



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO DEL AUSTRO

MECÁNICA AUTOMOTRIZ

INYECCIÓN DIÉSEL II

UNIDAD 2: Sistema UIS y UPS

Docente: Ing. Christian Montaleza. M.Sc

Contenido de la Unidad 2:

- 2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos.
 - 2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF.
 - 2.1.2 Sistema de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)
 - 2.1.3 Diagrama del sistema UIS para turismos.
 - 2.1.4 Diagrama de sistema de UIS/UPS para vehículos comerciales.
- 2.2 Sistema de inyector Unitario (UIS).

2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos

Objetivo del tema:

Comprender el principio de funcionamiento, configuración y características generales de los sistemas de inyección diésel de **cilindros discretos**, así como su evolución hacia los sistemas UIS y UPS.

Consulta:

¿Cuál es la evolución de los sistemas de inyección?

2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos

■ Evolución Inyección Diésel

- 1927. Primera Bomba de Inyección de serie en línea. (Mecánica)
- 1962: Primera Bomba de Inyección de Pistón Axial. (Mecánica)
- 1986: Primera Bomba de Inyección de Pistón Axial con regulación electrónica. (Control Electrónico)
- 1994: Primer Sistema de Unidad Inyectora (UIS) para vehículos utilitarios. (Control Electrónico) (Euro II)
- 1995: Primer Sistema de Bomba Unitaria (UPS) (CE) (Euro II)
- 1996: Primera Bomba de Inyección de Pistón Radial (CE) (Euro II)
- 1997: Primer Sistema de Inyección de Riel Común.(CE) (Euro III)

2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos

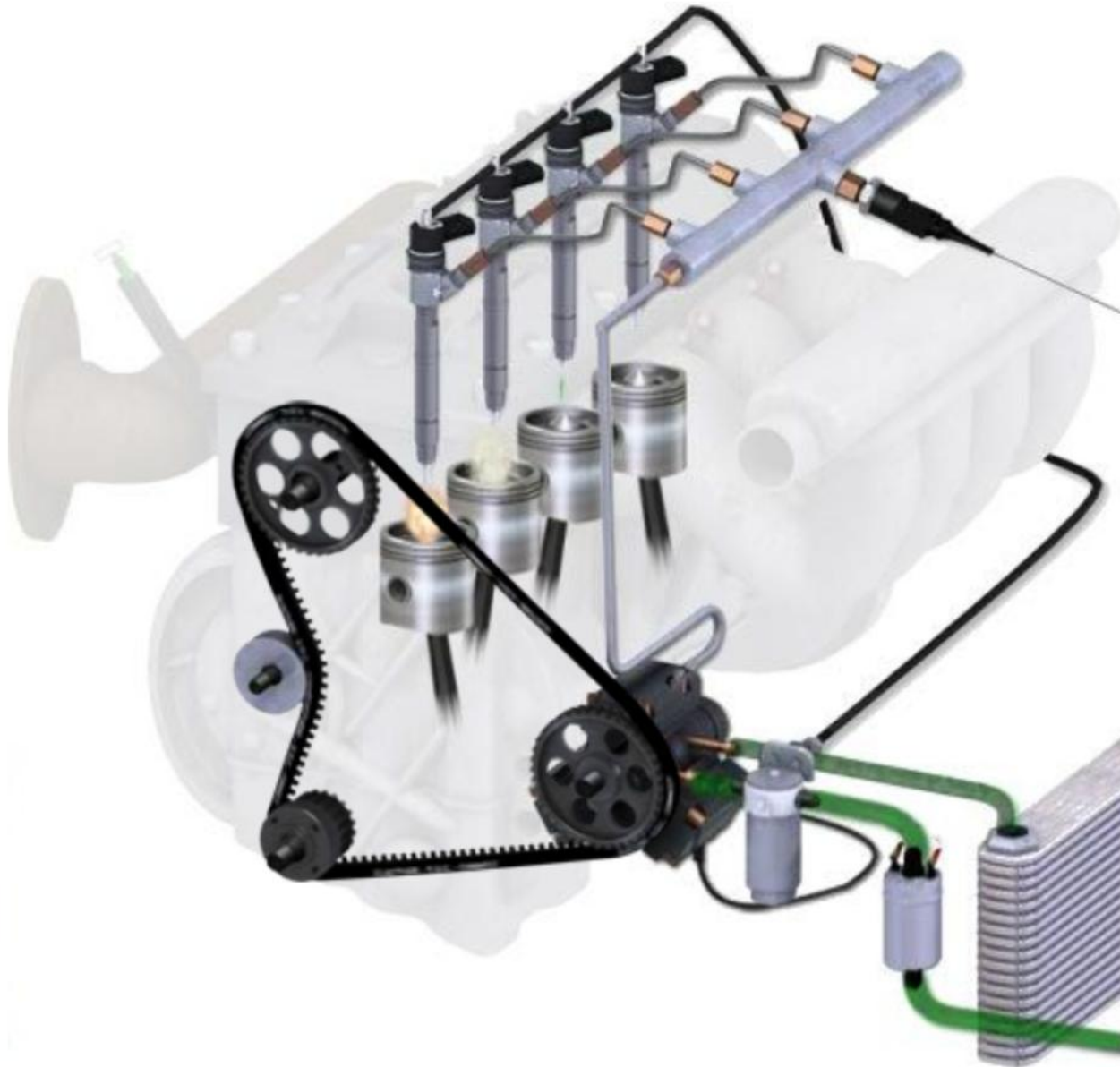
BOMBA DE INYECCION LINEAL



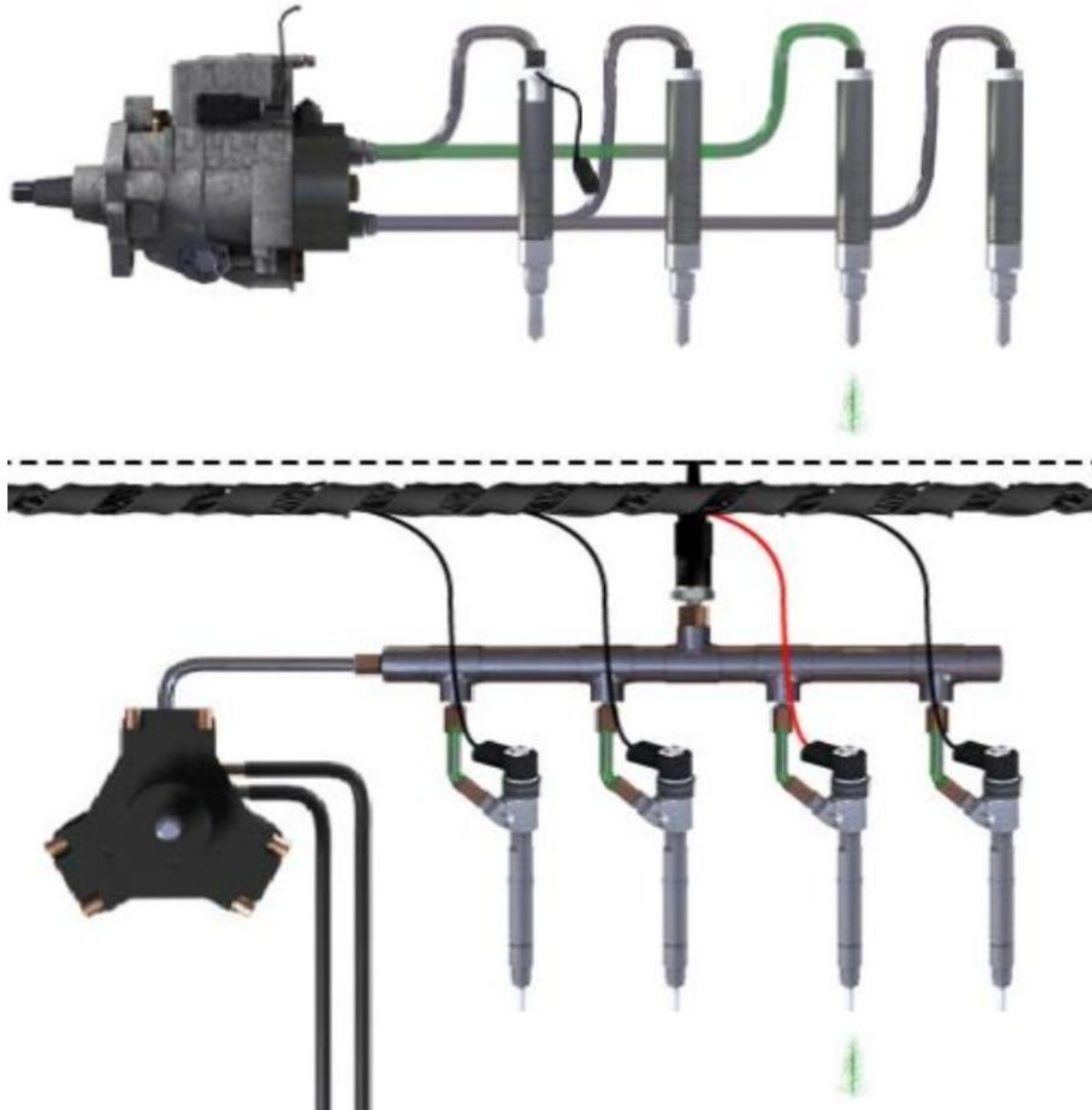
2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos



2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos



2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos



2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos

Control de Emisiones Vehiculos Diesel adoptadas por UE

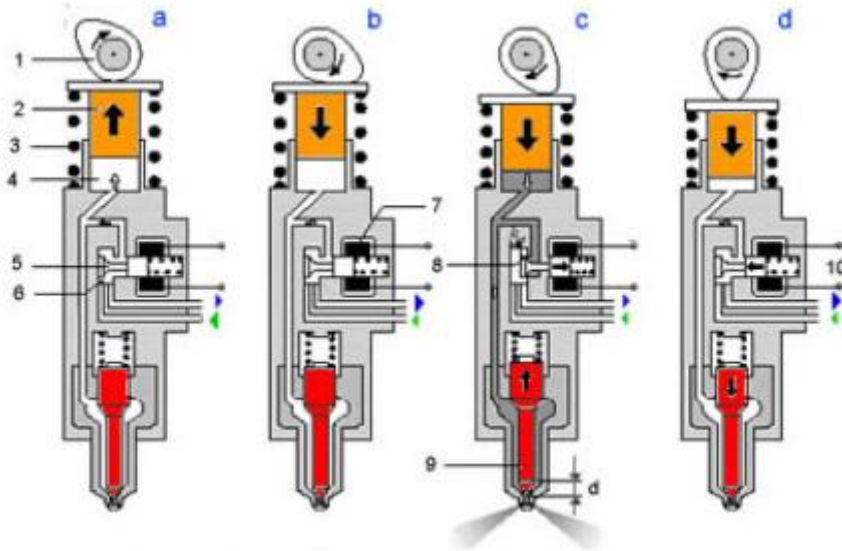
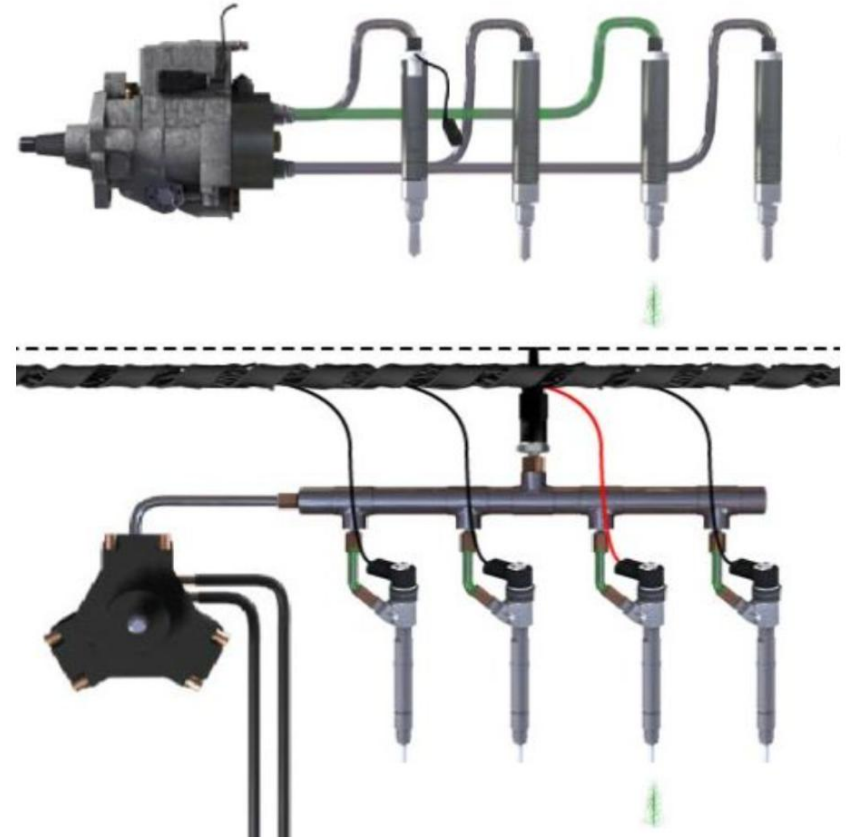
Step	Euro I	Euro II	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI
Eff. Date	1992	1998.1	2000.1	2005.1	2008.1	2013.01
CO	4.5	4	2.1	1.5	1.5	1.5
HC	1.1	1.1	0.66	0.46	0.46	0.13
NOx	8	7	5	3.5	2	0.4
PM	0.36	0.15	0.1	0.02	0.02	0.01

2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos

Concepto de cilindros discretos:

- Los **sistemas de inyección de cilindros discretos** se caracterizan porque **cada cilindro del motor posee su propio elemento de bombeo e inyección**, generalmente una **bomba individual tipo PF (Pumpe Förder)** o un **inyector unitario**.
- Este diseño contrasta con los sistemas de bomba rotativa o common rail, donde una sola bomba alimenta a todos los cilindros.

2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos



2.1 Vista general de los sistemas de cilindros discretos

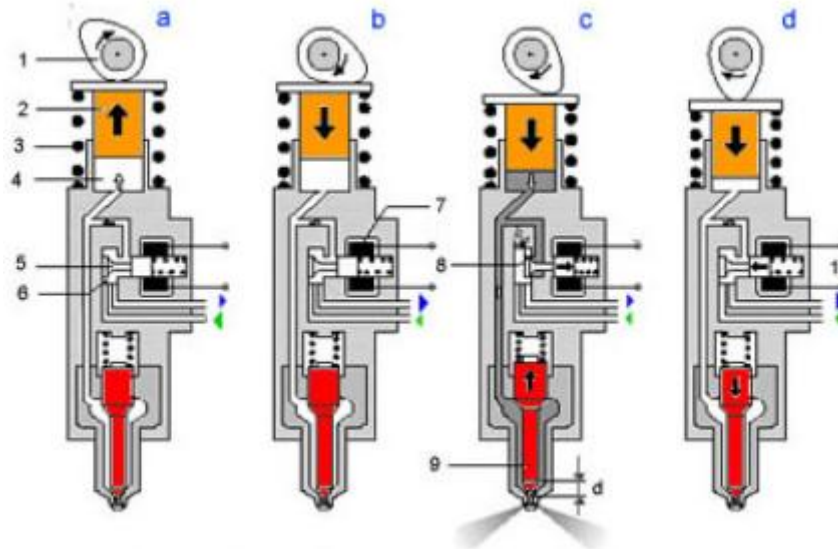


Ventajas principales:

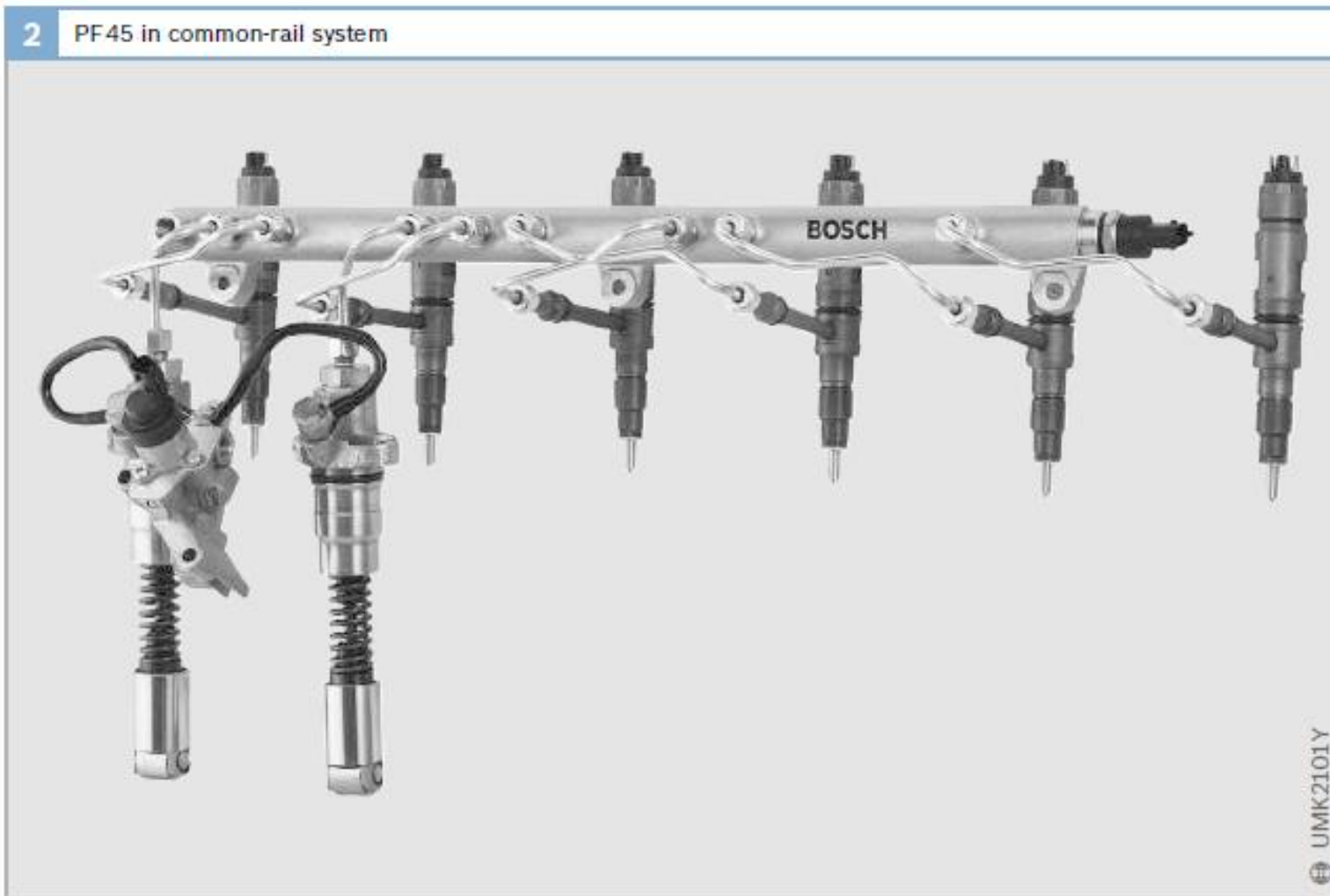
- Alta presión de inyección estable y repetible en cada cilindro.
- Menor dependencia del resto del sistema en caso de falla.
- Alta precisión de dosificación en motores estacionarios y de maquinaria pesada.

Desventajas:

- Mayor complejidad mecánica.
- Costos de fabricación y mantenimiento más elevados.
- Sincronización precisa requerida entre bomba y árbol de levas.



2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



¿Por qué creen que los motores antiguos utilizaban una bomba por cilindro, mientras que los actuales usan un solo riel común para todos?

2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

Resumen comparativo:

Característica	Sistema PF (una bomba por cilindro)	Sistema Common Rail (un riel común)
Control	Mecánico	Electrónico (ECU)
Precisión de inyección	Media	Muy alta
Flexibilidad de inyección	Una sola por ciclo	Múltiples por ciclo
Presión de trabajo	800–1000 bar	Hasta 2500 bar
Emisiones	Altas	Bajas
Costo de fabricación	Alto	Menor en serie

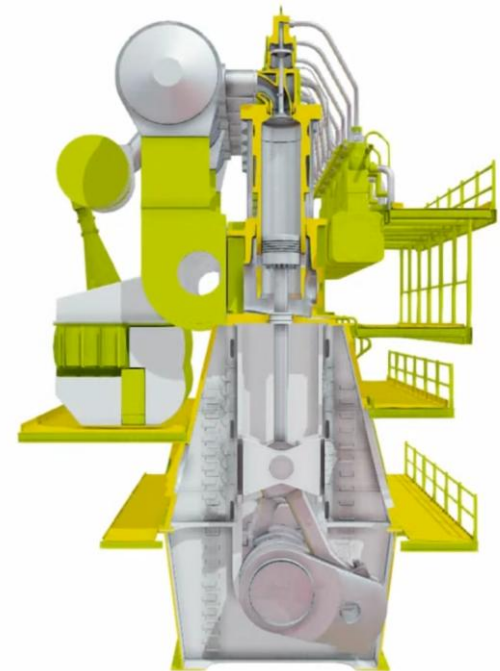
Los motores antiguos utilizaban una bomba por cilindro (sistemas de cilindros discretos tipo PF) porque en esa época **no existía el control electrónico** ni los materiales de precisión necesarios para mantener una **presión constante y controlada de combustible para todos los cilindros desde una sola fuente**.

Por eso, se optaba por instalar **una bomba individual por cada cilindro**, accionada mecánicamente por el árbol de levas, lo que garantizaba una presión alta y una inyección sincronizada, aunque sin flexibilidad de control.

2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

Definición y antecedentes:

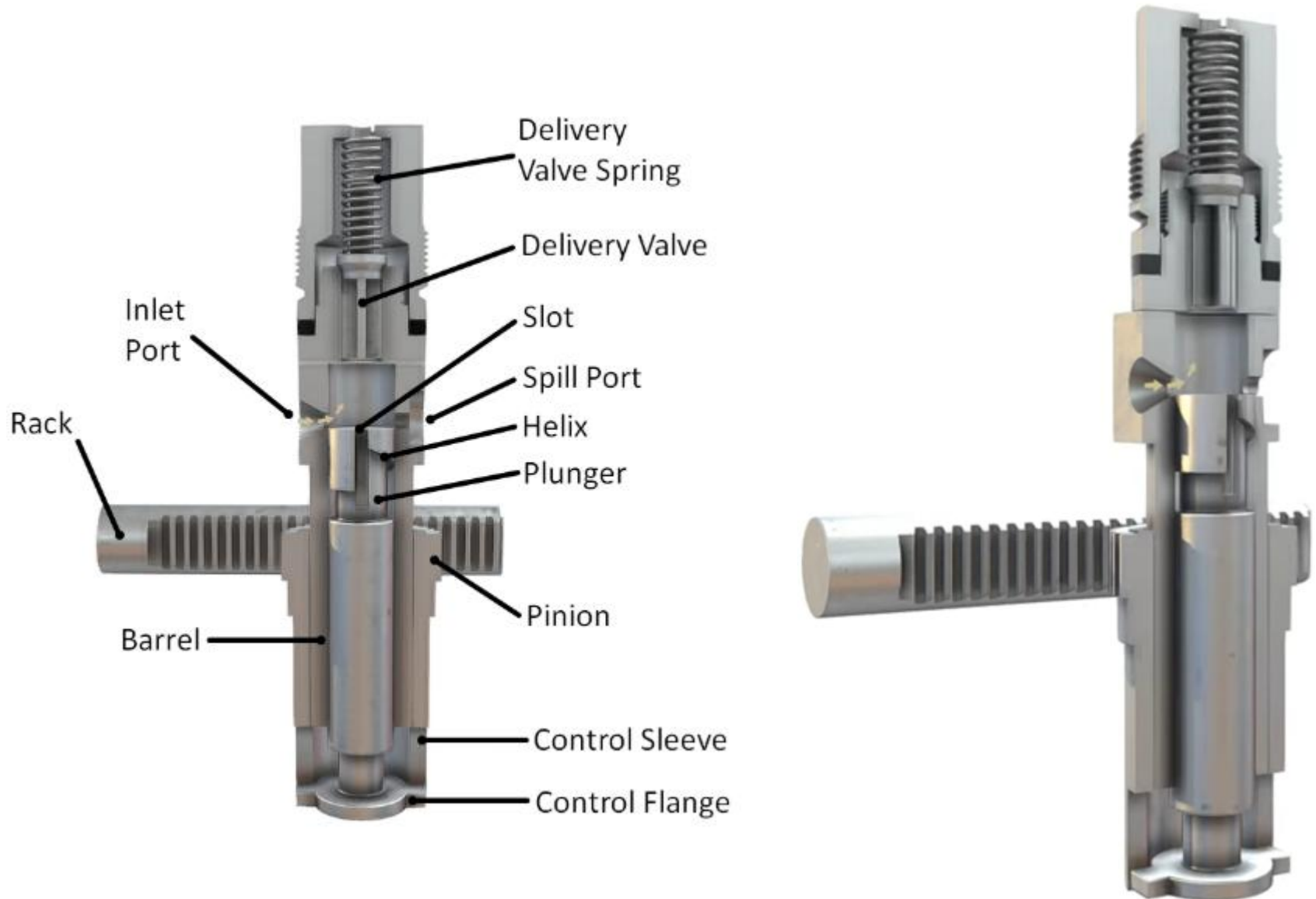
Las bombas PF (Pumpe Förder) son bombas de inyección individuales, una por cada cilindro, utilizadas ampliamente en motores diésel de maquinaria, camiones antiguos y motores estacionarios. Fueron desarrolladas por Bosch en la década de 1930 y constituyen el antecedente directo del sistema UIS (Unit Injector System).



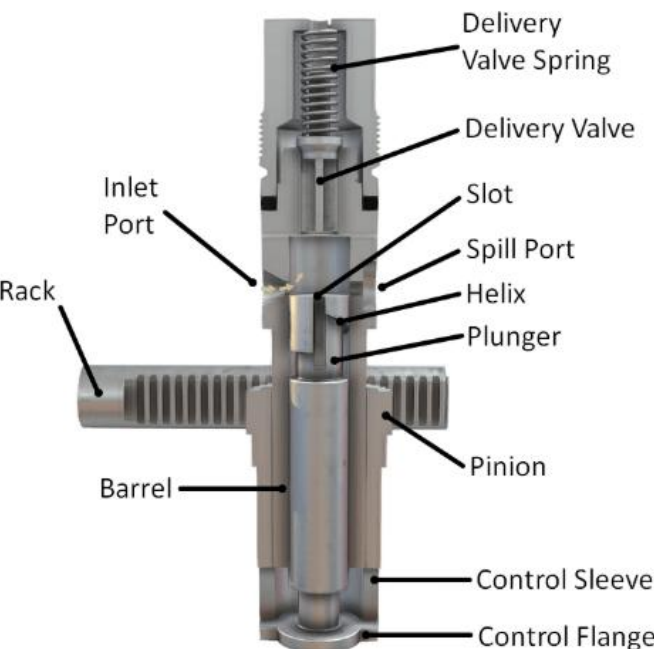
2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

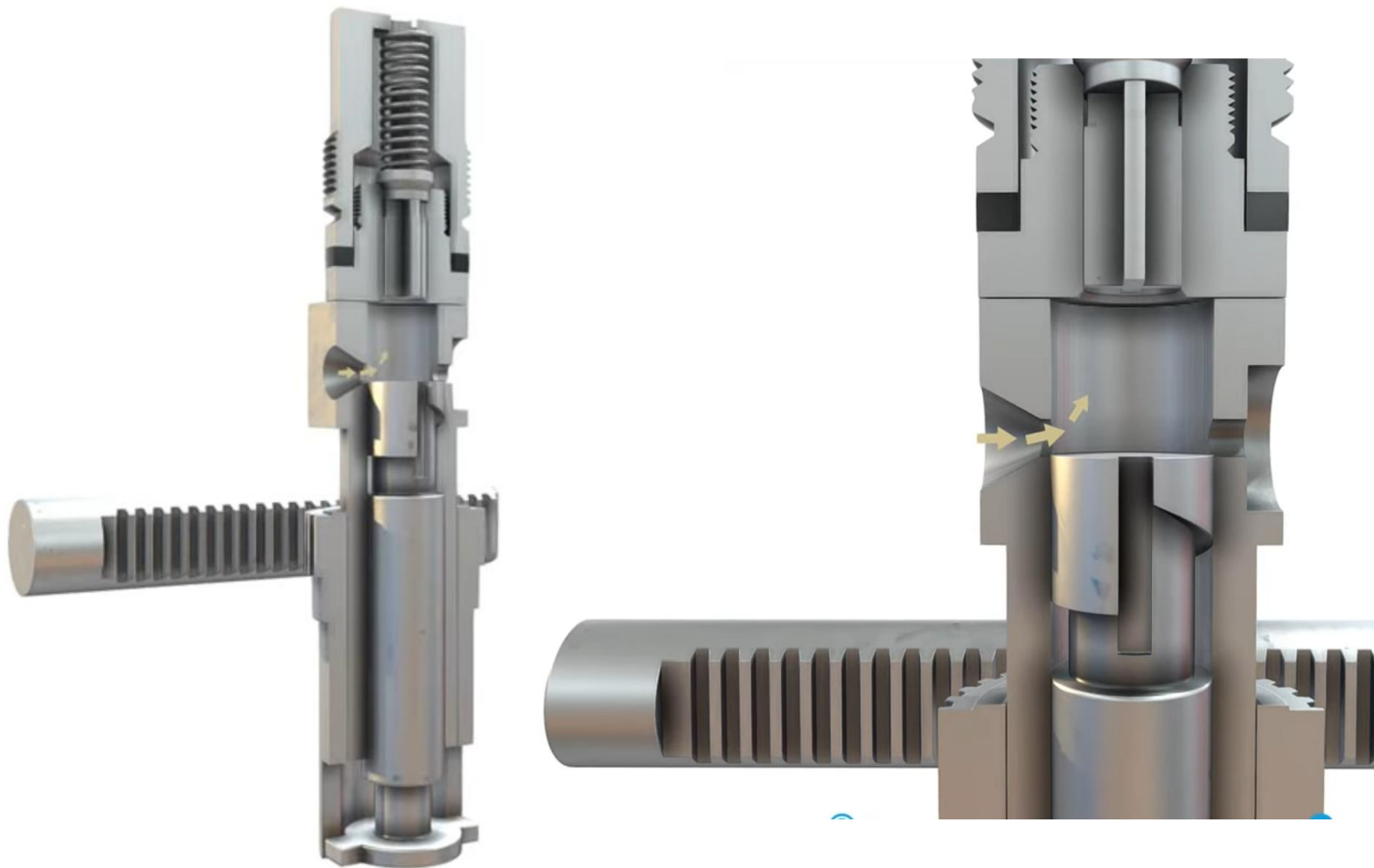


2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

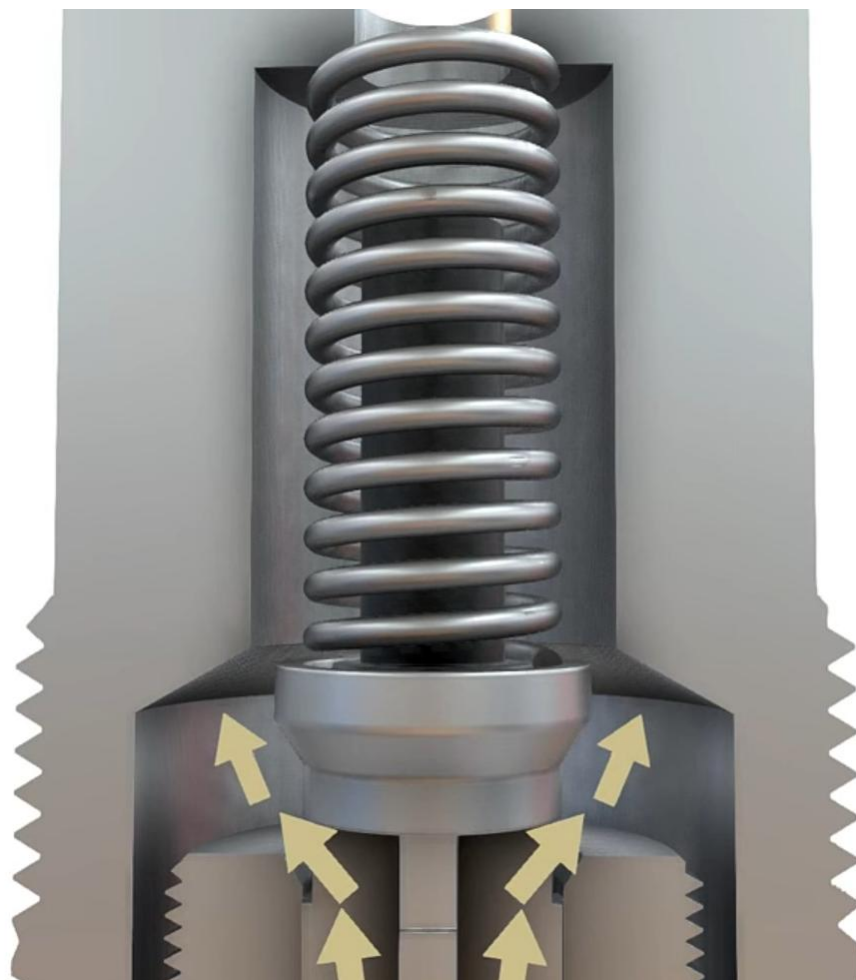
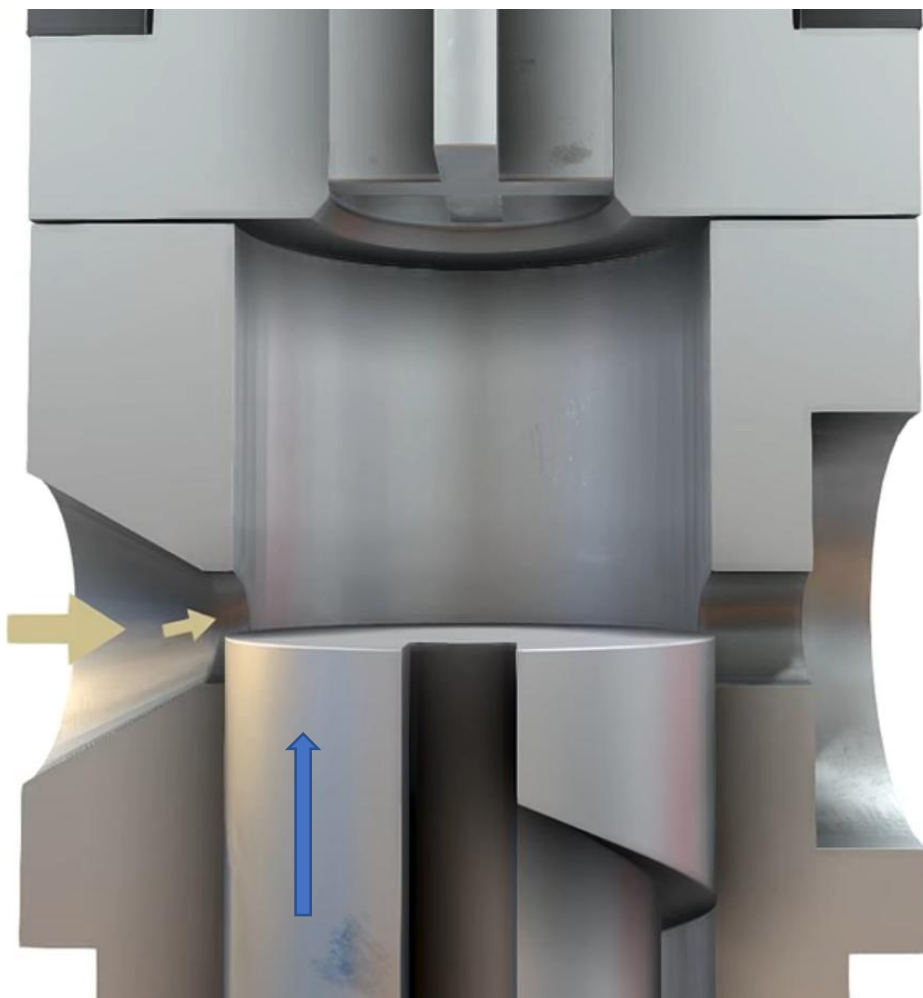


Componente (Inglés – Español)	Función principal
Delivery Valve Spring (Resorte de la válvula de descarga)	Mantiene cerrada la válvula de descarga cuando no hay presión; devuelve la válvula a su posición inicial después de la inyección.
Delivery Valve (Válvula de descarga)	Permite el paso del combustible a alta presión hacia el inyector y evita el retorno del combustible cuando cesa la presión.
Slot (Ranura)	Canal mecanizado en el émbolo que permite comunicar o aislar las lumbreras para iniciar o finalizar la inyección.
Spill Port (Puerto de retorno o descarga lateral)	A través de este puerto se libera la presión del combustible al final de la inyección; controla el fin del ciclo.
Helix (Ranura helicoidal)	Regula la cantidad de combustible inyectado al girar el émbolo; determina el momento en que se abre el spill port.
Plunger (Émbolo)	Elemento móvil que comprime el combustible dentro del barril para generar alta presión; su movimiento ascendente causa la inyección.
Pinion (Piñón)	Engrana con la cremallera y permite el giro del émbolo para variar el caudal de inyección.
Rack (Cremallera)	Transmite el movimiento del regulador de velocidad; al desplazarse, hace girar el émbolo mediante el piñón para dosificar el combustible.
Barrel (Camisa o barril)	Cilindro de precisión donde se mueve el émbolo; contiene las lumbreras de entrada y descarga del combustible.
Inlet Port (Puerto de entrada)	Conduce el combustible desde la bomba de alimentación hacia la cámara de bombeo cuando el émbolo se encuentra en su carrera descendente.
Control Sleeve (Manguito o camisa de control)	Mantiene la alineación y guía el movimiento axial del émbolo, garantizando la estanqueidad y precisión del ciclo.
Control Flange (Brida de control o base de apoyo)	Sirve de soporte inferior para fijar la bomba al cuerpo o al alojamiento del motor; transmite la fuerza del accionamiento mecánico.

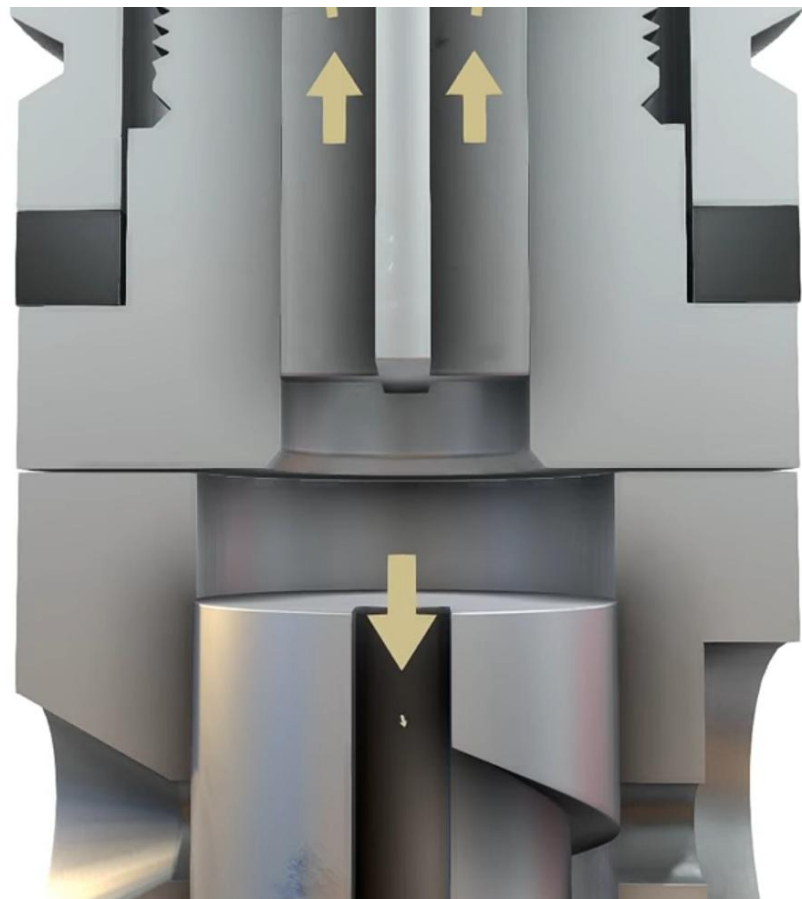
2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



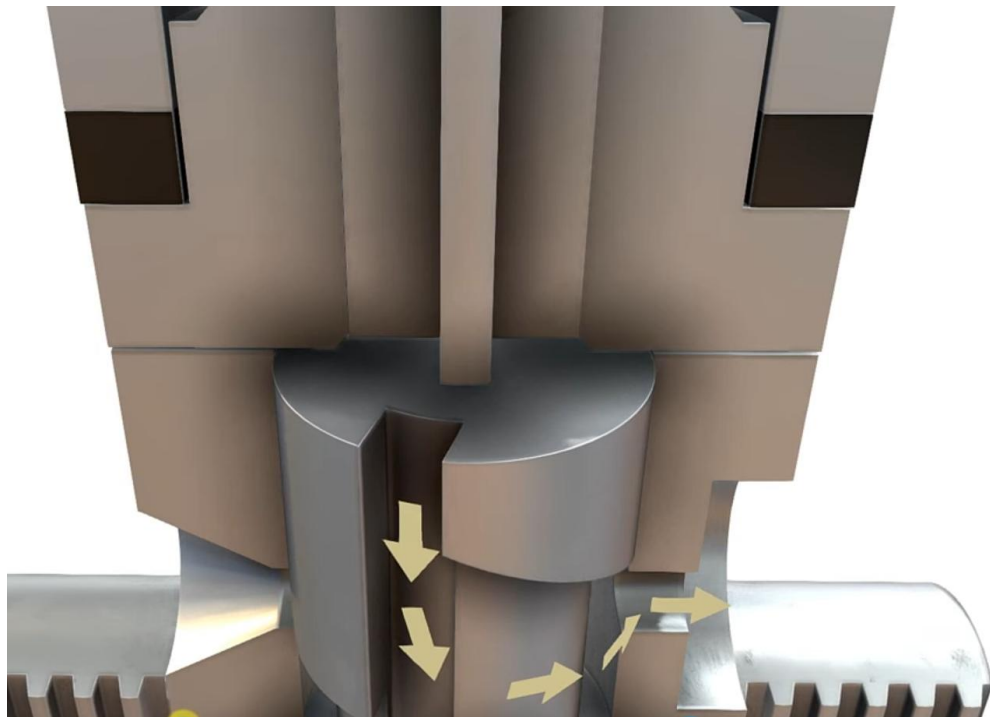
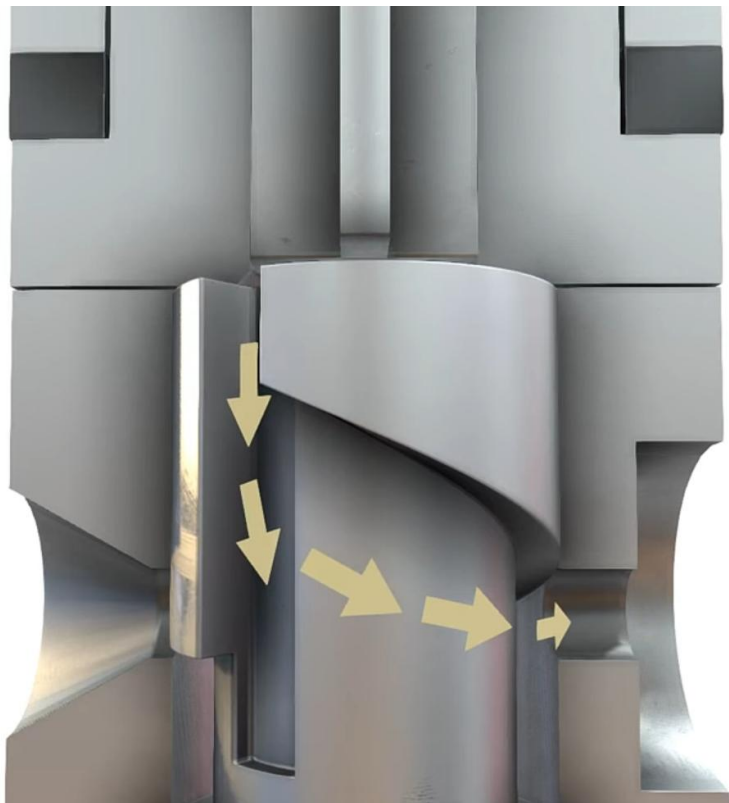
2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



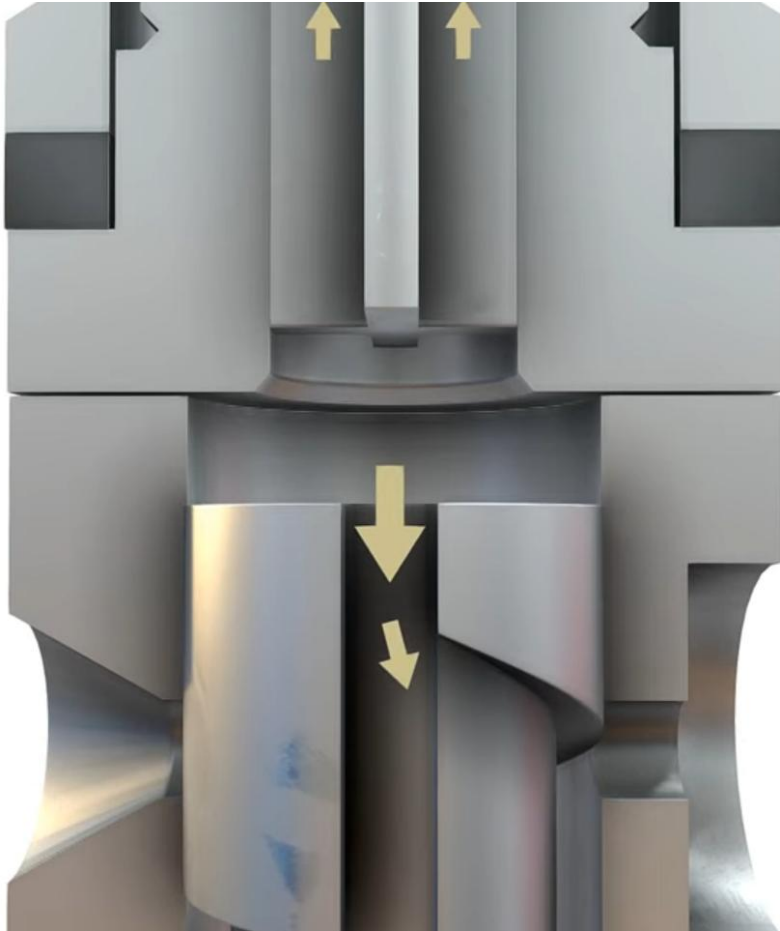
2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF



¿Cuándo estamos inyectando más combustible?

2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

Características generales:

- Cada bomba PF suministra combustible únicamente a un cilindro.
- Son accionadas mecánicamente por el **árbol de levas** mediante un balancín o leva.
- Generan presiones de **hasta 600–1000 bar**.
- No requieren control electrónico; su regulación es puramente mecánica.

Comparación:

Sistema	Control de caudal	Control de avance
PF mecánico	Girando el émbolo	Avanzador centrífugo
UIS electrónico	Electroválvula de control	Unidad ECU
Common Rail	ECU controla tiempo y duración	ECU

2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

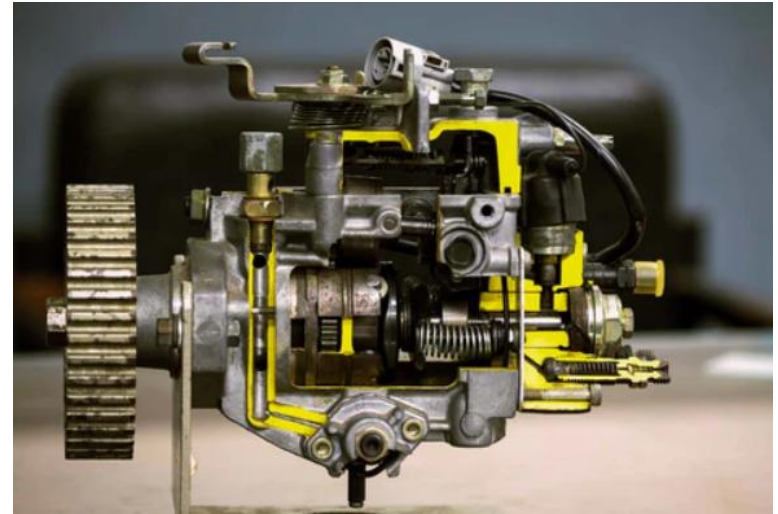
Ventajas y limitaciones

Ventajas:

- Alta presión y dosificación precisa.
- Gran durabilidad mecánica.
- Sencillez de mantenimiento y calibración.

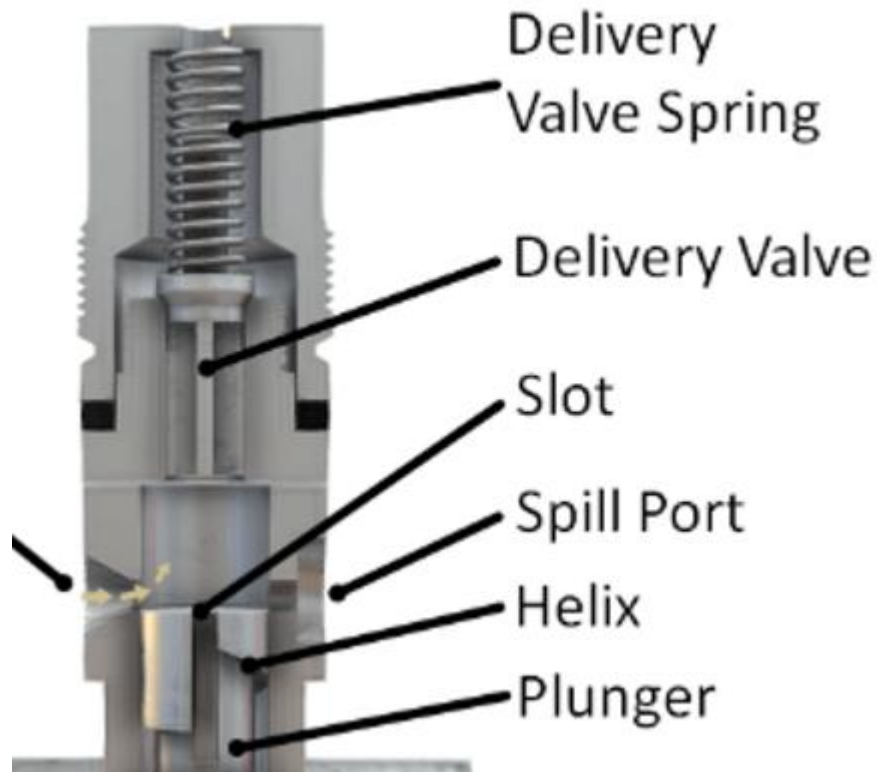
Limitaciones:

- Sin control electrónico.
- Vibraciones y ruidos elevados.
- Inyección menos flexible (solo un inicio de inyección por ciclo).
- Emisiones elevadas comparadas con sistemas modernos.



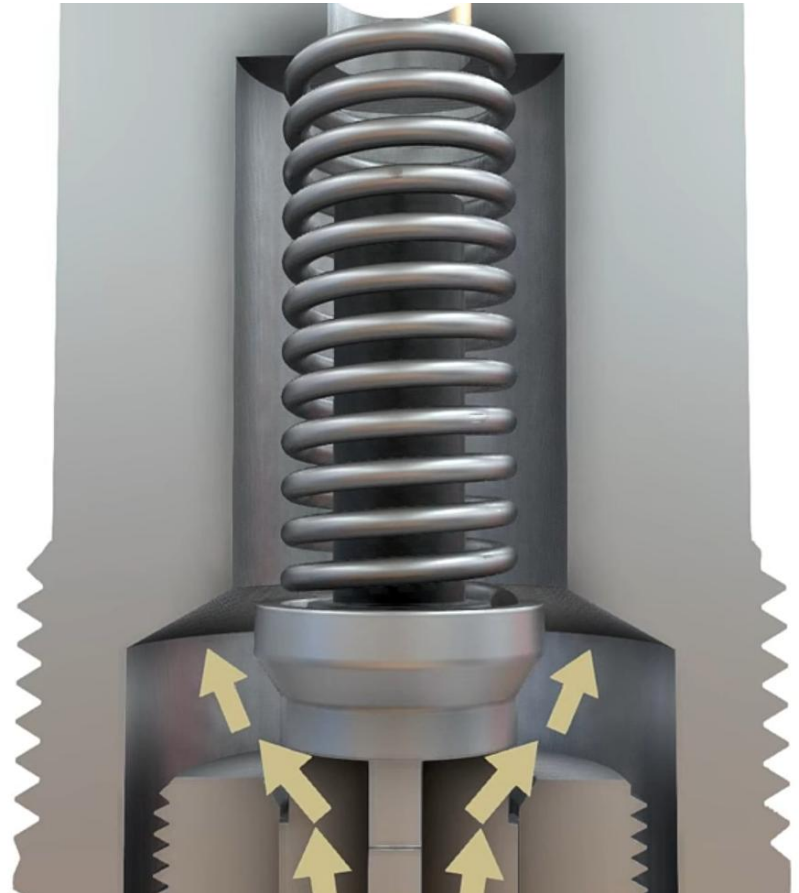
2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

¿Qué ocurriría si la válvula de descarga (Delivery Valve) quedara atascada abierta en una bomba de inyección tipo PF?



2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

¿Qué ocurriría si la válvula de descarga (Delivery Valve) quedara atascada abierta en una bomba de inyección tipo PF?



2.1.1 Bombas de inyección discretas tipo PF

¿Qué ocurriría si la válvula de descarga (Delivery Valve) quedara atascada abierta en una bomba de inyección tipo PF?

Si la **válvula de descarga** queda **atascada abierta**, se presentan los siguientes efectos:

Efecto

▽ **Pérdida de presión en el conducto de alta presión**

💧 **Retorno del combustible hacia la bomba**

💧 **Mala atomización del combustible**

⚙️ **Pérdida de potencia**

💨 **Aumento de emisiones contaminantes**

Consecuencia técnica

Al no cerrar, la presión se descarga hacia la cámara de bombeo después de cada inyección.

El combustible del conducto retrocede al interior de la bomba.

La presión insuficiente no permite pulverizar el combustible correctamente.

Cada cilindro afectado recibe menos combustible o en el momento incorrecto.

Por la mala combustión, se eleva la cantidad de HC, CO y hollín.

Impacto en el motor

La presión no se mantiene para el siguiente ciclo; la inyección será débil o incompleta.

Se generan burbujas de aire, lo que altera el tiempo y volumen de inyección.

La combustión será incompleta y el humo negro aumentará.

El motor pierde potencia, vibra y puede fallar en ralentí.

Humo negro visible en el escape.

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

El estudio de los sistemas de **inyección unitaria** (UIS y UPS) es fundamental en motores diésel modernos que operan sin sistema common-rail. Estos sistemas fueron ampliamente utilizados por **Volkswagen – Bosch, Mercedes-Benz, MAN** y otros fabricantes antes de la transición masiva hacia el common-rail.



Volkswagen



¿Cuál es la importancia de estos sistemas?

Su importancia radica en que **generan presiones extremadamente altas directamente en cada cilindro**, garantizando una inyección precisa, rápida y eficiente.

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

UIS (Unit Injector System)

Es un sistema que **integra en un solo cuerpo** la **bomba de alta presión** y el **inyector**, accionado mecánicamente por un lóbulo del árbol de levas y controlado eléctricamente por la ECU.

Apareció masivamente a finales de los años 90.

UPS (Unit Pump System)

Similar al UIS, pero la **bomba de alta presión es independiente del inyector**.

Cada cilindro posee su **bomba individual**, la cual envía combustible a un inyector mediante una **línea de alta presión muy corta**.

Ambos sistemas se consideran **sistemas de cilindros discretos**



Cada cilindro tiene su propio módulo de generación e inyección de presión.

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Arquitectura y funcionamiento general

Principio compartido

- 1.El **árbol de levas** acciona un émbolo de alta presión (integrado en el inyector o bomba).
- 2.Durante la carrera descendente, se **aspira** combustible desde una línea de baja presión (avance).
- 3.En la carrera ascendente, el sistema **comprime** el combustible hasta presiones extremadamente altas.
- 4.Una **válvula solenoide** o **válvula de control** abre o cierra la comunicación con la tobera.
- 5.La **ECU controla el momento y duración** de la inyección.

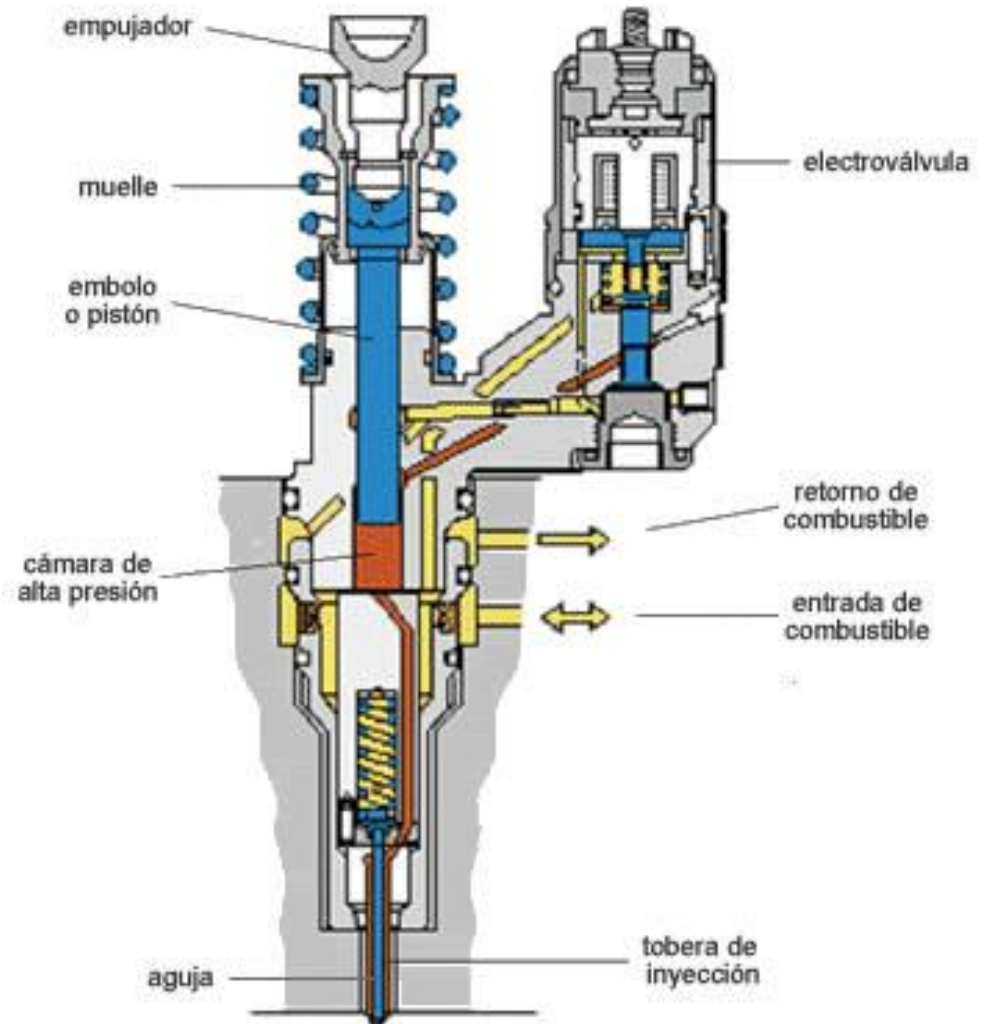
2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)

Arquitectura

Un inyector UIS combina:

- Bomba de alta presión
- Válvula solenoide (o piezoeléctrica en versiones avanzadas)
- Tobera de inyección
- Mecanismo mecánico accionado por el árbol de levas.

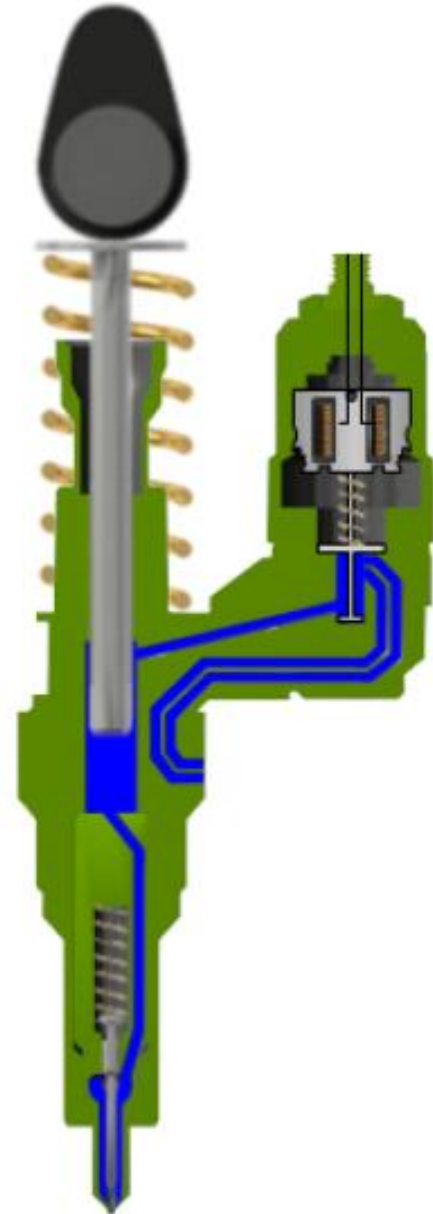


2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)

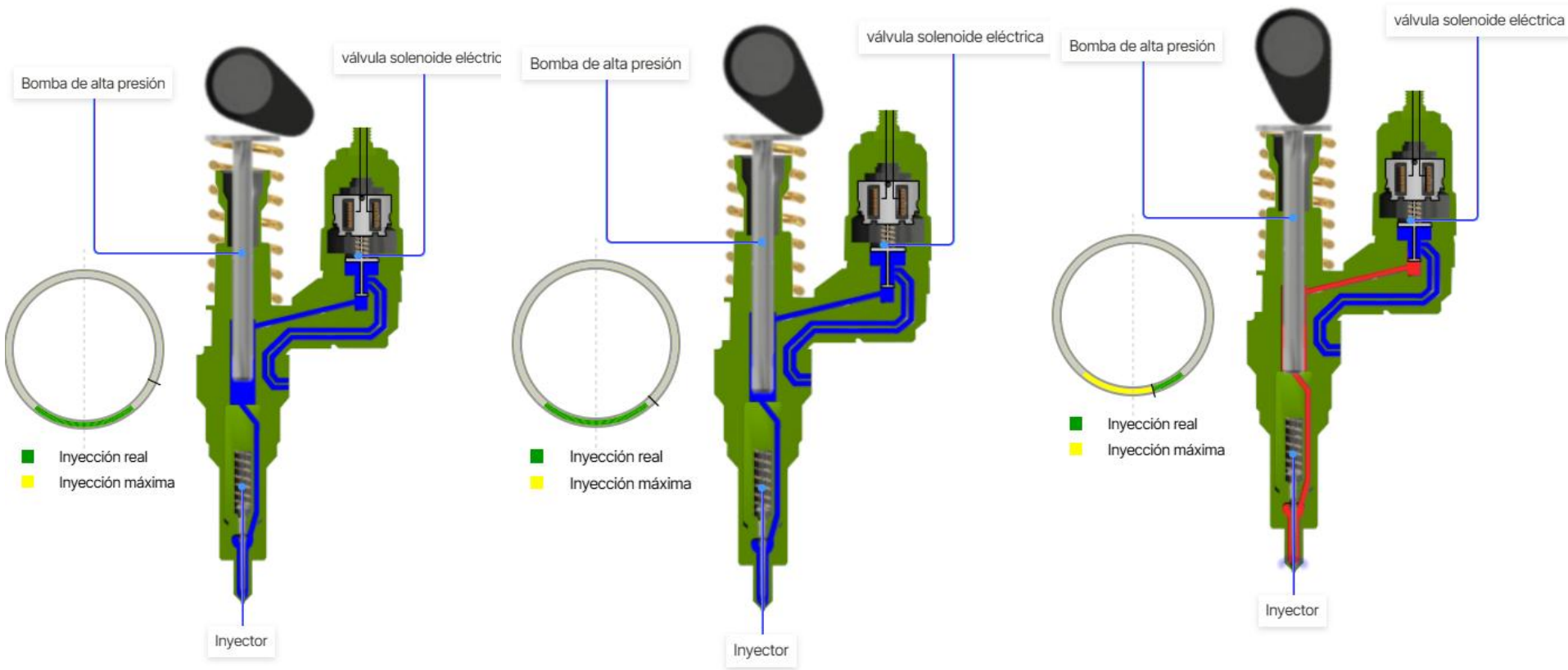
Funcionamiento

- 1.El árbol de levas empuja el émbolo del inyector.
- 2.El émbolo genera presiones de **1700 a 2200 bar**.
- 3.La válvula solenoide abre/cierra según la señal de la ECU.
- 4.El combustible se atomiza y entra en la cámara de combustión.
- 5.El retorno del émbolo finaliza la inyección.



2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)

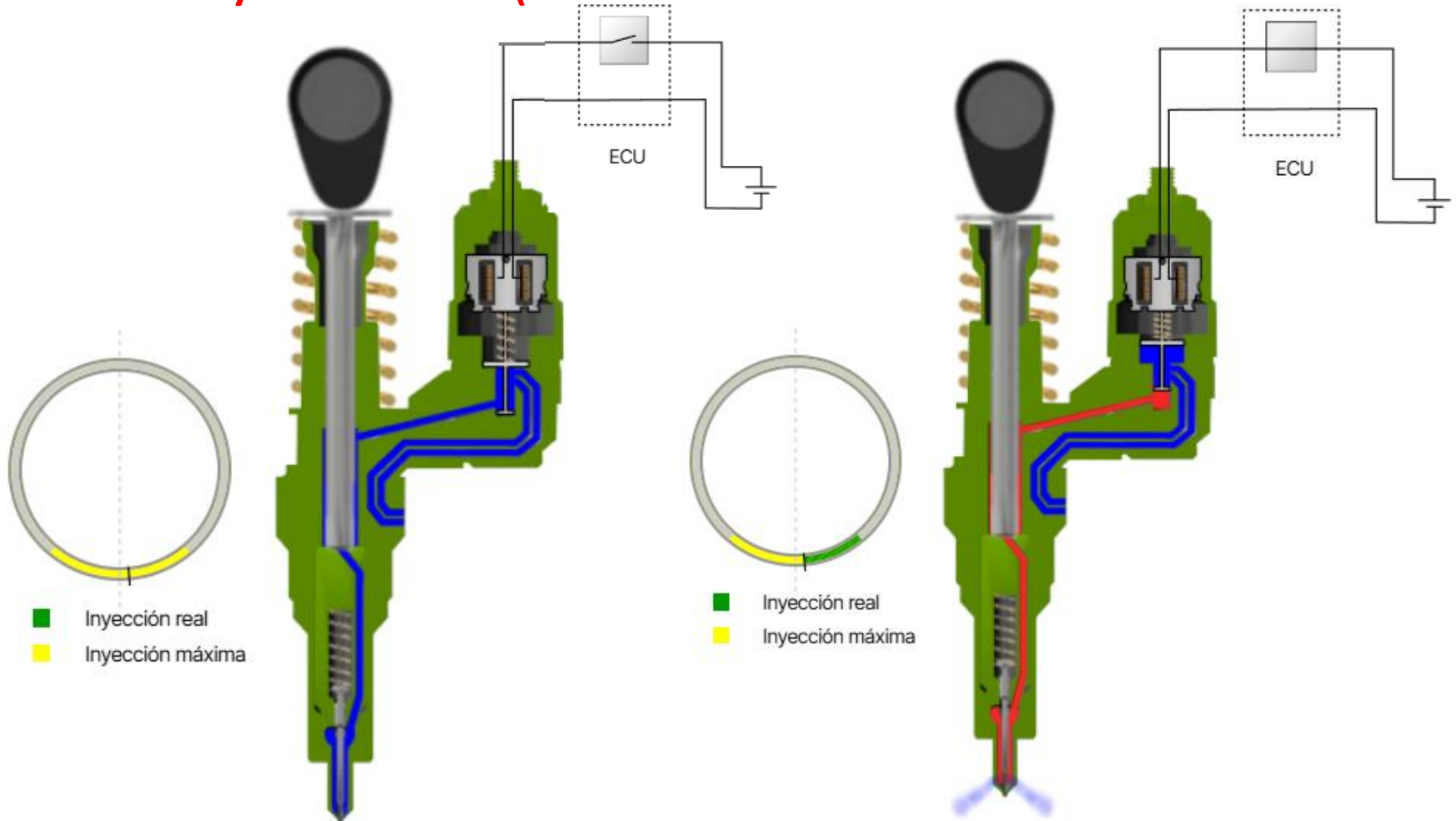


¿Cuál es la diferencia entre inyección real y máxima?

- Inyección máxima = límite mecánico
- Inyección real = decisión electrónica

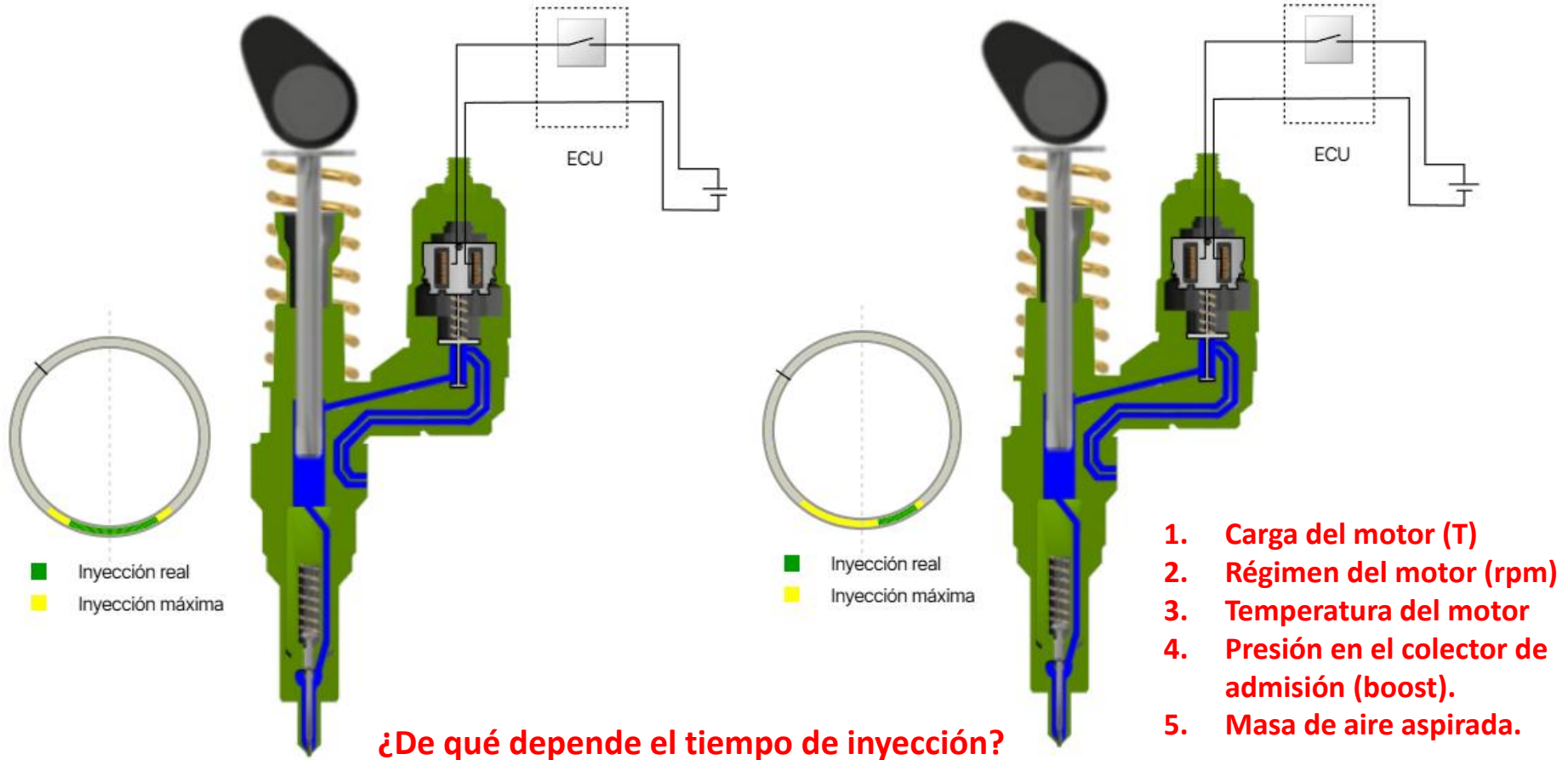
2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)



2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)



Electude inyector-bomba avanzado

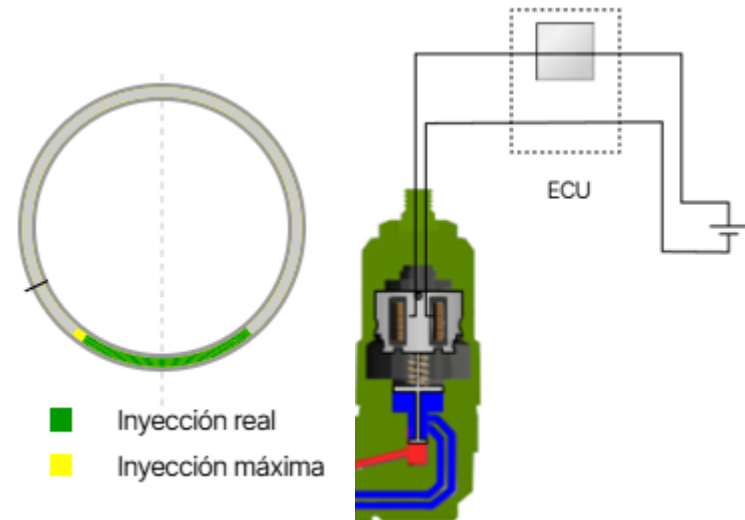
2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)

Caso de diagnóstico: Estado de la batería y sistema eléctrico en mal estado. ¿Qué puede pasar en el sistema de inyección?

La válvula solenoide del UIS/UPS depende de la energía eléctrica.

• Voltaje bajo → la apertura/cierre del solenoide puede retrasarse → la ECU modifica tiempos para compensar.



Resumen técnico

Parámetro	Valor típico
Voltaje de activación	10–14 V
Voltaje mínimo	≈ 9 V
Corriente de apertura (peak)	8–16 A
Corriente de mantenimiento	4–8 A
Control	PWM + corriente controlada por ECU

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de inyector unitario (UIS)

Caso de diagnóstico: Estado de la batería y sistema eléctrico en mal estado.

RESUMEN VISUAL DEL DIAGNÓSTICO

Paso	Qué medir	Resultado esperado	Si está mal
1	Voltaje del sistema	12–14.5 V	Alternador/batería
2	Caída de tensión	<0.3 V	Arnés/conectores
3	Resistencia de bobina	0.5–1.2 Ω	Bobina dañada
4	Amperaje	8–16 A / 4–8 A	Solenoide/ECU/arnés
5	Osciloscopio	PWM estable	ECU/driver
6	Masas	0–0.1 V caída	Masa defectuosa
7	Prueba cruzada	—	Determina origen

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

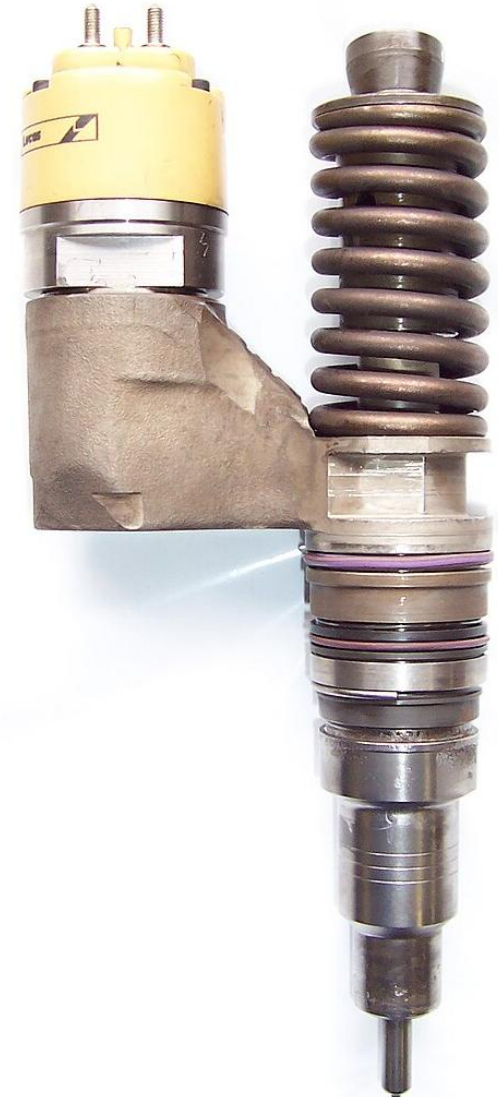
Sistema de inyector unitario (UIS)

Ventajas

- Compacto: bomba + inyector en un solo cuerpo.
- Altísima presión generada directamente.
- Reacción muy rápida del solenoide.
- No necesita riel acumulador (como el common-rail).
- Reducción de pérdidas por caudal en líneas.
- Excelentes índices de potencia para motores de turismos.

Desventajas

- Mayor costo de fabricación.
- Sensible a la calidad del combustible.
- Ruido mayor que el CR.
- Diseño limitado para altas RPM.



2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de bomba unitario (UPS)

Arquitectura

Componentes principales:

- Una **bomba de alta presión por cilindro**, montada externamente.
- Un **inyector convencional** (electroválvula).
- Una **línea de alta presión corta** que conecta ambos.

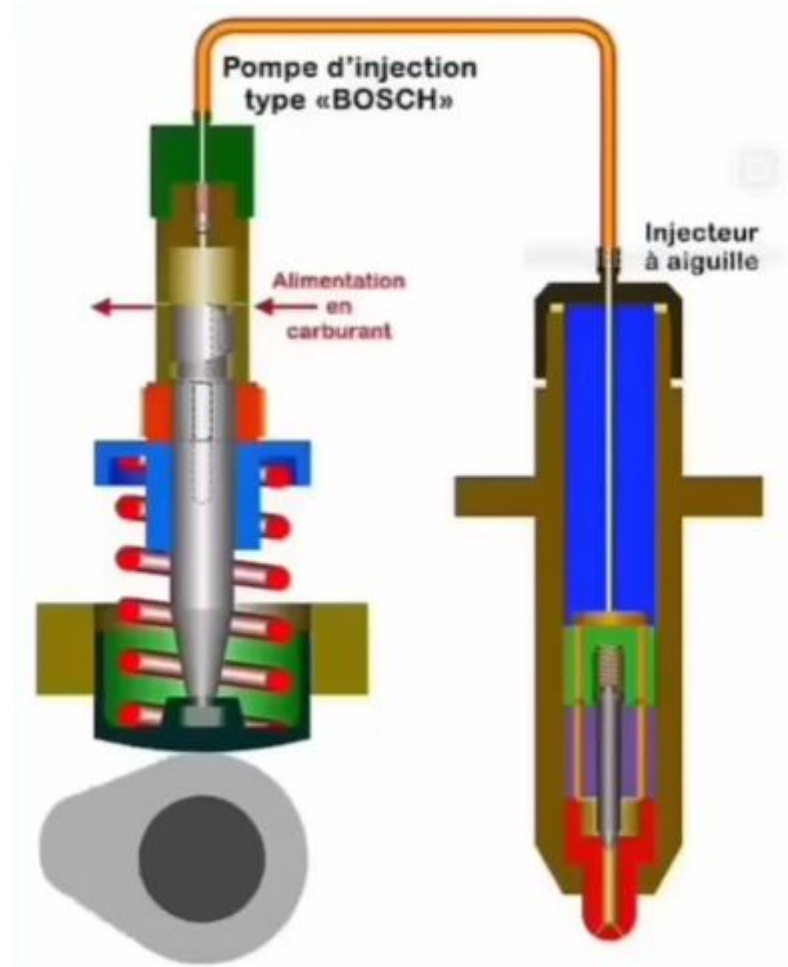


2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de bomba unitario (UPS)

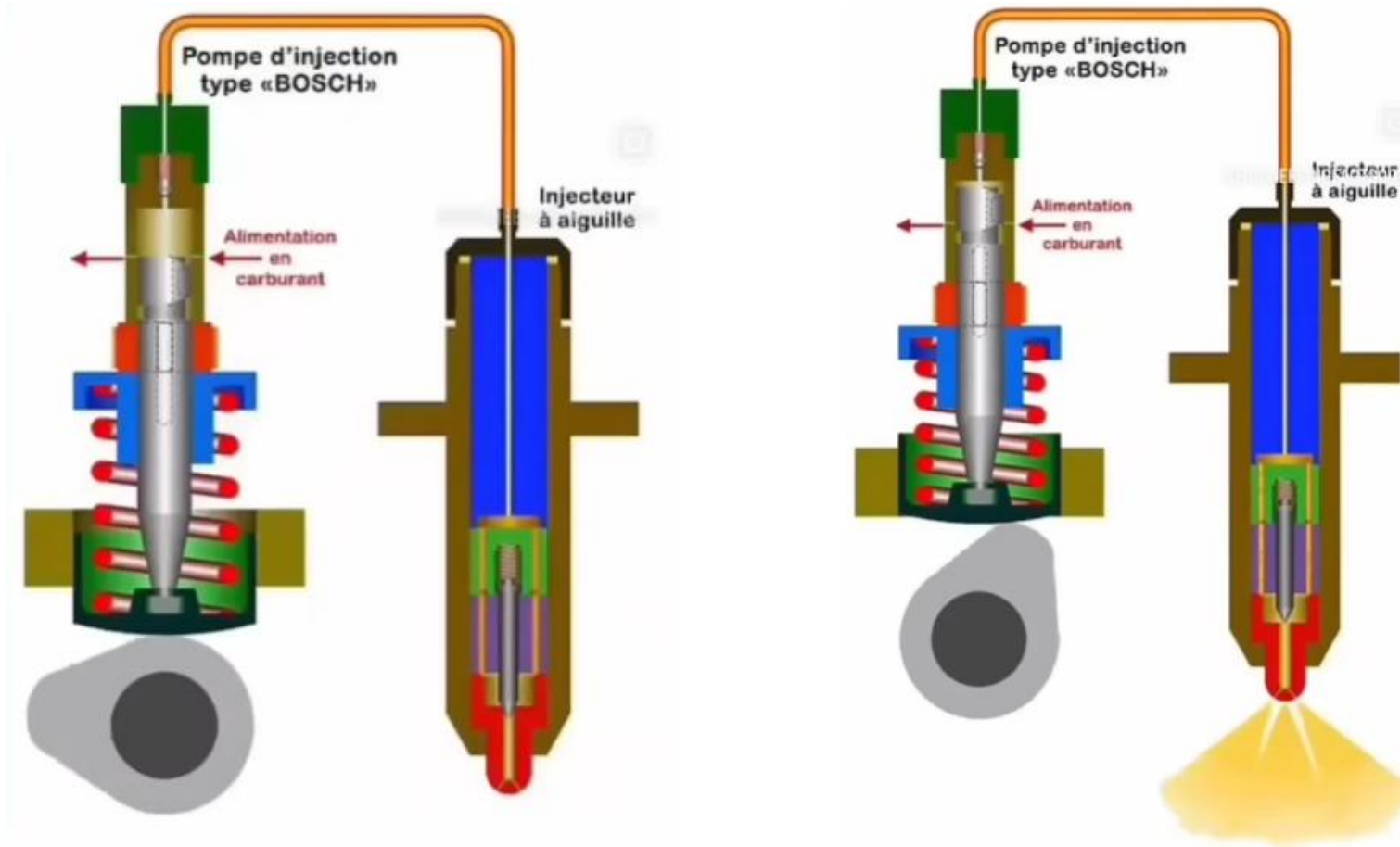
Funcionamiento

1. La bomba unitaria es accionada por el árbol de levas.
2. Genera presiones de **2000 a 2700 bar** (según generación).
3. La línea corta minimiza pérdidas.
4. La ECU controla la válvula del inyector para determinar:
 1. inicio de inyección
 2. duración
 3. cantidad inyectada
 4. estrategias de múltiple inyección



2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de bomba unitario (UPS)



2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Sistema de bomba unitario (UPS)

Ventajas

- Modularidad: facilita mantenimiento.
- Componentes más robustos y durables.
- Permite mayores presiones que el UIS.
- Ideal para motores grandes (camiones, buses).

Desventajas

- Mayor espacio requerido.
- Costo elevado de instalación.
- Sensibilidad a sincronización del árbol de levas.

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Comparación técnica UIS vs UPS

Característica	UIS	UPS
Integración	Bomba + inyector en un mismo cuerpo	Bomba separada del inyector
Longitud de líneas	Nula	Muy corta
Presión típica	1700–2200 bar	2000–2700 bar
Aplicación	Turismos	Vehículos comerciales
Tamaño	Compacto	Voluminoso
Mantenimiento	Requiere desmontar unidad completa	Mantenimiento de bomba e inyector por separado
Ruido	Medio-alto	Medio
Costo	Alto	Muy alto

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Presiones de inyección

- Ambos sistemas dependen del **árbol de levas**, por tanto la **inyección está sincronizada mecánicamente**.
- La ECU controla el **instante de apertura** y la **duración** del solenoide.
- No existe un acumulador de presión como en CR; la presión se genera **solo en el instante de la inyección**.

Estrategias controladas por ECU

- Pre-inyección (reducción de ruido)
- Inyección principal
- Post-inyección (control de emisiones)

2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Fallos comunes y diagnóstico básico

Fallas típicas en UIS

- Desgaste del émbolo → baja presión
- Fallo del solenoide → No hay control de inyección
- Fugas internas → humo negro
- Calentamiento por mala lubricación → gripado
- Sincronización incorrecta del árbol → tironeos, pérdida de potencia

Fallas típicas en UPS

- Bomba unitaria desgastada
- Línea de alta presión obstruida
- Inyector con retorno excesivo
- Desajuste en la leva de accionamiento

Métodos de diagnóstico

- Pruebas de retorno de inyectores
- Revisión de presión generada por cilindro
- Osciloscopio para señal del solenoide
- Sincronización del árbol de levas
- Prueba de fugas internas

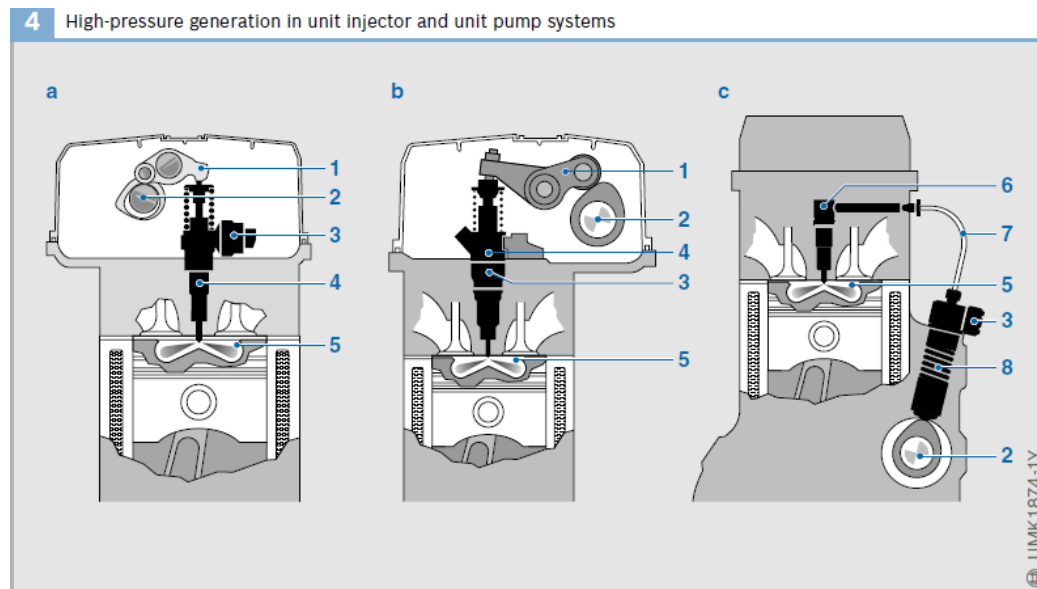
2.1.2 Sistemas de inyector unitario (UIS) y sistema de bomba unitaria (UPS)

Cierre

Los sistemas **UIS** y **UPS** representan una etapa crucial en la evolución de la inyección Diésel. Ambos son sistemas de **cilindros discretos**, capaces de generar altas presiones sin necesidad de una bomba central o un riel.

- El **UIS** destaca por su compacidad y fue ideal en turismos.
- El **UPS** es la solución robusta para camiones y motores industriales.

El dominio de estos sistemas permite comprender la transición hacia sistemas **Common Rail**, que hoy predominan en la industria.



2.1.3 Diagrama del sistema UIS para turismos

