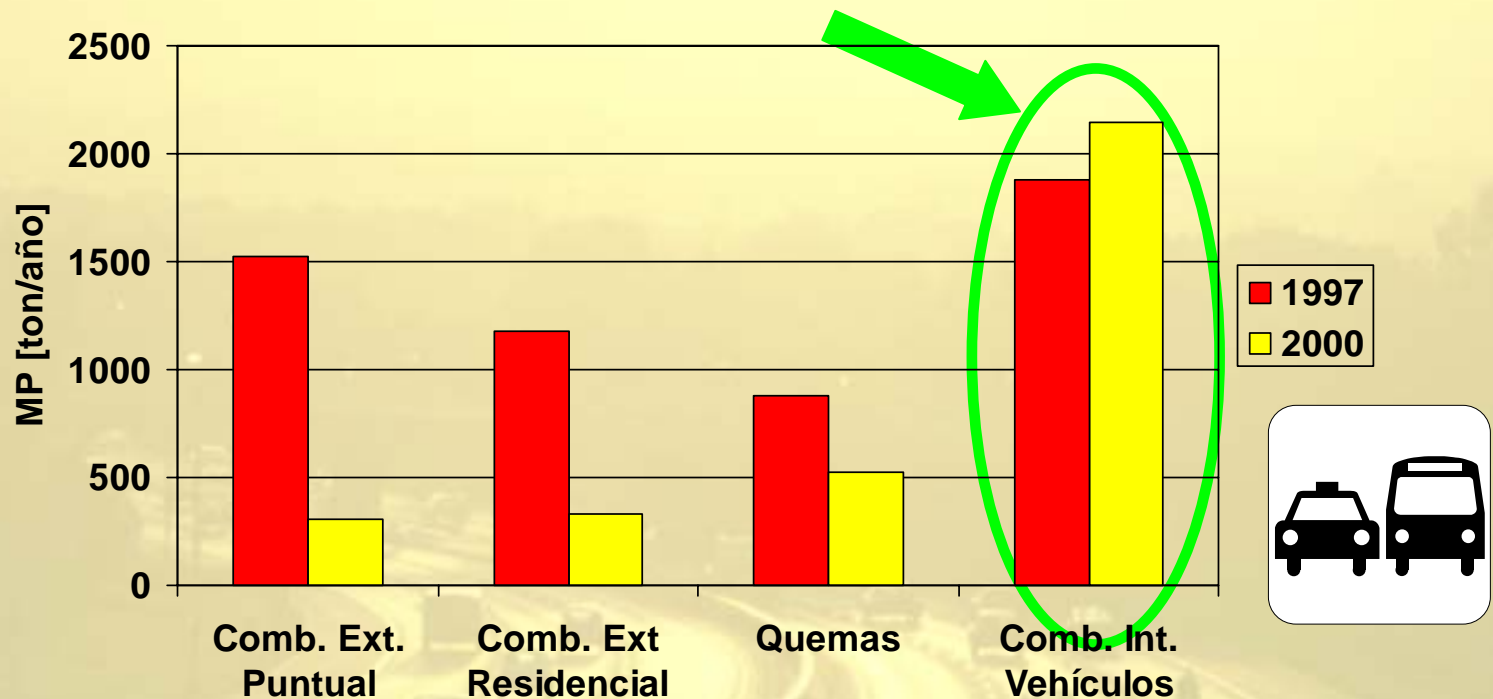
Emisiones emitidas por vehículos motorizados

Los contaminantes emitidos por motores de combustión interna son los mismos, independientemente del tipo de combustión considerada, sea esta de encendido por chispa (SI) o por compresión (CI). Sin embargo, el motor diesel (CI) emite partículas de carbón que son prácticamente inexistentes en vehículos operados con gasolina (SI).

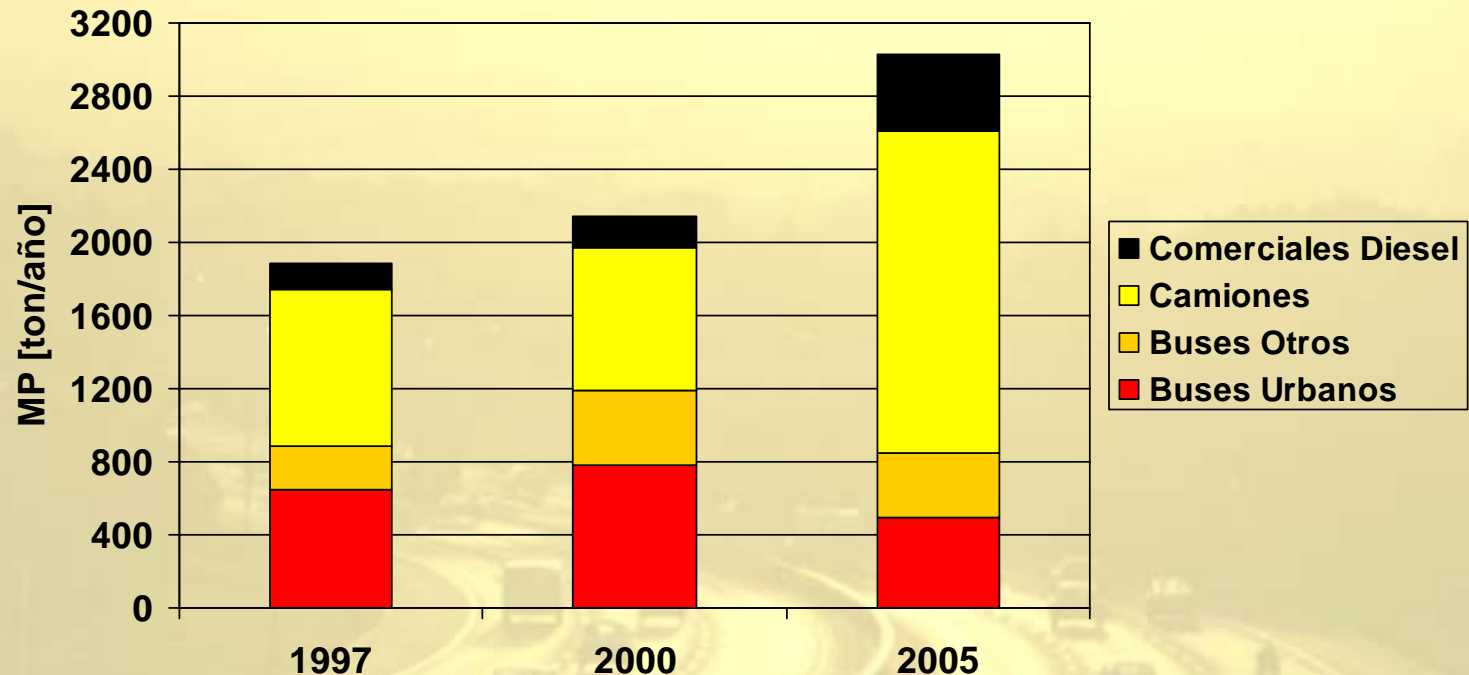
Solamente las cantidades emitidas relativas varían según el tipo de motor, su diseño, su geometría interna, y sus condiciones de operación. Dos contaminantes adicionales son los óxidos de azufre, los cuales varían directamente con el contenido de azufre del combustible, y los aldehídos, los cuales se presentan al usar alcohol como combustible.

Debido al corto tiempo de combustión durante un ciclo de motor, y la heterogeneidad de la temperatura y composición de la mezcla, las concentraciones de contaminantes en el escape difieren substancialmente de los valores obtenidos por cálculos basados en equilibrio termodinámico.

Comparación de fuentes en la emisión de Material Particulado

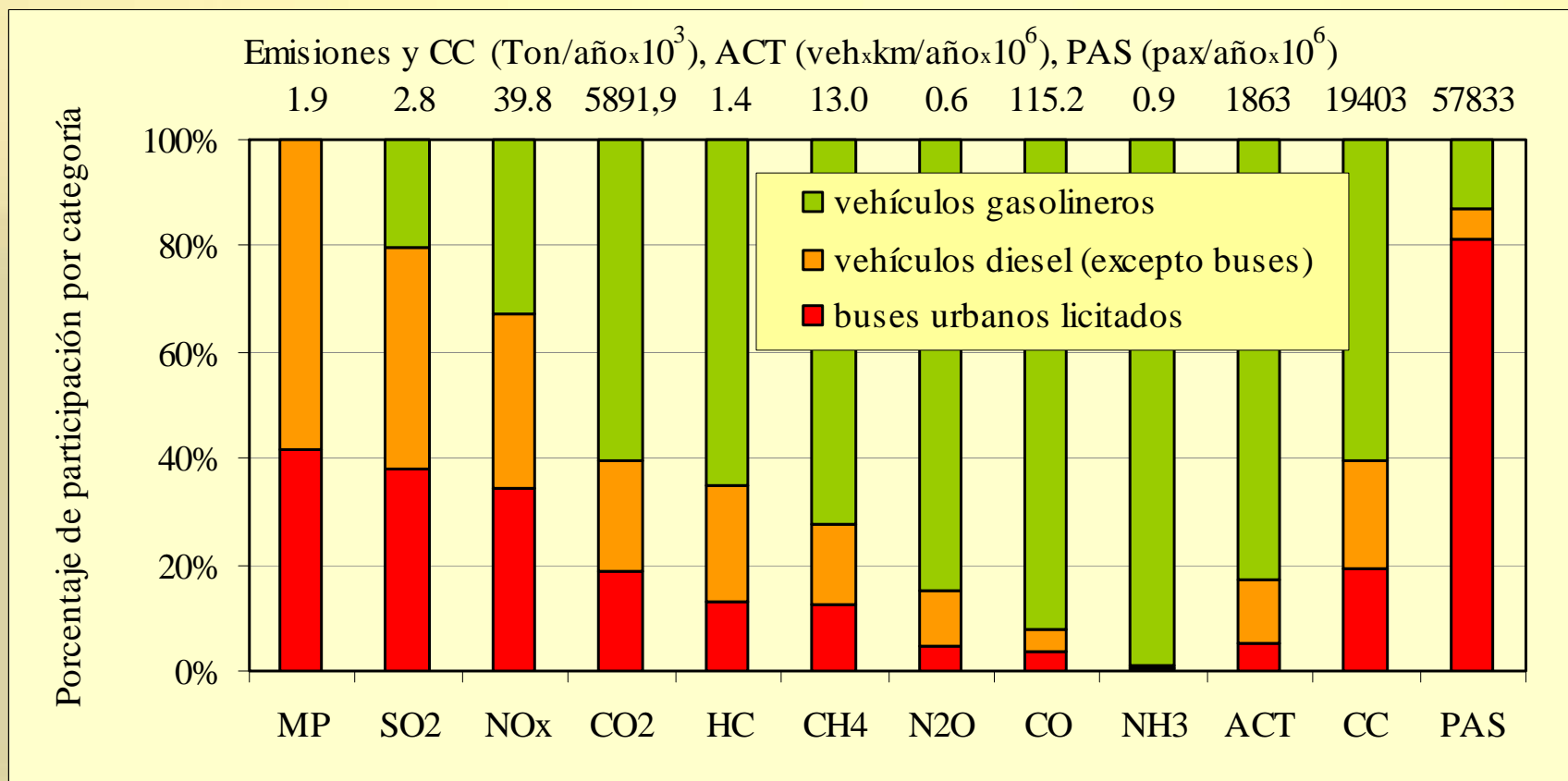


Responsabilidad de vehículos diesel en la emisión de MP



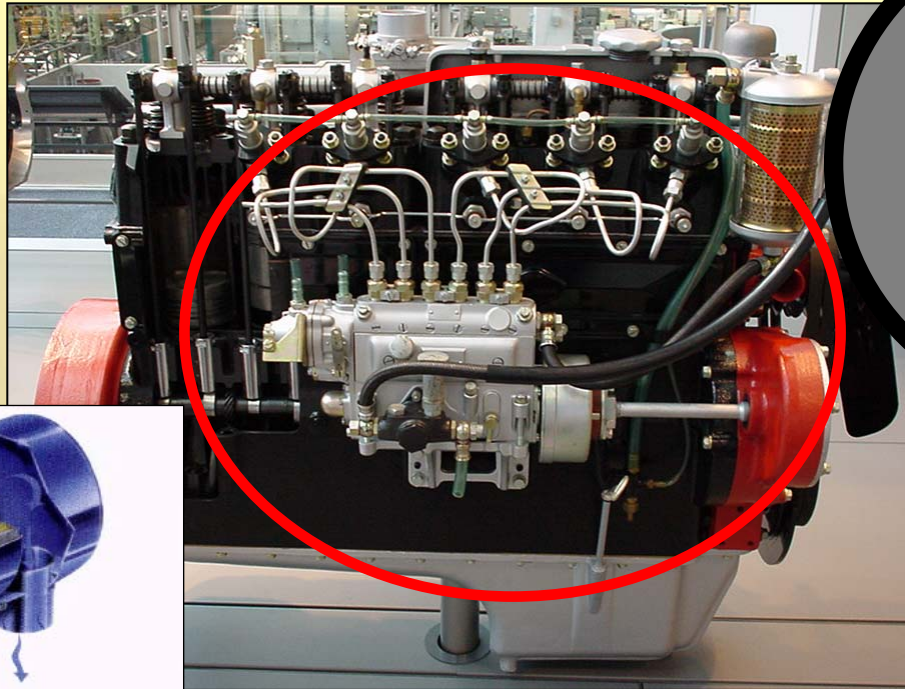
Comparación diesel-gasolina

Emisiones y Actividad 2000

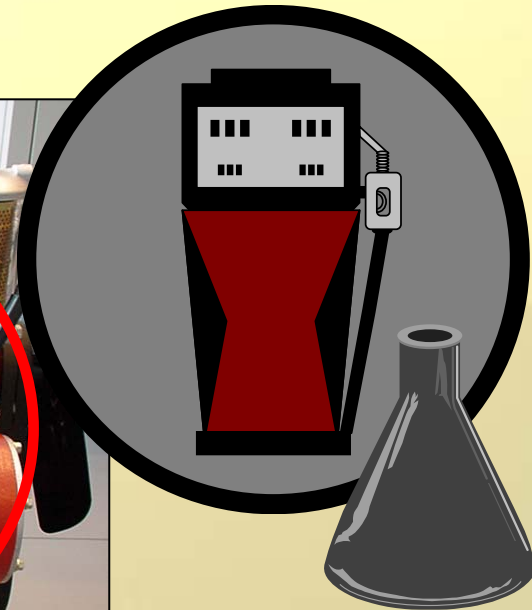
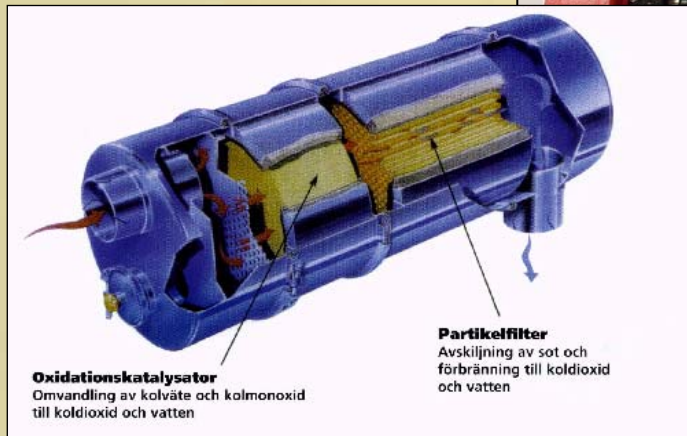


Principales causas de emisión de MP y algunos mecanismos de control

Proceso de combustión interna

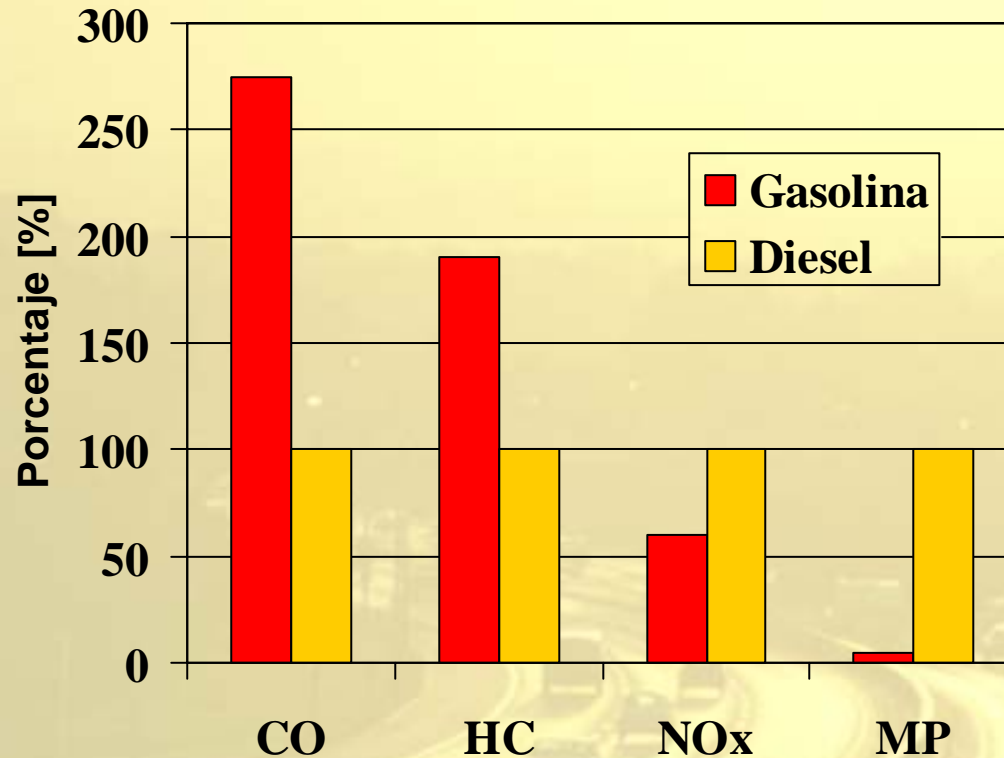


Tratamiento de gases de escape



Combustibles

Formación de MP y contaminantes gaseosos en motores diesel y gasolina



Ventajas motor diesel:

Buen rendimiento

Bajas emisiones de gases

Durabilidad y seguridad

Razones:

Buen rendimiento

Alta eficiencia

Mezcla pobre

Autoencendido

Desventajas:

Mayor mantención

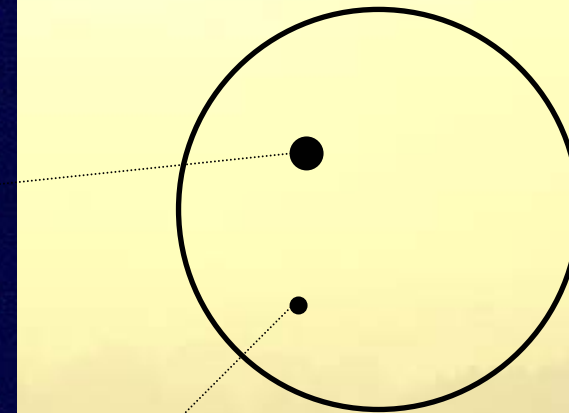
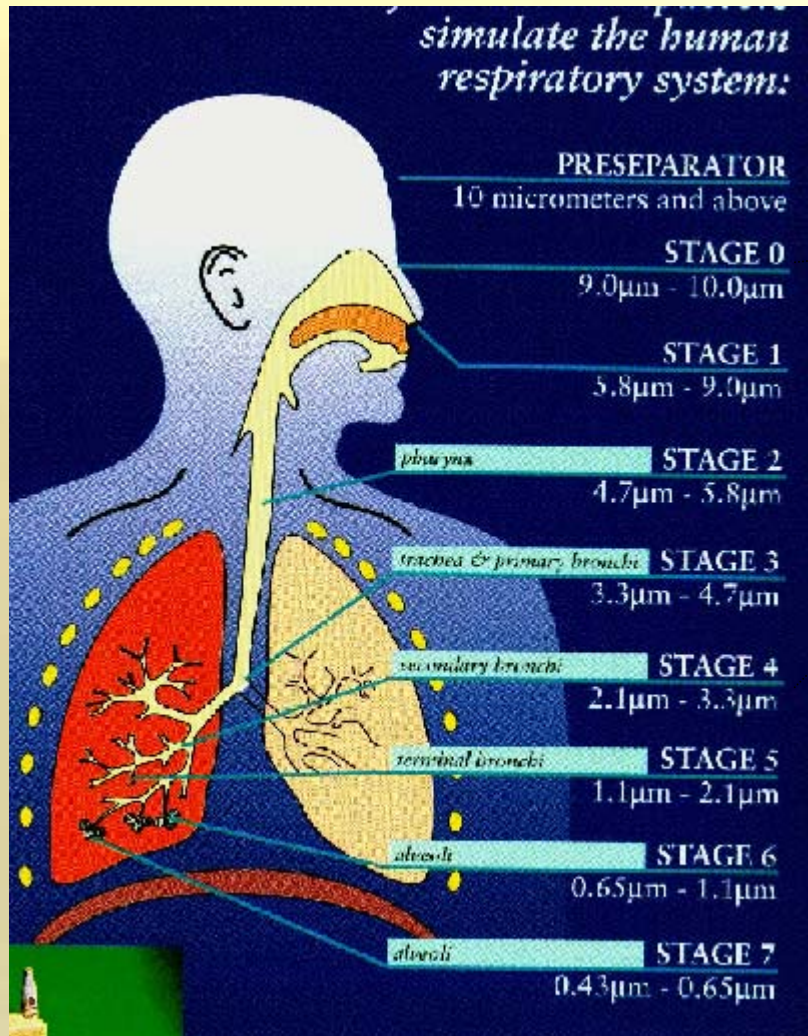
Material particulado

Mayor peso y ruido

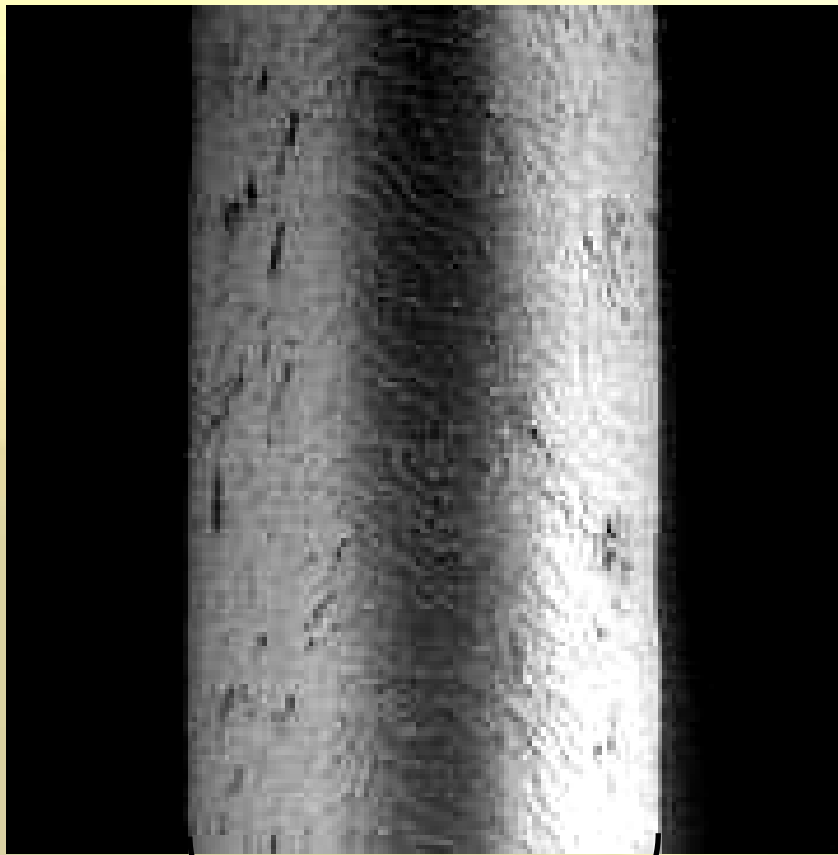
Emisiones de MP: efectos en la salud

- La presencia de hollín indica la existencia de altos niveles de material particulado. Sin embargo, no existe una relación directa entre hollín (opacidad, índice de ennegrecimiento) y material particulado respirable (MP_{10}).
- El material particulado emitido por motores de combustión interna diesel es altamente respirable debido a su pequeño tamaño y, además, posee características químicas de efecto cancerígeno, las que se suman a su efecto nocivo sobre el sistema respiratorio.

Emisiones de MP: efectos en la salud

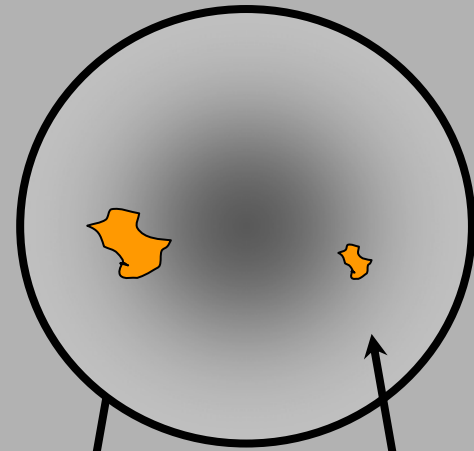
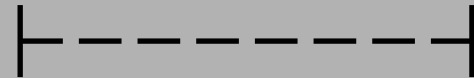


Motores diesel



Human Hair
(60 μm diameter)

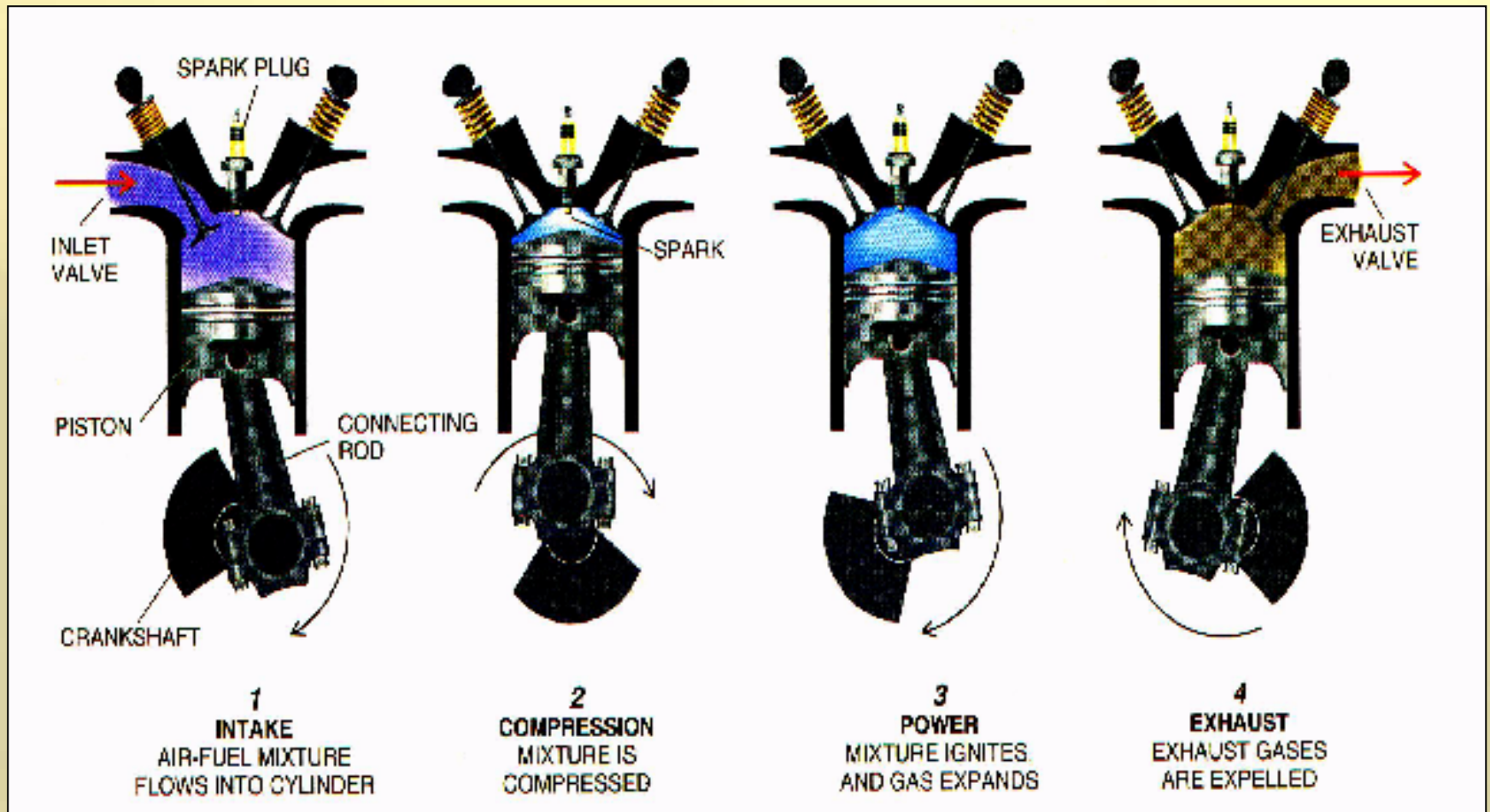
Hair cross section (60 μm)



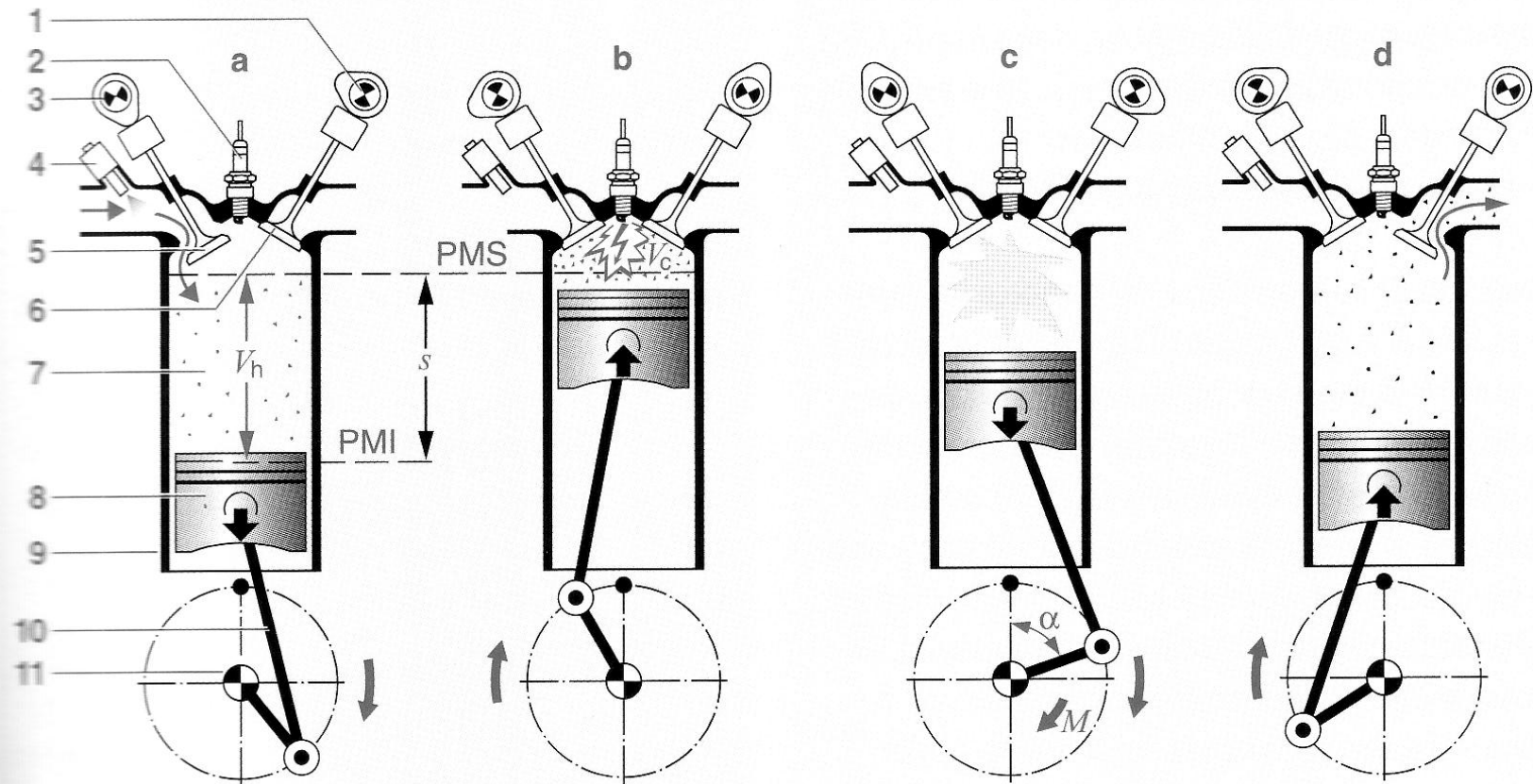
PM₁₀
(10 μm)

PM_{2.5}
(2.5 μm)

Ciclo de cuatro tiempos



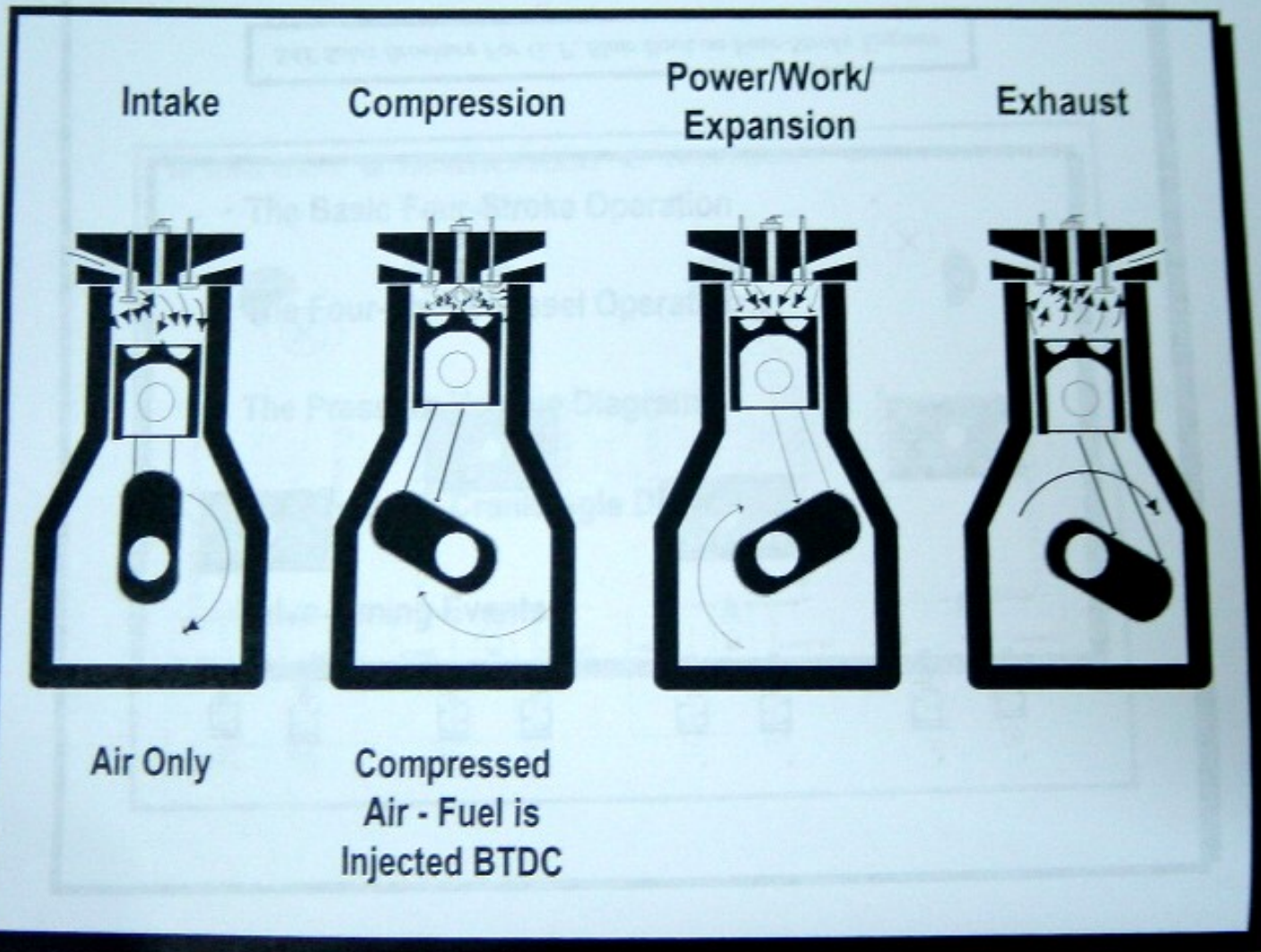
1 Ciclo de trabajo del motor de gasolina de 4 tiempos (tomando como ejemplo un motor de inyección en el tubo de admisión y árboles de levas separados para admisión y escape).



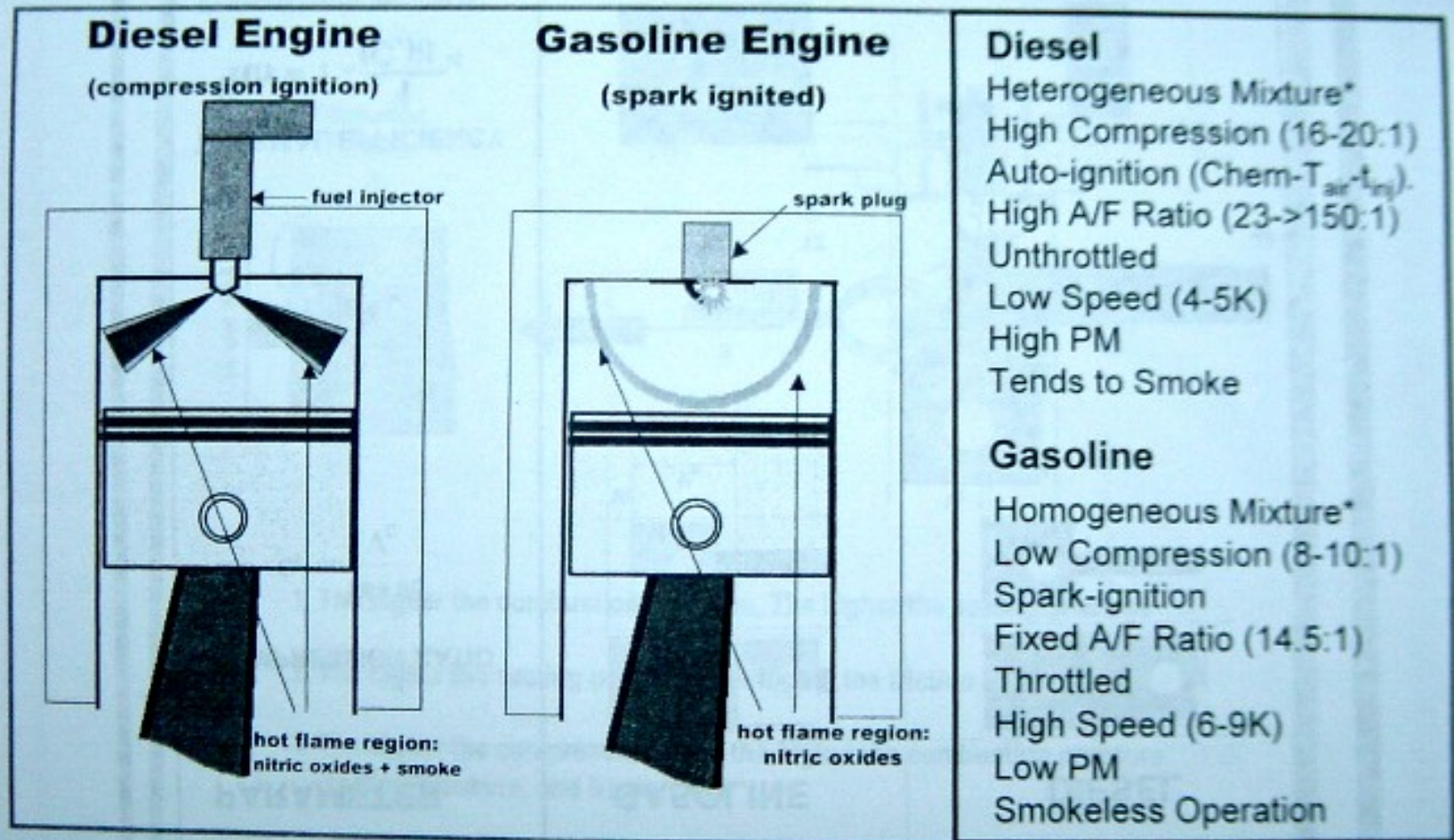
Video SI



The Four-Stroke Diesel Operation



Brief Comparison Between Diesel and Gasoline



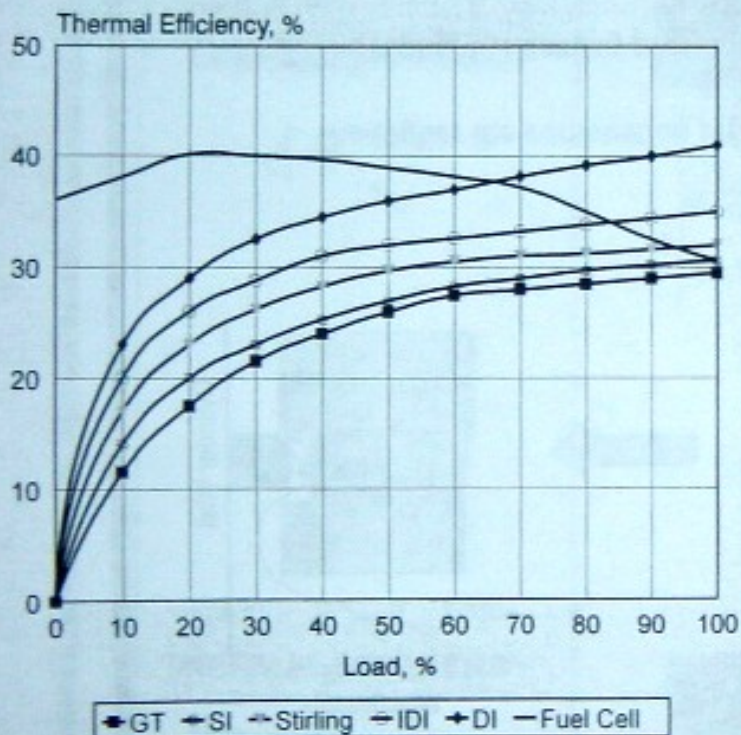
*Heterogeneous: Fuel is injected into air

*Homogeneous: Fuel is pre-mixed with air

Adapted From Caterpillar-K. Duffy-DEER 2002

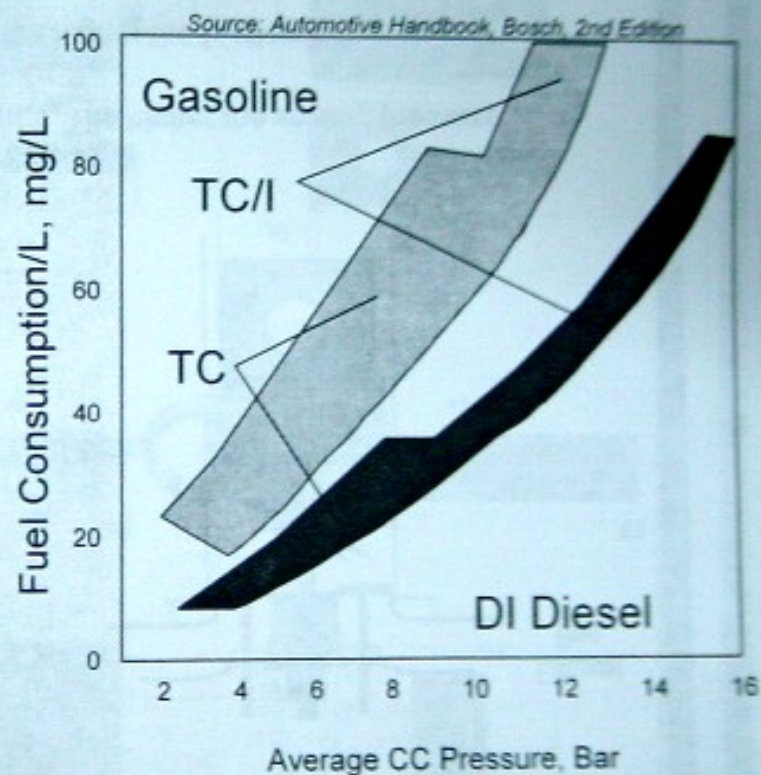
Fuel Consumption

Energy Conversion

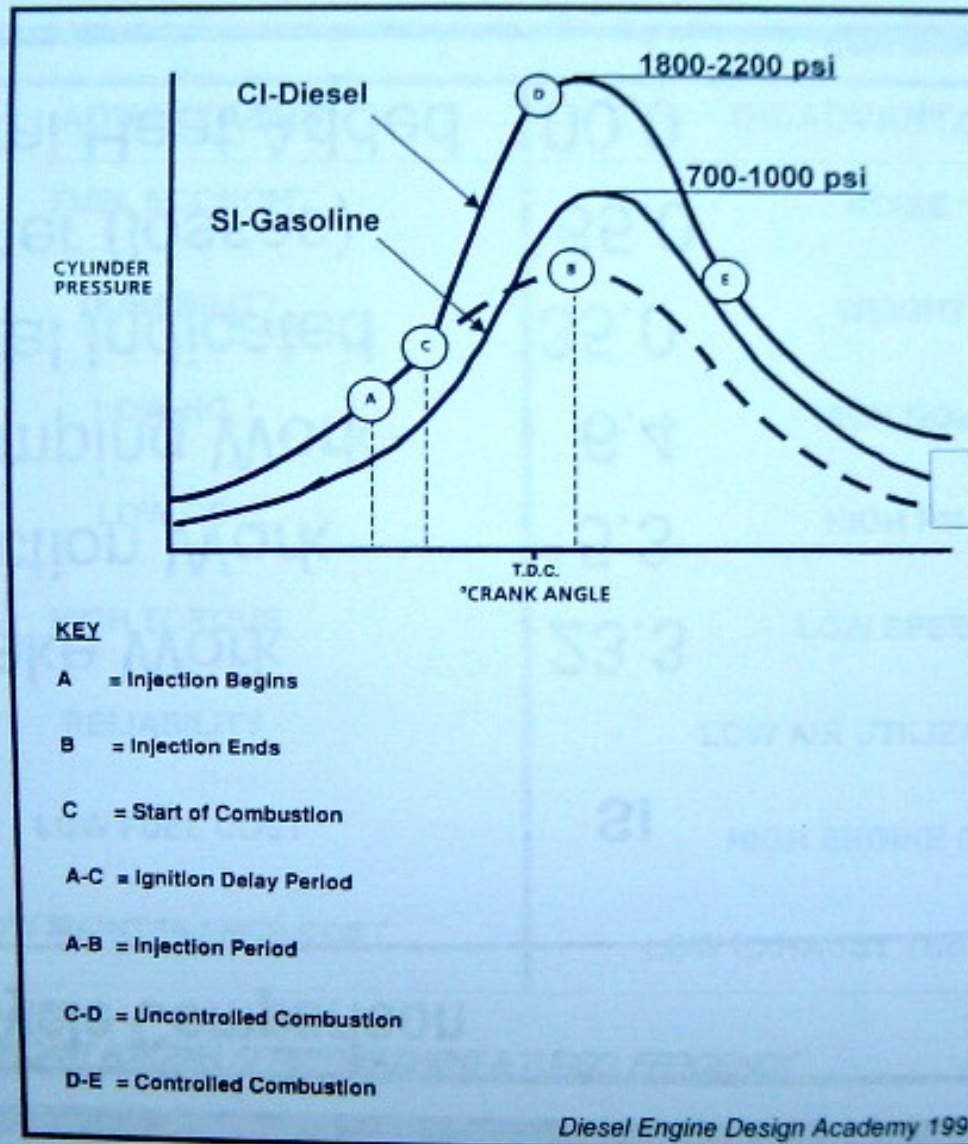


Source: China Automotive Technology Conference/Workshop

Gasoline Vs. Diesel



SI/CI Pressure-Crank Angle Diagram Comparison



SI/CI Cycle Comparison

	SI	CI
■ Brake Work	23.3	35.3
■ Friction Work	5.3	4.5
■ Pumping Work	6.4	5.3
■ Total Indicated	35.0	45.1
■ Other (losses)	65.0	54.9
■ Total Heat Added	100.0	100.0

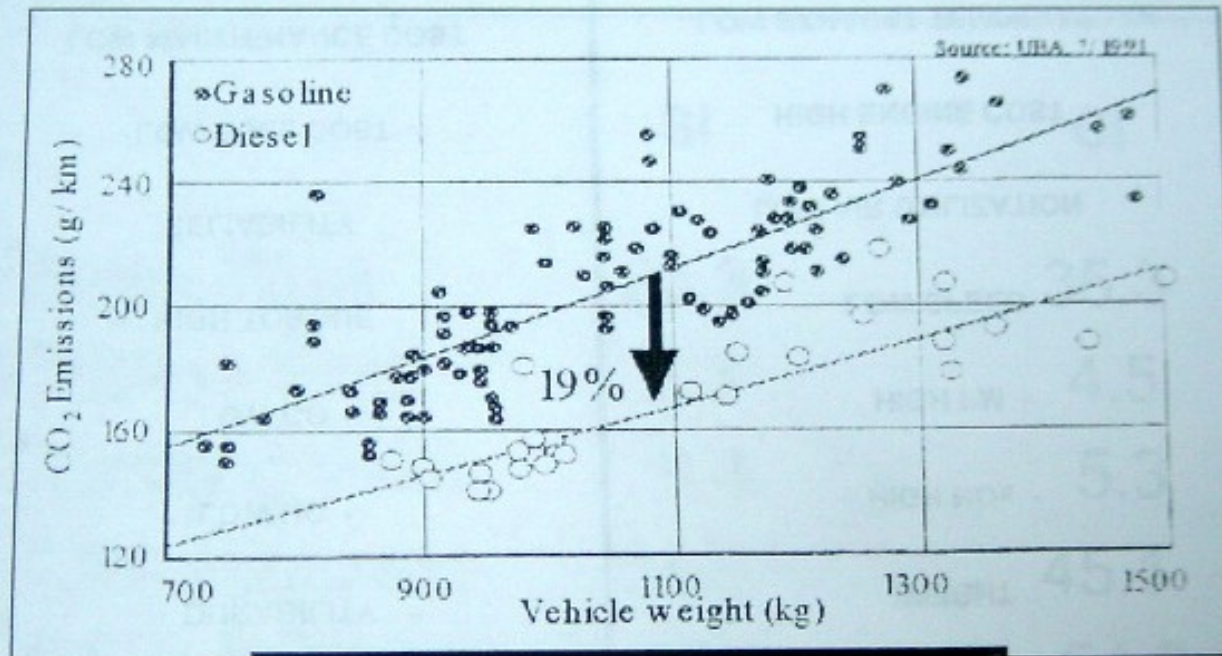
Diesel Engine Design Academy 1999

Ventajas motores diesel

Advantages and Disadvantages of Diesel Engines

Advantages	Disadvantages
Fuel Economy	Noise
Durability	Weight
Low HC	High NOx
Low CO	High PM
High Torque	Low Speed
Reliability	Low Air Utilization
Low Fuel Cost	High Engine Cost
Low Maintenance Cost	Low Exhaust Temperature

CO₂ Emission and The Future For Diesels

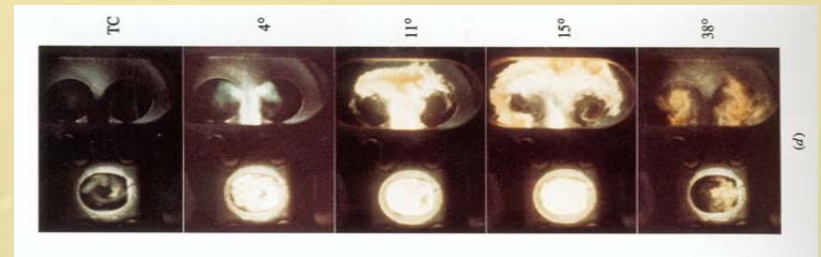
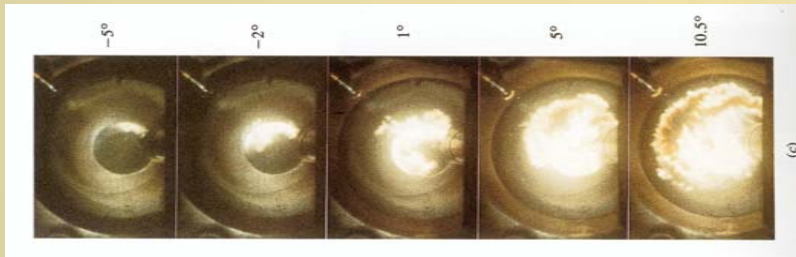
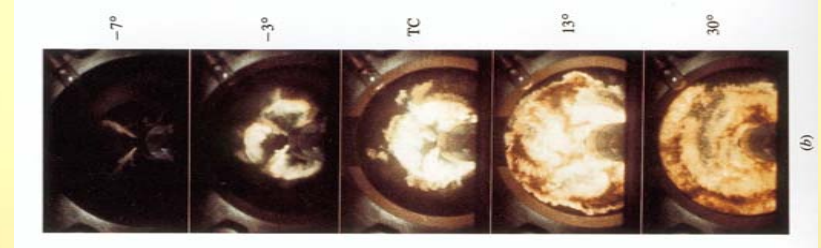


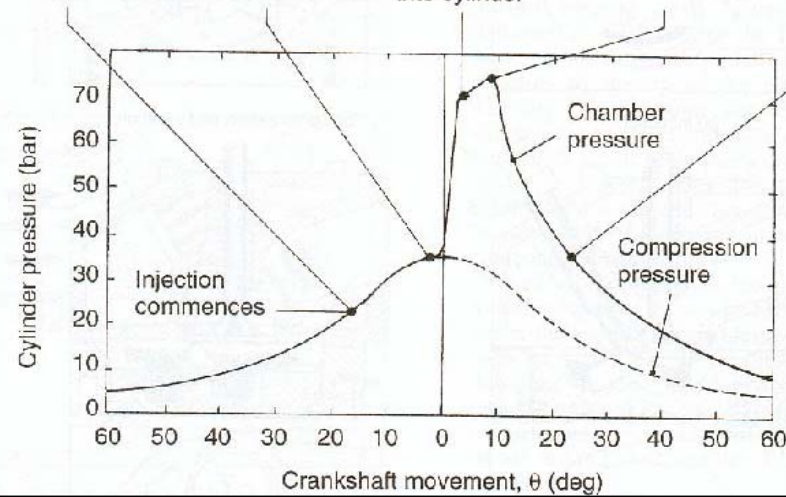
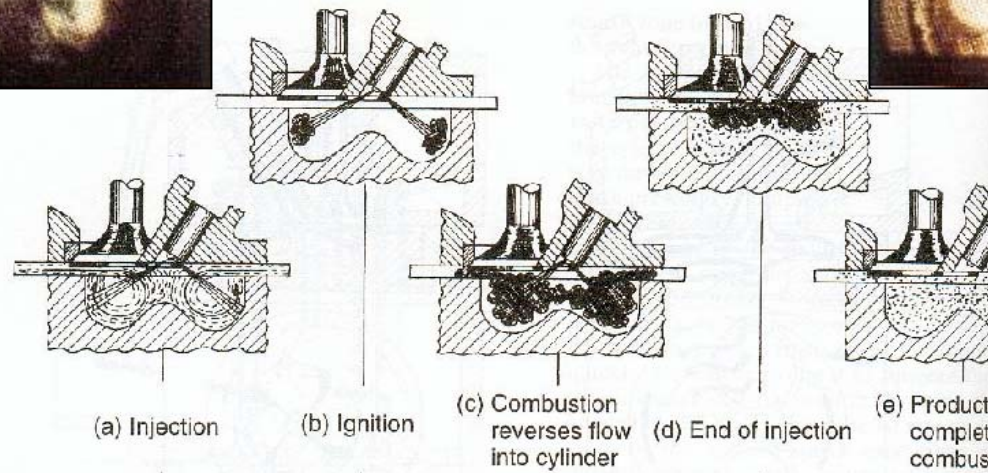
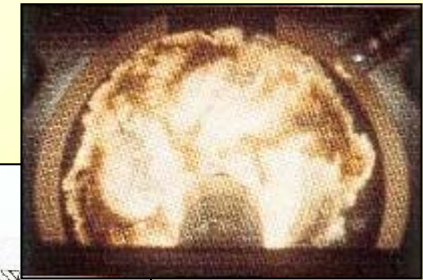
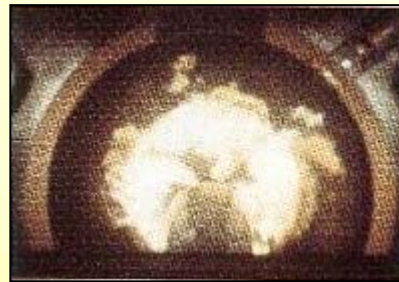
I'm Not a Hybrid

78 mpg



Sistema de Inyección





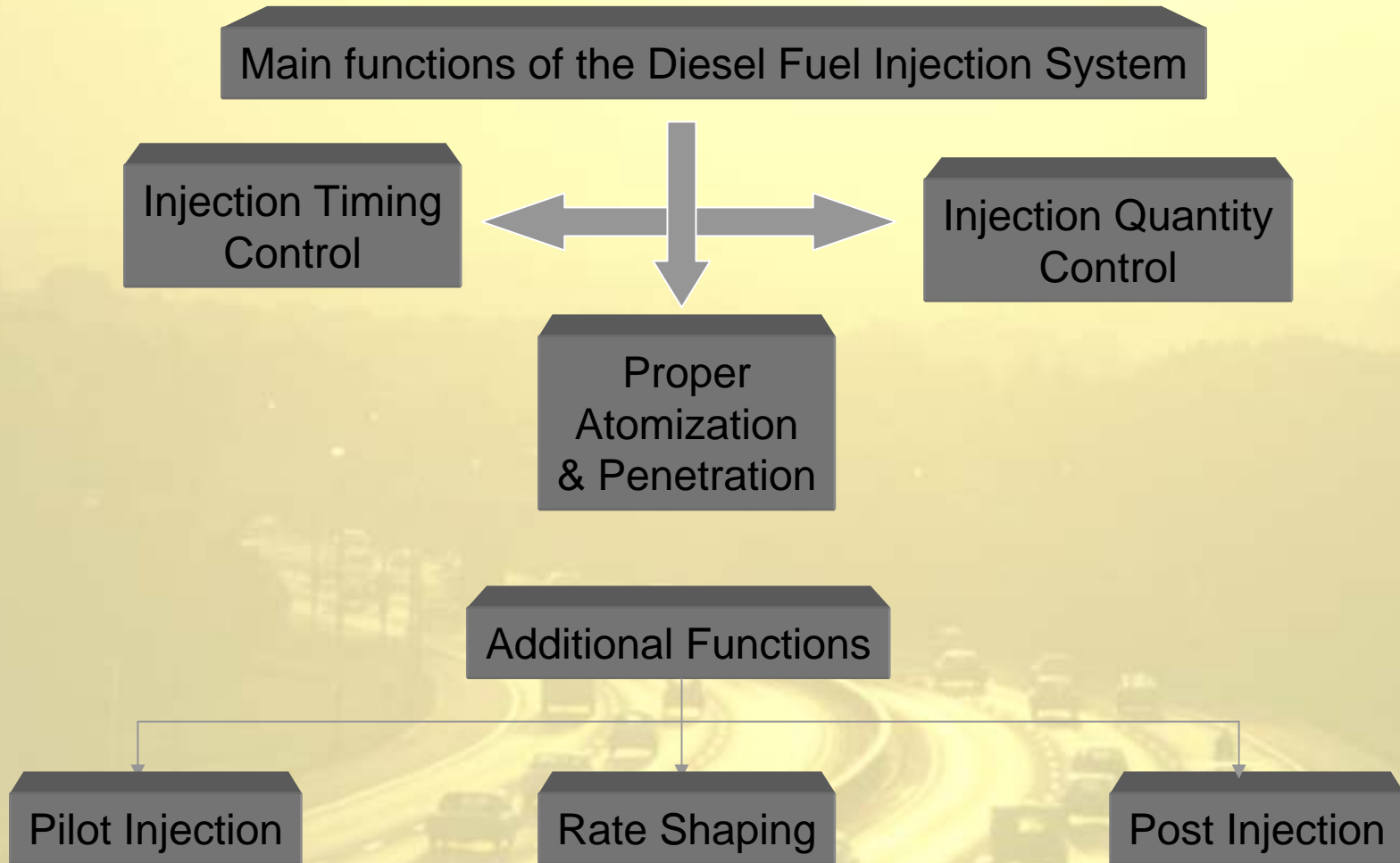
Calidad de inyección y su efecto en las emisiones de MP

- La presencia de hollín en las emisiones de escape diesel es una indicación de combustión pobre, producto de un mal funcionamiento o mala calibración del motor.
- El hollín se puede entender como partículas, sólidas o líquidas, suspendidas en los gases de escape, las cuales obstruyen, reflejan o refractan la luz.
- Hollín blanco/azul visible bajo iluminación directa, consiste en una mezcla de combustible y aceite lubricante.
- Hollín gris/negro en apariencia consiste en partículas sólidas de carbón producto de combustión incompleta.

Calidad de inyección y su efecto en las emisiones de MP

- Azul: exceso de aceite lubricante en la cámara de combustión. Sin embargo, combustible no quemado puede presentarse como hollín azul (diámetro 0,5 micras).
- Blanco: producto de baja temperatura en la cámara de combustión durante condiciones transientes al inicio de la operación en zonas frías o de altura. También puede producirse por inyección tardía o falla de diseño (baja relación de compresión o inapropiada combinación de condiciones de operación).
- Gris/negro: es producido a plena carga y exceso de combustible, o por restricción del aire de admisión. Las principales causas de excesivo hollín negro durante el servicio del vehículo son falta de mantención de los filtros de aire y/o inyectores de combustible, así como calibración inadecuada de la bomba inyectora.

Sistema de Inyección



Sistema de Inyección

Types of Diesel Fuel Injection Systems

Pump-Line-Nozzle (P-L-N)
Unit Pump (UP)



Unit Injector (UI)

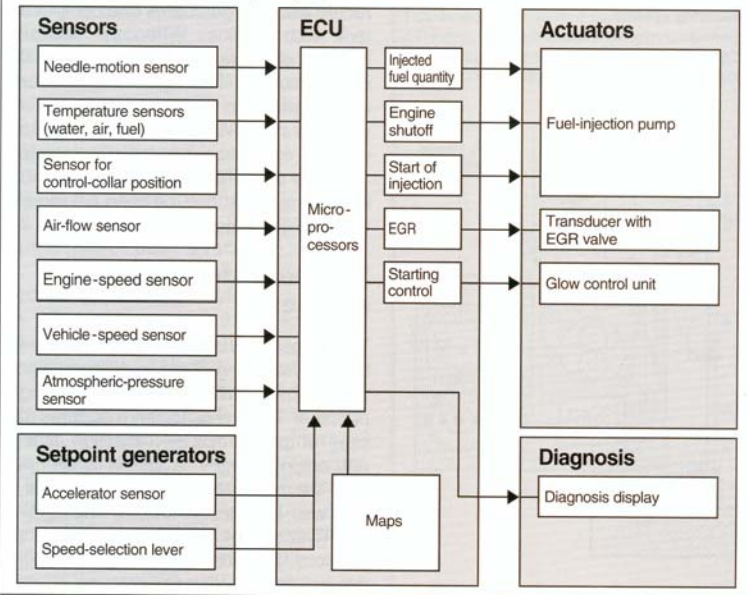


Common Rail System (CR)
HDV & MDV: CR in the near future



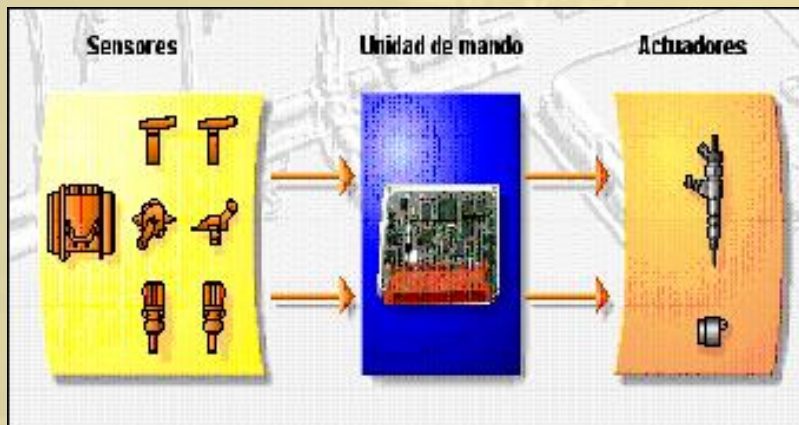
Sistema de Inyección

Fig. 1: Electronic Diesel Control (EDC): System blocks

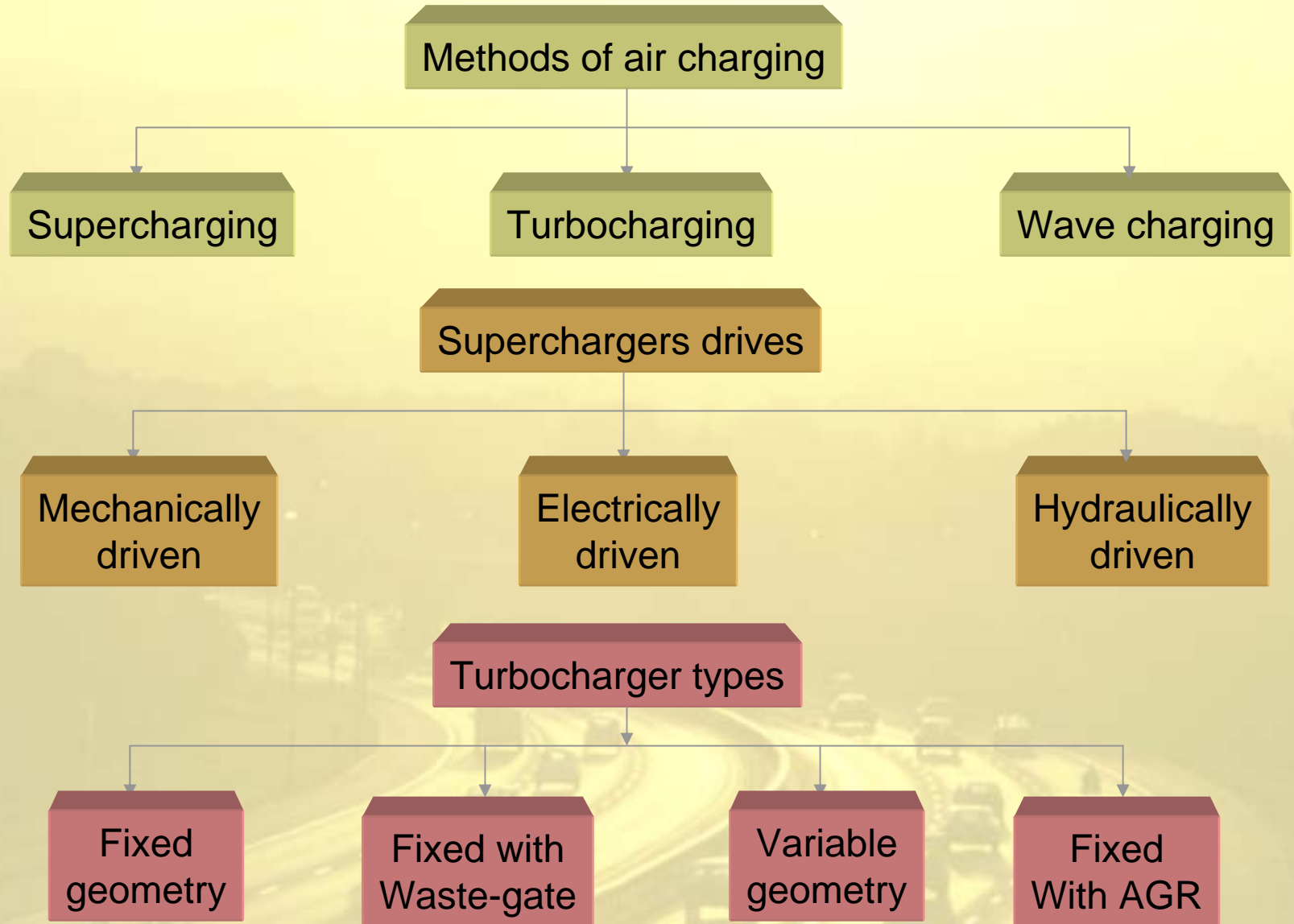


Motivation for using electronically-controlled Injection Systems in diesel engines

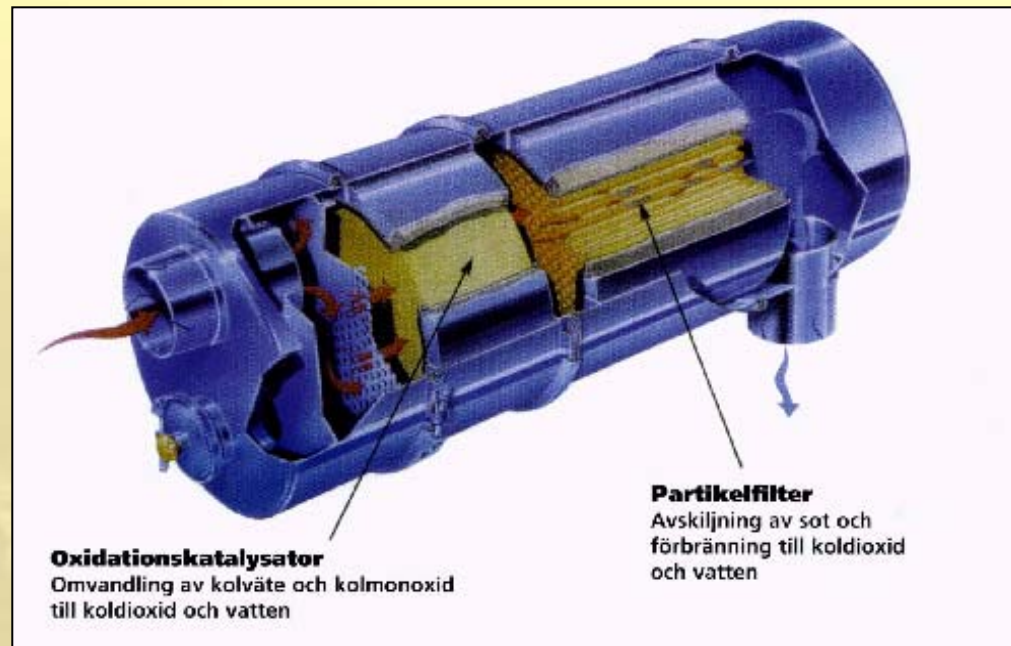
- ✓ Emissions regulations
- ✓ Improved engine response
- ✓ Improve fuel economy while complying with emission regulations
- ✓ Customized engines for various applications
- ✓ Value added features
- ✓ Lower cost to cumbersome mechanical add-ons
- ✓ Full-authority parameter control and flexible implementation of control strategies
 - ✓ Flexible injection timing
 - ✓ Flexible injected quantity metering
 - ✓ Reduced shot-to-shot variability
 - ✓ Reduced cylinder-to-cylinder variability
 - ✓ Smoke control strategies



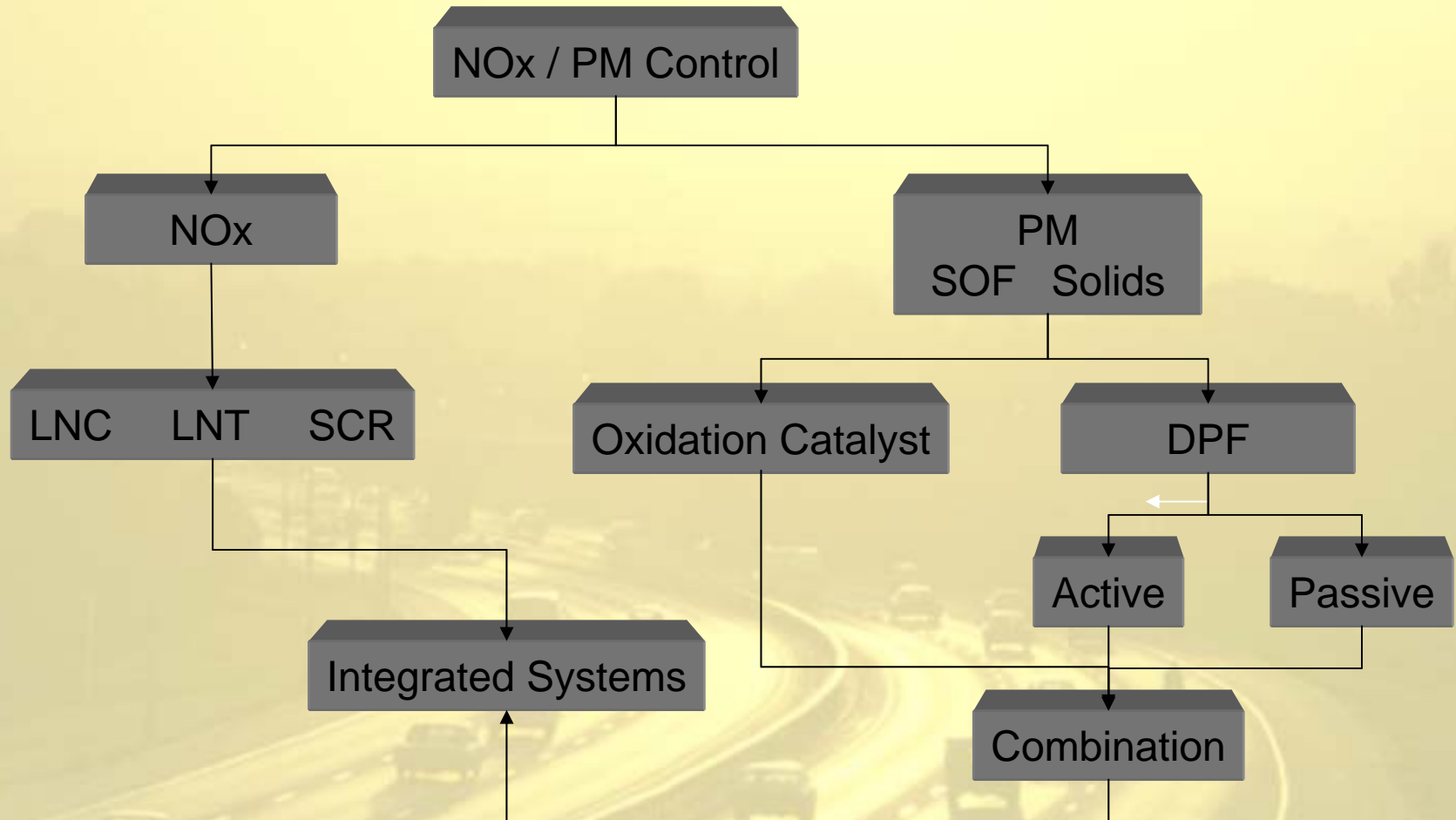
Sistema de admisión de aire



Tratamiento de gases diesel



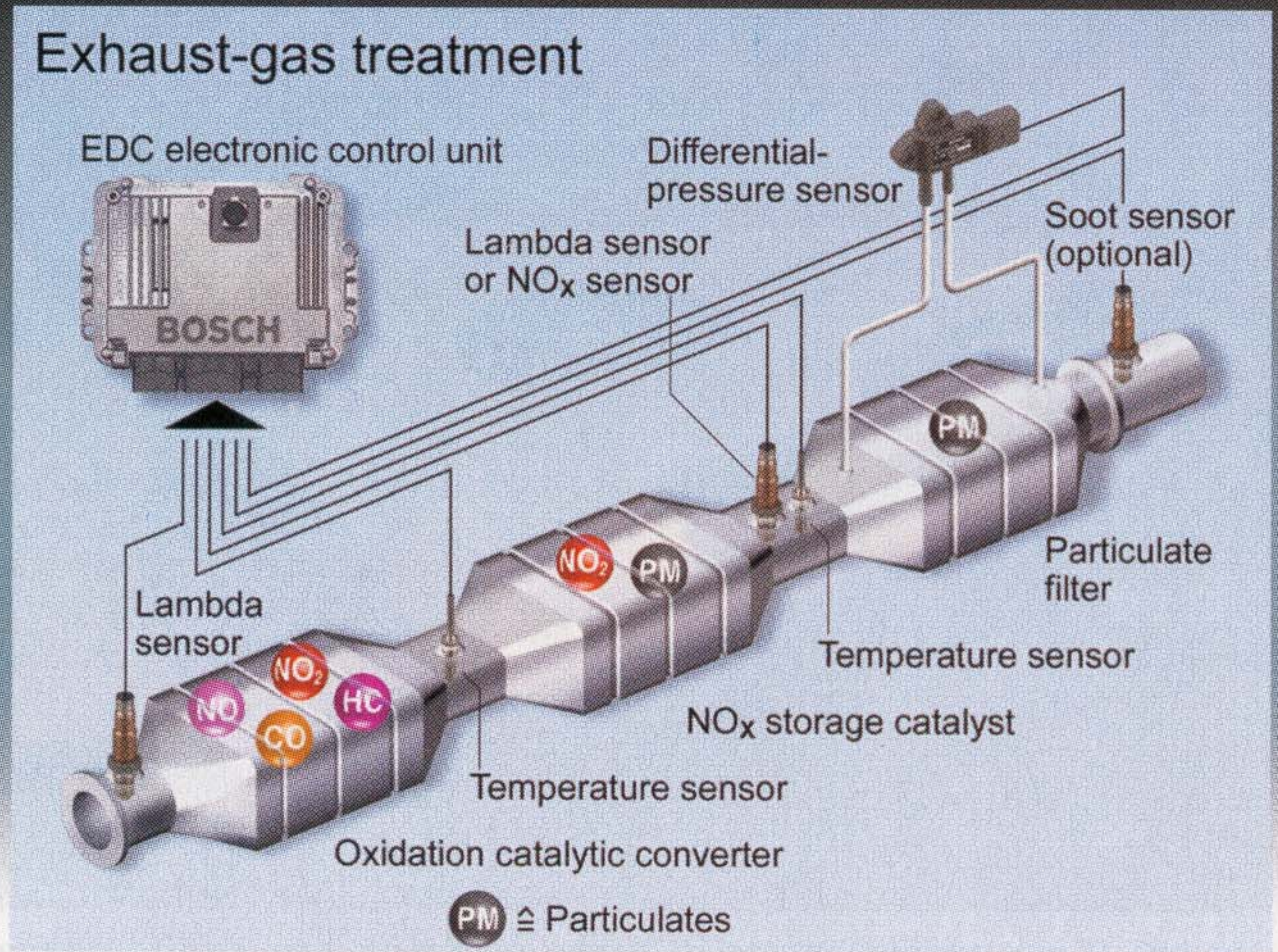
Tecnologías diesel actuales y futuras



Auxiliary Emission Control Devices (AECD) – Formerly Aftertreatment Systems

Tecnologías diesel actuales y futuras

Apart from performing engine management functions, the Bosch Electronic Diesel Control (EDC) system controls particulate filters and NO_x storage catalysts using information on exhaust gas temperature, back-pressure, and composition.



Auxiliary Emission Control Devices (AECD) – Formerly Aftertreatment Systems