

MÓDULO 15 — METODOLOGÍA INTEGRAL Y CASOS REALES

Árbol de decisión universal · 10 casos resueltos · Tabla maestra · Examen final de 60 preguntas

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	3
Las tres afirmaciones que resumen el curso	3
15.1 · ÁRBOL DE DECISIÓN UNIVERSAL	4
Las cuatro preguntas	4
La regla de la ECU	5
Los límites de caída de voltaje, escalados	5
Secuencia de trabajo del taller	6
Matriz síntoma → módulo	6
15.2 · DIEZ CASOS DE ESTUDIO RESUELTOS	8
CASO 1 · No arranca en frío, arranca en caliente	8
CASO 2 · P0171 con LTFT constante en todo el rango	11
CASO 3 · Consumo alto y LTFT –14 % solo en caliente	14
CASO 4 · P0420 con catalizador nuevo	16
CASO 5 · Retardo de detonación permanente, incluso en ralentí	18
CASO 6 · P0087 en diésel common rail	20
CASO 7 · Modo de emergencia con P2138	22
CASO 8 · Fallo de encendido en GDI solo por encima de 4 500 RPM	24
CASO 9 · P2463 con DPF reemplazado hace 4 000 km	27
CASO 10 · Sobrecalentamiento marginal en tráfico lento	29
15.3 · TABLA MAESTRA DE REFERENCIA RÁPIDA	32
Fórmulas de todo el curso	32
Valores de referencia por componente	32
15.4 · EXAMEN FINAL — 60 PREGUNTAS DE DIAGNÓSTICO REAL	35
Bloque A — Fundamentos eléctricos (preguntas 1 - 5)	35
Bloque B — Sincronismo (preguntas 6 - 10)	35
Bloque C — Sensores de carga (preguntas 11 - 15)	35
Bloque D — Temperatura (preguntas 16 - 20)	36
Bloque E — Oxígeno y mezcla (preguntas 21 - 24)	36
Bloque F — Detonación y presión (preguntas 25 - 31)	36
Bloque G — Velocidad y posición (preguntas 32 - 35)	37
Bloque H — Inyección y encendido (preguntas 36 - 43)	37

Bloque I — Aire, emisiones y alimentación (preguntas 44 - 52)	37
Bloque J — Carga, redes y metodología (preguntas 53 - 60)	38
CIERRE DEL CURSO	39
Lo que hay que llevarse	39
El método, en una línea	39

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

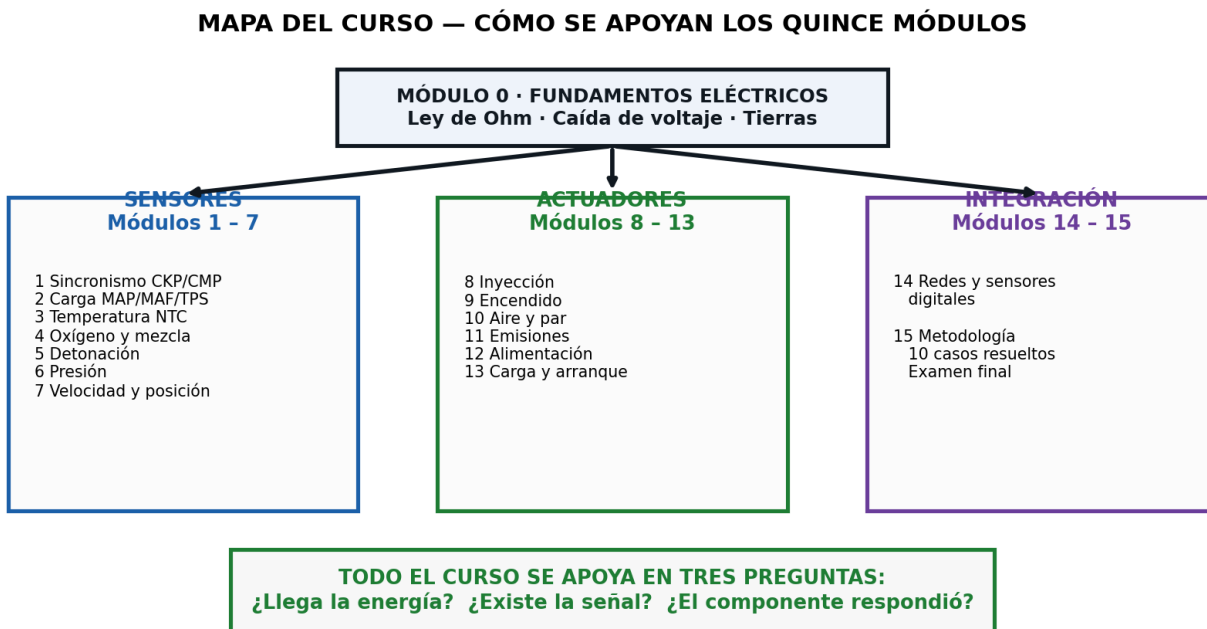


Figura 1: Mapa del curso

Catorce módulos, más de cien componentes, cientos de valores de referencia. Este módulo final no añade componentes nuevos: **añade el método que los conecta.**

Porque el problema del taller nunca fue la falta de datos. Fue esto:

Un técnico con un manual de 500 páginas y un escáner de gama alta puede reemplazar cinco piezas sin resolver una avería. Otro con un multímetro, un osciloscopio de dos canales y **un método** la resuelve en cuarenta minutos.

Las tres afirmaciones que resumen el curso

1. El código no acusa al componente que nombra. P0016 no acusa al CMP. P0171 no acusa al MAF. P0087 no acusa a la bomba. P0420 no acusa al catalizador. Cada código describe una **relación fuera de rango**, y la causa está casi siempre en otro lugar.

2. El voltaje demuestra la orden; solo la corriente demuestra la ejecución. Un inyector pegado, un solenoide OCV con el filtro tapado y un actuador VGT trabado por carbón presentan oscilogramas de voltaje impecables.

3. El límite de caída de voltaje no es universal. 0.20 V es excelente en un circuito de arranque, aceptable en un inyector, grave en un sensor de riel de 2 500 bar (donde equivale a 125 bar de error) e irrelevante en un circuito de μA donde la prueba directamente no aplica.

15.1 · ÁRBOL DE DECISIÓN UNIVERSAL

ÁRBOL DE DECISIÓN UNIVERSAL — ¿SENSOR, CABLEADO, ECU O MECÁNICA?

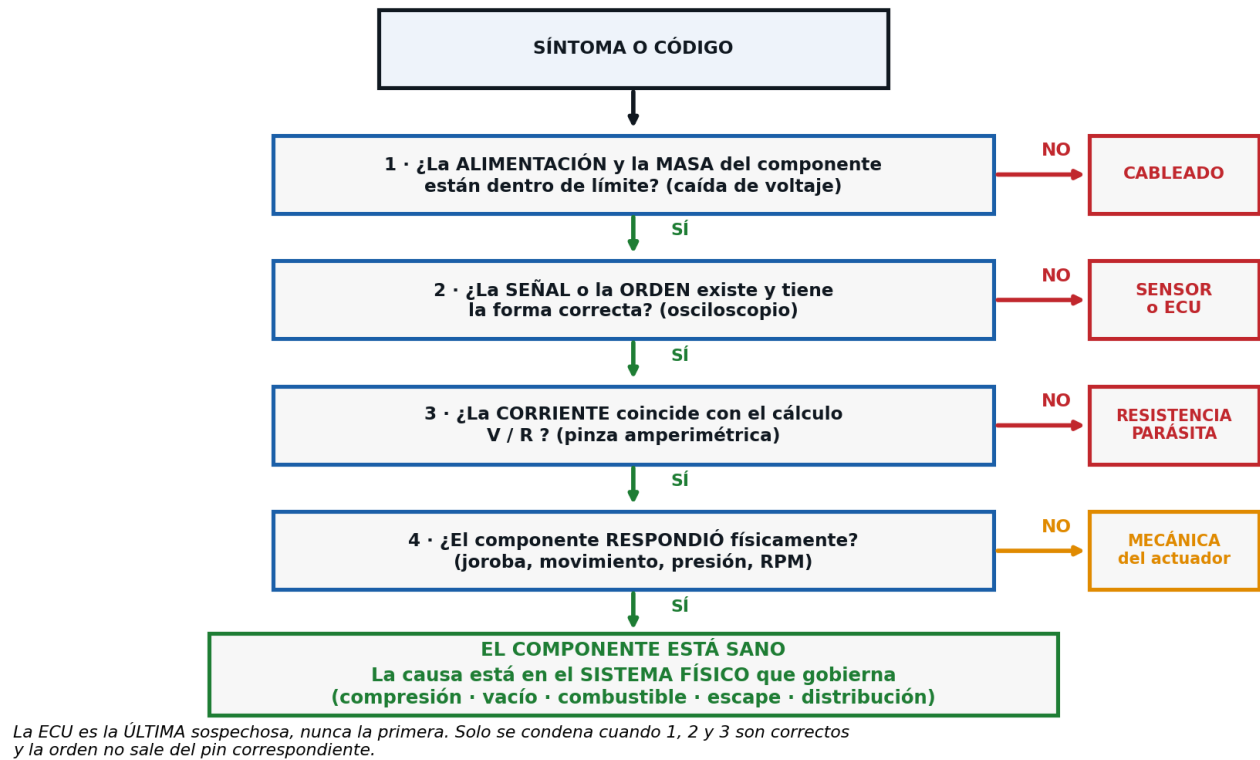


Figura 2: Árbol de decisión universal

Las cuatro preguntas

Todo diagnóstico eléctrico del vehículo se reduce a cuatro preguntas formuladas **en este orden**. Saltarse una es la causa del 90 % de los diagnósticos fallidos.

#	Pregunta	Herramienta	Qué descarta si es SÍ
1	¿Llega la energía?	Multímetro en mV (caída de voltaje)	Cableado, conectores, masas, relés
2	¿Existe la señal o la orden?	Osciloscopio	Sensor abierto, ECU sin salida
3	¿La corriente coincide con V/R?	Pinza amperimétrica	Resistencia parásita, bobinados
4	¿El componente respondió?	Pinza + PID + manómetro	Obstrucción mecánica

Si las cuatro se responden SÍ, el componente y su circuito están sanos, y la causa está en el sistema físico que gobierna: compresión, vacío, combustible, escape o distribución.

LAS CUATRO PREGUNTAS Y LA HERRAMIENTA QUE RESPONDE CADA UNA

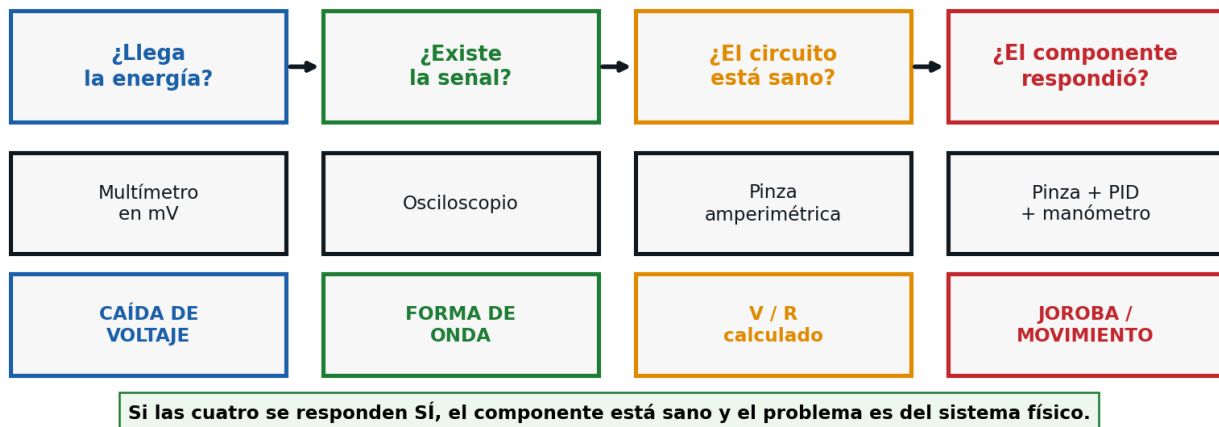


Figura 3: Las cuatro preguntas y su herramienta

La regla de la ECU

La ECU es la última sospechosa, nunca la primera.

Solo se condena cuando: la alimentación y las masas de la ECU están dentro de límite, la entrada correspondiente responde a la prueba de sustitución, y **la orden no sale del pin de salida** con el actuador desconectado.

En más de veinte años de estadísticas de taller, la ECU es la causa real en menos del **2 %** de los casos que llegan diagnosticados como “computadora dañada”.

Los límites de caída de voltaje, escalados

Tipo de circuito	Corriente	Límite	Justificación
Señal de sensor pasivo (CKP VR, KS)	$\mu\text{A} - \text{nA}$	No aplica	200 k Ω producen 0.01 V: indetectable
NTC (ECT, IAT)	0.05 - 4.5 mA	0.02 V	A 90 °C el sensor mide 241 Ω : 50 Ω = 6 °C de error
Sensor de riel 2 500 bar	mA	0.02 V	0.02 V = 12.5 bar de error
DPF 0 - 100 kPa	mA	0.02 V	Opera en el 1-5 % inferior de su escala
VREF compartida	30 - 80 mA	0.10 V	Afecta a todo el grupo de sensores
SIG RTN compartida	30 - 80 mA	0.05 V	Se suma a todas las señales del grupo
Inyector, bomba	1 - 10 A	0.20 V	Circuito de potencia estándar
Ventilador, módulo GDI	10 - 40 A	0.30 V	Alta corriente

Tipo de circuito	Corriente	Límite	Justificación
Arranque, lado positivo	80 - 500 A	0.50 V	Muy alta corriente
Toda masa contra negativo de batería	—	0.10 - 0.20 V	Según corriente

Excepción que hay que memorizar: el **driver de salida de la ECU** cae **0.2 - 0.8 V de forma normal**. Es la tensión de saturación del transistor, no una falla. El umbral real es **1.5 V**.

Secuencia de trabajo del taller

Paso	Acción	Error frecuente
1 · Entrevista	¿Cuándo ocurre? ¿En frío o caliente? ¿Con carga? ¿Desde cuándo?	Omitirla y perder la condición de reproducción
2 · Verificar el síntoma	Reproducirlo en el vehículo	Diagnosticar un síntoma que no se ha visto
3 · Códigos + Freeze Frame	Registrar las condiciones exactas del momento del código	Borrar los códigos antes de leer el <i>freeze frame</i>
4 · Datos en vivo	Los PIDs clave, en la condición en que falla	Mirar PIDs en ralentí cuando la falla es bajo carga
5 · Medición eléctrica	Caída de voltaje → onda → corriente	Empezar por aquí sin los pasos 1 - 4
6 · Confirmar y reparar	Verificar el resultado tras la reparación	No verificar y devolver el vehículo con el síntoma

Saltar del paso 3 al paso 6 —leer el código y cambiar la pieza que nombra— es la causa número uno del cambio de piezas innecesario.

Matriz síntoma → módulo

Esta matriz orienta **por dónde empezar**, no dónde terminar. Un síntoma con varias marcas de prioridad alta exige recorrer los módulos en ese orden.

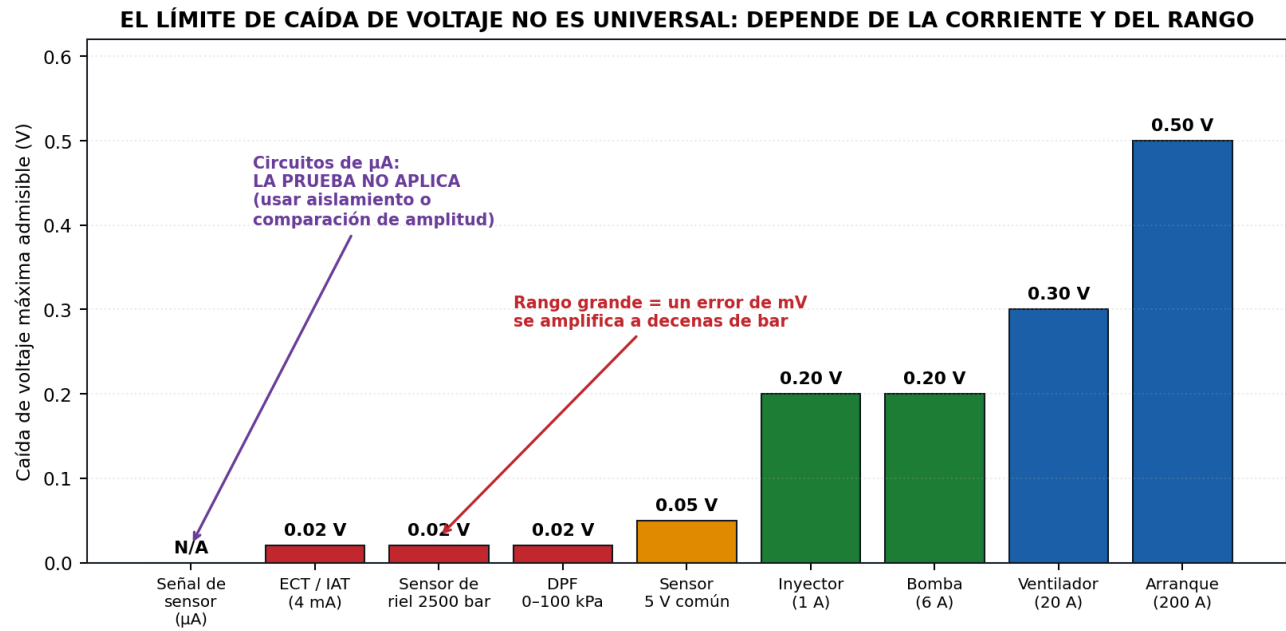
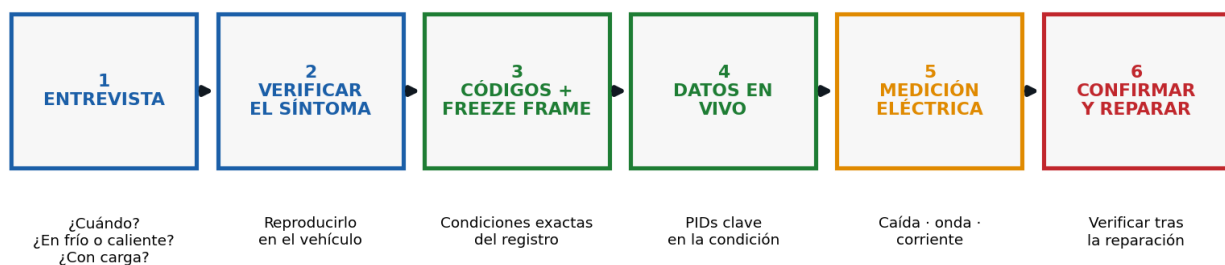


Figura 4: Límites de caída de voltaje según el circuito

SECUENCIA DE TRABAJO — DEL CLIENTE AL DIAGNÓSTICO CONFIRMADO

Saltar del paso 3 al paso 6 es la causa n.º 1 del cambio de piezas innecesario.

Figura 5: Secuencia de trabajo

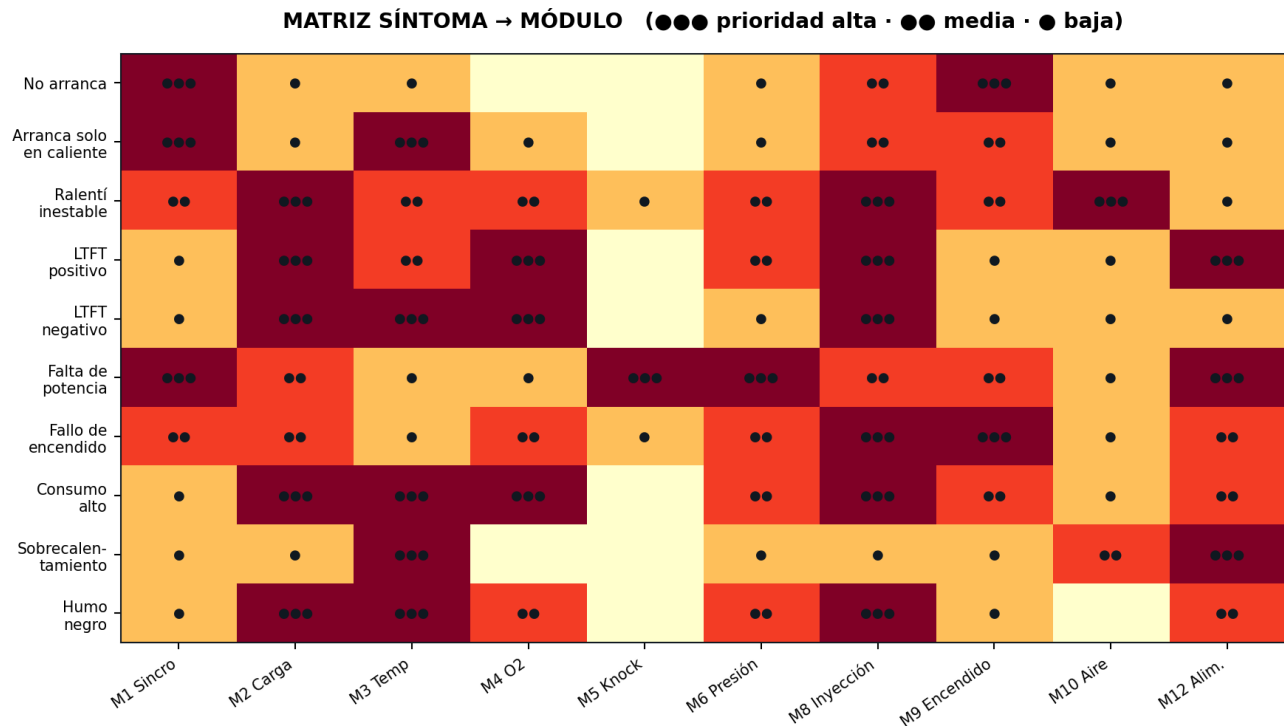


Figura 6: Matriz síntoma-módulo

15.2 · DIEZ CASOS DE ESTUDIO RESUELTOS

Cada caso sigue la misma estructura: **síntoma** → **datos** → **razonamiento** → **hallazgo** → **cálculo** → **reparación** → **verificación** → **lección**.

CASO 1 · No arranca en frío, arranca en caliente

Vehículo: 4 cilindros, 2.0 L, CKP de reluctancia variable, rueda 60-2.

Síntoma: por las mañanas gira y no enciende. Tras 20 minutos de intentos, o si alguien lo empuja, arranca y funciona perfectamente todo el día.

Datos recogidos

Verificación	Resultado
Códigos	Ninguno almacenado
Resistencia del CKP	810 Ω (especificación 700 - 900 Ω) → dentro
Continuidad de ambos conductores	Correcta
Aislamiento a carcasa	> 10 MΩ
Presión de combustible	385 kPa, correcta
Chispa durante el arranque en frío	Ausente

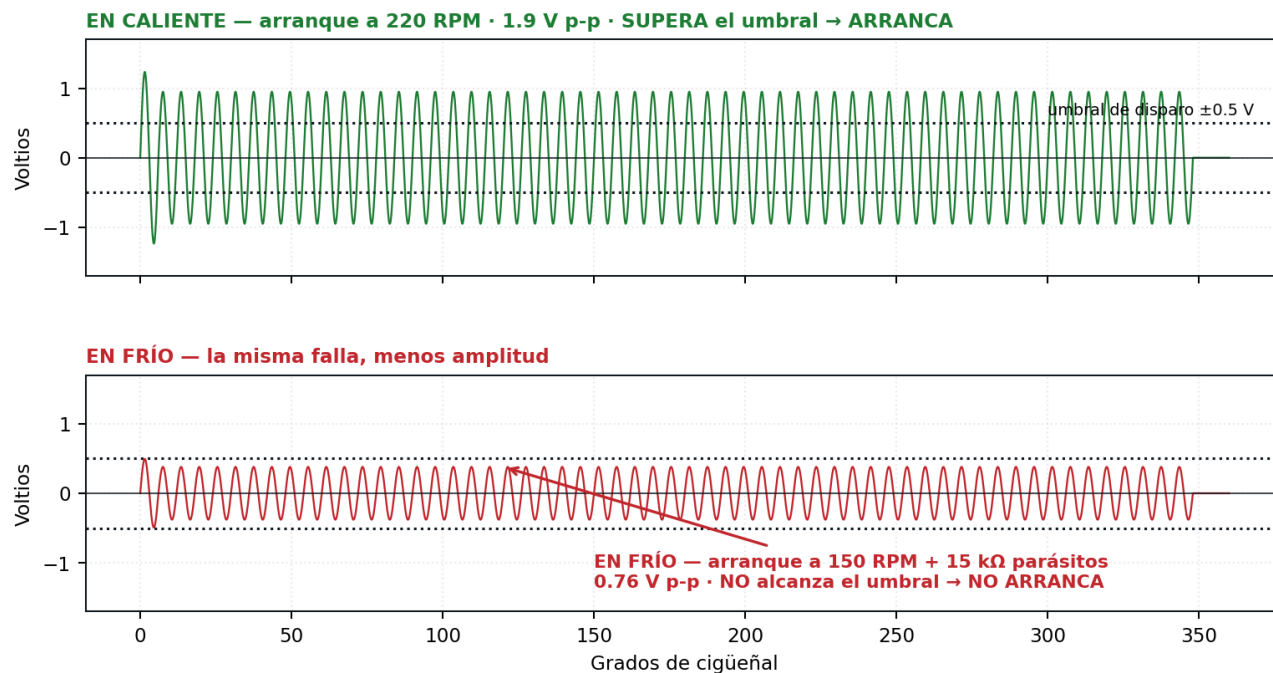
CASO 1 — CKP VR: EL ÓHMETRO MIDE BIEN Y EL MOTOR NO ARRANCA EN FRÍO

Figura 7: Caso 1: amplitud del CKP VR

Razonamiento

Sin chispa y sin inyección durante el arranque, la ECU no está reconociendo la señal de sincronismo (Módulo 1, §1.1). Pero la resistencia es correcta y hay continuidad. **El óhmetro no puede detectar el problema porque inyecta microamperios** (Módulo 0, §0.1.2).

Medición decisiva

Osciloscopio en el conector del sensor y en el conector de la ECU, simultáneamente, durante el arranque en frío:

Punto de medición	Amplitud a 150 RPM (frío)	Amplitud a 220 RPM (caliente)
En el sensor	1.85 V p-p	2.60 V p-p
En la ECU	0.76 V p-p	1.90 V p-p
Pérdida	59 %	27 %

Cálculo

Aplicando el divisor de tensión del Módulo 1, §1.1, punto 9, con una impedancia de entrada de la ECU de 100 k Ω :

$$0.76 = 1.85 \times \frac{100\,000}{810 + R_{par} + 100\,000}$$

$$R_{par} = 1.85 \times \frac{100\,000}{0.76} - 810 - 100\,000 = 142\,300\,\Omega$$

$\approx 142\text{ k}\Omega$ de resistencia parásita. El umbral de disparo del comparador es de $\pm 0.5\text{ V}$ pico, es decir 1.0 V p-p. En caliente la señal llega con 1.90 V y dispara; **en frío llega con 0.76 V y no dispara.**

Hallazgo

Terminal hembra del conector del CKP **sulfatado y con la lengüeta de retención vencida.** La corrosión formaba una capa aislante de alta resistencia que la prueba de continuidad no detectaba.

Reparación

Reemplazo de los dos terminales del conector, limpieza del pin macho del sensor y aplicación de grasa dieléctrica.

Verificación

Punto	Antes	Después
Amplitud en la ECU, arranque en frío	0.76 V p-p	1.82 V p-p
Pérdida sensor $\rightarrow$ ECU	59 %	2 %
Arranque en frío	No	Inmediato

Lección

En un circuito de μA , la continuidad no significa nada. La prueba válida es la **comparación de amplitud entre el sensor y la ECU** (Módulo 1, §1.1, Fase C). Pérdida máxima aceptable: **10 %**.

CASO 2 · P0171 con LTFT constante en todo el rango

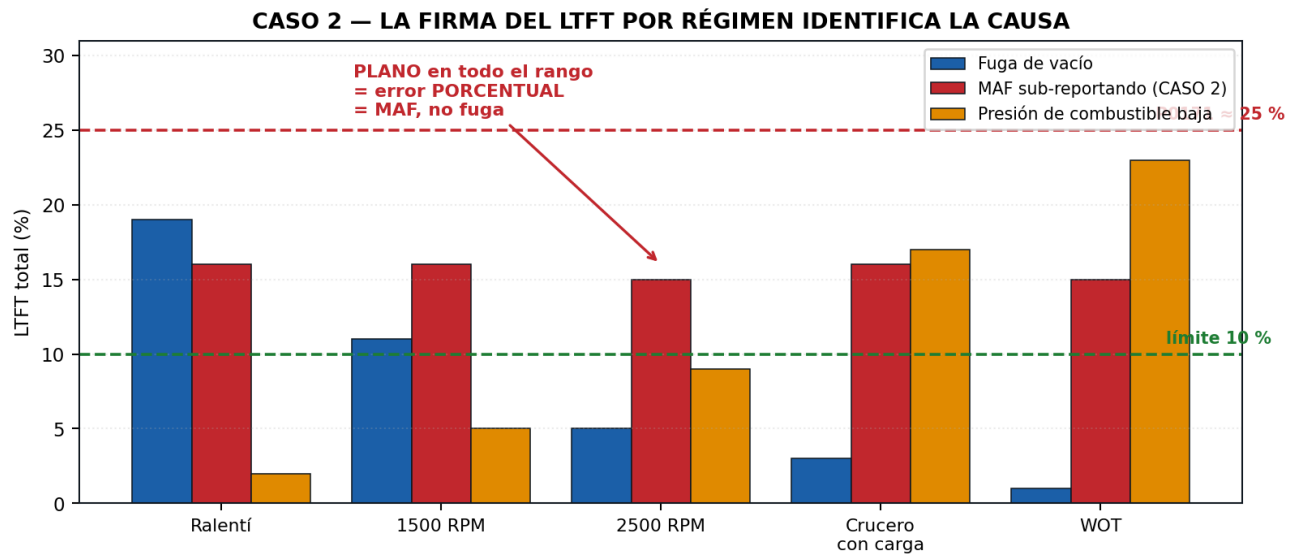


Figura 8: Caso 2: la firma del LTFT

Vehículo: 4 cilindros, 2.4 L, 175 HP, MAF de película caliente.

Síntoma: luz de avería, LTFT elevado, ligera falta de potencia. Sin tirones en ralentí.

Datos recogidos

Régimen	STFT	LTFT	Total
Ralentí	+2 %	+16 %	+18 %
1500 RPM	+1 %	+16 %	+17 %
2500 RPM	+3 %	+15 %	+18 %
Crucero con carga	+2 %	+16 %	+18 %

Verificación	Resultado
Prueba de humo (fugas de vacío)	Sin fugas
Presión de combustible	390 kPa, estable bajo carga
Sondas lambda	Conmutación correcta, > 1 Hz
MAF en aceleración brusca	3.6 V · 92 g/s

Razonamiento

El **patrón plano del LTFT** es la firma decisiva (Módulo 2, §2.3, Fase C):

Patrón	Causa
Alto en ralentí, bajo a 2500 RPM	Fuga de vacío (caudal fijo que se diluye)
Plano en todo el rango	MAF sub-reportando (error porcentual)
Creciente con la carga	Presión de combustible

Cálculo del flujo teórico

Motor de 2.4 L a 6 000 RPM con EV = 0.88 (Módulo 2, §2.3):

$$\dot{m} = \frac{6000}{2} \times \frac{2.4 \times 0.88}{60} \times 1.184 = 3000 \times 0.0352 \times 1.184 = 125 \text{ g/s}$$

Regla de verificación: $175 \times 0.8 = 140 \text{ g/s}$. El motor debería alcanzar entre **125 y 140 g/s**; alcanza **92 g/s**: un déficit del **30 %**.

Medición decisiva

Con la pinza amperimétrica en el circuito del calefactor del MAF:

Condición	Corriente medida	Especificación
Ralentí	0.38 A	0.30 - 0.60 A
Aceleración brusca	1.02 A	1.10 - 1.50 A

La corriente tampoco alcanza su máximo. Según el Módulo 2, §2.3, punto 14, si la corriente no sube, el problema **no es del acondicionamiento de la señal**: es de alimentación o de restricción.

Prueba de caída de voltaje bajo carga (Módulo 2, §2.3, Fase D):

Circuito	Caída medida	Límite
Alimentación de 12 V	0.18 V	0.20 V OK
Masa de potencia del MAF	0.62 V	0.10 V FALLA

Hallazgo

Punto de masa G102 corroído bajo el soporte del filtro de aire. Con 1.0 A circulando:

$$R_{par} = \frac{0.62}{1.0} = 0.62 \Omega$$

El circuito de control del MAF no dispone de margen de tensión suficiente para forzar la corriente necesaria a alto flujo, y **la señal se satura por debajo de su máximo**.

Reparación

Limpieza del perno de masa hasta metal desnudo, terminal nuevo, par correcto y sellado.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Caída en la masa	0.62 V	0.04 V
MAF en aceleración brusca	3.6 V · 92 g/s	4.7 V · 128 g/s
Corriente del calefactor	1.02 A	1.34 A
LTFT	+16 %	+2 %

Lección

El síntoma de una masa deficiente en el MAF es idéntico al de un MAF contaminado. Solo el análisis de corriente los separa: si la corriente tampoco sube, el sensor no es el culpable.

CASO 3 · Consumo alto y LTFT –14 % solo en caliente

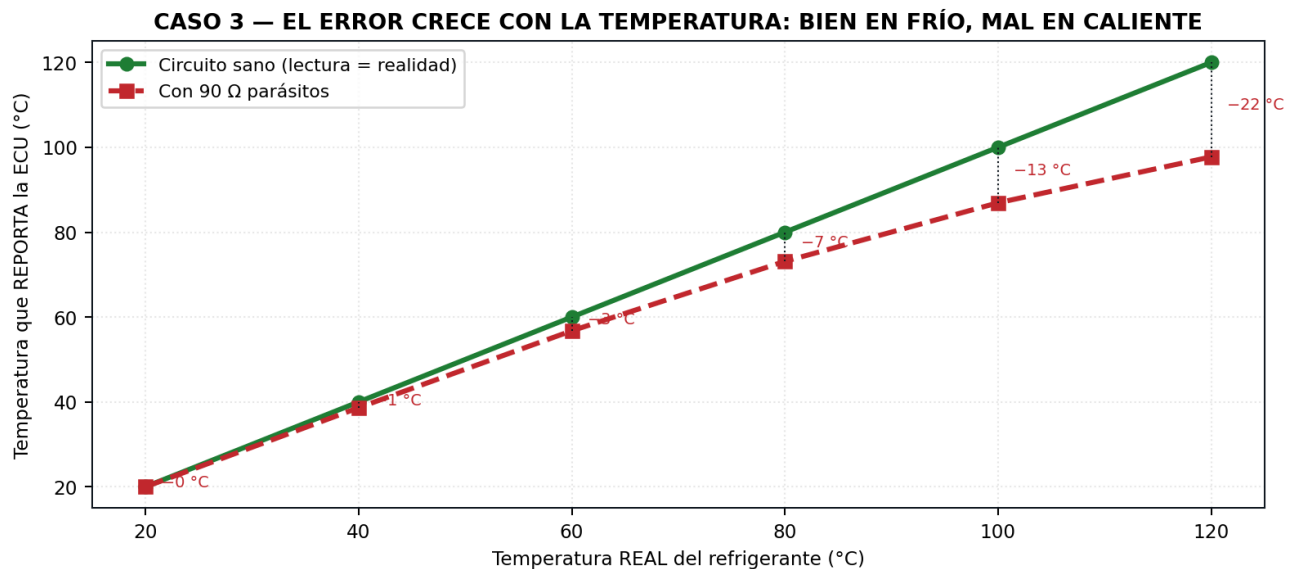


Figura 9: Caso 3: el error del ECT crece con la temperatura

Vehículo: 6 cilindros, 3.5 L.

Síntoma: consumo un 20 % superior al habitual. Arranca y funciona perfectamente en frío. Con el motor caliente, LTFT de –14 % y olor a combustible.

Datos recogidos

Verificación	Resultado
Códigos	Ninguno
ECT en el escáner, motor caliente	74 °C
Termómetro infrarrojo en la manguera superior	91 °C
Resistencia del ECT a 20 °C (en banco)	3 480 Ω (especificación 3 520 Ω ±10 %) → dentro
Prueba de remojo en frío	Todos los sensores coinciden ±2 °C

Razonamiento

El sensor mide correctamente en banco y la prueba de remojo en frío no detecta nada. Sin embargo, con el motor caliente hay **17 °C de error**.

Ésta es exactamente la firma descrita en el Módulo 3, §3.1, Cálculo 3: **una resistencia parásita produce un error que crece con la temperatura**, porque la resistencia del NTC cae mientras la parásita permanece constante.

Temperatura real	R_{NTC}	+90 Ω parásitos	Error
20 °C	3 520 Ω	+2.6 %	≈ 0.5 °C
60 °C	667 Ω	+13.5 %	≈ 3 °C

Temperatura real	R_{NTC}	+90 Ω parásitos	Error
90 °C	241 Ω	+37 %	≈ 15 °C
100 °C	177 Ω	+51 %	≈ 17 °C

Medición decisiva — prueba de resistencia patrón

Con el conector del arnés desconectado, se insertan resistencias de precisión (Módulo 3, §3.1, Fase D):

Resistencia insertada	Debe reportar	Reportó
3 520 Ω	20 °C	19.5 °C
667 Ω	60 °C	57 °C
241 Ω	90 °C	75 °C

Buscando en la tabla maestra la resistencia correspondiente a 75 °C: **$\approx 393 \Omega$** .

$$R_{par} = 393 - 241 = 152 \Omega$$

152 Ω de resistencia parásita, cuantificados sin desmontar nada.

Hallazgo

Conector del ECT con **corrosión verde en el terminal de masa de señal** (SIG RTN), causada por una fuga capilar de refrigerante por el propio cuerpo del sensor.

Reparación

Sensor nuevo con O-ring, terminales nuevos en ambos cables, limpieza del arnés y grasa dieléctrica.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
ECT con motor caliente	74 °C	91 °C
Diferencia con infrarrojo	17 °C	0.5 °C
LTFT en caliente	-14 %	-1 %
Prueba de 241 Ω	75 °C	89.5 °C

Lección

La prueba de remojo en frío no detecta las fallas que solo aparecen en caliente. Complétela siempre con la **prueba de resistencia patrón**, que cuantifica los ohmios parásitos independientemente de la temperatura.

CASO 4 · P0420 con catalizador nuevo

Vehículo: 4 cilindros, 1.8 L. Catalizador reemplazado hace 2 000 km por otro taller; el código regresó a los 400 km.

Datos recogidos

Captura de 30 s a 2 500 RPM (Módulo 4, §4.4):

Sonda	Conmutaciones en 30 s	Amplitud
Anterior (B1S1)	44	0.09 ↔ 0.87 V
Posterior (B1S2)	31	0.14 ↔ 0.79 V

$$\text{Relación} = \frac{31}{44} = 0.70$$

Razonamiento

Una relación de 0.70 indica, en apariencia, un catalizador sin capacidad de almacenamiento de oxígeno. Pero el catalizador es nuevo. Antes de condenarlo por segunda vez, el Módulo 4, §4.4 exige verificar dos cosas:

1. **Fugas de escape antes o entre las sondas** — el aire ambiente que entra por una fuga hace que la sonda posterior “vea” oxígeno y conmute.
2. **Fuel trims y estado de la sonda anterior** — un catalizador nuevo se destruye en pocos cientos de kilómetros si la mezcla es incorrecta.

Medición decisiva

Verificación	Resultado
LTFT	+3 % (normal)
Prueba de humo en el escape a baja presión	Fuga en la brida entre el catalizador y el tubo intermedio
Temperatura de entrada / salida del catalizador (infrarrojo)	480 °C / 545 °C → el catalizador SÍ está trabajando

Un catalizador funcional eleva la temperatura de los gases entre 40 y 100 °C por la reacción exotérmica. **Éste lo hace: el catalizador está sano.**

Hallazgo

Junta de brida mal montada en la instalación anterior. La entrada de aire ambiente aguas arriba de la sonda posterior la hacía conmutar de forma falsa.

Reparación

Junta nueva, tornillería nueva, par correcto.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Conmutaciones posteriores en 30 s	31	4
Relación	0.70	0.09
Monitor del catalizador	No completa	Completa y aprueba

Lección

Un P0420 no acusa al catalizador: acusa a la relación entre dos sondas. La temperatura de entrada y salida medida con infrarrojo confirma en dos minutos si el catalizador está trabajando, antes de gastar en uno nuevo.

CASO 5 · Retardo de detonación permanente, incluso en ralentí

Vehículo: 4 cilindros, 2.0 L, diámetro de cilindro 86 mm.

Síntoma: falta de potencia general y consumo elevado. Sin luz de avería.

Datos recogidos

PID	Ralentí	2000 RPM sin carga	Bajo carga
Retardo por detonación	9°	11°	14°

Razonamiento

El Módulo 5, §5.1 establece un principio físico: **en ralentí sin carga la detonación es imposible**, porque no hay presión ni temperatura suficientes. Un retardo de 9° en ralentí es, necesariamente, una **falsa detección**.

Las causas posibles son tres:

1. Ruido mecánico interpretado como detonación.
2. Blindaje del cable del sensor abierto (ruido de encendido).
3. Umbral adaptativo aprendido incorrectamente.

Medición decisiva

Cálculo previo de la frecuencia esperada (Módulo 5, §5.1):

$$f = \frac{527}{86} = 6.1 \text{ kHz}$$

Captura del sensor a 100 kS/s con FFT, en ralentí:

Banda	Energía
1.8 - 2.4 kHz	Alta, con ráfagas repetitivas
5.8 - 7.2 kHz (banda de detonación)	Baja

El pico no está donde debería estar la detonación. Además, las ráfagas **no sincronizan con el PMS** y están presentes también en vacío.

Prueba confirmatoria (Módulo 5, §5.3): se retarda el encendido 10° con el escáner. **El ruido no cambia en absoluto** → no es detonación.

Hallazgo

Escudo térmico del colector de escape suelto, vibrando contra el bloque a una frecuencia de ≈ 2.1 kHz. El sensor de detonación de banda ancha lo captaba y la ECU, con un umbral adaptativo aprendido durante meses con ese ruido, lo interpretaba como detonación.

Reparación

Fijación del escudo térmico y **borrado de los valores adaptativos de detonación** (Módulo 5, §5.2).

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Retardo en ralentí	9°	0°
Retardo a 2000 RPM	11°	0°
Retardo bajo carga	14°	2°
Energía en 1.8 - 2.4 kHz	Alta	Ausente

Lección

La FFT permite saber dónde debe estar el pico antes de capturar. Si aparece a 2 kHz en un motor de 86 mm, no es detonación. Y **tras cualquier reparación de este sistema hay que borrar el umbral adaptativo**, o el sistema seguirá trabajando con la referencia aprendida durante la avería.

CASO 6 · P0087 en diésel common rail

Vehículo: 4 cilindros diésel, common rail Bosch, sensor de riel de 1 800 bar.

Síntoma: arranque prolongado en frío, falta de potencia por encima de 2 500 RPM, humo blanco al arrancar.

Datos recogidos

PID	Valor
Presión comandada a plena carga	1 400 bar
Presión real a plena carga	890 bar
Duty cycle del MPROP	6 % (normalmente abierto)
Corriente del MPROP	1.42 A (especificación 1.3 – 1.6 A)
Presión en arranque	140 bar (mínimo 180 bar)
Presión de baja alimentando la bomba	4.2 bar, correcta

Razonamiento

El MPROP es **normalmente abierto** (Módulo 8, §8.7): un duty cycle del 6 % significa que la ECU está pidiendo **caudal casi máximo**. La corriente coincide con el cálculo y la rampa presenta joroba, es decir, **el carrete se está moviendo**.

Duty saturado + corriente correcta + joroba presente = **problema de CAUDAL**

El regulador y su circuito quedan descartados. Las causas restantes son: retorno excesivo de inyectores, bomba de alta desgastada, filtro, o aire.

Medición decisiva — prueba de retorno (*leak-off*)

Probetas graduadas en el retorno de cada inyector, 30 s de arranque (Módulo 8, §8.4, Fase A):

Cilindro	Volumen recogido
1	12 ml
2	14 ml
3	47 ml
4	13 ml

El inyector 3 devuelve 3.5 veces lo normal. Está drenando la presión del riel por su válvula piloto.

Verificación cruzada con el PID de corrección por cilindro:

Cilindro	Corrección
1	+0.8 mg/carrera
2	−1.1 mg/carrera
3	+7.9 mg/carrera
4	+0.4 mg/carrera

Compresión relativa (Módulo 1, §1.9): desviación del 6 % → **compresión uniforme**, lo que descarta la causa mecánica.

Hallazgo

Inyector 3 con la válvula piloto desgastada.

Reparación

Inyector reconstruido en banco certificado, arandelas de cobre nuevas, y **codificación IMA del inyector nuevo** (Módulo 8, §8.6) seguida del reinicio de los valores adaptativos.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Retorno del cilindro 3	47 ml	13 ml
Presión real a plena carga	890 bar	1 395 bar
Duty del MPROP a plena carga	6 %	22 %
Corrección del cilindro 3	+7.9 mg	+0.6 mg
Presión en arranque	140 bar	265 bar

Lección

P0087 no acusa a la bomba. El orden real de causas es: retorno de inyectores, bomba de alta, MPROP, filtro, aire — y el sensor al final. La prueba de retorno identifica al culpable en cinco minutos y cuesta cuatro probetas.

CASO 7 · Modo de emergencia con P2138

Vehículo: 4 cilindros con control electrónico de aceleración (ETC).

Síntoma: entra en modo de emergencia de forma intermitente, sobre todo al pisar el acelerador con firmeza. Se recupera al apagar y volver a arrancar.

Datos recogidos

Captura de 2 canales del sensor APP durante un barrido lento del pedal (Módulo 2, §2.7, Fase B).
Arquitectura: **media pendiente (relación 2:1)**.

Posición del pedal	APP1	APP2 esperado	APP2 medido	Divergencia
Reposo	0.82 V	0.41 V	0.63 V	+0.22 V
25 %	1.78 V	0.89 V	1.11 V	+0.22 V
50 %	2.71 V	1.36 V	1.58 V	+0.22 V
A fondo	4.51 V	2.26 V	2.48 V	+0.22 V

Ambos trazos son **continuos y sin escalones**: no hay zonas muertas.

Razonamiento

La divergencia es **exactamente la misma en todo el recorrido**: +0.22 V. Eso no es un potenciómetro dañado —un desgaste produciría un error variable— sino un **desplazamiento constante de la referencia**.

El Módulo 2, §2.7, punto 9 describe el mecanismo: si la masa de señal de un sensor tiene más caída que la del otro, **toda la pista queda desplazada** y el comparador de seguridad de la ECU registra correlación perdida.

Medición decisiva

Circuito	Caída medida	Límite
VREF 1	0.03 V	0.10 V OK
VREF 2	0.04 V	0.10 V OK
SIG RTN 1	0.02 V	0.05 V OK
SIG RTN 2	0.24 V	0.05 V FALLA

La masa del sensor 2 tiene 0.24 V de caída, y ese voltaje se suma a la señal de APP2, elevándola artificialmente.

Cálculo

Con 3 mA circulando por el circuito de la pista 2:

$$R_{par} = \frac{0.24}{0.003} = 80 \, \Omega$$

Ventana de correlación del fabricante: **± 0.20 V durante más de 200 ms.** Con +0.22 V de desplazamiento permanente, **el sistema está justo en el límite:** al pisar con firmeza, la vibración y la corriente adicional lo empujan fuera y se dispara el P2138.

Hallazgo

Empalme de fábrica con soldadura fría en el conductor SIG RTN 2, dentro del arnés bajo el tablero.

Reparación

Reparación del empalme con soldadura y termorretráctil con adhesivo interno.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Caída en SIG RTN 2	0.24 V	0.01 V
Divergencia APP2	+0.22 V	+0.01 V
Modo de emergencia	Intermitente	Ausente en 500 km

Lección

Un código de correlación no significa que un sensor esté defectuoso. Cuando la divergencia es **constante en todo el recorrido**, la causa es una masa o una VREF desiguales. Mida **cada circuito por separado**: referenciar ambos canales a la misma masa enmascara exactamente la falla que se busca.

CASO 8 · Fallo de encendido en GDI solo por encima de 4 500 RPM

CASO 8 — GDI: EL REFUERZO DECAE CON EL RÉGIMEN POR UNA MASA DEFICIENTE

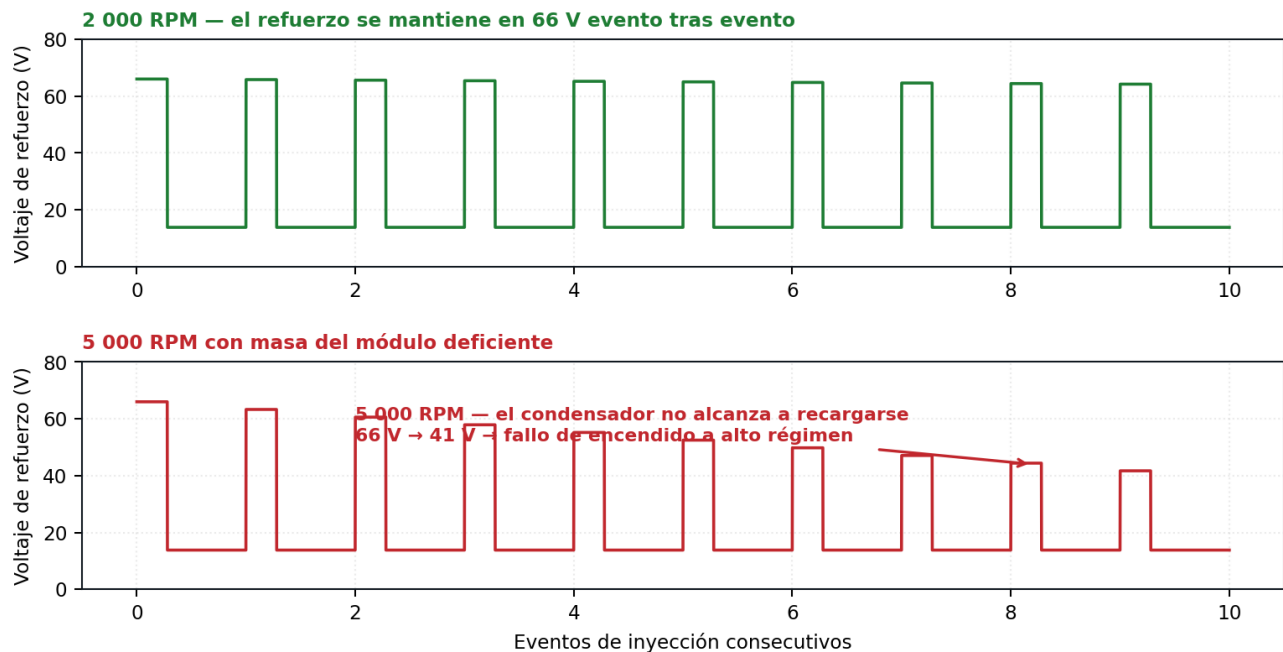


Figura 10: Caso 8: el refuerzo GDI que decae

Vehículo: 4 cilindros GDI turbo.

Síntoma: funcionamiento perfecto hasta 4 000 RPM. Por encima de 4 500 RPM, fallo de encendido aleatorio en varios cilindros. P0300, P0302, P0304.

Datos recogidos

Verificación	Resultado
Bujías	Nuevas, entrehierro correcto
Bobinas	Rampa de corriente correcta, dwell 3.1 ms, 7.8 A
Presión de riel a alto régimen	178 bar, dentro de objetivo
Inyectores (resistencia)	1.7 - 1.8 Ω , uniformes
Fallo en varios cilindros a la vez	Sí

Razonamiento

El fallo afecta a **varios cilindros simultáneamente** y solo a alto régimen. Eso descarta un componente individual y apunta a algo **compartido**.

En un sistema GDI, lo compartido entre inyectores es el **circuito de refuerzo (boost)** de 50 - 90 V (Módulo 8, §8.3, punto 8).

Medición decisiva

Captura del voltaje de refuerzo con sonda $\times 10$, en eventos consecutivos:

Régimen	Refuerzo en el 1.er evento	Refuerzo tras 10 eventos
2 000 RPM	66 V	65 V
3 500 RPM	66 V	58 V
5 000 RPM	66 V	41 V

El condensador no alcanza a recargarse entre disparos.

Cálculo

Energía por disparo con un condensador de 120 µF a 66 V (Módulo 8, §8.3, Cálculo 3):

$$E = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 120 \times 10^{-6} \times 66^2 = 0.261 \text{ J}$$

Disparos por segundo a 5 000 RPM con 4 cilindros:

$$\frac{5000}{120} \times 4 = 167 \text{ disparos/s}$$

$$P_{recarga} = 0.261 \times 167 = 43.6 \text{ W}$$

Prueba de caída de voltaje en la masa del módulo driver, con 11 A medios:

Circuito	Caída	Límite
Alimentación del módulo	0.22 V	0.30 V OK
Masa del módulo driver	0.71 V	0.15 V FALLA

$$R_{par} = \frac{0.71}{11} = 0.065 \Omega \quad P_{perdida} = 0.71 \times 11 = 7.8 \text{ W}$$

7.8 W perdidos sobre los 43.6 W que el módulo necesita para recargar. A bajo régimen sobra tiempo entre disparos y no se nota; a alto régimen el condensador no llega a los 66 V y la corriente de apertura de los inyectores cae.

Hallazgo

Perno de masa del módulo driver de inyectores flojo y oxidado, en el soporte de la culata.

Reparación

Limpieza a metal desnudo, terminal nuevo, par especificado y sellado.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Caída en la masa del módulo	0.71 V	0.03 V
Refuerzo a 5 000 RPM, evento 10	41 V	65 V
Corriente pico de inyector a 5 000 RPM	7.1 A	10.4 A
Fallos de encendido	Constantes > 4 500 RPM	Ninguno

Lección

Cuando varios cilindros fallan simultáneamente, busque lo compartido: alimentación, masa, refuerzo o presión de riel. Y **una falla que solo aparece a alto régimen casi siempre es un problema de energía**, no de componente.

CASO 9 · P2463 con DPF reemplazado hace 4 000 km

Vehículo: 4 cilindros diésel con DPF y sensor diferencial de 0 – 100 kPa.

Síntoma: pérdida de potencia progresiva, regeneraciones frecuentes, aviso de filtro saturado. El DPF es nuevo.

Datos recogidos

PID	Valor
ΔP del DPF en ralentí	0.6 kPa
ΔP a 2 800 RPM	2.1 kPa
Carga de hollín calculada por la ECU	82 %
Regeneraciones en los últimos 1 000 km	14

Razonamiento

Aquí hay una **contradicción interna**: el ΔP medido es el de un filtro limpio (el Módulo 6, §6.6 sitúa un DPF limpio en 3 – 8 kPa a 2 000 RPM), pero el modelo de carga de hollín de la ECU indica 82 %.

Cuando el modelo calculado y la medición no coinciden, **uno de los dos está equivocado**. Y el módulo de carga se alimenta de los sensores EGT.

Medición decisiva — prueba de remojo en frío ampliada

Tras 10 horas apagado, con 18 °C ambiente (Módulo 3, §3.5):

Sensor	Reporta
ECT	18 °C
IAT	19 °C
EGT 1 (pre-turbo)	18 °C
EGT 3 (pre-DPF)	41 °C
EGT 4 (post-DPF)	19 °C

El EGT 3 está sesgado +23 °C. Verificación durante una regeneración:

Momento	EGT 3 reporta	Termómetro de contacto
Objetivo de regeneración	620 °C	518 °C

El sensor reporta 620 °C cuando la temperatura real es de 518 °C. **La ECU cree que ha alcanzado el objetivo y termina la regeneración antes de tiempo**, con lo que el hollín no se quema y el modelo de carga sigue subiendo.

Verificación adicional de las mangueras del sensor diferencial (Módulo 6, §6.6, Paso 2): **ambas permeables y limpias**.

Hallazgo

Sensor EGT 3 sesgado. El DPF nuevo nunca llegó a regenerarse correctamente y estaba comenzando a saturarse de verdad.

Reparación

Sensor EGT 3 nuevo con antiagarrotante en la rosca, **regeneración forzada** con verificación de la temperatura real por termómetro de contacto, y reinicio del modelo de carga de hollín.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
EGT 3 en remojo en frío	41 °C	18 °C
EGT 3 durante la regeneración	620 °C (real 518)	625 °C (real 622)
Carga de hollín tras la regeneración forzada	82 %	6 %
Regeneraciones en 1 000 km	14	2

Lección

Un P2002 o un P2463 exigen verificar los sensores EGT y las mangueras del sensor diferencial ANTES de tocar el DPF. Un filtro nuevo instalado sobre un sistema de medición sesgado se satura de nuevo en pocos miles de kilómetros — exactamente lo que le ocurrió a este vehículo.

CASO 10 · Sobrecalentamiento marginal en tráfico lento

Vehículo: 4 cilindros, ventilador de doble velocidad con relés y resistencia.

Síntoma: en carretera la temperatura es normal. En tráfico lento con A/C y más de 32 °C ambiente, la aguja sube y el A/C deja de enfriar. Nunca hierve.

Datos recogidos

Verificación	Resultado
Códigos	Ninguno
Nivel y estado del refrigerante	Correcto
Termostato	Abre a 88 °C, verificado
El ventilador arranca al alcanzar el umbral	Sí, en ambas velocidades
Radiador y condensador	Limpios
ECT vs infrarrojo	Coinciden ± 2 °C

Razonamiento

El ventilador **funciona**. Los relés conmutan, la resistencia está íntegra, los umbrales se respetan. Aparentemente todo está bien — y sin embargo el vehículo se calienta.

El Módulo 12, §12.2 aporta el criterio que falta: **un ventilador puede “funcionar” y aun así girar lento por caída de voltaje**, y el síntoma es exactamente éste: refrigeración marginal que solo se manifiesta cuando la demanda térmica es máxima.

Medición decisiva

Corriente y caídas con el ventilador en velocidad alta:

Medición	Valor	Límite
Corriente del ventilador	14.2 A	Especificación 21 - 24 A
Caída en el fusible	0.11 V	0.10 V $\approx$
Caída en contactos del relé de alta	0.78 V	0.20 V FALLA
Caída en el cable positivo	0.19 V	0.30 V OK
Caída en el conector del ventilador	0.41 V	0.10 V FALLA
Caída en la masa	0.33 V	0.15 V FALLA

Cálculo

Caída total acumulada:

$$V_{total} = 0.11 + 0.78 + 0.19 + 0.41 + 0.33 = 1.82 \text{ V}$$

$$V_{ventilador} = 13.9 - 1.82 = 12.08 \text{ V}$$

$$R_{par} = \frac{1.82}{14.2} = 0.128 \, \Omega$$

Pérdida de potencia (Módulo 12, §12.2, Cálculo 2):

$$\frac{P}{P_{nominal}} = \left(\frac{12.08}{13.9} \right)^2 = 0.755 \Rightarrow \mathbf{24 \% \text{ menos potencia}}$$

Y de caudal de aire:

$$\frac{Q}{Q_{nominal}} = \sqrt[3]{0.755} = 0.911 \Rightarrow \mathbf{9 \% \text{ menos caudal}}$$

Resistencia de contacto del relé:

$$R_{contacto} = \frac{0.78}{14.2} = 0.055 \, \Omega = 55 \, \text{m}\Omega$$

frente a los < 10 mΩ especificados. **Y ese contacto disipa:**

$$P = I^2 R = 14.2^2 \times 0.055 = 11.1 \, \text{W}$$

lo que acelera su propia degradación.

Hallazgo

Tres defectos simultáneos, ninguno grave por sí solo: relé con contactos picados, conector del ventilador con terminales verdosos, y perno de masa del travesaño frontal con óxido bajo la arandela.

Reparación

Relé nuevo, terminales nuevos en el conector del ventilador, y limpieza y sellado del punto de masa.

Verificación

Parámetro	Antes	Después
Caída total	1.82 V	0.29 V
Corriente del ventilador	14.2 A	22.6 A
Voltaje en el ventilador	12.08 V	13.61 V
Temperatura en tráfico lento con A/C	Sube a 108 °C	Estable en 94 °C

Lección

Ninguna de las tres caídas era alarmante mirada en aislamiento. Sumadas, costaban el 24 % de la potencia del ventilador. **Por eso la prueba de caída de voltaje se hace por tramos y luego se suman** — es la primera lección del Módulo 0 y la última del curso.

15.3 · TABLA MAESTRA DE REFERENCIA RÁPIDA

Fórmulas de todo el curso

ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES

$V = I \times R$ $P = V \times I = I^2 R = V^2 / R$ $R_{\text{par}} = V_{\text{caída}} / I$
 Divisor: $V_{\text{sig}} = V_{\text{REF}} \times R_{\text{sensor}} / (R_{\text{sensor}} + R_{\text{pull-up}})$
 Inductor: $I(t) = (V/R)(1 - e^{-(t/\tau)})$ $\tau = L/R$ $di/dt = V/L$
 Energía: $E_{\text{bobina}} = \frac{1}{2} L I^2$ $E_{\text{condensador}} = \frac{1}{2} C V^2$
 Fuerza: $F_{\text{solenoid}} \propto I^2 \rightarrow 40\% \text{ menos } I = 64\% \text{ menos fuerza}$
 Potencia: $P/P_{\text{nom}} = (V_{\text{real}} / V_{\text{nom}})^2$
 Filtro: $f_c = 1 / (2\pi R C)$ $A = 1/\sqrt{1+(f/f_c)^2}$

MOTOR Y SINCRONISMO

$f_{\text{CKP}} (\text{Hz}) = (\text{RPM}/60) \times \text{dientes presentes}$
 $f_{\text{CMP}} (\text{Hz}) = (\text{RPM}/120) \times \text{lóbulos}$
 $^\circ/\text{diente} = 360^\circ / \text{posiciones de la rueda}$
 $1^\circ \text{ de árbol de levas} = 2^\circ \text{ de cigüeñal}$ $t(720^\circ) = 120/\text{RPM} \text{ s}$
 $f_{\text{detonación}} (\text{kHz}) \approx 527 / \text{diámetro (mm)}$

AIRE Y COMBUSTIBLE

$\text{kPa}_{\text{abs}} = 101.3 - (\text{inHg} \times 3.386)$ $\text{Boost} = \text{MAP} - \text{BARO}$
 $P(\text{altitud}) = 101.325 \times (1 - 2.25577e-5 \times h)^{5.25588}$
 $\dot{m} (\text{g/s}) = (\text{RPM}/2) \times (\text{Desp}(L) \times \text{EV} / 60) \times 1.184$
 $\text{g/s máx} \approx \text{HP} \times 0.8 \text{ a } 1.0$
 Sensor de presión: $V = 0.5 + 4.0 \times (P/P_{\text{max}})$
 $P = (V - 0.5)/4.0 \times P_{\text{max}}$
 $\text{ERROR DE PRESIÓN} = (\text{ERROR DE VOLTAJE} / 4.0) \times P_{\text{max}}$
 $\text{Duty inyector} (\%) = \text{PW}(\text{ms}) \times \text{RPM} / 1200$ $f = \text{RPM}/120$

TEMPERATURA

$R_t = R_{25} \times e^{[\beta(1/T - 1/298.15)]}$ $T \text{ en kelvin, } \beta \approx 3450$
 $\text{Pt200 (PTC): } R = 200 \times (1 + 0.00385 \times T)$
 Termopar K: $\text{mV} \approx 0.0405 \times T(^{\circ}\text{C})$

VELOCIDAD Y NIVEL

$f_{\text{VSS}} (\text{Hz}) = v(\text{km/h}) \times \text{pulsos/km} \div 3600$
 $f_{\text{rueda}} (\text{Hz}) = [v(\text{km/h})/3.6] \div (\pi \times \emptyset \text{ m}) \times \text{dientes}$
 $\text{Nivel} (\%) = (R_{\text{vacío}} - R_{\text{medida}})/(R_{\text{vacío}} - R_{\text{lleno}}) \times 100$

CARGA Y CONSUMO

$f_{\text{rizado}} = (\text{RPM} \times \text{relación} / 60) \times \text{pares de polos} \times 6$
 $I (\text{mA}) = V_{\text{caída}} (\text{mV}) / k_{\text{fusible}} (\text{mV/A})$
 $\text{Días de descarga} = \text{capacidad(Ah)} / \text{consumo(A)} / 24$

Valores de referencia por componente

SENSORES – VALOR EN RALENTÍ (motor caliente, nivel del mar)

CKP VR	2 – 8 V p-p · R 200–2500 Ω · 725 Hz (60-2)
CKP/CMP Hall	0.1–0.5 V / 4.5–5.0 V · NO medir resistencia
MRE 2 hilos	7 mA / 14 mA (shunt 100 Ω → 0.70/1.40 V)
MAP 1 bar	1.0 – 1.5 V (30 – 40 kPa · 18–21 inHg)
MAP frecuencia	95 – 110 Hz · duty FIJO 50 %
BARO	= presión de su altitud ± 3 kPa
MAF	0.8 – 1.4 V · 1.5–2.5 g/s por litro
snap test	pico ≥ 4.5 V ← criterio de aprobación
TPS	0.4 – 0.9 V cerrado · 3.9–4.8 V WOT · recorrido ≥ 3 V
ECT	0.60 – 1.05 V (88 – 96 °C · 175–260 °C)
IAT	ambiente +15 a +30 °C en ralentí (NORMAL)
O2 circonio	0.09 ↔ 0.88 V · > 1 conmutación/s · < 100 ms
A/F banda ancha	$\lambda=1$ → 0.00 mA · escáner muestra 3.30 V simulados
Knock	bias 2.5 V · fondo 0.10–0.35 V p-p
Riel baja (700 kPa)	2.50 – 3.07 V (350 – 450 kPa)
Riel alta (2500 bar)	0.90 – 1.14 V (250 – 400 bar)
Aceite (10 bar)	0.90 – 1.30 V (1.0 – 2.0 bar)
DPF (100 kPa)	0.52 – 0.58 V (0.5 – 2 kPa)
A/C (34 bar)	1.03 – 1.06 V estático a 25 °C
ABS pasivo	0 V parado · R 800–2000 Ω · ciego < 5–7 km/h
ABS activo	7 mA reposo · 7/14 mA girando · desde 0.1 km/h

ACTUADORES – VALORES CLAVE

Inyector saturado ..	12–17 Ω · 0.8–1.2 A · PW 2–4 ms · pico 55–80 V
Peak & Hold	1.5–4 Ω · 4–6 A / 1.0–1.5 A
GDI	1–3 Ω · boost 50–90 V · 8–12 A / 3–5 A
Common Rail	0.15–0.6 Ω · boost 40–80 V · 15–22 A / 8–12 A
Piezo	3–10 μ F · 110–200 V · MEDIR CAPACITANCIA
Bobina COP	primario 0.4–1.5 Ω · dwell 1.5–4 ms · 6–9 A
pico 250–400 V · quemado 60–110 V / 1.0–2.0 ms · ≥ 3 oscilaciones	
IAC pasos	40–80 Ω /bobina · conteo 15–50 · NO es PWM
IAC rotativo	6–13 Ω · 100–300 Hz · duty 25–45 %
ETC	0.7–5 Ω · 1–2 kHz · duty reposo 8–20 %
duty > 30 % en reposo = FRICCIÓN · limp-home 5–8 %	
Purga EVAP	20–40 Ω · 10–20 Hz · duty 0 % en ralentí frío
Ventilación EVAP ...	NORMALMENTE ABIERTA (energizada cierra)
OCV / VVT	6–15 Ω · 200–300 Hz · duty 25–40 % retención
MPROP / SCV	2–6 Ω · 100–500 Hz · duty 15–35 %
NORMALMENTE ABIERTO: sin corriente = presión MÁXIMA	
Bujía incandescente	0.5–2.0 Ω frío · 15–30 A pico · PTC (autorregula)
Bomba combustible ..	0.5–2 Ω · 3–10 A · 8 jorobas/vuelta
Ventilador	8–15 A baja · 18–40 A alta · resistencia 0.3–1.5 Ω
Relé	bobina 60–120 Ω · contactos < 10 m Ω
VGT	solenoides 20–60 Ω · motor 1–5 Ω · 1–3 A

LÍMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE – ESCALADOS

Señal de sensor pasivo (μ A)	NO APLICA (usar amplitud)
NTC · riel 2500 bar · DPF	0.02 V
SIG RTN compartida	0.05 V
VREF compartida	0.10 V

```

|| Inyector · bomba · relé ..... 0.20 V
|| Ventilador · módulo GDI ..... 0.30 V
|| Arranque lado positivo ..... 0.50 V
|| Toda masa contra batería ..... 0.10 – 0.20 V
|| ▲ EXCEPCIÓN: driver de la ECU cae 0.2–0.8 V. NORMAL. Umbral: 1.5 V

```

REDES

```

|| CAN-H 2.5→3.5 V · CAN-L 2.5→1.5 V · diferencial 0→2 V · 60 Ω
|| LIN: 1 hilo · recesivo ≈12 V · dominante <1 V · 1–20 kbit/s
|| SENT: tick 3 μs · sync 56 ticks (168 μs) · nibble 12–27 ticks
|| PSI5: 2 hilos · corriente modulada · 125 kbit/s

```

PRUEBAS MAESTRAS DEL CURSO

```

|| Sustitución 20 s (NTC) ..... desconectar → -40 °C · puentear → +130 °C
|| Resistencia patrón ..... inserte 332 Ω → debe reportar 80 °C
|| Remojo en frío ..... todos los sensores = ambiente ±3 °C
|| Línea base KOEO ..... todo sensor manométrico = 0.50 V ±0.05
|| Prueba de reposo inercial .. guiñada 0 °/s ±1 · lateral 0.00 g ±0.05
|| Snap test MAF ..... pico ≥ 4.5 V
|| Joroba de corriente ..... presente = el actuador SE MOVIÓ
|| Retorno de inyectores ..... desviación máx. ±20 %
|| Corrección por cilindro .... ±3 mg/carrera normal · >±6 = falla
|| Comparación de 4 ruedas .... ±1 km/h en línea recta
|| Rizado del alternador ..... < 0.5 V p-p en acoplamiento AC
|| Consumo parásito ..... 20–50 mA tras 45 min
|| Prueba de los 60 Ω ..... CAN-H ↔ CAN-L con la red apagada

```

15.4 · EXAMEN FINAL — 60 PREGUNTAS DE DIAGNÓSTICO REAL

Instrucciones: cada pregunta exige un razonamiento o un cálculo, no una respuesta memorizada. Se aprueba con 45 respuestas correctas (75 %). Tiempo sugerido: 3 horas. Permitido: calculadora y la tabla maestra del §15.3.

Bloque A — Fundamentos eléctricos (preguntas 1 - 5)

1. Un inyector de 13.2Ω trabaja con 14.1 V de sistema. La pinza mide 0.79 A. Calcule la resistencia total real, la resistencia parásita y el porcentaje de pérdida de fuerza de apertura del solenoide.
2. Explique por qué la prueba de caída de voltaje es inválida en el circuito de señal de un sensor MAP, calculando la caída que produciría $400 \text{ k}\Omega$ de resistencia parásita con $50 \mu\text{A}$ circulando.
3. Un circuito de ventilador presenta caídas de 0.12 V, 0.55 V, 0.24 V y 0.31 V en cuatro tramos, con 18 A circulando y 13.8 V de batería. Calcule la caída total, el voltaje en la carga, la resistencia parásita total y el porcentaje de pérdida de potencia.
4. Un multímetro con puntas de 0.29Ω mide 0.54Ω en un inyector common rail cuya especificación es $0.20 - 0.45 \Omega$. Determine la resistencia real y si el inyector está dentro de especificación.
5. Explique la diferencia entre masa de potencia y masa de señal (SIG RTN), indique el límite de caída de cada una y describa qué ocurre si se mide una señal de sensor referenciándola a la masa de potencia.

Bloque B — Sincronismo (preguntas 6 - 10)

6. Un CKP con rueda 36-1 gira a 2 400 RPM. Calcule la frecuencia de la señal, la duración de un diente en microsegundos y la duración del hueco de sincronía.
7. Un vehículo presenta P0016. El flanco del CMP se encuentra a 11 dientes del hueco en una rueda 60-2, cuando la referencia son 8 dientes. Calcule el desfase en grados de cigüeñal y de árbol de levas, y determine si justifica el código.
8. Describa **una sola prueba** que separe un desfase causado por cadena estirada de uno causado por actuador VVT bloqueado, y explique su fundamento físico.
9. Un CKP tipo Hall presenta nivel bajo de 2.3 V y nivel alto de 4.9 V, con alimentación y masa correctas. Con una pull-up interna de $10 \text{ k}\Omega$, calcule la resistencia parásita y explique por qué la ECU deja de reconocer los pulsos.
10. En una captura de 720° observa dos huecos de sincronía. Explique qué representa cada uno y qué señal permite distinguirlos.

Bloque C — Sensores de carga (preguntas 11 - 15)

11. Un MAP de 1 bar entrega 2.05 V en ralentí mientras el vacuómetro mecánico indica 19.5 inHg. Calcule la presión real en kPa, el voltaje que debería entregar el sensor y determine si está sesgado.
12. Un motor 3.0 L de 240 HP alcanza 145 g/s en la prueba de aceleración brusca. Calcule el flujo teórico a 6 200 RPM con $\text{EV} = 0.90$ y determine si el MAF está sub-reportando.

- 13.** Diferencie, mediante los *fuel trims*, una fuga de vacío de un MAF sesgado, indicando el patrón de cada uno y su fundamento físico.
- 14.** Un vehículo a 1 800 m de altitud entrega 3.62 V en el MAP con KOEO (sensor de 1 bar). Calcule la presión reportada, la presión barométrica esperada a esa altitud y determine si el sensor es correcto.
- 15.** Un APP de arquitectura de media pendiente muestra APP1 = 3.42 V. Calcule el valor esperado de APP2 y determine si una lectura de 1.79 V está dentro de la ventana de ± 0.20 V.

Bloque D — Temperatura (preguntas 16 - 20)

- 16.** Un circuito de ECT presenta 110 Ω de resistencia parásita. Usando la tabla maestra, calcule el error de temperatura a 20 °C y a 100 °C, y explique por qué la falla se manifiesta solo en caliente.
- 17.** Al insertar 332 Ω en el conector del arnés, el escáner reporta 72 °C. Determine la resistencia parásita del circuito y decida si debe repararse.
- 18.** Un TFT reporta 38 °C tras una hora de autopista y la transmisión nunca bloquea el convertidor. No hay códigos. Explique el mecanismo completo y describa cómo verifica el circuito sin desmontar el cárter.
- 19.** Un sensor EGT mide 218 Ω a temperatura ambiente. Determine su tecnología, calcule la resistencia esperada a 550 °C y explique qué error cometería un técnico que aplicara la lógica de un NTC.
- 20.** Explique por qué un termopar tipo K no debe repararse con empalmes de cobre, calculando el error introducido si el empalme se encuentra a 75 °C.

Bloque E — Oxígeno y mezcla (preguntas 21 - 24)

- 21.** Explique por qué una sonda de circonio de banda estrecha no puede distinguir $\lambda = 1.06$ de $\lambda = 1.35$, y qué sensor sí puede hacerlo.
- 22.** Un sensor A/F de banda ancha reporta -0.85 mA de corriente de bombeo. Determine si la mezcla es rica o pobre y explique qué está haciendo internamente la celda de bombeo.
- 23.** Un vehículo con P0420 muestra 46 conmutaciones en la sonda anterior y 6 en la posterior durante 30 s. Calcule la relación, emita un diagnóstico y enumere dos verificaciones previas al reemplazo del catalizador.
- 24.** Un LTFT de +18 % es constante en todos los regímenes. Enumere las tres causas más probables en orden y describa la prueba que las separa.

Bloque F — Detonación y presión (preguntas 25 - 31)

- 25.** Un motor con diámetro de cilindro de 92 mm requiere análisis de detonación. Calcule la frecuencia esperada y la frecuencia mínima de muestreo del osciloscopio.
- 26.** Un circuito de sensor de detonación presenta 150 k Ω de resistencia parásita y 500 pF de capacidad de cable. Calcule la frecuencia de corte del filtro resultante y el porcentaje de amplitud que llega a la ECU a 5.7 kHz.
- 27.** Un vehículo presenta 12° de retardo por detonación en ralentí en punto muerto. Explique por qué es diagnósticamente imposible como detonación real y enumere las causas posibles.

- 28.** Un sensor de riel de 2 000 bar presenta 0.07 V de caída en SIG RTN. Calcule el error de presión, indique en qué dirección se desvía la presión real respecto a la comandada y describa el síntoma.
- 29.** Un sensor de DPF de 0 - 100 kPa entrega 0.61 V en ralentí y 1.42 V a 2 700 RPM. Calcule el ΔP en ambos casos y determine el estado del filtro.
- 30.** Con el motor apagado y despresurizado, un sensor de presión de aceite entrega 0.74 V. Calcule la presión que reporta en un sensor de 10 bar y explique la consecuencia sobre el sistema VVT.
- 31.** Explique la ventaja diagnóstica del DPFE frente a un sensor de posición de EGR, con un ejemplo concreto.

Bloque G — Velocidad y posición (preguntas 32 - 35)

- 32.** Un sensor de rueda ABS con corona de 48 dientes está montado en una rueda de 0.66 m. Calcule la frecuencia a 90 km/h.
- 33.** Un sensor ABS activo medido con shunt de 100 Ω muestra un escalón entre 0.72 V y 1.09 V. Calcule las corrientes y determine si está dentro de especificación.
- 34.** Explique por qué la prueba de caída de voltaje es válida en un sensor ABS activo y no en uno pasivo, y calcule el límite de resistencia parásita para un módulo que entrega 9.5 V con un sensor que requiere 7 V mínimos.
- 35.** Un solenoide OCV de 8 Ω trabaja al 68 % de duty con 13.8 V. La pinza mide 0.74 A. Calcule la corriente esperada, la resistencia parásita y el porcentaje de pérdida de fuerza.

Bloque H — Inyección y encendido (preguntas 36 - 43)

- 36.** Calcule el ciclo de trabajo de un inyector con 13.5 ms de ancho de pulso a 5 200 RPM en inyección secuencial y determine si está dentro de su capacidad.
- 37.** En la rampa de corriente de un inyector, el pico es correcto pero no aparece la joroba. Emita el diagnóstico y explique por qué la resistencia y el oscilograma de voltaje no lo detectaron.
- 38.** Un inyector GDI de 1.7 mH recibe 72 V de refuerzo. Calcule la velocidad de subida de la corriente y el tiempo hasta 10 A. Repita con 14 V.
- 39.** Un apilamiento piezoeléctrico especifica 5.2 μF . Con una rampa de 0 a 155 V en 85 μs , la pinza mide 6.8 A. Calcule la capacitancia real y el porcentaje de degradación.
- 40.** Explique qué es la codificación IMA/IQA, qué ocurre si se omite y qué mostrarían las correcciones por cilindro si se introdujeran los códigos en orden invertido.
- 41.** Una bobina de 5 mH dispone de 2.8 ms de dwell. Calcule la corriente alcanzada con 13.8 V y con 11.5 V, y el porcentaje de energía de chispa perdida.
- 42.** En un oscilograma primario, la línea de quemado dura 0.6 ms y su voltaje es de 145 V. Interprete ambos hallazgos.
- 43.** Explique por qué la meseta plana de la rampa de corriente de una bobina COP es normal y deseable, y qué indica su ausencia.

Bloque I — Aire, emisiones y alimentación (preguntas 44 - 52)

- 44.** Un motor con IAC paso a paso presenta ralentí de 1 180 RPM con un conteo de 5 pasos. Interprete el hallazgo y enumere las causas en orden.

45. Un ETC de 1.9Ω trabaja con 37 % de duty en ralentí a 13.8 V (especificación 8 - 20 %). Calcule la corriente media, la potencia disipada y emita el diagnóstico.
46. Explique por qué la válvula de ventilación del EVAP es normalmente abierta y qué consecuencia tiene confundirla con la de purga.
47. Una bujía incandescente cerámica mide 0.75Ω en frío. Calcule la corriente y la potencia iniciales a 12.6 V, y explique por qué la corriente cae a los pocos segundos.
48. Una bomba de combustible de 8 delgas gira a 5 400 RPM. Calcule el tiempo por vuelta y por delga, e indique qué observaría si una delga estuviera desgastada.
49. Un ventilador de 0.52Ω trabaja en velocidad baja a través de una resistencia de 0.78Ω con 13.9 V. Calcule la corriente y la potencia disipada por la resistencia.
50. Un relé presenta 0.91 V de caída entre 30 y 87 con 26 A. Calcule la resistencia de contacto, la potencia disipada y explique el mecanismo de degradación acelerada.
51. Explique por qué un actuador VGT con corriente de 5.2 A sostenidos y sin movimiento indica obstrucción mecánica, y qué le ocurrirá al módulo interno.
52. Explique por qué una bomba de combustible con la malla de aspiración obstruida consume **menos** corriente de lo normal.

Bloque J — Carga, redes y metodología (preguntas 53 - 60)

53. Un alternador de 6 pares de polos con relación de polea 2.8:1 gira con el motor a 900 RPM. Calcule la frecuencia eléctrica y la frecuencia del rizado.
54. Explique qué observaría en el oscilograma de rizado con un diodo abierto y por qué la salida del alternador cae aproximadamente a un tercio.
55. Un vehículo presenta 240 mA de consumo parásito tras 50 minutos. Calcule en cuántos días descargaría una batería de 70 Ah al 50 % de su capacidad útil, y describa el método de los fusibles.
56. Explique cómo se mide un fusible de 10 A con factor de 5.5 mV/A si por él circulan 180 mA, y qué precisión de multímetro se requiere.
57. Explique por qué un sensor con salida SENT es inmune a la caída de voltaje, comparándolo con un sensor de riel analógico de 2 500 bar.
58. Un bus CAN mide 118Ω entre CAN-H y CAN-L con la red apagada. Emita un diagnóstico y calcule cómo cambia la corriente del bus respecto a la condición normal con 2 V de diferencial.
59. Enumere las cuatro preguntas del árbol de decisión universal, la herramienta que responde cada una, y explique qué se concluye si las cuatro se responden afirmativamente.
60. Un vehículo llega con P0171, P0300 y P0420 simultáneamente. Describa el orden en que abordaría los códigos, justifique la prioridad y explique por qué resolver uno puede eliminar los otros dos.

CIERRE DEL CURSO

Lo que hay que llevarse

Si de los quince módulos hubiera que conservar solo cinco ideas, serían éstas:

1 · El código describe una relación, no acusa a un componente. P0016 no acusa al CMP, P0171 no acusa al MAF, P0087 no acusa a la bomba y P0420 no acusa al catalizador.

2 · El voltaje prueba la orden; la corriente prueba la ejecución. La joroba de la rampa de corriente es la firma de que el actuador se movió. Sin joroba, no se movió — por muy perfecto que sea el oscilograma de voltaje.

3 · El límite de caída de voltaje se escala con la corriente y con el rango. 0.20 V es excelente en un arranque, aceptable en un inyector, y equivale a 125 bar de error en un sensor de riel common rail.

4 · Las caídas se acumulan. Seis defectos “aceptables” en aislamiento cuestan el 29 % de la potencia de la carga. Por eso se mide por tramos y se suma.

5 · La ECU es la última sospechosa. Cuatro preguntas en orden —energía, señal, corriente, respuesta física— resuelven el diagnóstico antes de llegar a ella.

El método, en una línea

Verifique la energía. Capture la señal. Mida la corriente. Confirme la respuesta física. Y solo entonces, decida.

Fin del Curso Master de Sensores y Actuadores Automotrices. Módulos 0 a 15 · Diagnóstico Electrónico Avanzado.