

MÓDULO 6 — SENSORES DE PRESIÓN

Riel de baja y alta · Aceite · FTP/EVAP · DPFE/EGR · DPF · A/C · Turbo

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	4
La arquitectura común	4
La función de transferencia universal	4
Presión absoluta vs presión manométrica	5
LA PRUEBA MAESTRA DEL MÓDULO: VERIFICACIÓN DE LÍNEA BASE KOEO	6
6.1 · SENSOR DE PRESIÓN DE RIEL DE BAJA (FRP)	7
Función	7
1 · Valores en ralentí	7
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	7
3 · Rango de funcionamiento normal	8
4 · Síntomas de falla	8
5 · Posibles soluciones y reparaciones	8
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso	9
7 · Valores comunes de resistencia	10
8 · Alimentaciones y tierras	10
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	10
10 · Nomenclatura de cableado	11
11 · Simbología y diagrama de conexión	11
12 · Análisis de oscilogramas	12
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	12
14 · Análisis de corriente	12
15 · Preguntas de autoevaluación — FRP de baja presión	13
6.2 · SENSOR DE PRESIÓN DE RIEL DE ALTA (GDI Y COMMON RAIL)	14
ADVERTENCIA DE SEGURIDAD	14
Función	14
1 · Valores en ralentí	15
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	15
3 · Rango de funcionamiento normal	15
4 · Síntomas de falla	16
5 · Posibles soluciones y reparaciones	16
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso	16
7 · Valores comunes de resistencia	17
8 · Alimentaciones y tierras	18
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	18
10 · Nomenclatura de cableado	19

11 · Simbología y diagrama de conexión	19
12 · Análisis de oscilogramas	19
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	20
14 · Análisis de corriente	20
15 · Preguntas de autoevaluación — Riel de alta presión	20
6.3 · SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE	22
Las dos tecnologías	22
1 · Valores en ralentí (motor caliente)	22
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	23
3 · Rango de funcionamiento normal	23
4 · Síntomas de falla	23
5 · Posibles soluciones y reparaciones	24
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	24
7 · Valores comunes de resistencia	24
8 · Alimentaciones y tierras	25
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	25
10 · Nomenclatura de cableado	26
11 · Simbología y diagrama de conexión	26
12 · Análisis de oscilogramas	26
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	26
14 · Análisis de corriente	27
15 · Preguntas de autoevaluación — Presión de aceite	27
6.4 · SENSOR FTP — PRESIÓN DEL TANQUE (SISTEMA EVAP)	28
Función y particularidad	28
1 · Valores en ralentí	28
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	29
3 · Rango de funcionamiento normal	29
4 · Síntomas de falla	29
5 · Posibles soluciones y reparaciones	30
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	30
7 · Valores comunes de resistencia	31
8 · Alimentaciones y tierras	31
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	31
10 · Nomenclatura de cableado	31
11 · Simbología y diagrama de conexión	31
12 · Análisis de oscilogramas	32
13 · Señales PWM	32
14 · Análisis de corriente	32
15 · Preguntas de autoevaluación — FTP	32
6.5 · SENSOR DPFE Y SENSOR DE POSICIÓN EGR	34
6.5.1 · DPFE (<i>Differential Pressure Feedback EGR</i>)	34
6.5.2 · Sensor de posición EGR (EVP / EGR Position)	35
Puntos 1 – 15 aplicados al DPFE y al sensor de posición EGR	35
Preguntas de autoevaluación — DPFE y posición EGR	36
6.6 · SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL DEL DPF	37
Función	37
1 · Valores en ralentí (motor caliente)	37

2 · Valor aproximado a 2000 RPM	38
3 · Rango de funcionamiento normal	38
4 · Síntomas de falla	38
5 · Posibles soluciones y reparaciones	39
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	39
7 · Valores comunes de resistencia	39
8 · Alimentaciones y tierras	40
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	40
10 · Nomenclatura de cableado	40
11 · Simbología y diagrama de conexión	40
12 · Análisis de oscilogramas	41
13 · Señales PWM	41
14 · Análisis de corriente	41
15 · Preguntas de autoevaluación — DPF diferencial	42
6.7 · TRANSDUCTOR DE PRESIÓN DE A/C	43
Función	43
1 · Valores en ralentí	43
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	44
3 · Rango de funcionamiento normal	44
4 · Síntomas de falla	44
5 · Posibles soluciones y reparaciones	45
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	45
7 - 14 · Puntos restantes	45
15 · Preguntas de autoevaluación — Presión de A/C	46
6.8 · SENSOR DE PRESIÓN DE TURBO (TMAP / BOOST)	47
Función y relación con el Módulo 2	47
1 · Valores en ralentí	47
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	47
3 · Rango de funcionamiento normal	47
4 · Síntomas de falla	48
5 · Posibles soluciones y reparaciones	48
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	48
7 - 14 · Puntos restantes	49
15 · Preguntas de autoevaluación — Presión de turbo	49
CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 6	51
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 6	52

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

Ocho sensores distintos, ocho sistemas distintos, **una sola arquitectura eléctrica**. Ésa es la buena noticia de este módulo: si domina un sensor de presión, los domina todos. Lo que cambia entre ellos es el **rango**, el **conducto que miden** y la **consecuencia de equivocarse**.

La mala noticia es la que desarrolla el punto 9 de cada sección: **cuanto mayor es el rango del sensor, más devastador resulta un error de milivoltios**. Un desplazamiento de 50 mV en la masa de sensores produce 0.125 bar de error en un sensor de aceite y **31 bar de error** en un sensor de riel common rail.

La arquitectura común

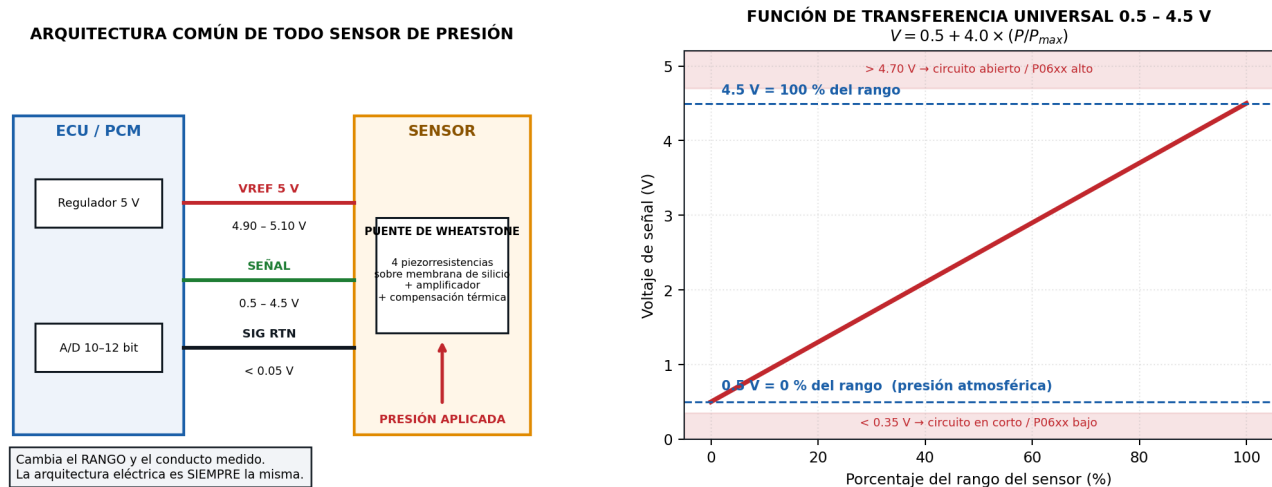


Figura 1: Arquitectura común y función de transferencia

Prácticamente todos los sensores de presión automotrices son **piezorresistivos de 3 hilos**, idénticos en principio al MAP del Módulo 2: una membrana de silicio con cuatro resistencias difundidas en puente de Wheatstone, más un amplificador y una compensación térmica integrados.

Pin	Función	Valor
A	VREF	4.90 - 5.10 V
B	SIG RTN	< 0.05 V
C	SEÑAL	0.5 - 4.5 V

La función de transferencia universal

La inmensa mayoría de los fabricantes usa el convenio **ratimétrico 0.5 - 4.5 V**:

$$V_{sig} = 0.5 + 4.0 \times \frac{P}{P_{max}}$$

Despejando la presión, que es lo que se usa en el taller:

$$P = \frac{V_{sig} - 0.5}{4.0} \times P_{max}$$

Por qué el rango empieza en 0.5 V y no en 0 V: para que la ECU pueda distinguir “presión cero” (0.5 V) de “circuito en corto a masa” (0.0 V), y “presión máxima” (4.5 V) de “circuito abierto” (5.0 V). Los márgenes de 0.5 V en cada extremo son las **zonas de diagnóstico eléctrico**.

Voltaje leído	Interpretación
< 0.30 V	Circuito en corto a masa o VREF ausente → código de entrada baja
0.45 - 0.55 V	Presión cero (atmosférica) — valor de referencia KOEO
0.5 - 4.5 V	Rango de medición válido
4.45 - 4.55 V	Presión máxima del sensor
> 4.70 V	Circuito abierto (señal o SIG RTN) → código de entrada alta

Presión absoluta vs presión manométrica

Tipo	Referencia	Qué mide	Ejemplos
Absoluta	Vacío sellado interno	Presión total, incluida la atmosférica	MAP, BARO, TMAP
Manométrica (<i>gauge</i>)	Atmósfera ambiente	Presión por encima de la atmosférica	Riel de combustible, aceite, A/C, DPF
Diferencial	Dos puertos, uno contra otro	Diferencia entre dos puntos	DPFE, presión diferencial del DPF
Bidireccional	Atmósfera, con centro desplazado	Vacío y presión	FTP del sistema EVAP

$$P_{abs} = P_{man} + P_{baro}$$

Conversiones que hay que tener memorizadas:

De	A	Factor
bar	kPa	× 100
bar	psi	× 14.504
psi	kPa	× 6.895
MPa	bar	× 10
kPa	inH ₂ O	× 4.0147
inHg	kPa	× 3.386

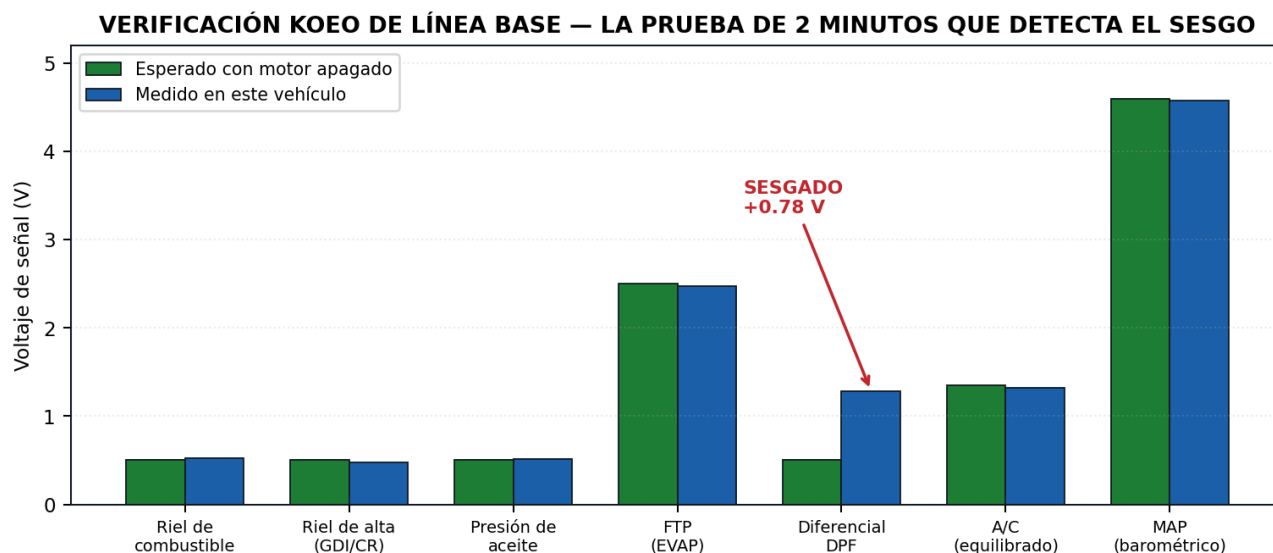


Figura 2: Verificación de línea base con la llave en contacto

LA PRUEBA MAESTRA DEL MÓDULO: VERIFICACIÓN DE LÍNEA BASE KOEO

Éste es el equivalente, para los sensores de presión, de la prueba de remojo en frío del Módulo 3. Es rápida, gratuita y detecta el sesgo que no genera código.

Fundamento: con el motor apagado y los sistemas despresurizados, **todos los sensores manométricos y diferenciales deben leer cero**, y por tanto entregar su voltaje de línea base. Los sensores absolutos deben leer la presión barométrica.

Sensor	Condición KOEO	Lectura esperada	Voltaje
Riel de baja presión	Sistema despresurizado	0 bar	0.45 - 0.55 V
Riel de alta presión	Motor apagado	0 bar	0.45 - 0.55 V
Presión de aceite	Motor apagado	0 bar	0.45 - 0.55 V
DPF diferencial	Motor apagado	0 kPa	0.45 - 0.55 V
DPFE / EGR	Motor apagado	0 inH ₂ O	0.45 - 1.10 V (según modelo)
FTP (EVAP)	Tapón abierto	0 kPa	1.3 - 2.7 V según fabricante
A/C	Sistema equilibrado a 25 °C	4.5 - 4.8 bar	1.0 - 1.1 V
MAP / TMAP	Motor apagado	= barométrica	3.4 - 4.8 V según altitud

Cualquier sensor manométrico que no entregue 0.5 V $\pm$ 0.05 V con el sistema despresurizado está sesgado, o su circuito lo está. No hace falta arrancar el motor, ni desmontar nada, ni comprar un manómetro. Es la primera prueba de todo diagnóstico de presión.

6.1 · SENSOR DE PRESIÓN DE RIEL DE BAJA (FRP)

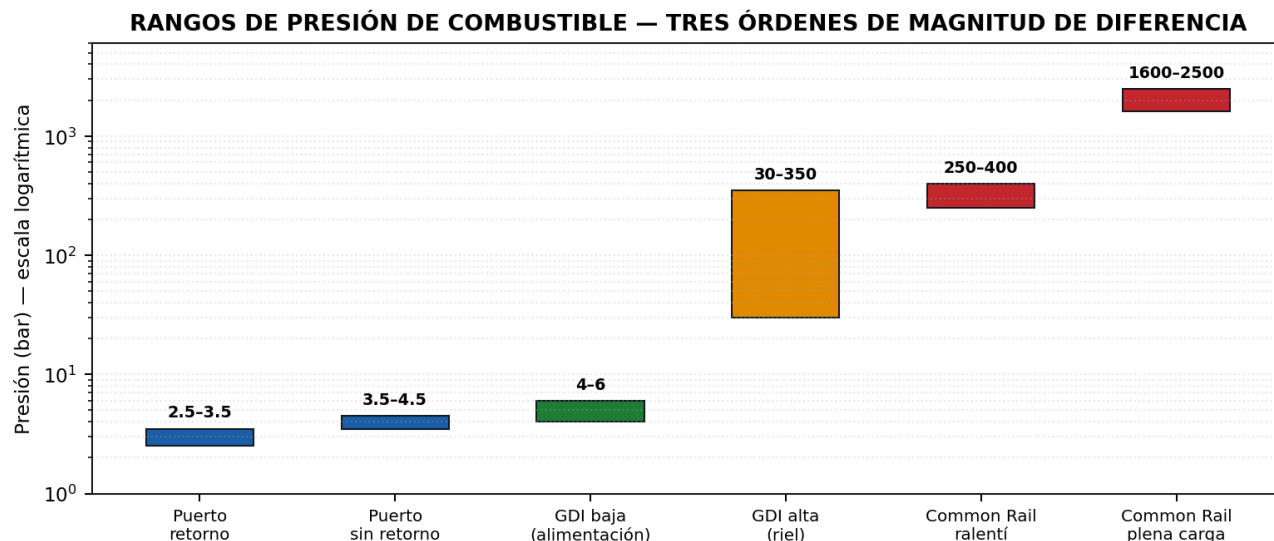


Figura 3: Rangos de presión de los distintos sistemas de combustible

Función

En los sistemas **sin retorno** (*returnless*), el regulador mecánico del riel desapareció. La presión la controla la ECU variando la velocidad de la bomba por PWM, en **lazo cerrado** con este sensor. Por eso el sensor no es informativo: es parte del bucle de control.

En sistemas GDI y diésel, el sensor de baja presión vigila además que la bomba de alta reciba caudal suficiente.

1 · Valores en ralentí

Sistema	Presión	Voltaje (sensor de 700 kPa)
Inyección en puerto sin retorno	350 - 450 kPa (3.5 - 4.5 bar / 50 - 65 psi)	2.50 - 3.07 V
Alimentación de bomba GDI (lado baja)	450 - 600 kPa (4.5 - 6.0 bar)	3.07 - 3.93 V
Bomba de transferencia diésel	300 - 600 kPa	2.21 - 3.93 V
Sistemas con retorno y regulador mecánico	250 - 380 kPa	1.93 - 2.67 V

Cálculo de verificación (sensor de 700 kPa, presión medida 380 kPa):

$$V = 0.5 + 4.0 \times \frac{380}{700} = 0.5 + 2.171 = 2.67 \text{ V}$$

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Comportamiento
2000 RPM sin carga	Prácticamente idéntico al ralentí (lazo cerrado)
2000 RPM con carga alta	Igual o ligeramente superior; la ECU sube el objetivo
Aceleración brusca	Caída momentánea < 30 kPa, recuperación en < 1 s

El sensor de baja presión no debe variar con las RPM. Si la presión cae al subir la demanda, el problema es de caudal: filtro, bomba, tensión de alimentación de la bomba, o restricción en la línea.

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Rango del sensor	0 - 700 kPa (algunos 0 - 500 o 0 - 1 000 kPa)
Tolerancia respecto al objetivo comandado	±20 kPa
Caída máxima admisible en aceleración	30 kPa, recuperación < 1 s
Retención tras apagar (prueba de estanqueidad)	≥ 80 % a los 20 min

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor sesgado alto	La ECU reduce la bomba → presión real baja → mezcla pobre, tirones, P0171
Sensor sesgado bajo	La ECU acelera la bomba → presión real alta → mezcla rica, consumo, desgaste de la bomba
Circuito abierto	5 V, P0193, la ECU pasa a control por tabla fija
Corto a masa	0 V, P0192, bomba al máximo permanente
Presión real baja (bomba o filtro)	P0087, arranque difícil, pérdida de potencia bajo carga
Presión real alta (regulador pegado)	P0088, mezcla rica, humo negro

Códigos: P0190 (circuito), P0191 (rango/desempeño), P0192 (entrada baja), P0193 (entrada alta), P0194 (intermitente), **P0087** (presión demasiado baja), **P0088** (presión demasiado alta), P018B/P018C (sensor de riel B).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar la línea base KOEO** antes que nada (\$6.0). Un sensor que no marca 0.5 V despresurizado está sesgado.
2. **Confirmar con manómetro mecánico** en el puerto de servicio, si existe. Es la referencia independiente que decide si el sensor miente o el sistema falla.
3. Reemplazar el **filtro de combustible** y verificar restricciones en la línea.

4. Verificar la **alimentación de la bomba con caída de voltaje** (Módulo 0): una bomba que recibe 11 V en vez de 13.5 V entrega mucho menos caudal.
5. Verificar el **módulo de control de la bomba (FPDM/FPCM)** y su señal PWM.
6. Reparar VREF y SIG RTN si el sesgo afecta también a otros sensores.
7. Reemplazar el sensor cuando la comparación con manómetro lo confirme.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso

Paso 1 — Línea base KOEO. Sistema despresurizado (dejar reposar o purgar por el puerto de servicio). Debe entregar **0.45 - 0.55 V**.

Paso 2 — Verificación eléctrica de los tres circuitos.

Medición	Límite
VREF en el conector del sensor (contra SIG RTN)	4.90 - 5.10 V
SIG RTN contra negativo de batería	< 0.05 V
Señal	Según tabla del punto 3

Paso 3 — Prueba de sustitución de 20 segundos. Desconectar → la señal sube a ≈5 V (P0193). Puentear señal con SIG RTN → cae a ≈0 V (P0192). Si ambas responden, cableado y ECU están íntegros.

Paso 4 — Comparación contra manómetro mecánico. Es la prueba que decide. Instale un manómetro en el puerto de servicio y compare punto por punto con el PID.

$$P_{esperada} = \frac{V_{medido} - 0.5}{4.0} \times P_{max}$$

Tolerancia: ±20 kPa (±3 psi). Una diferencia mayor condena el sensor.

Paso 5 — Prueba de caudal bajo demanda. Con el manómetro instalado, acelere bruscamente. La presión no debe caer más de 30 kPa ni tardar más de 1 s en recuperarse.

Paso 6 — Prueba de retención (estanqueidad). Apague el motor con el manómetro instalado. La presión debe conservar **al menos el 80 % a los 20 minutos**. Una caída rápida indica inyector con fuga, válvula de retención de la bomba, o regulador.

Paso 7 — Prueba de caída de voltaje.

Circuito	Corriente	Límite
VREF (compartida)	30 - 80 mA	0.10 V
SIG RTN (compartida)	30 - 80 mA	0.05 V
Señal	μA	No aplica la prueba clásica
Alimentación de la bomba de combustible	4 - 10 A	0.20 V
Masa de la bomba	4 - 10 A	0.10 V

No confunda los dos circuitos. El del sensor es de microamperios; el de la bomba es de amperios. La caída de voltaje se aplica al de la bomba con los límites de potencia, y al del sensor solo en VREF y SIG RTN.

7 · Valores comunes de resistencia

NO APLICA — no medir. Es un circuito integrado con amplificador. El óhmetro entre pines no tiene valor diagnóstico.

Medición	Valor	Utilidad
Continuidad de cada conductor	$< 1 \Omega$	Sí
Aislamiento entre conductores	$> 10 M\Omega$	Sí
Entre pines del sensor	Variable	Ninguna

8 · Alimentaciones y tierras

VREF, señal y SIG RTN, con los valores de la tabla del §6.0. VREF y SIG RTN suelen ser **compartidas** con otros sensores del grupo, con las implicaciones del punto 9.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Error introducido por una masa desplazada

La caída en SIG RTN se **suma** a la señal:

$$V_{ECU} = V_{sensor} + V_{SIGRTN}$$

Con 0.08 V de caída y un sensor de 700 kPa:

$$\Delta P = \frac{0.08}{4.0} \times 700 = 14 \text{ kPa (2.0 psi)}$$

Error moderado, dentro de lo tolerable en este rango.

Cálculo 2 — El mismo error en un sensor de 2 500 bar

$$\Delta P = \frac{0.08}{4.0} \times 2500 = 50 \text{ bar}$$

El mismo defecto eléctrico produce 50 bar de error. Éste es el principio que gobierna todo el módulo:

$$\text{Error de presión} = \frac{\text{Error de voltaje}}{4.0} \times P_{max}$$

Error de voltaje	Sensor 10 bar (aceite)	Sensor 700 kPa (baja)	Sensor 2 500 bar (riel)
0.02 V	0.05 bar	3.5 kPa	12.5 bar
0.05 V	0.125 bar	8.8 kPa	31 bar
0.10 V	0.25 bar	17.5 kPa	62.5 bar
0.20 V	0.50 bar	35 kPa	125 bar

Conclusión operativa: los límites de caída de voltaje deben endurecerse en proporción al rango del sensor. Para un sensor de riel common rail, **0.02 V en SIG RTN ya es una falla.**

Cálculo 3 — Comportamiento ratiométrico

El sensor entrega una fracción de VREF. Con VREF caída a 4.80 V, la señal se escala proporcionalmente:

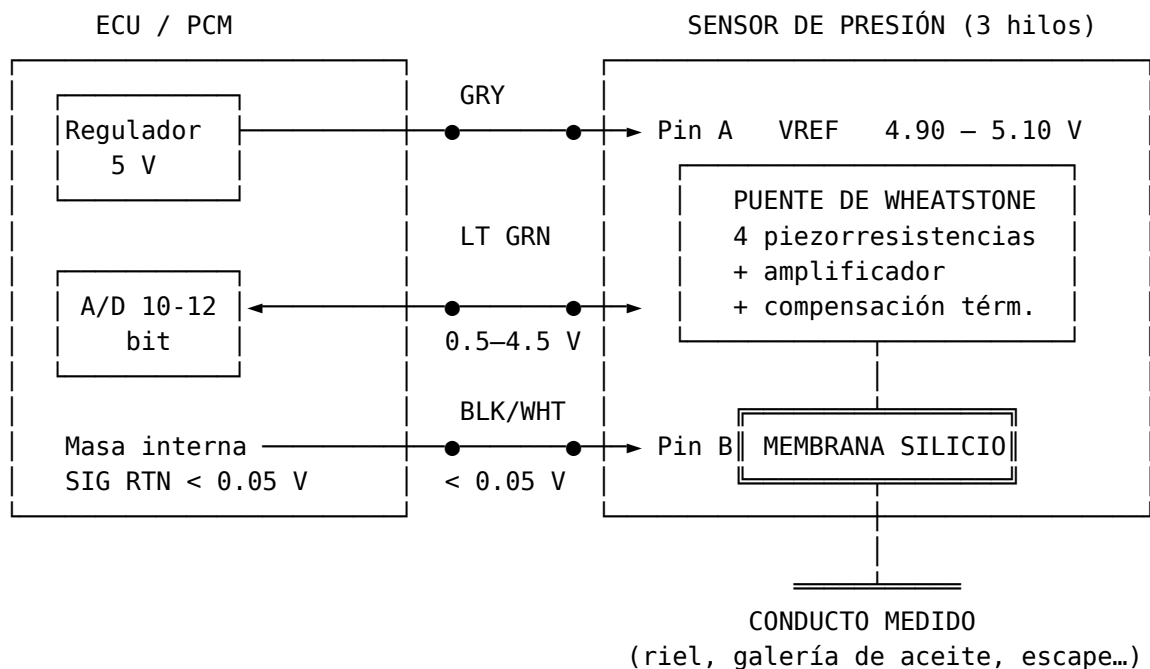
$$V_{real} = V_{ideal} \times \frac{4.80}{5.00} = V_{ideal} \times 0.96$$

Una señal ideal de 2.67 V pasa a 2.56 V → error de 19 kPa. Las ECU modernas compensan esta variación **si miden la misma VREF que el sensor**; si la caída ocurre en el cableado, la compensación falla.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	VREF	Señal	SIG RTN
GM	GRY	LT GRN, DK BLU	BLK/WHT
Ford	GRY/RED, BRN/WHT	BRN/YEL, GRN/WHT	GRY/RED, BLK/WHT
Toyota	VC	PF, PR	E2
VW / Audi	rt/ge	gn/br	br/ws
Bosch genérico	1 (rt)	3 (gn)	2 (br)

11 · Simbología y diagrama de conexión



$$V = 0.5 + 4.0 \times (P / P_{max})$$

$$0.5 \text{ V} = \text{presión CERO}$$

$$P = (V - 0.5) / 4.0 \times P_{max}$$

$$4.5 \text{ V} = \text{presión MÁXIMA del sensor}$$

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Línea base KOEO	0.45 - 0.55 V	Sesgo del sensor o del circuito
Estabilidad en ralentí	± 0.02 V	Oscilación = control inestable o bomba deficiente
Rizado por pulsos de la bomba	< 0.05 V p-p	Mayor = válvula de retención o amortiguador deficiente
Caída en aceleración	< 0.17 V (30 kPa)	Mayor = caudal insuficiente
Ruido eléctrico	Ausente	Presente = masa o VREF comprometidas

Configuración: DC · 1 V/div · 500 ms – 1 s/div · referencia en SIG RTN · modo *roll* para la prueba de retención.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

El sensor no es PWM, pero el actuador de su lazo de control sí lo es:

Elemento	Frecuencia	Duty cycle
Módulo de control de la bomba (FPDM/FPCM)	12 - 25 kHz	35 - 100 % según demanda
Bomba con control directo de la ECU	100 Hz - 2 kHz	30 - 100 %

Verificación del lazo cerrado: al aumentar la demanda, el duty cycle de la bomba debe subir y la presión mantenerse. Un duty cycle del 100 % con presión por debajo del objetivo confirma que el problema es de caudal, no de control.

14 · Análisis de corriente

Medición	Valor	Método
Consumo del sensor	8 - 15 mA	Pinza de baja corriente, 10 vueltas
Consumo de la línea VREF completa	30 - 80 mA	Pinza en el cable de salida de la ECU
Corriente de la bomba de combustible	4 - 10 A	Pinza estándar

Interpretación de la corriente de la bomba:

Hallazgo	Diagnóstico
Corriente normal, presión baja	Filtro tapado, línea restringida, o fuga interna
Corriente alta , presión baja	Bomba con rotor gastado o entrada obstruida

Hallazgo	Diagnóstico
Corriente baja , presión baja	Alimentación deficiente (caída de voltaje) o bomba débil
Consumo del sensor > 40 mA	Sensor en corto interno degradando la línea VREF

15 · Preguntas de autoevaluación — FRP de baja presión

P1. Un sensor de 700 kPa entrega 2.90 V con el motor en ralentí, pero el manómetro mecánico indica 350 kPa. Calcule la presión que el sensor está reportando, determine el error y decida si el sensor está sesgado alto o bajo.

P2. Con el sistema despresurizado y la llave en contacto, el sensor entrega 0.78 V. Calcule qué presión está reportando, explique por qué esto constituye un sesgo y describa la consecuencia sobre el control de la bomba.

P3. Un vehículo presenta P0087 con la bomba trabajando al 100 % de duty cycle. La corriente de la bomba es de 3.2 A cuando la especificación es de 6 A. ¿Qué está ocurriendo, qué prueba del Módulo 0 aplica y cuál es el límite?

6.2 · SENSOR DE PRESIÓN DE RIEL DE ALTA (GDI Y COMMON RAIL)

PRESIÓN DE RIEL COMMON RAIL — CAPTURA DE ARRANQUE, RALENTÍ Y ACELERACIÓN

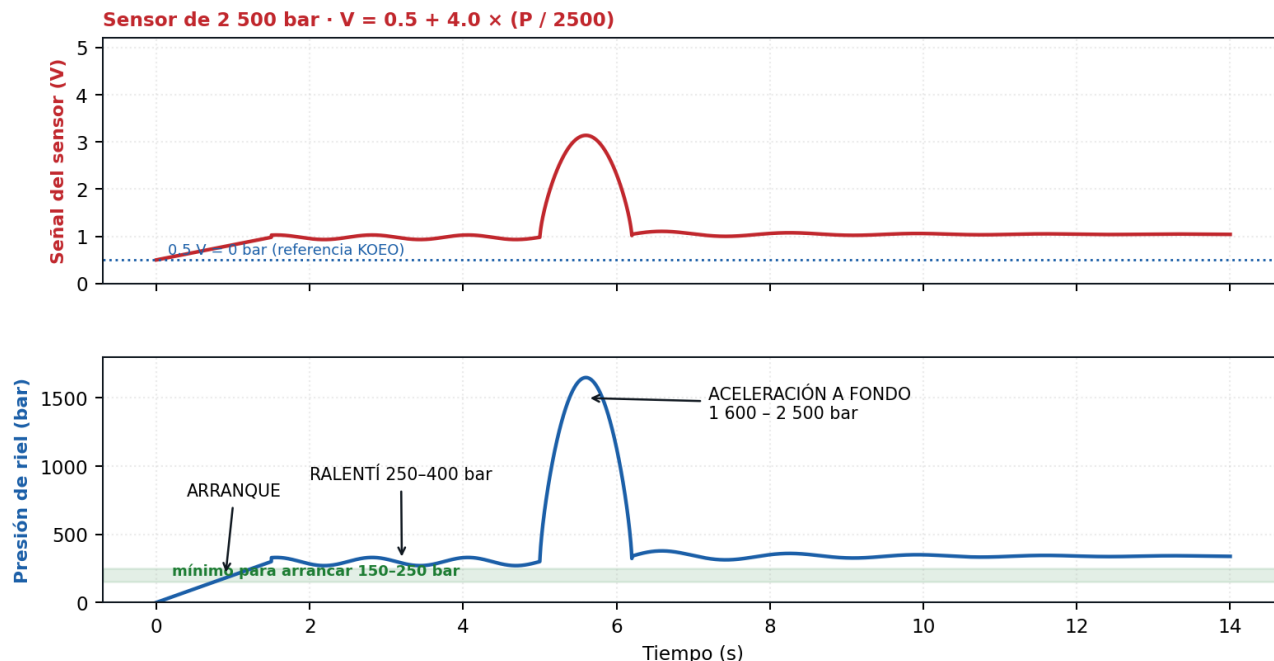


Figura 4: Presión de riel durante arranque, ralentí y aceleración

ADVERTENCIA DE SEGURIDAD

Un riel common rail contiene combustible a 1 500 - 2 500 bar. Un chorro a esa presión atraviesa la piel sin dolor perceptible y provoca embolia grasa, gangrena o la muerte.

- **NUNCA** afloje una tubería de alta presión con el motor en marcha ni inmediatamente después.
- **NUNCA** pase la mano por una tubería buscando fugas. Use un trozo de cartón.
- Espere el tiempo de despresurización especificado por el fabricante (típicamente 30 - 60 s tras apagar, con verificación del PID de presión).
- Todo el diagnóstico de este sensor se hace **por escáner y osciloscopio**, sin abrir el circuito hidráulico.

Función

El sensor cierra el lazo de control de la presión de inyección, que la ECU regula mediante:

Elemento de control	Ubicación	Función
MPROP / SCV / IMV	Entrada de la bomba de alta	Regula el caudal que entra a la bomba
PCV / DRV	Riel o salida de la bomba	Regula la descarga del riel
Ambos (control dual)	—	Control fino en dos etapas

1 · Valores en ralentí

Diésel Common Rail (sensor de 2 500 bar):

Condición	Presión	Voltaje
Mínimo para arrancar	150 - 250 bar	0.74 - 0.90 V
Ralentí	250 - 400 bar	0.90 - 1.14 V
Ralentí con A/C y carga eléctrica	300 - 450 bar	0.98 - 1.22 V

Gasolina GDI (sensor de 200 bar):

Condición	Presión	Voltaje
Arranque	20 - 50 bar	0.90 - 1.50 V
Ralentí	30 - 60 bar	1.10 - 1.70 V
Arranque en frío	50 - 80 bar	1.50 - 2.10 V

Cálculo de verificación (sensor de 2 500 bar, ralentí a 320 bar):

$$V = 0.5 + 4.0 \times \frac{320}{2500} = 0.5 + 0.512 = 1.01 \text{ V}$$

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Sistema	Condición	Presión	Voltaje
Common Rail	2000 RPM sin carga	350 - 550 bar	1.06 - 1.38 V
Common Rail	2000 RPM con carga media	700 - 1 100 bar	1.62 - 2.26 V
Common Rail	2000 RPM plena carga	1 400 - 2 000 bar	2.74 - 3.70 V
GDI	2000 RPM sin carga	40 - 80 bar	1.30 - 2.10 V
GDI	2000 RPM plena carga	120 - 200 bar	2.90 - 4.50 V

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Rango del sensor (diésel)	0 - 1 600 / 1 800 / 2 000 / 2 500 bar
Rango del sensor (GDI)	0 - 150 / 200 / 250 / 350 bar
Tolerancia real vs comandada	±5 % o ±50 bar, lo que sea menor
Tiempo de establecimiento tras un cambio de comando	< 500 ms
Rizado admisible en ralentí	< 5 % de la presión nominal
Caída al cortar el arranque	Debe caer a 0 en pocos segundos

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor sesgado alto	La ECU reduce el caudal de la bomba → presión real baja → no arranca o falta de potencia severa
Sensor sesgado bajo	La ECU fuerza la bomba al máximo → presión excesiva → P0088, riesgo mecánico, ruido de bomba
Circuito abierto	No arranca. P0193
Corto a masa	No arranca. P0192
Presión real insuficiente	P0087 , arranque prolongado o nulo, humo, pérdida de potencia
Retorno excesivo de inyectores	P0087 con bomba al máximo; requiere prueba de retorno
MPROP/SCV pegada	Presión fija, alta o baja, sin respuesta al comando

Códigos: P0087 (presión demasiado baja), P0088 (demasiado alta), P0190 - P0194 (circuito del sensor), P0093 (fuga grande detectada), P0089 (rendimiento del regulador), P1093, P228C/P228D (control de presión).

El código P0087 no acusa al sensor. Indica que la presión real no alcanza la comandada. Las causas, en orden de frecuencia: retorno excesivo de inyectores, bomba de alta desgastada, MPROP/SCV, filtro tapado, aire en el circuito, y **por último** el sensor.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar la línea base KOEO** (0.5 V con el motor apagado). Un sensor que con el motor apagado reporta 80 bar está sesgado y hará que la ECU calcule mal toda la estrategia.
2. **Prueba de retorno de inyectores** (*leak-off test*): medir el caudal de retorno de cada inyector con probetas graduadas durante 30 s de arranque. Un inyector con retorno excesivo consume la presión del riel.
3. **Verificar la presión de alimentación de baja** que llega a la bomba de alta.
4. **Verificar el MPROP/SCV:** resistencia del solenoide, señal PWM y corriente.
5. **Purgar el aire** del circuito de baja tras cualquier intervención.
6. **Reemplazar el filtro de combustible** — el más frecuente y el más barato.
7. Reemplazar el sensor solo cuando la línea base KOEO o la comparación con el comando lo condenen.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso

Paso 1 — Línea base KOEO. Motor apagado, tras la despresurización: el PID debe indicar **0 bar** y el sensor entregar **0.45 - 0.55 V**. Es la prueba más rápida y descarta el sesgo de inmediato.

Paso 2 — Verificación durante el arranque. Registre la presión mientras el motor gira. Debe superar el **mínimo de arranque** (150 - 250 bar en diésel) en menos de 2 segundos.

Hallazgo	Diagnóstico
No supera 150 bar	Bomba, aire, filtro, retorno excesivo o MPROP
Sube y cae de inmediato	Fuga interna o retorno de inyectores
Sube correctamente y no arranca	El problema no es de presión

Paso 3 — Comparación comandada vs real. Registre simultáneamente los PIDs de **presión comandada y presión real**.

Hallazgo	Diagnóstico
Coinciden en todo el rango	Lazo cerrado sano
Real por debajo con regulador al máximo	Falta de caudal (bomba, retorno, filtro)
Real por encima con regulador al mínimo	Regulador pegado o sensor sesgado bajo
Real inestable, oscilando	Aire en el circuito, o sensor con ruido

Paso 4 — Prueba de retorno de inyectores (*leak-off*). Con probetas graduadas en el retorno de cada inyector, arranque durante 30 s.

Resultado	Interpretación
Caudales similares entre cilindros	Normal
Un inyector con caudal muy superior	Ese inyector está consumiendo la presión
Todos con caudal excesivo	Bomba de alta desgastada o presión excesiva

Paso 5 — Prueba de caída de voltaje (límites endurecidos).

Éste es el sensor con los límites más estrictos de todo el curso, por el factor de amplificación de su rango.

Circuito	Límite	Error de presión equivalente (sensor 2 500 bar)
SIG RTN, pin a pin	0.02 V	12.5 bar
VREF, pin a pin	0.05 V	~25 bar por efecto ratiométrico
SIG RTN contra negativo de batería	0.03 V	19 bar

Paso 6 — Verificación del actuador de control.

Elemento	Resistencia	Corriente	PWM
MPROP / SCV / IMV	2 - 6 Ω	0.5 - 2.0 A	100 - 500 Hz, 15 - 45 %
PCV / DRV	2 - 6 Ω	0.5 - 2.5 A	100 - 400 Hz, variable

7 · Valores comunes de resistencia

NO APLICA al sensor (circuito integrado). Sí aplica a los actuadores del lazo:

Componente	Resistencia
Sensor de presión de riel	No medir
MPROP / SCV / IMV	2 - 6 Ω
PCV / DRV	2 - 6 Ω
Continuidad de conductores	< 1 Ω
Aislamiento entre conductores	> 10 M Ω

8 · Alimentaciones y tierras

VREF, señal y SIG RTN estándar. **Particularidad crítica:** en muchos sistemas diésel, el sensor de riel tiene su **propia VREF y su propia SIG RTN dedicadas**, no compartidas, precisamente por la sensibilidad de su rango. Verifique el diagrama: si son dedicadas, un problema en ellas afecta solo a este sensor.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — El factor de amplificación del rango

$$\text{Error de presión} = \frac{\text{Error de voltaje}}{4.0} \times P_{max}$$

Sensor de 2 500 bar:

Error de voltaje	Error de presión
0.010 V	6.3 bar
0.020 V	12.5 bar
0.050 V	31.3 bar
0.100 V	62.5 bar
0.200 V	125 bar

Compare con el Módulo 0: allí, 0.20 V de caída en un circuito de potencia se consideraba aceptable. Aquí, esa misma caída introduce **125 bar de error** en el lazo de control de inyección.

Cálculo 2 — Consecuencia sobre el control

Con 0.10 V de masa desplazada, la ECU **lee 62.5 bar de más**. En lazo cerrado reduce el caudal de la bomba hasta que la lectura coincida con el objetivo. El resultado: **la presión real queda 62.5 bar por debajo de la comandada**, de forma permanente y sin ningún código de circuito.

A 320 bar de objetivo en ralentí, eso es un déficit del **20 %**: arranque difícil, humo y pérdida de potencia atribuidos erróneamente a los inyectores.

Cálculo 3 — Resolución del convertidor A/D

Un A/D de 10 bits sobre 5 V tiene una resolución de:

$$\frac{5}{1024} = 4.88 \text{ mV por cuenta}$$

En un sensor de 2 500 bar, cada cuenta equivale a:

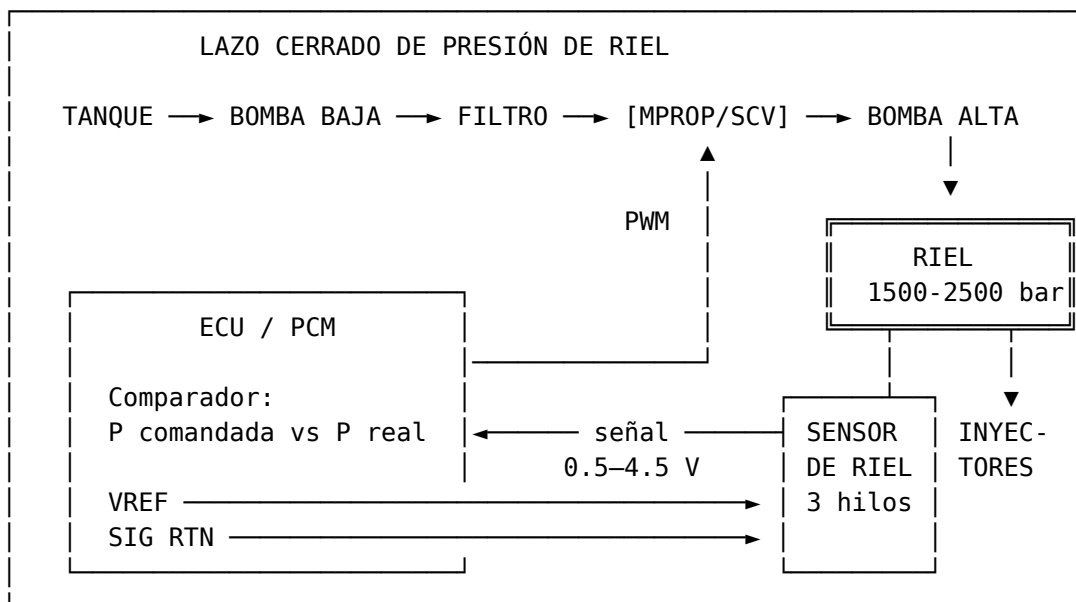
$$\frac{0.00488}{4.0} \times 2500 = 3.05 \text{ bar}$$

Por eso los sistemas de alta presión usan convertidores de 12 bits (1.22 mV por cuenta → 0.76 bar). Si el escáner muestra saltos de 3 bar, es la resolución del A/D, no una falla.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	VREF	Señal	SIG RTN
Bosch (VAG, PSA, genérico)	rt/ge (pin 1)	gn (pin 3)	br/ws (pin 2)
Delphi / Denso	Pin 1	Pin 3	Pin 2
Ford Power Stroke	GRY/RED	BRN/WHT	GRY/RED
Toyota / Denso	VC	PR	E2
GM Duramax	GRY	DK BLU	BLK/WHT

11 · Simbología y diagrama de conexión



$$V = 0.5 + 4.0 \times (P / 2500) \quad \text{Ralentí 320 bar} \rightarrow 1.01 \text{ V}$$

LÍMITE DE CAÍDA EN SIG RTN: 0.02 V (= 12.5 bar de error)

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Línea base KOEO	0.45 - 0.55 V	Sesgo
Subida durante el arranque	Alcanza el mínimo en < 2 s	Bomba, aire, retorno
Estabilidad en ralentí	Rizado < 5 %	Aire, regulador o sensor con ruido

Criterio	Correcto	Falla
Respuesta a la aceleración	Sube en < 500 ms y se estabiliza	Lenta = bomba o regulador
Caída al apagar	Desciende a 0 en segundos	Se mantiene = sensor sesgado

Configuración: DC · 1 V/div · 1 – 2 s/div en modo *roll* · referencia en SIG RTN · capturar el ciclo completo de arranque.

Captura recomendada de 2 canales: señal del sensor de riel + señal PWM del MPROP. Revela de inmediato si el regulador está respondiendo o saturado.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

El sensor es analógico, pero los actuadores de su lazo son PWM:

Actuador	Frecuencia	Duty cycle en ralentí	Duty cycle a plena carga
MPROP / SCV / IMV	100 – 500 Hz	15 - 30 %	40 – 70 %
PCV / DRV	100 – 400 Hz	20 – 40 %	Variable

Criterio de diagnóstico decisivo: si el MPROP está al **máximo duty cycle** y la presión sigue por debajo del objetivo, el problema **no es el control**: es caudal. Vaya al retorno de inyectores y a la bomba de alta.

14 · Análisis de corriente

Componente	Corriente	Método
Sensor de riel	8 – 15 mA	Pinza con 10 vueltas
MPROP / SCV	0.5 - 2.0 A	Pinza de baja corriente
PCV / DRV	0.5 – 2.5 A	Pinza de baja corriente

Interpretación de la corriente del MPROP:

Hallazgo	Diagnóstico
Corriente proporcional al duty cycle	Solenoides y cableado sanos
Corriente baja con duty cycle alto	Resistencia parásita o bobina degradada
Corriente correcta sin cambio de presión	Válvula pegada mecánicamente
Sin corriente	Bobina abierta o driver de la ECU dañado

15 · Preguntas de autoevaluación — Riel de alta presión

P1. Un sensor de 2 000 bar entrega 1.24 V con el motor en ralentí. Calcule la presión reportada. Si la presión comandada es de 350 bar, determine si el sistema está dentro de tolerancia ($\pm 5\%$).

P2. El circuito de SIG RTN de un sensor de 2 500 bar presenta 0.09 V de caída. Calcule el error de presión resultante, explique en qué dirección se desvía la presión real respecto a la comandada, y describa el síntoma que percibirá el conductor.

P3. Un motor diésel no arranca. Durante el giro, la presión de riel alcanza solo 90 bar cuando el mínimo especificado es de 180 bar. El MPROP está al 68 % de duty cycle con 1.7 A de corriente. Enumere, en orden de probabilidad, las cuatro causas posibles y describa la prueba que separa unas de otras.

6.3 · SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE

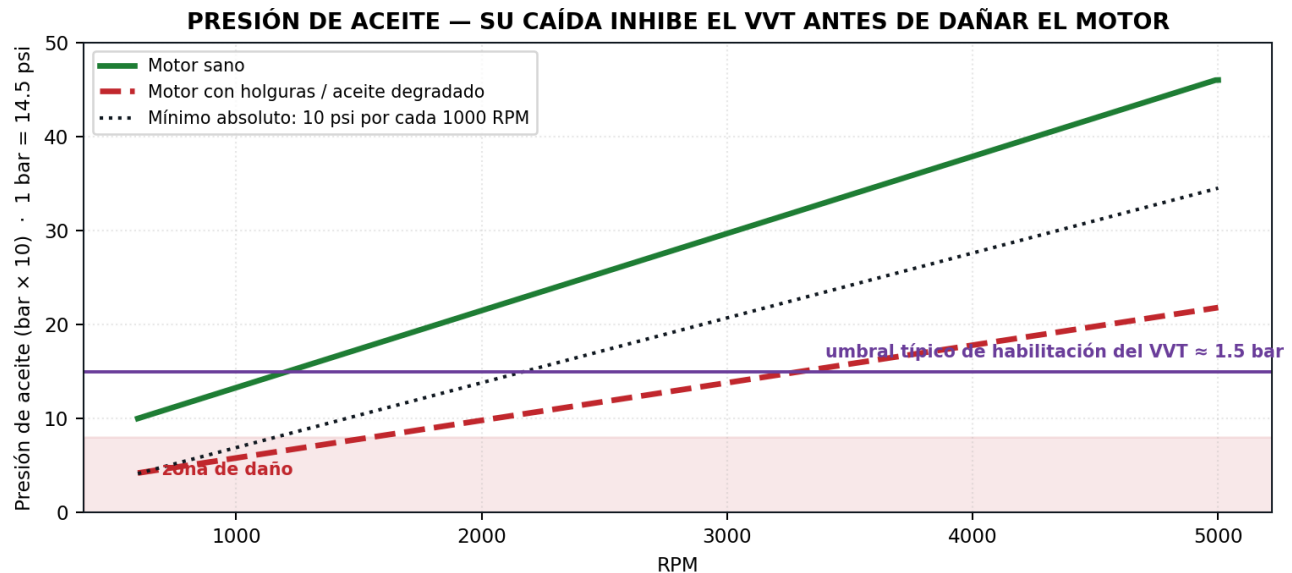


Figura 5: Presión de aceite en función de las RPM

Las dos tecnologías

Tipo	Función	Señal
Interruptor (<i>switch</i>)	Encender la lámpara de aviso	Contacto cerrado a masa con presión cero; abre a 0.3 - 0.5 bar
Transductor analógico	Control del sistema (VVT, bomba variable), indicador proporcional	0.5 - 4.5 V, rango 0 - 10 bar

Diferencia diagnóstica fundamental: el interruptor solo distingue “hay algo de presión” de “no hay nada”. Una presión de 0.6 bar apaga la lámpara aunque el motor esté a punto de destruirse. **La lámpara apagada NO significa presión correcta.**

1 · Valores en ralentí (motor caliente)

Parámetro	Valor
Presión típica en ralentí	1.0 - 2.0 bar (15 - 30 psi)
Voltaje (sensor de 10 bar)	0.90 - 1.30 V
Presión mínima admisible en ralentí caliente	0.7 - 1.0 bar
Interruptor	Contacto abierto (lámpara apagada)

Cálculo de verificación (sensor de 10 bar, 1.5 bar medidos):

$$V = 0.5 + 4.0 \times \frac{1.5}{10} = 1.10 \text{ V}$$

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Presión	Voltaje (10 bar)
2000 RPM, motor caliente	2.5 - 4.5 bar (36 - 65 psi)	1.50 - 2.30 V
2000 RPM, motor frío	4.0 - 6.5 bar	2.10 - 3.10 V
3000+ RPM, caliente	3.5 - 5.5 bar	1.90 - 2.70 V

Regla práctica de campo:

$$P_{min} \text{ (psi)} \approx \frac{RPM}{100}$$

A 2000 RPM, el mínimo aceptable es **20 psi (1.4 bar)**. Es un mínimo absoluto, no un valor objetivo.

3 · Rango de funcionamiento normal

Condición	Presión
Motor apagado	0 bar → 0.5 V
Ralentí caliente	1.0 - 2.0 bar
Ralentí frío	2.5 - 5.0 bar
Crucero caliente	2.5 - 4.5 bar
Regulación de la válvula de alivio	4.5 - 6.5 bar
Umbral de la lámpara	0.3 - 0.5 bar
Umbral de habilitación del VVT	1.0 - 1.5 bar

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor sesgado alto	Lámpara apagada con presión real peligrosamente baja → daño de cojinetes sin aviso
Sensor sesgado bajo	Lámpara encendida sin causa; en motores con bomba variable, la ECU sube la presión innecesariamente
Circuito abierto	5 V, P0523; el VVT puede quedar inhibido
Corto a masa	0 V, P0522, lámpara encendida permanente
Presión real baja	P0521/P0524 , ruido de tren de válvulas, códigos P0011/P0016 del VVT
Bomba variable con control degradado	P06DD, P0521

Códigos: P0520 (circuito), **P0521 (rango/desempeño)**, P0522 (entrada baja), P0523 (entrada alta), P0524 (presión demasiado baja), P06DD (control de presión de aceite), P164A/P164B (según fabricante).

Vínculo obligatorio con los Módulos 1 y 3: los sistemas VVT funcionan con presión de aceite. Un P0011 o un P0016 (Módulo 1) pueden originarse en presión insuficiente, aceite degradado, o un sensor de presión de aceite sesgado que hace que la ECU inhiba el VVT. **Verifique la presión de aceite antes de desmontar una distribución.**

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar el nivel, la viscosidad y el estado del aceite.** Aceite diluido por combustible (frecuente en GDI y en diésel con regeneraciones fallidas — Módulo 3, §3.4) pierde presión.
2. **Confirmar con manómetro mecánico** roscado en el puerto del sensor. Es la referencia independiente que decide.
3. Verificar el **filtro de aceite** y su válvula antirretorno.
4. Verificar la **mallla de aspiración** de la bomba.
5. Verificar el **solenoides de la bomba de desplazamiento variable** y su lazo de control.
6. Reparar VREF y SIG RTN.
7. Reemplazar el sensor cuando la comparación con manómetro lo confirme.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Línea base KOEO. Motor apagado: **0 bar y 0.5 V**. Si reporta presión con el motor apagado, está sesgado.

Paso 2 — Comparación con manómetro mecánico. La prueba decisiva. Retire el sensor, rosque un manómetro en su lugar (o use una T si el espacio lo permite) y compare en ralentí, 2000 RPM y 3000 RPM. **Tolerancia ± 0.3 bar.**

Paso 3 — Curva de presión frente a RPM y temperatura. Registre la presión en frío y en caliente. La presión debe **bajar al calentarse** (el aceite pierde viscosidad) y **subir con las RPM**. Una curva que no sigue ese patrón indica sensor o bomba defectuosos.

Paso 4 — Verificación del interruptor (si lo hay). Motor apagado: continuidad a masa. Motor en marcha: circuito abierto. Un interruptor que no abre mantiene la lámpara encendida; uno que no cierra deja al conductor sin aviso.

Paso 5 — Prueba de caída de voltaje.

Circuito	Límite	Error equivalente (sensor 10 bar)
SIG RTN, pin a pin	0.05 V	0.125 bar
VREF, pin a pin	0.10 V	~0.2 bar

Los límites aquí son los estándar del §6.0, porque el rango del sensor es pequeño y el factor de amplificación es bajo.

7 · Valores comunes de resistencia

Componente	Valor
Transductor analógico	No medir — circuito integrado
Interruptor, motor apagado	< 1 Ω a masa (contacto cerrado)
Interruptor, motor en marcha	> 10 MΩ / OL (contacto abierto)
Solenoides de bomba variable	5 - 15 Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Tipo	Pines
Transductor de 3 hilos	VREF · Señal · SIG RTN
Interruptor de 1 hilo	Señal; masa por la rosca al bloque
Sensor combinado (2 hilos + interruptor)	Señal analógica + contacto

Punto crítico del interruptor de 1 hilo: su masa es la **rosca al bloque**. Óxido, sellador aislante o teflón en exceso producen exactamente los mismos síntomas que un cable roto. Use únicamente el sellador especificado.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Error por masa desplazada (rango pequeño, error pequeño)

Sensor de 10 bar, 0.08 V de caída en SIG RTN:

$$\Delta P = \frac{0.08}{4.0} \times 10 = 0.20 \text{ bar (2.9 psi)}$$

Tolerable, pero significativo si la presión en ralentí es de solo 1.2 bar (**17 % de error**).

Cálculo 2 — Consecuencia sobre el VVT

Si el umbral de habilitación del VVT es 1.2 bar y el sensor sesgado bajo reporta 1.0 bar cuando en realidad hay 1.2 bar, **la ECU inhibe el VVT en ralentí**. Resultado: P0011 o ralentí inestable, con un sistema VVT mecánicamente perfecto.

Cálculo 3 — Verificación del interruptor con Ley de Ohm

El circuito del interruptor es un divisor con la pull-up interna de la ECU (típicamente 1 - 10 kΩ) o alimenta directamente la lámpara:

$$I_{lamp} = \frac{12.6}{R_{lamp}} \approx \frac{12.6}{100} = 126 \text{ mA}$$

Prueba de caída de voltaje aplicable al interruptor: con la lámpara encendida (contacto cerrado, motor apagado), mida la caída entre el terminal del interruptor y el negativo de batería. Con 126 mA circulando, el límite es **0.10 V**. Una caída mayor indica que la rosca no está haciendo masa.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	VREF	Señal	SIG RTN	Interruptor
GM	GRY	DK BLU, BRN	BLK/WHT	TAN, DK BLU
Ford	GRY/RED	BRN/WHT	BLK/WHT	RED/GRN
Toyota	VC	POIL	E2	OIL (B/Y)
VW / Audi	rt/ge	gn/ws	br	bl/sw

11 · Simbología y diagrama de conexión

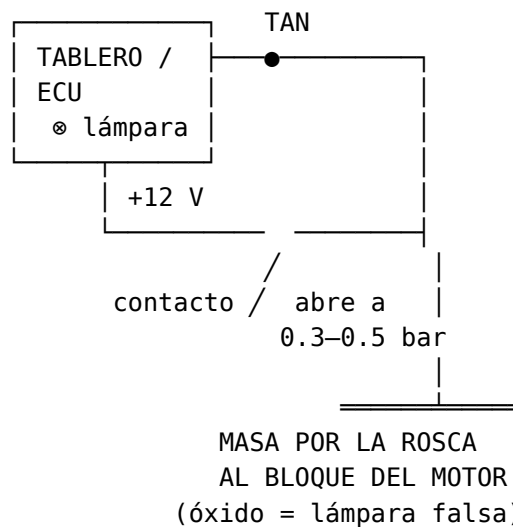
TRANSDUCTOR ANALÓGICO (3 hilos)

ECU — VREF —→ Pin A
 ECU ← SEÑAL — Pin B
 ECU — SIG RTN —→ Pin C

0.5 V = 0 bar
 4.5 V = 10 bar

Ralentí caliente 0.90–1.30 V
 2000 RPM 1.50–2.30 V

INTERRUPTOR (1 hilo)



12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Línea base KOEO	0.5 V	Sesgo
Rizado en ralentí	< 0.05 V p-p	Mayor = bomba desgastada o aire en el aceite
Respuesta al acelerar	Sube en < 1 s	Lenta = malla obstruida
Caída con motor caliente	Gradual y proporcional	Brusca = válvula de alivio

Configuración: DC · 1 V/div · 1 s/div en modo *roll* · registrar el ciclo completo de calentamiento (10 - 15 min).

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

El sensor es analógico. El **solenoides de la bomba de desplazamiento variable** (presente en motores modernos) sí es PWM:

Parámetro	Valor
Frecuencia	100 - 300 Hz
Duty cycle, modo baja presión	0 - 30 %
Duty cycle, modo alta presión	60 - 100 %
Resistencia del solenoide	5 - 15 Ω

14 · Análisis de corriente

Componente	Corriente
Transductor	8 - 15 mA
Circuito de la lámpara (interruptor cerrado)	100 - 200 mA
Solenoide de bomba variable	0.8 - 2.5 A

15 · Preguntas de autoevaluación — Presión de aceite

P1. Un sensor de 10 bar entrega 1.62 V a 2000 RPM con el motor caliente. Calcule la presión reportada y determine si cumple la regla práctica de RPM/100 psi.

P2. Un motor presenta P0011 intermitente solo en ralentí caliente. La presión de aceite medida con manómetro mecánico es de 1.35 bar, pero el PID del escáner reporta 1.05 bar. Calcule el error de voltaje que explicaría esa diferencia, determine la causa probable y explique el mecanismo que produce el P0011.

P3. La lámpara de presión de aceite permanece encendida con el motor en marcha. El manómetro mecánico indica 3.2 bar. Enumere las dos causas posibles del circuito del interruptor y describa cómo las separa con una sola medición.

6.4 · SENSOR FTP — PRESIÓN DEL TANQUE (SISTEMA EVAP)

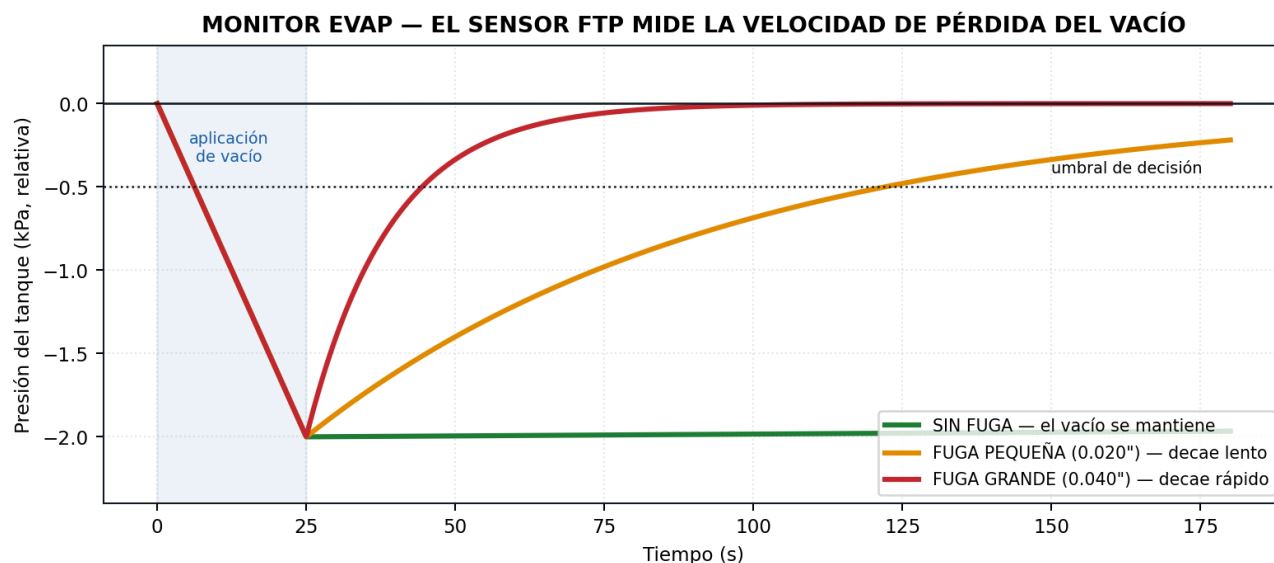


Figura 6: Prueba de fuga del sistema EVAP con el FTP

Función y particularidad

El FTP mide presiones **muy pequeñas y bidireccionales**: unos pocos kPa por encima o por debajo de la atmosférica. Es el sensor que permite a la ECU ejecutar el **monitor de fugas del sistema EVAP**, detectando orificios de hasta **0.5 mm (0.020")**.

Por eso su convenio de voltaje es distinto: el centro del rango corresponde a la presión atmosférica.

Fabricante	Voltaje a presión atmosférica	Rango
GM	1.3 - 1.7 V	Vacío → sube · presión → baja (invertido en algunos)
Ford	2.4 - 2.6 V	Vacío → baja · presión → sube
Toyota	2.9 - 3.6 V	Según modelo
Chrysler	2.4 - 2.6 V	—

Primer paso obligatorio: determine el convenio de su vehículo. Con el **tapón de combustible retirado** y la llave en contacto, el sensor está a presión atmosférica y entrega su valor de referencia. Anótelo: es la línea base contra la que se interpretará todo lo demás.

1 · Valores en ralentí

Condición	Presión	Voltaje (convenio Ford)
Tapón abierto, motor apagado	0 kPa	2.4 - 2.6 V

Condición	Presión	Voltaje (convenio Ford)
Tapón cerrado, ralentí, sin purga	-0.2 a +0.5 kPa	2.3 - 2.7 V
Purga activa	-0.5 a -2.5 kPa (vacío)	1.7 - 2.3 V
Tanque caliente al sol, sin purga	+1.0 a +3.0 kPa	2.8 - 3.6 V

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

El FTP no depende de las RPM sino de la **estrategia de purga**:

Condición	Presión	Comportamiento
2000 RPM con purga comandada	-1.0 a -3.0 kPa	Debe caer al abrir la purga
2000 RPM sin purga	≈ 0 kPa	Estable

Prueba funcional de 30 segundos: comande la válvula de purga con el escáner mientras observa el PID del FTP. **Debe generarse vacío de inmediato.** Si no ocurre: válvula de purga inoperante, manguera desconectada, o el propio FTP congelado.

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Rango del sensor	±7 kPa típico (algunos ±10 kPa o 0 - 15 inH ₂ O)
Resolución necesaria	0.05 kPa
Vacío durante el monitor de fugas	-1.5 a -3.5 kPa
Criterio de fuga de 0.040"	La caída de vacío supera el umbral en el tiempo especificado
Criterio de fuga de 0.020"	Umbral más estricto; requiere condiciones muy específicas

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor sesgado	P0442 / P0455 / P0456 falsos — se persiguen fugas inexistentes
Sensor congelado en un valor	El monitor EVAP nunca completa; el vehículo no pasa la inspección
Circuito abierto	P0453, monitor inhibido
Corto a masa	P0452
Fuga real	P0455 (grande), P0442 (pequeña), P0456 (muy pequeña)
Válvula de purga pegada abierta	Ralentí inestable, arranque difícil en caliente, P0441/P0496

Falla	Síntoma
Válvula de ventilación pegada	El sistema no puede generar ni liberar vacío; P0446

Códigos: P0450 (circuito), P0451 (rango/desempeño), P0452 (entrada baja), P0453 (entrada alta), P0454 (intermitente), P0440/P0441/P0442/P0446/P0455/P0456 (sistema).

La causa n.º 1 de un P0455 es el tapón de combustible: mal cerrado, con la junta endurecida, o no original. Verifíquelo **antes** de cualquier otra cosa.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar el tapón de combustible** y su junta.
2. **Verificar la línea base con el tapón abierto** (§6.4, punto 1).
3. **Localizar fugas con máquina de humo** de baja presión (nunca con aire comprimido a alta presión: deforma el tanque y daña el sensor).
4. Verificar la **válvula de purga** y la **válvula de ventilación** (Módulo 11).
5. Revisar el **filtro del canister** y las mangueras, especialmente en la zona trasera expuesta a corrosión.
6. Reemplazar el sensor solo cuando la comparación con manómetro de baja presión lo confirme.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Línea base con tapón abierto. Anote el voltaje. Es su referencia.

Paso 2 — Prueba con bomba manual de vacío/presión de baja escala. Aplique vacío y presión suaves (dentro de ± 7 kPa) al puerto del sensor y verifique que el voltaje se mueva **de forma lineal en ambas direcciones**.

Aplicación	Comportamiento esperado
Vacío de 2 kPa	El voltaje se desplaza ≈ 1.14 V desde la línea base
Presión de 2 kPa	El voltaje se desplaza ≈ 1.14 V en sentido contrario
Retención	El sensor debe mantener el vacío aplicado

Cálculo del desplazamiento esperado (sensor de ± 7 kPa con span de 4 V):

$$\Delta V = \frac{2 \text{ kPa}}{14 \text{ kPa}} \times 4.0 = 0.571 \text{ V}$$

(el span completo cubre -7 a $+7$ kPa, es decir 14 kPa)

Paso 3 — Prueba funcional de purga. Comande la válvula de purga con el escáner y confirme que el FTP registra vacío.

Paso 4 — Prueba de estanqueidad manual. Con la válvula de ventilación cerrada por comando y la purga comandada, el sistema debe generar y **mantener** vacío. Una pérdida rápida confirma fuga.

Paso 5 — Caída de voltaje. Límites estándar (VREF 0.10 V, SIG RTN 0.05 V).

Nota de sensibilidad: aunque el rango del sensor es pequeño, la **resolución exigida** es altísima. El monitor de fugas de 0.020" trabaja con variaciones de décimas de kPa. Un desplazamiento de 0.05 V en SIG RTN equivale a 0.175 kPa — suficiente para invalidar el monitor.

$$\Delta P = \frac{0.05}{4.0} \times 14 = 0.175 \text{ kPa}$$

7 · Valores comunes de resistencia

NO APLICA. Circuito integrado. Solo son útiles la continuidad de conductores (< 1 Ω) y el aislamiento entre ellos (> 10 MΩ).

8 · Alimentaciones y tierras

VREF, señal y SIG RTN estándar. En muchos vehículos el FTP está **dentro del tanque**, integrado en el módulo de la bomba; en otros, en la línea del canister. El acceso condiciona el diagnóstico: si el sensor es interno, trabaje desde el conector exterior del módulo.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo — Impacto de la masa desplazada sobre el monitor de fugas

Sensor de ±7 kPa (span 14 kPa sobre 4 V). Con 0.10 V de caída en SIG RTN:

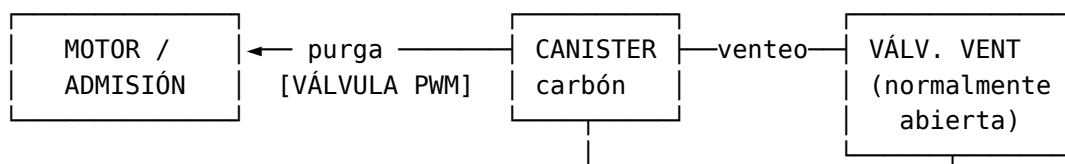
$$\Delta P = \frac{0.10}{4.0} \times 14 = 0.35 \text{ kPa}$$

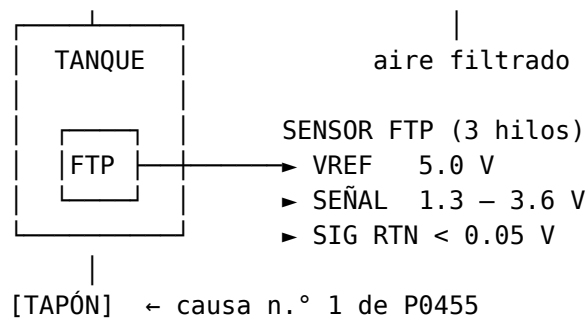
El umbral típico del monitor de fuga pequeña está en el orden de 0.5 – 1.0 kPa de variación. **Un error de 0.35 kPa consume entre el 35 % y el 70 % del margen del monitor** y produce códigos de fuga intermitentes sin ninguna fuga real.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	VREF	Señal	SIG RTN
GM	GRY	LT GRN, DK BLU	BLK/WHT
Ford	GRY/RED	GRN/BLU, BRN/WHT	BLK/WHT
Toyota	VC	PTNK	E2
Chrysler	VIO/WHT	LT GRN/RED	BLK/LT BLU

11 · Simbología y diagrama de conexión





BIDIRECCIONAL: el CENTRO del rango es la presión ATMOSFÉRICA.
 Verifique la línea base CON EL TAPÓN ABIERTO antes de interpretar nada.

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Línea base con tapón abierto	Valor del fabricante ± 0.1 V	Sesgo
Respuesta a la purga comandada	Cae de inmediato	Sin respuesta = purga o manguera
Retención del vacío	Estable durante el monitor	Recuperación rápida = fuga
Ruido	Ausente	Presente = masa o VREF

Configuración: DC · 0.5 V/div · **10 - 60 s/div en modo roll** — el monitor EVAP dura minutos; se necesita memoria profunda.

13 · Señales PWM

El sensor es analógico. La **válvula de purga es PWM** (10 - 20 Hz, 0 - 100 % de duty cycle) y la **válvula de ventilación** es on/off. Se desarrollan en el Módulo 11.

14 · Análisis de corriente

Componente	Corriente
Sensor FTP	8 - 15 mA
Válvula de purga	0.3 - 1.0 A
Válvula de ventilación	0.3 - 0.8 A
Bomba de detección de fugas (LDP)	0.5 - 2.0 A

15 · Preguntas de autoevaluación — FTP

P1. Con el tapón de combustible retirado y la llave en contacto, un FTP de convenio Ford entrega 2.05 V. Calcule la presión que está reportando en un sensor de ± 7 kPa y determine si el sensor está sesgado.

P2. Un vehículo presenta P0456 (fuga muy pequeña) de forma recurrente. La máquina de humo no encuentra ninguna fuga. La caída de voltaje en SIG RTN mide 0.12 V. Calcule el error de presión introducido y explique por qué puede generar el código sin que exista fuga.

P3. Al comandar la válvula de purga con el escáner, el PID del FTP no se mueve en absoluto. Enumere las tres causas posibles y describa el orden en que las verificaría.

6.5 · SENSOR DPFE Y SENSOR DE POSICIÓN EGR

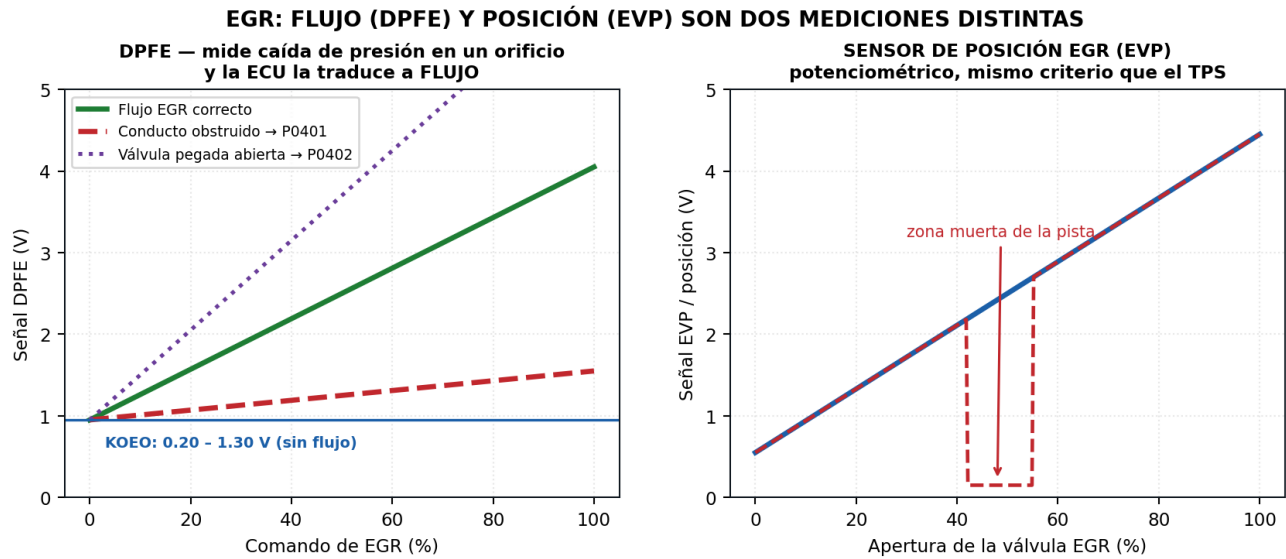


Figura 7: Sensor DPFE y cálculo del flujo EGR

6.5.1 · DPFE (*Differential Pressure Feedback EGR*)

Principio: en lugar de medir la posición de la válvula EGR, mide el **flujo real** de gases. Un orificio calibrado (*orifice tube*) en el conducto EGR crea una caída de presión; el sensor mide la diferencia entre ambos lados y la ECU infiere el caudal.

$$\dot{Q} \propto \sqrt{\Delta P}$$

Ventaja: verifica el flujo real. Una válvula EGR que abre pero está obstruida por carbón produce posición correcta y flujo cero — el DPFE lo detecta, un sensor de posición no.

Valores de referencia

Condición	Presión diferencial	Voltaje
KOEO / EGR cerrada	0 inH ₂ O	0.20 - 1.10 V (según modelo, típico 0.95 - 1.05 V)
Ralentí, EGR cerrada	0 inH ₂ O	Igual que KOEO
EGR abierta parcialmente	2 - 6 inH ₂ O	2.0 - 3.0 V
EGR plenamente abierta	6 - 10 inH ₂ O	3.0 - 4.5 V
Rango del sensor	0 - 10 inH ₂ O (0 - 2.5 kPa)	0.5 - 4.5 V

La línea base KOEO es la prueba clave del DPFE. Con el motor apagado, ambos puertos están a la misma presión y el sensor debe entregar su valor de reposo. Una desviación indica sensor sesgado o **mangueras obstruidas por carbón**, que es la falla más frecuente del sistema.

Diagnóstico específico

Paso 1 — Línea base KOEO. Anote el valor. Compárelo con la especificación.

Paso 2 — Prueba de las dos mangueras. Desconecte ambas y verifique que estén **limpias y permeables**. El carbón las obstruye y el sensor deja de ver la diferencia de presión aunque el flujo sea correcto → **P0401 con un sistema EGR sano**.

Paso 3 — Prueba con bomba de vacío/presión. Aplique presión suave a uno de los puertos (dejando el otro abierto) y verifique que la señal responda de forma lineal.

Paso 4 — Prueba dinámica. Comande la EGR con el escáner en ralentí. El DPFE debe subir de inmediato y el motor debe volverse inestable. Si el DPFE no sube: válvula obstruida, conducto tapado o mangueras del sensor obstruidas.

Códigos: P0400 (flujo EGR), **P0401 (flujo insuficiente)**, P0402 (flujo excesivo), P0405 (sensor DPFE bajo), P0406 (sensor DPFE alto), P1400/P1401 (códigos Ford específicos del DPFE).

6.5.2 · Sensor de posición EGR (EVP / EGR Position)

Principio: potenciómetro solidario al vástago de la válvula. Es un divisor de tensión, eléctricamente idéntico al TPS del Módulo 2.

Condición	Voltaje
Válvula cerrada	0.40 - 0.90 V
25 % abierta	1.4 - 1.8 V
50 % abierta	2.4 - 2.8 V
Plenamente abierta	3.9 - 4.5 V
Recorrido total mínimo	≥ 3.0 V

Resistencia de la pista: 1 - 10 kΩ (el óhmetro **sí** es útil aquí, igual que en el TPS).

Diagnóstico: barrido lento con osciloscopio buscando zonas muertas (Módulo 2, §2.6, Fase B). Una zona muerta en el sensor de posición EGR produce oscilación del control y ralentí inestable.

Códigos: P0404 (rango/desempeño), P0405 (entrada baja), P0406 (entrada alta), P1405/P1406.

Puntos 1 - 15 aplicados al DPFE y al sensor de posición EGR

Punto	DPFE	Sensor de posición EGR
1 · Ralentí	0.95 - 1.05 V (EGR cerrada)	0.40 - 0.90 V
2 · 2000 RPM	2.0 - 3.0 V si la EGR opera	1.5 - 2.5 V
3 · Rango	0 - 10 inH ₂ O · 0.5 - 4.5 V	0.4 - 4.5 V
4 · Síntomas	P0401 falso por mangueras tapadas; detonación por falta de EGR	Ralentí inestable, oscilación del control
5 · Soluciones	Limpiar mangueras y orificio calibrado	Limpiar válvula; reemplazar si hay zona muerta
6 · Diagnóstico	Línea base KOEO + prueba de mangueras + comando	Barrido lento con osciloscopio
7 · Resistencia	No aplica	1 - 10 kΩ la pista — sí aplica
8 · Alimentaciones	VREF · Señal · SIG RTN	VREF · Señal · SIG RTN

Punto	DPFE	Sensor de posición EGR
9 · Ley de Ohm	0.05 V de error = 0.031 kPa	Divisor: $V = 5 \times$ Rcursor/Rpista
10 · Cableado	Ford: BRN/WHT (VREF), GRY/RED, BLK/WHT	GM: GRY, DK BLU, BLK/WHT
11 · Simbología	Dos puertos de presión	Potenciómetro con cursor
12 · Oscilograma	Respuesta al comando de EGR	Barrido continuo sin escalones
13 · PWM	No; la válvula EGR eléctrica sí (Módulo 11)	No
14 · Corriente	8 - 15 mA	1 - 2.5 mA por la pista
15 · Preguntas	Ver abajo	Ver abajo

Preguntas de autoevaluación — DPFE y posición EGR

P1. Un vehículo presenta P0401 (flujo EGR insuficiente). Al comandar la EGR con el escáner, el motor se vuelve claramente inestable, lo que confirma que hay flujo. Sin embargo, el DPFE no se mueve de 1.02 V. ¿Cuál es la causa más probable y qué verificaría primero?

P2. Un sensor de posición EGR presenta un recorrido de solo 2.4 V entre cerrado y abierto. Determine si cumple la especificación y enumere las dos causas posibles.

P3. Explique la ventaja diagnóstica fundamental del DPFE frente a un sensor de posición, usando el ejemplo de una válvula EGR con el conducto obstruido por carbón.

6.6 · SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL DEL DPF

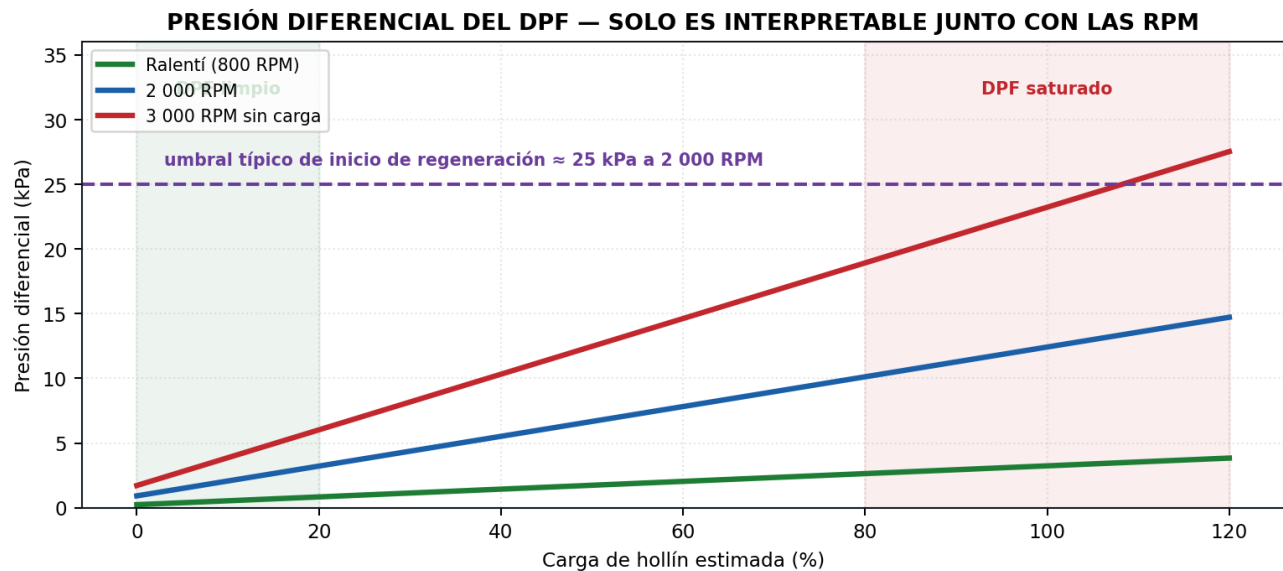


Figura 8: Presión diferencial del DPF en función de la saturación

Función

Mide la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro de partículas. Esa diferencia es proporcional al **grado de saturación de hollín**, y es la variable con la que la ECU decide cuándo iniciar una **regeneración**.

$$\Delta P = P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}}$$

La ECU combina esta lectura con el modelo de acumulación calculado (basado en kilómetros, consumo y condiciones de marcha) para estimar la carga real del filtro.

1 · Valores en ralentí (motor caliente)

Estado del DPF	ΔP en ralentí	Voltaje (sensor 0 – 100 kPa)
DPF limpio / recién regenerado	0.5 - 2.0 kPa	0.52 - 0.58 V
DPF con carga media	2.0 - 5.0 kPa	0.58 - 0.70 V
DPF cargado	5.0 - 10 kPa	0.70 - 0.90 V
DPF obstruido	> 15 kPa	> 1.10 V

Cálculo de verificación (sensor de 100 kPa, ΔP de 1.5 kPa):

$$V = 0.5 + 4.0 \times \frac{1.5}{100} = 0.56 \text{ V}$$

Observe la consecuencia: en ralentí, todo el rango útil ocupa apenas **80 mV**. Por eso la línea base KOEO tiene que ser exacta y por eso este sensor es tan sensible a la caída de voltaje.

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Estado del DPF	ΔP a 2000 RPM sin carga	Voltaje
Limpio	3 - 8 kPa	0.62 - 0.82 V
Carga media	10 - 18 kPa	0.90 - 1.22 V
Umbral de regeneración	20 - 30 kPa	1.30 - 1.70 V
Obstruido	> 40 kPa	> 2.10 V

La presión diferencial depende del caudal. Un DPF cargado puede dar valores aceptables en ralentí y dispararse a alto régimen. **Siempre evalúe el ΔP a 2000 - 3000 RPM**, no en ralentí.

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Rango del sensor	0 - 100 kPa (algunos ± 50 kPa o 0 - 150 kPa)
Línea base KOEO	0 kPa $\rightarrow$ 0.45 - 0.55 V
Umbral de inicio de regeneración	20 - 30 kPa a régimen medio
Umbral de DPF obstruido / modo de emergencia	40 - 60 kPa
Carga de hollín estimada para regenerar	40 - 45 %
Carga de hollín para modo de emergencia	> 80 %

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Mangueras obstruidas por hollín (falla n.º 1)	ΔP falsamente bajo $\rightarrow$ la regeneración nunca se inicia $\rightarrow$ DPF se satura de verdad
Mangueras invertidas o desconectadas	ΔP negativo o errático; regeneraciones aleatorias
Sensor sesgado alto	Regeneraciones innecesarias y constantes $\rightarrow$ dilución de aceite, consumo alto
Sensor sesgado bajo	El DPF se satura sin que la ECU lo detecte $\rightarrow$ pérdida de potencia progresiva
Circuito abierto	P2455, regeneración inhibida, modo de emergencia
Corto a masa	P2454
DPF realmente obstruido	P2002, P2463, pérdida de potencia, humo

Códigos: P2452 (circuito), P2453 (rango/desempeño), P2454 (entrada baja), P2455 (entrada alta), P244A (ΔP demasiado baja), P244B (ΔP demasiado alta), P2002 (eficiencia del DPF), P2463 (acumulación excesiva de hollín).

Regla del módulo, en continuidad con el Módulo 3: un **P2002** o un **P2463** exigen verificar, **antes de tocar el DPF**: (1) los sensores EGT (Módulo 3, §3.4) y (2) el sensor diferencial y **sus dos mangueras**. Un DPF nuevo instalado sobre un sistema de medición defectuoso se satura de nuevo en pocos miles de kilómetros.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Desmontar y limpiar las dos mangueras.** Es la reparación más frecuente y la más barata. Sople cada una por separado y verifique permeabilidad total. Verifique también los **tubos metálicos** de toma en el escape.
2. **Verificar la línea base KOEO** tras la limpieza: debe volver a 0.5 V.
3. Verificar que las mangueras estén **en el orden correcto** (entrada y salida no son intercambiables).
4. Verificar el estado real del DPF con una **regeneración forzada** y comparar el ΔP antes y después.
5. Reparar VREF y SIG RTN.
6. Reemplazar el sensor solo si la línea base KOEO sigue desviada con mangueras limpias.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Línea base KOEO. Motor apagado: **0 kPa, 0.45 - 0.55 V**. Con 0.62 V, el sensor ya está reportando 3 kPa que no existen.

Paso 2 — Verificación de las mangueras. Desconéctelas del sensor y sople cada una. Deben estar totalmente permeables. Inspeccione también los tubos de toma.

Paso 3 — Prueba cruzada de mangueras. Con el motor en ralentí, desconecte ambas mangueras del sensor. El ΔP debe caer a **0 kPa**. Si no lo hace, el sensor está sesgado.

Paso 4 — Evaluación del ΔP a régimen. Mantenga 2 500 - 3 000 RPM durante 30 s y registre el ΔP . Compárelo con la tabla del punto 2.

Paso 5 — Correlación con la carga de hollín calculada. Compare el PID de **carga de hollín estimada** con el ΔP medido. Una discrepancia grande indica que uno de los dos modelos está equivocado.

Paso 6 — Caída de voltaje (límites endurecidos).

Circuito	Límite	Error equivalente (sensor 100 kPa)
SIG RTN, pin a pin	0.02 V	0.5 kPa
VREF, pin a pin	0.05 V	~1.3 kPa

Justificación: en ralentí, todo el rango de un DPF limpio ocupa 80 mV. Un error de 0.05 V representa **más de la mitad de esa ventana**.

$$\Delta P_{error} = \frac{0.05}{4.0} \times 100 = 1.25 \text{ kPa}$$

7 · Valores comunes de resistencia

NO APLICA. Circuito integrado. Solo continuidad ($< 1 \Omega$) y aislamiento ($> 10 \text{ M}\Omega$).

8 · Alimentaciones y tierras

VREF, señal y SIG RTN estándar, más **dos puertos neumáticos** claramente identificados (alta y baja). Invertirlos produce lecturas negativas.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo — El problema de la resolución en el extremo bajo del rango

Un sensor de 0 - 100 kPa dedica sus 4 V a cubrir 100 kPa:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{4.0 \text{ V}}{100 \text{ kPa}} = 40 \text{ mV por kPa}$$

Con un A/D de 10 bits (4.88 mV por cuenta):

$$\text{Resolución} = \frac{4.88}{40} = 0.12 \text{ kPa por cuenta}$$

Aceptable. Pero cualquier error de offset se traduce directamente:

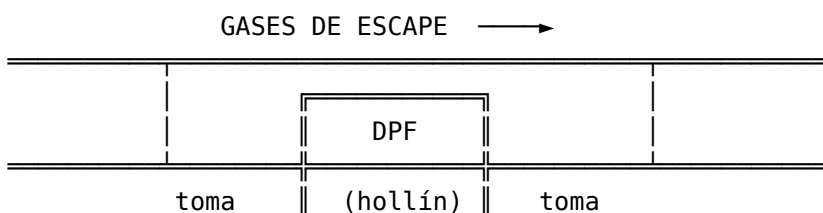
Error de voltaje	Error de ΔP	¿Significativo en ralentí (rango 0.5 - 2 kPa)?
0.02 V	0.5 kPa	Sí — 25 % del rango útil
0.05 V	1.25 kPa	Sí — supera el rango de un DPF limpio
0.10 V	2.5 kPa	Crítico

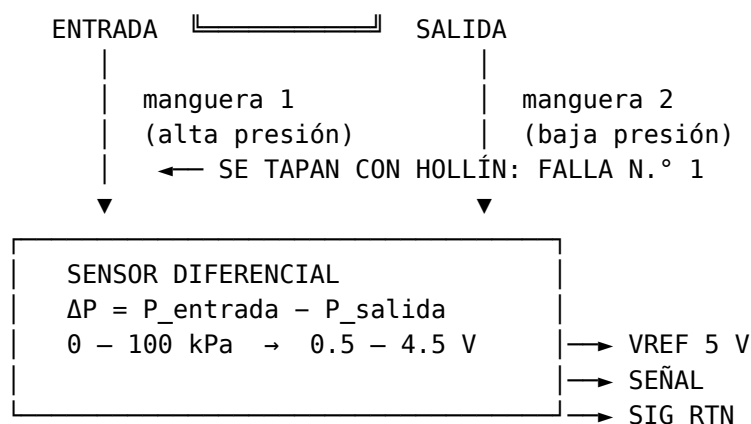
Conclusión: este sensor exige los mismos límites estrictos que el de riel de alta presión, no por su rango absoluto, sino porque **opera de forma habitual en el 1 - 5 % inferior de su escala.**

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	VREF	Señal	SIG RTN
VW / Audi / PSA (Bosch)	rt/ge	gn/ws	br/ws
Ford diésel	GRY/RED	BRN/WHT	BLK/WHT
Toyota / Denso	VC	PDPF	E2
GM Duramax	GRY	LT GRN	BLK/WHT

11 · Simbología y diagrama de conexión





KOEO (motor apagado): $\Delta P = 0 \text{ kPa} \rightarrow 0.45 - 0.55 \text{ V}$

Ralentí, DPF limpio: $0.5 - 2 \text{ kPa} \rightarrow 0.52 - 0.58 \text{ V} \leftarrow \text{¡solo } 80 \text{ mV!}$

Umbral de regeneración a régimen: $20 - 30 \text{ kPa} \rightarrow 1.30 - 1.70 \text{ V}$

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Línea base KOEO	0.45 - 0.55 V	Sesgo o mangueras obstruidas
Respuesta al acelerar	Sube proporcional al caudal	Sin respuesta = mangueras tapadas
Durante la regeneración	Desciende progresivamente	Sin descenso = regeneración ineficaz
Estabilidad	Suave, sin saltos	Saltos = conexión intermitente

Configuración: DC · 0.2 V/div (para resolver el extremo bajo) · 1 - 5 s/div en modo *roll* · capturar una regeneración completa (20 - 30 min) junto con los EGT.

13 · Señales PWM

No aplica. En algunos vehículos recientes el dato viaja por **CAN** desde un módulo de post-tratamiento; en esos casos no hay señal analógica que medir y el diagnóstico se limita a alimentación, masa y actividad del bus.

14 · Análisis de corriente

Componente	Corriente
Sensor diferencial	8 - 15 mA
Línea VREF completa	30 - 80 mA

Sin utilidad diagnóstica directa más allá de detectar un sensor en corto que degrade la línea VREF compartida.

15 · Preguntas de autoevaluación — DPF diferencial

P1. Un sensor de 0 - 100 kPa entrega 0.54 V en ralentí y 0.79 V a 2 500 RPM. Calcule el ΔP en ambas condiciones y determine el estado del DPF.

P2. Un vehículo presenta P2463 con un DPF reemplazado hace 4 000 km. La línea base KOEO del sensor diferencial es de 0.51 V. Explique qué debe verificar a continuación y por qué el DPF nuevo se saturó tan rápido.

P3. Calcule el error de ΔP producido por 0.06 V de caída en SIG RTN en un sensor de 0 - 100 kPa, y explique por qué ese error es más grave en este sensor que en uno de riel de baja presión con el mismo defecto eléctrico.

6.7 · TRANSDUCTOR DE PRESIÓN DE A/C

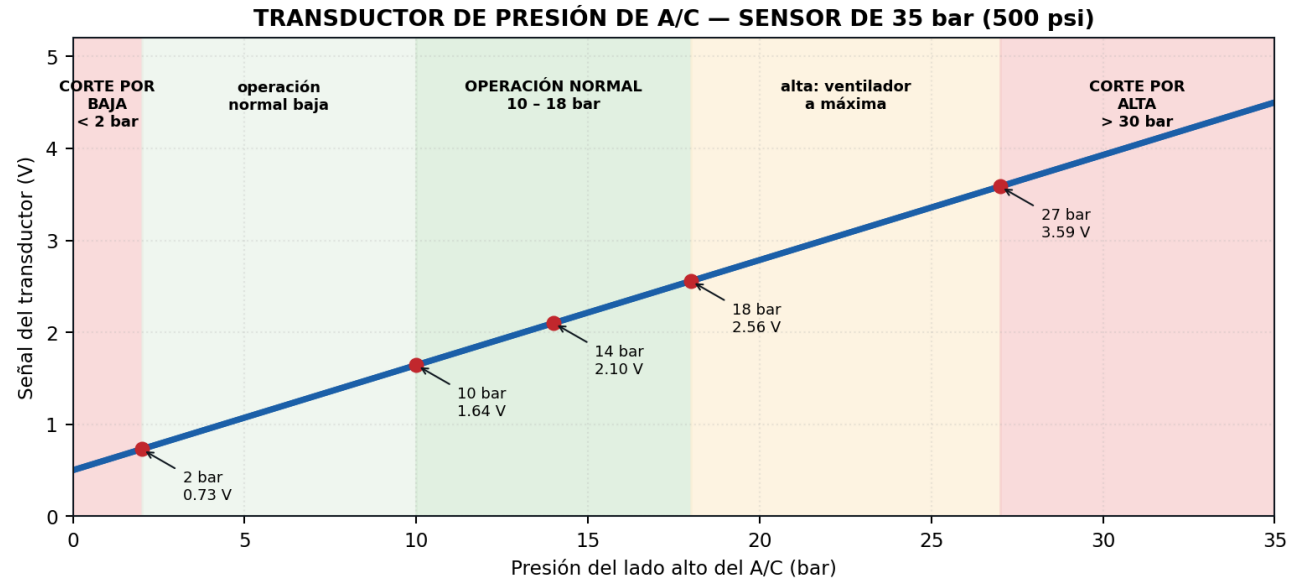


Figura 9: Transductor de presión del sistema de A/C

Función

Reemplaza a los antiguos presostatos de dos y tres niveles por una medición continua. La ECU lo usa para:

- Proteger el compresor por **presión alta** o **presión baja**.
- Comandar la **velocidad del electroventilador** de forma proporcional.
- Controlar el **desplazamiento variable** del compresor.
- Calcular la carga adicional sobre el motor y compensar el ralentí.

1 · Valores en ralentí

Condición (R-134a, ambiente 25 °C)	Presión	Voltaje (sensor 0 - 34 bar)
Sistema equilibrado, A/C apagado	4.5 - 4.8 bar (65 - 70 psi)	1.03 - 1.06 V
A/C encendido, ralentí, ambiente 25 °C	10 - 14 bar (145 - 200 psi)	1.68 - 2.15 V
A/C encendido, ambiente 35 °C	14 - 19 bar (200 - 275 psi)	2.15 - 2.74 V
A/C encendido, ambiente 40 °C	17 - 22 bar (245 - 320 psi)	2.50 - 3.09 V

Cálculo de verificación (sensor de 34 bar, 12 bar medidos):

$$V = 0.5 + 4.0 \times \frac{12}{34} = 0.5 + 1.412 = 1.91 \text{ V}$$

La presión estática es un termómetro. Con el sistema apagado y equilibrado, la presión del R-134a depende **solo de la temperatura**: a 25 °C debe ser de 4.5 – 4.8 bar. Si difiere, o falta refrigerante, o hay aire en el sistema, o el sensor está sesgado.

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Presión	Voltaje
2000 RPM, A/C activo, ambiente templado	12 – 17 bar	1.91 – 2.50 V
2000 RPM, A/C activo, ambiente caluroso	16 – 21 bar	2.38 – 2.97 V
Ventilador de condensador activo	La presión debe bajar 2 – 4 bar	Descenso visible

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Rango del sensor	0 – 34 bar (0 – 500 psi) típico
Presión estática a 25 °C	4.5 – 4.8 bar
Corte por presión baja	< 2.0 bar (30 psi)
Corte por presión alta	> 28 – 31 bar (410 – 450 psi)
Reactivación tras corte alto	< 20 bar
Umbral de ventilador 1.ª velocidad	12 – 15 bar
Umbral de ventilador 2.ª velocidad	18 – 22 bar

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor sesgado alto	El compresor no engrana (la ECU cree que hay sobrepresión); ventiladores a máxima velocidad sin motivo
Sensor sesgado bajo	El compresor no engrana (la ECU cree que falta refrigerante)
Circuito abierto	5 V, P0533, compresor inhibido
Corto a masa	0 V, P0532, compresor inhibido
Presión real alta	Condensador sucio, ventilador inoperante, exceso de carga, aire en el sistema
Presión real baja	Falta de refrigerante por fuga

Códigos: P0530 (circuito), P0531 (rango/desempeño), P0532 (entrada baja), P0533 (entrada alta), P0534 (pérdida de carga de refrigerante), P0645 – P0647 (relé del embrague del compresor).

La queja “el A/C no enfría y el compresor no engancha” tiene tres familias de causa: falta de refrigerante (real), sensor sesgado, o circuito eléctrico del embrague. La línea base estática las separa en dos minutos.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar la presión estática con manómetros** y compararla con el PID. Es la prueba que decide.
2. **Comprobar la temperatura ambiente** y usar la tabla de presión-temperatura del refrigerante como referencia.
3. Limpiar el **condensador** y verificar el funcionamiento del ventilador.
4. Buscar fugas con detector electrónico o trazador UV si la presión es baja.
5. Verificar el circuito del **embrague del compresor** y su relé (Módulo 12).
6. Reemplazar el sensor solo cuando difiera de los manómetros más de 0.5 bar.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Línea base estática. Sistema apagado y equilibrado durante 30 min. Compare el PID con la tabla presión-temperatura del R-134a.

Temperatura ambiente	Presión estática esperada
15 °C	3.4 bar (49 psi)
20 °C	3.9 bar (57 psi)
25 °C	4.7 bar (68 psi)
30 °C	5.6 bar (81 psi)
35 °C	6.6 bar (96 psi)
40 °C	7.7 bar (112 psi)

Paso 2 — Comparación con manómetros de servicio en operación. Tolerancia ± 0.5 bar.

Paso 3 — Verificación de los umbrales. Con el A/C funcionando, observe que los ventiladores cambien de velocidad en los umbrales especificados.

Paso 4 — Caída de voltaje. Límites estándar (VREF 0.10 V, SIG RTN 0.05 V).

Error equivalente en un sensor de 34 bar con 0.05 V de caída:

$$\Delta P = \frac{0.05}{4.0} \times 34 = 0.425 \text{ bar (6.2 psi)}$$

Suficiente para desplazar los umbrales de conmutación del ventilador.

7 - 14 · Puntos restantes

Punto	Contenido
7 · Resistencia	No aplica. Circuito integrado. Continuidad < 1 Ω , aislamiento > 10 M Ω

Punto	Contenido
8 · Alimentaciones	VREF · Señal · SIG RTN estándar. Algunos vehículos lo alimentan desde el módulo de climatización, no desde la ECU del motor
9 · Ley de Ohm	$\Delta P = (\Delta V / 4.0) \times 34$. Factor: 8.5 bar por voltio
10 · Cableado	GM: GRY / DK GRN / BLK-WHT · Ford: GRY-RED / GRN-YEL / BLK-WHT · Toyota: VC / PSW / E2
11 · Simbología	Sensor de 3 hilos roscado en la línea de alta, con válvula Schrader interna que permite retirarlo sin descargar el sistema
12 · Oscilograma	DC · 1 V/div · 1 s/div. Verificar el descenso al activarse el ventilador y el ciclado del compresor
13 · PWM	No en el sensor. El electroventilador y el compresor de desplazamiento variable sí son PWM (Módulo 12)
14 · Corriente	Sensor: 8 - 15 mA · Embrague del compresor: 3 - 5 A · Ventilador: 8 - 25 A

15 · Preguntas de autoevaluación — Presión de A/C

P1. Con el sistema apagado, equilibrado y una temperatura ambiente de 30 °C, el transductor de un sensor de 34 bar entrega 1.16 V. Calcule la presión reportada, compárela con la tabla presión-temperatura y determine si el sensor está sesgado o si falta refrigerante.

P2. El compresor no engrana. Los manómetros de servicio indican 5.0 bar de presión estática y la temperatura ambiente es de 26 °C. El PID del escáner reporta 1.2 bar. Determine dónde está el problema y qué prueba lo confirma.

P3. Calcule el error de presión que introduce una caída de 0.09 V en el circuito SIG RTN de un sensor de 0 - 34 bar, y explique cómo puede afectar al control del electroventilador.

6.8 · SENSOR DE PRESIÓN DE TURBO (TMAP / BOOST)

Función y relación con el Módulo 2

Eléctricamente es un **MAP de rango ampliado** (2, 2.5 o 3 bar), tratado en el Módulo 2, §2.1. Aquí se desarrolla lo específico de la sobrealimentación.

La ecuación fundamental del turbo:

$$P_{boost} = MAP - BARO$$

La presión de sobrealimentación que interesa al conductor es **manométrica**, pero el sensor mide **absoluta**. La ECU hace la resta usando el valor del BARO (Módulo 2, §2.3).

Consecuencia diagnóstica de primer orden: si el BARO está sesgado, el cálculo de boost sale mal **aunque el sensor de presión esté perfecto**. Un P0299 (sub-presión) puede originarse en un BARO defectuoso.

1 · Valores en ralentí

Sensor	Presión absoluta en ralentí	Voltaje
2 bar (0 - 200 kPa)	30 - 40 kPa	0.60 - 0.80 V
2.5 bar (0 - 250 kPa)	30 - 40 kPa	0.58 - 0.74 V
3 bar (0 - 300 kPa)	30 - 40 kPa	0.55 - 0.67 V
Boost calculado	-61 a -71 kPa (vacío)	—

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición (sensor 2.5 bar, nivel del mar)	MAP absoluto	Boost	Voltaje
2000 RPM sin carga	30 - 40 kPa	-61 a -71 kPa	0.58 - 0.74 V
2000 RPM carga media	110 - 150 kPa	+9 a +49 kPa	2.26 - 2.90 V
2000 RPM plena carga	180 - 230 kPa	+79 a +129 kPa (0.8 - 1.3 bar)	3.38 - 4.18 V

Cálculo de verificación (sensor de 250 kPa, 210 kPa absolutos):

$$V = 0.5 + 4.0 \times \frac{210}{250} = 0.5 + 3.36 = 3.86 \text{ V}$$

$$P_{boost} = 210 - 101 = 109 \text{ kPa} = 1.09 \text{ bar}$$

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Vacío máximo (desaceleración)	15 - 25 kPa absolutos
Ralentí	30 - 40 kPa absolutos
Boost objetivo típico (gasolina turbo)	0.6 - 1.4 bar
Boost objetivo típico (diésel)	0.8 - 2.0 bar
Tolerancia real vs comandada	±10 kPa
Umbral de sobrepresión (P0234)	Objetivo + 20 - 30 kPa
Umbral de sub-presión (P0299)	Objetivo - 20 - 30 kPa

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor sesgado alto	La ECU reduce el boost real → falta de potencia; posible P0299
Sensor sesgado bajo	La ECU fuerza más boost → sobrepresión real, riesgo de detonación (Módulo 5) y de daño del turbo
Circuito abierto	5 V, P0238, modo de emergencia
Corto a masa	0 V, P0237
Boost real insuficiente	P0299 : fuga de intercooler, wastegate, VGT, turbo desgastado
Boost real excesivo	P0234 : wastegate pegada cerrada, actuador o VGT trabados
Manguera de referencia desconectada	Lecturas erráticas, boost mal calculado

Códigos: P0234 (sobrepresión), P0235 - P0238 (circuito del sensor de boost), P0299 (sub-presión), P00AF/P2563 (posición del VGT), P0045 - P0049 (control del turbo).

Vínculo con el Módulo 5: un motor turbo que “no da presión” puede estar **detonando**. La ECU reduce el boost como estrategia de protección de nivel 3. Verifique el PID de retardo por detonación antes de diagnosticar el turbo.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar la línea base KOEO:** el sensor debe leer la **presión barométrica** (Módulo 2, §2.3) y coincidir con el BARO dentro de ± 3 kPa.
2. **Buscar fugas de presión** con máquina de humo presurizada en todo el tramo turbo → intercooler → cuerpo de aceleración.
3. Verificar el **actuador de la wastegate** o del VGT y su lazo de control.
4. Verificar el **retardo por detonación** antes de culpar al turbo.
5. Verificar el **IAT2** (Módulo 3): un IAT2 sesgado alto hace que la ECU limite el boost por protección térmica.
6. Reemplazar el sensor cuando la comparación con manómetro lo confirme.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Línea base KOEO. Debe igualar la barométrica de su altitud. Compare con el PID del BARO: diferencia máxima **3 kPa** (si no: P0069).

Paso 2 — Comparación con manómetro mecánico instalado en el múltiple. Tolerancia ± 10 kPa.

Paso 3 — Comparación comandada vs real. Registre ambos PIDs bajo carga.

Hallazgo	Diagnóstico
Coinciden	Sistema de sobrealimentación sano
Real por debajo con actuador al máximo	Fuga, turbo desgastado o VGT trabado
Real por encima con actuador cerrando	Wastegate pegada o actuador desconectado
Real oscilando	Actuador inestable o fuga intermitente

Paso 4 — Prueba de fuga presurizada. Con máquina de humo o aire regulado a 1 bar, presurice el circuito de admisión y localice fugas.

Paso 5 — Caída de voltaje (límites intermedios).

Circuito	Límite	Error equivalente (sensor 250 kPa)
SIG RTN, pin a pin	0.03 V	1.9 kPa
VREF, pin a pin	0.05 V	~3 kPa

7 - 14 · Puntos restantes

Punto	Contenido
7 · Resistencia	No aplica al sensor. En TMAP, la sección NTC del IAT2 sí: $\approx 2\,000\ \Omega$ a $20\ ^\circ\text{C}$ (Módulo 3)
8 · Alimentaciones	VREF · Señal de presión · Señal de temperatura (TMAP) · SIG RTN
9 · Ley de Ohm	$\Delta P = (\Delta V / 4.0) \times P_{max}$. Sensor de 250 kPa: 62.5 kPa por voltio
10 · Cableado	VW/Audi: rt-ge / gn-ws / gr-ws / br-ws · Ford: GRY-RED / BRN-WHT / GRY-WHT / BLK-WHT
11 · Simbología	Idéntica al MAP de 3 hilos (Módulo 2, §2.1), o de 4 pines en versión TMAP
12 · Oscilograma	DC · 1 V/div · 500 ms/div. Capturar una aceleración plena registrando comandada y real
13 · PWM	No en el sensor. El actuador del VGT y la válvula de control de la wastegate sí (Módulo 12)
14 · Corriente	Sensor: 8 – 15 mA · Solenoide de control de wastegate: 0.5 – 1.5 A · Actuador eléctrico de VGT: 1 – 6 A

15 · Preguntas de autoevaluación — Presión de turbo

P1. Un sensor de 250 kPa entrega 3.62 V a plena carga. Calcule la presión absoluta y la presión de sobrealimentación (boost) al nivel del mar. Repita el cálculo para una altitud de 2 000 m (BARO 79.5 kPa) y explique la diferencia.

P2. Un motor turbo presenta P0299 (sub-presión). El sensor de boost, la wastegate y el intercooler están verificados y correctos. Enumere **dos** sistemas de otros módulos de este curso que pueden producir el código, y explique el mecanismo de cada uno.

P3. Calcule el error de presión introducido por 0.08 V de caída en SIG RTN en un sensor de 300 kPa, y determine si ese error puede por sí solo disparar un P0234 con un umbral de +25 kPa.

CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 6

- 1.** Un sensor de 700 kPa entrega 3.15 V. Calcule la presión en kPa, en bar y en psi. Después calcule qué voltaje entregaría el mismo sensor a 250 kPa.
 - 2.** Explique el principio que gobierna todo el módulo: por qué un mismo error de 0.05 V en el circuito SIG RTN produce 0.125 bar de error en un sensor de aceite de 10 bar y 31 bar de error en uno de riel de 2 500 bar. Deduzca la fórmula general.
 - 3.** Un vehículo diésel presenta P0087 con la presión de riel alcanzando solo 180 bar a plena carga cuando la comandada es de 1 400 bar. El MPROP está al 92 % de duty cycle con corriente normal. Describa la secuencia completa de diagnóstico y la prueba que identifica la causa más probable.
 - 4.** Con el motor apagado, los siguientes sensores reportan: riel de baja 0.51 V, presión de aceite 0.49 V, DPF diferencial 0.68 V, riel de alta 0.52 V. Identifique cuál está fuera de norma, calcule el error que representa y describa las dos causas posibles en orden de probabilidad.
 - 5.** Un sensor de DPF de 0 – 100 kPa entrega 0.58 V en ralentí y 1.55 V a 2 800 RPM. Calcule el ΔP en ambos regímenes y determine si corresponde iniciar una regeneración.
 - 6.** Explique por qué el DPFE detecta una falla que un sensor de posición EGR no puede detectar, y describa el escenario concreto.
 - 7.** Un transductor de A/C de 0 – 34 bar entrega 1.32 V con el sistema apagado y equilibrado a 22 °C ambiente. Calcule la presión reportada, compárela con la tabla presión-temperatura y emita un diagnóstico.
 - 8.** Un FTP de ± 7 kPa presenta 0.15 V de caída en su circuito SIG RTN. Calcule el error de presión resultante y explique por qué produce códigos de fuga EVAP intermitentes en un sistema sin fugas.
 - 9.** Calcule la resolución en bar por cuenta de un A/D de 10 bits y de uno de 12 bits, aplicados a un sensor de riel de 2 000 bar. Explique por qué los sistemas de alta presión requieren 12 bits.
 - 10.** Un motor turbo pierde potencia progresivamente. El PID de boost coincide con el comandado, el intercooler no tiene fugas y la wastegate funciona. El retardo por detonación marca 13° sostenidos bajo carga. Explique la cadena causal completa relacionando los Módulos 3, 5 y 6, y describa la secuencia de verificación.
-

HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 6

FÓRMULA UNIVERSAL

$$V = 0.5 + 4.0 \times (P / P_{\max})$$

$$P = (V - 0.5) / 4.0 \times P_{\max}$$

0.5 V = presión CERO

4.5 V = presión MÁXIMA

< 0.30 V → corto / sin VREF

> 4.70 V → circuito abierto

$$\text{ERROR DE PRESIÓN} = (\text{ERROR DE VOLTAJE} / 4.0) \times P_{\max}$$

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{manométrica}} + P_{\text{barométrica}}$$

$$\text{Boost} = \text{MAP} - \text{BARO}$$

CONVERSIONES

$$\text{bar} \times 100 = \text{kPa} \quad \cdot \quad \text{bar} \times 14.504 = \text{psi} \quad \cdot \quad \text{psi} \times 6.895 = \text{kPa}$$

$$\text{MPa} \times 10 = \text{bar} \quad \cdot \quad \text{kPa} \times 4.0147 = \text{inHg} \quad \cdot \quad \text{inHg} \times 3.386 = \text{kPa}$$

PRUEBA MAESTRA: LÍNEA BASE KOEO (motor apagado, despresurizado)

Riel baja · Riel alta · Aceite · DPF 0.45 – 0.55 V

DPFE 0.20 – 1.10 V

FTP (tapón abierto) 1.3 – 2.7 V (fabricante)

A/C (equilibrado 25 °C) 1.03 – 1.06 V

MAP / TMAP = barométrica

→ Cualquier desviación = SENSOR O CIRCUITO SESGADO, sin código.

VALORES DE OPERACIÓN

RIEL BAJA (700 kPa) ralentí 350–450 kPa 2.50 – 3.07 V

RIEL ALTA diésel arranque mín. 150–250 bar

..... ralentí 250–400 bar 0.90 – 1.14 V

..... plena carga 1400–2500 bar . 2.74 – 4.50 V

RIEL ALTA GDI ralentí 30–60 bar · WOT 120–200 bar

ACEITE (10 bar) ralentí 1.0–2.0 bar 0.90 – 1.30 V

..... 2000 RPM 2.5–4.5 bar 1.50 – 2.30 V

regla: psi mínimo ≈ RPM/100

FTP (±7 kPa) purga activa –0.5 a –2.5 kPa

DPFE EGR cerrada 0.95–1.05 V · abierta 2.0–3.0 V

DPF (100 kPa) limpio ralentí 0.5–2 kPa .. 0.52 – 0.58 V

..... regeneración 20–30 kPa 1.30 – 1.70 V

A/C (34 bar) estático 25 °C 4.5–4.8 bar 1.03 – 1.06 V

..... corte bajo < 2 bar · alto > 28–31 bar

TURBO (250 kPa) ralentí 30–40 kPa 0.58 – 0.74 V

..... plena carga 180–230 kPa ... 3.38 – 4.18 V

LÍMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE – ESCALADOS SEGÚN EL RANGO

Sensor	SIG RTN	VREF	Error de presión con 0.05 V
Aceite 10 bar	0.05 V	0.10 V	 0.125 bar
Riel baja 700 kPa	0.05 V	0.10 V	 8.8 kPa
A/C 34 bar	0.05 V	0.10 V	 0.425 bar
Turbo 250 kPa	0.03 V	0.05 V	 3.1 kPa
DPF 100 kPa	0.02 V	0.05 V	 1.25 kPa ← opera al 1–5 %
Riel alta 2500	0.02 V	0.05 V	 31 bar ← el más estricto

RESOLUCIÓN DEL A/D (sensor de 2500 bar)
 10 bits → 4.88 mV/cuenta → 3.05 bar por cuenta
 12 bits → 1.22 mV/cuenta → 0.76 bar por cuenta

ACTUADORES ASOCIADOS

MPROP / SCV / IMV 2–6 Ω · 100–500 Hz · 15–30 % ralentí · 0.5–2 A
 Bomba combustible 4–10 A · caída máx. 0.20 V (+) y 0.10 V (masa)
 Bomba aceite variable . 5–15 Ω · 100–300 Hz
 Embrague A/C 3–5 A

SEGURIDAD COMMON RAIL !!: 1500–2500 bar atraviesan la piel.
 NUNCA aflojar tuberías con el motor en marcha ni buscar fugas
 con la mano. Use cartón. Espere la despresurización completa.

CÓDIGOS CLAVE

P0087/P0088 presión de riel baja/alta · P0190–P0194 circuito FRP
 P0521/P0524 aceite · P0450–P0456 EVAP/FTP · P0401/P0405 EGR
 P2452–P2455 · P244A/P244B DPF · P0530–P0534 A/C
 P0234 sobrepresión · P0299 sub-presión · P0069 correlación MAP/BARO

Fin del Módulo 6. El Módulo 7 (Sensores de Velocidad, Posición y Nivel) desarrolla el VSS, los sensores de rueda ABS pasivos y activos de corriente 7/14 mA, el sensor de ángulo de dirección y los sensores de nivel.