

MÓDULO 7 — SENSORES DE VELOCIDAD, POSICIÓN Y NIVEL

VSS · Sensores de rueda ABS · Realimentación VVT · SAS y grupo inercial · Nivel

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	3
Las tres capas del diagnóstico	3
Fórmulas maestras del módulo	3
7.1 · SENSOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (VSS)	4
Las cuatro generaciones	4
1 · Valores en ralentí	4
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	4
3 · Rango de funcionamiento normal	5
4 · Síntomas de falla	5
5 · Posibles soluciones y reparaciones	6
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	6
7 · Valores comunes de resistencia	7
8 · Alimentaciones y tierras	7
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	7
10 · Nomenclatura de cableado	7
11 · Simbología y diagrama de conexión	8
12 · Análisis de oscilogramas	8
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	8
14 · Análisis de corriente	9
15 · Preguntas de autoevaluación — VSS	9
7.2 · SENSORES DE VELOCIDAD DE RUEDA (ABS)	10
Las dos familias	10
1 · Valores en ralentí (vehículo detenido)	10
2 · Valor aproximado a velocidad de marcha	11
3 · Rango de funcionamiento normal	12
4 · Síntomas de falla	12
5 · Posibles soluciones y reparaciones	12
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso	13
7 · Valores comunes de resistencia	15
8 · Alimentaciones y tierras	16
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	16
10 · Nomenclatura de cableado	17
11 · Simbología y diagrama de conexión	17

12 · Análisis de oscilogramas	17
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	18
14 · Análisis de corriente	18
15 · Preguntas de autoevaluación — Sensores ABS	18
7.3 · REALIMENTACIÓN DE POSICIÓN VVT / VANOS	19
Relación con el Módulo 1	19
Arquitectura del lazo cerrado	19
1 · Valores en ralentí	20
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	20
3 · Rango de funcionamiento normal	20
4 · Síntomas de falla	20
5 · Posibles soluciones y reparaciones	21
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	21
7 · Valores comunes de resistencia	22
8 · Alimentaciones y tierras	22
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	22
10 · Nomenclatura de cableado	23
11 · Simbología y diagrama de conexión	23
12 · Análisis de oscilogramas	23
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	24
14 · Análisis de corriente	24
15 · Preguntas de autoevaluación — Realimentación VVT	24
7.4 · SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN (SAS) Y GRUPO INERCIAL	26
7.4.1 · Sensor de ángulo de dirección (SAS)	26
7.4.2 · Grupo inercial: guiñada y aceleración lateral	27
Puntos 1 – 15 aplicados al SAS y al grupo inercial	28
Preguntas de autoevaluación — SAS y grupo inercial	29
7.5 · SENSORES DE NIVEL DE COMBUSTIBLE Y DE ACEITE	30
7.5.1 · Aforador de combustible	30
7.5.2 · Sensor de nivel de aceite	33
Preguntas de autoevaluación — Sensores de nivel	35
CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 7	36
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 7	37

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

Este módulo agrupa sensores que comparten una característica: **su señal ya no llega a la ECU por un cable analógico, sino por una red**. Cada vez con más frecuencia, el sensor pertenece a un módulo (ABS, ESP, tablero) que **calcula** y **publica** el dato en CAN para que los demás lo consuman.

Consecuencia diagnóstica de primer orden: un P0500 (VSS sin señal) en un vehículo moderno **no significa que haya un sensor de velocidad averiado**. Significa que la ECU no está recibiendo el mensaje CAN que contiene la velocidad. La causa puede ser un sensor de rueda, el módulo ABS, la red, o la alimentación de ese módulo.

Las tres capas del diagnóstico

Capa	Pregunta	Herramienta
1 · Sensor físico	¿Genera la señal correcta?	Osciloscopio en el conector del sensor
2 · Módulo receptor	¿La interpreta bien?	PID del módulo propietario (ABS, ESP)
3 · Red	¿La transmite a los demás?	PID del módulo consumidor (ECU, tablero)

Regla de oro del módulo: compare siempre el PID en el **módulo propietario** con el PID en el **módulo consumidor**. Si coinciden, el problema está antes; si difieren, el problema está en la red o en la pasarela.

Fórmulas maestras del módulo

$$f_{VSS} \text{ (Hz)} = \frac{v \text{ (km/h)} \times \text{pulsos por km}}{3600}$$

$$f_{rueda} \text{ (Hz)} = \frac{v \text{ (m/s)}}{\pi \times D \text{ (m)}} \times \text{n.º de dientes}$$

$$v \text{ (m/s)} = \frac{v \text{ (km/h)}}{3.6}$$

7.1 · SENSOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (VSS)

VSS — LAS TRES GENERACIONES

1 · REED / MECÁNICO

Interruptor magnético en el velocímetro.
Salida on/off. 2 ~ 8 pulsos por vuelta.

2 · INDUCTIVO (VR) — 2 hilos

Genera AC. Amplitud proporcional a la velocidad. R = 190 ~ 2000 Ω.

3 · HALL — 3 hilos

Onda cuadrada 0-5 V o 0-12 V.
Amplitud CONSTANTE.

4 · DERIVADO DEL ABS (actual)

No existe VSS físico. La velocidad viaja por CAN desde el módulo ABS.

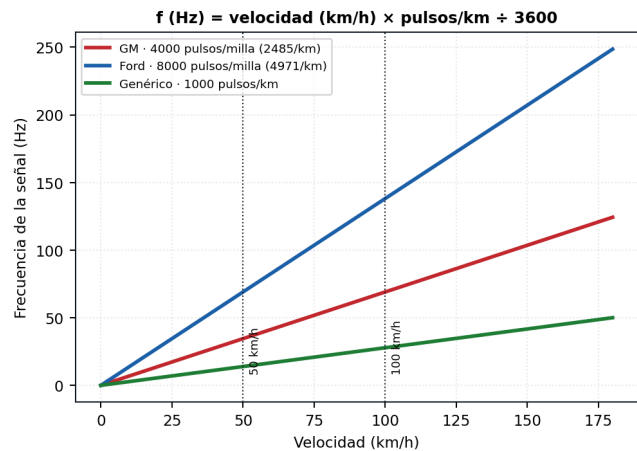


Figura 1: Las generaciones del VSS y su frecuencia

Las cuatro generaciones

Generación	Tecnología	Salida	Época
1	Interruptor <i>reed</i> accionado por imán	On/off, 2 - 8 pulsos/vuelta	Hasta los 90
2	Inductivo (VR), 2 hilos	AC senoidal, amplitud proporcional	1990 - 2005
3	Hall, 3 hilos	Onda cuadrada, amplitud constante	2000 - 2015
4	Derivado del ABS por CAN	Mensaje digital, sin sensor dedicado	Actual

1 · Valores en ralentí

Con el vehículo detenido:

Tipo	Señal
Inductivo (VR)	0 V — no genera nada sin movimiento
Hall	Nivel fijo (alto o bajo, según la posición del diente)
PID de velocidad	0 km/h

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

El VSS **no responde a las RPM del motor**, sino a la velocidad del vehículo.

Velocidad	VSS inductivo (2485 p/km)	VSS Hall
20 km/h	14 Hz · 0.8 - 1.6 V p-p	14 Hz · 0.35 ↔ 4.9 V

Velocidad	VSS inductivo (2485 p/km)	VSS Hall
50 km/h	35 Hz · 2 – 4 V p-p	35 Hz · amplitud igual
100 km/h	69 Hz · 4 – 10 V p-p	69 Hz · amplitud igual
160 km/h	110 Hz · 8 – 18 V p-p	110 Hz · amplitud igual

Cálculo de verificación (GM, 2 485 pulsos/km, a 100 km/h):

$$f = \frac{100 \times 2485}{3600} = 69.0 \text{ Hz}$$

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Pulsos por kilómetro	2 485 (GM, 4 000/milla) · 4 971 (Ford, 8 000/milla) · 1 000 – 6 000 según modelo
Dientes del rotor	16, 40, 48 típicos
Resistencia (tipo VR)	190 - 2 000 Ω
Alimentación (tipo Hall)	5 V o 12 V
Consumo (tipo Hall)	10 – 20 mA
Entrehierro	0.5 – 1.5 mm
Velocidad mínima detectable (VR)	5 - 8 km/h
Velocidad mínima detectable (Hall)	< 1 km/h

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sin señal	Velocímetro en cero , cambios erráticos en automáticas, TCC sin bloqueo, ABS/ESP desactivados, dirección asistida a máxima asistencia a alta velocidad
Señal intermitente	Velocímetro que salta, cambios bruscos, MIL intermitente
Señal presente pero fuera de escala	Velocímetro mal calibrado (rueda de tamaño distinto, relación final cambiada)
Amplitud insuficiente (VR)	Falla solo a baja velocidad; a partir de 20 km/h funciona
Rotor dañado	Saltos periódicos de velocidad
Pérdida del mensaje CAN	P0500 sin sensor averiado

Códigos: P0500 (sin señal de VSS), P0501 (rango/desempeño), P0502 (entrada baja), P0503 (intermitente/errática), P0720 – P0723 (sensor de velocidad de salida de la transmisión), U0121/U0126 (pérdida de comunicación con el módulo ABS o de dirección).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Determinar el origen del dato** antes de nada: ¿hay un VSS físico o la velocidad se deriva del ABS? Consulte el diagrama.
2. Verificar el **entrehierro** y la limpieza del rotor (limaduras magnéticas).
3. Verificar el **rotor** dentro de la transmisión: dientes rotos o rueda desplazada.
4. Reparar el **blindaje** del cable (tipo VR) y su masa en un solo extremo.
5. En sistemas derivados del ABS, verificar primero **los sensores de rueda** y la comunicación del módulo ABS.
6. Recalibrar el sistema si se cambió el tamaño de rueda o la relación final.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Identificar el tipo. Cuente los hilos: 2 = inductivo · 3 = Hall · ninguno = derivado del ABS.

Paso 2 — Comparación de PIDs entre módulos. Registre simultáneamente la velocidad reportada por la ECU, el tablero, el módulo de transmisión y el módulo ABS.

Hallazgo	Diagnóstico
Todos coinciden El ABS reporta bien y la ECU no	El dato es correcto en toda la red Problema de red o de pasarela , no del sensor
Ninguno reporta	Sensor, cableado o módulo propietario

Paso 3 — Captura con osciloscopio en marcha. Con el vehículo sobre elevador y las ruedas girando (o con el vehículo en movimiento y un ayudante), capture la señal y verifique la frecuencia contra la tabla del punto 2.

Paso 4 — Verificación de la frecuencia contra la velocidad real.

$$\text{Pulsos por km} = \frac{f \text{ (Hz)} \times 3600}{v \text{ (km/h)}}$$

Compare el resultado con la especificación. Una desviación indica rotor incorrecto o calibración errónea.

Paso 5 — Prueba de caída de voltaje.

Tipo de sensor	Circuito	Corriente	Límite
Inductivo (VR)	Señal	μA	NO APLICA — usar comparación de amplitud (Módulo 1, §1.1 Fase C)
Hall	Alimentación	10 - 20 mA	0.10 V
Hall	Masa del sensor	10 - 20 mA	0.05 V
Hall	Señal, estado bajo	0.5 - 5 mA	0.10 V

7 · Valores comunes de resistencia

Medición	Valor
Bobinado del VSS inductivo	190 - 2 000 Ω (consultar manual)
Aislamiento bobinado ↔ carcasa	> 10 MΩ
VSS Hall	No medir — circuito integrado, sin valor diagnóstico
Continuidad de conductores	< 1 Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Tipo	Pines	Valores
Inductivo	2: señal + / señal –	Sin alimentación; entrada diferencial
Hall	3: alimentación / señal / masa	5 V o 12 V · 0.3 ↔ 4.9 V · < 0.05 V

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — VSS inductivo: divisor con la impedancia de entrada

Idéntico al análisis del CKP VR (Módulo 1, §1.1, punto 9). Con un bobinado de 900 Ω, entrada de la ECU de 100 kΩ y 15 kΩ de corrosión:

$$V_{ECU} = V_{gen} \times \frac{100000}{900 + 15000 + 100000} = 0.863 \times V_{gen}$$

Pérdida del 14 %. A 100 km/h no afecta; **a 8 km/h, donde la señal es de apenas 0.4 V, la pérdida deja 0.34 V** — por debajo del umbral de disparo. Resultado: el velocímetro no arranca hasta pasar los 15 km/h.

Cálculo 2 — VSS Hall: el nivel bajo levantado

Idéntico al análisis del CKP Hall (Módulo 1, §1.2, punto 9):

$$V_{low} = V_{pull-up} \times \frac{R_{sat} + R_{cable}}{R_{pull-up} + R_{sat} + R_{cable}}$$

Con pull-up de 10 kΩ y 5 kΩ parásitos:

$$V_{low} = 5 \times \frac{5050}{15050} = 1.68 \text{ V}$$

Por encima del umbral de 1.5 V: la ECU deja de reconocer los pulsos.

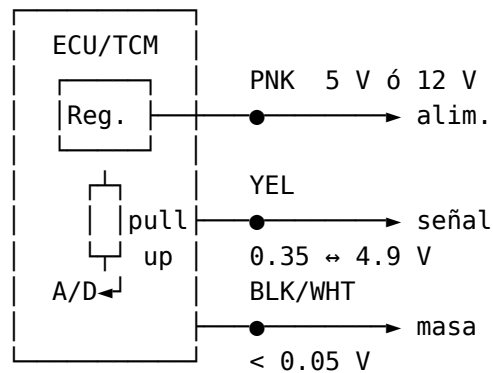
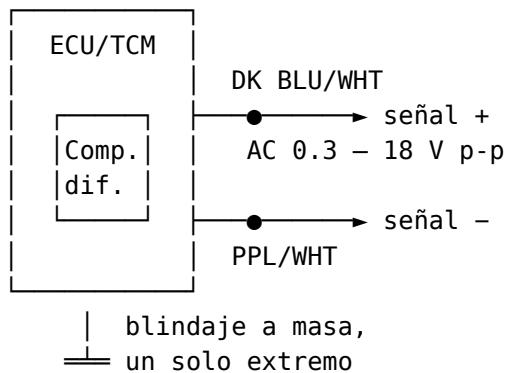
10 · Nomenclatura de cableado

Marca	Señal (+)	Señal (-) / masa	Alimentación (Hall)
GM	DK BLU/WHT, YEL	PPL/WHT, BLK	ORN, PNK
Ford	GRY/BLK, DK GRN/WHT	LT BLU/YEL, BLK/WHT	RED
Toyota	SP1, SPD	E1	+B
Honda	ORN, BLU/WHT	GRN/BLK	BLK/YEL
VW / Audi	gn/ws	br	rt/ge

11 · Simbología y diagrama de conexión

VSS INDUCTIVO (2 hilos)

VSS HALL (3 hilos)



ROTOR EN LA SALIDA DE LA TRANSMISIÓN

(16, 40 ó 48 dientes según modelo)

$$f \text{ (Hz)} = v \text{ (km/h)} \times \text{pulsos por km} \div 3600$$

$$\text{GM: } 2485 \text{ p/km} \rightarrow 100 \text{ km/h} = 69 \text{ Hz}$$

$$\text{Ford: } 4971 \text{ p/km} \rightarrow 100 \text{ km/h} = 138 \text{ Hz}$$

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Inductivo	Hall
Amplitud a baja velocidad	0.3 - 1.6 V p-p	Igual que a alta velocidad
Amplitud a 100 km/h	4 - 10 V p-p	0.35 ↔ 4.9 V
Línea de cero	Centrada en 0 V	N/A
Nivel bajo	N/A	< 0.5 V
Uniformidad de los pulsos	Todos iguales	Todos iguales
Pulsos faltantes	Ninguno	Ninguno

Configuración: DC · 2 V/div (VR) o 1 V/div (Hall) · 10 - 20 ms/div · trigger en flanco de subida · captura durante una aceleración progresiva para verificar la proporcionalidad.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

El VSS **no es PWM**, pero su información se codifica en **frecuencia**. El duty cycle del VSS Hall es aproximadamente **50 %** y **debe ser constante**: un duty cycle variable a velocidad constante indica rotor deformado o entrehierro irregular.

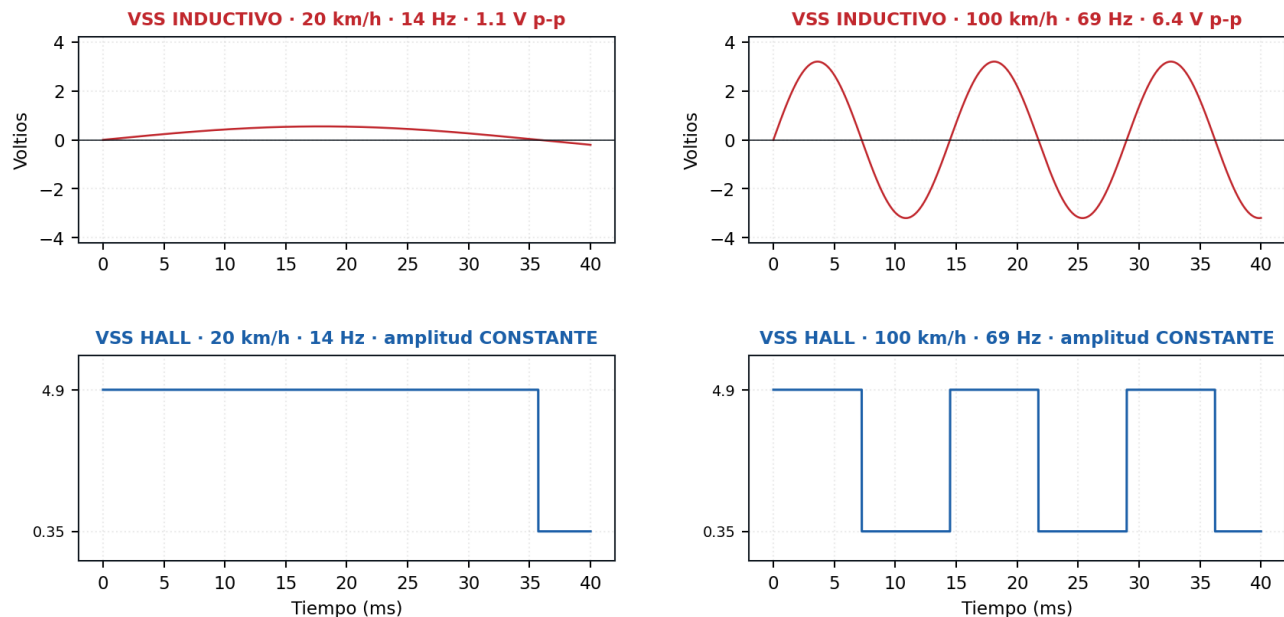
LA DIFERENCIA DECISIVA: LA AMPLITUD DEL VR DEPENDE DE LA VELOCIDAD, LA DEL HALL NO

Figura 2: Oscilogramas del VSS inductivo y Hall

Salida hacia otros módulos: en muchos vehículos, el módulo receptor **retransmite** la velocidad como una señal cuadrada de frecuencia proporcional hacia el tablero, la radio o la dirección asistida. Esa señal secundaria puede medirse igual que la original.

14 · Análisis de corriente

Tipo	Consumo
Inductivo	Despreciable (μA), no medible
Hall	10 - 20 mA — pinza de baja corriente con 10 vueltas

15 · Preguntas de autoevaluación — VSS

P1. Un VSS entrega 55 Hz cuando el vehículo circula a 80 km/h. Calcule los pulsos por kilómetro y determine si corresponde a la especificación GM (2 485 p/km) o a la Ford (4 971 p/km).

P2. Un vehículo con VSS inductivo tiene el velocímetro muerto por debajo de 15 km/h, pero funciona correctamente por encima de esa velocidad. Explique el mecanismo físico, calcule la pérdida que produciría 15 k Ω de corrosión con una entrada de ECU de 100 k Ω , y describa la prueba que lo confirma.

P3. Un vehículo presenta P0500. El módulo ABS reporta 62 km/h correctamente en su PID, pero la ECU del motor reporta 0 km/h. ¿Dónde está el problema y qué verificaría a continuación?

7.2 · SENSORES DE VELOCIDAD DE RUEDA (ABS)

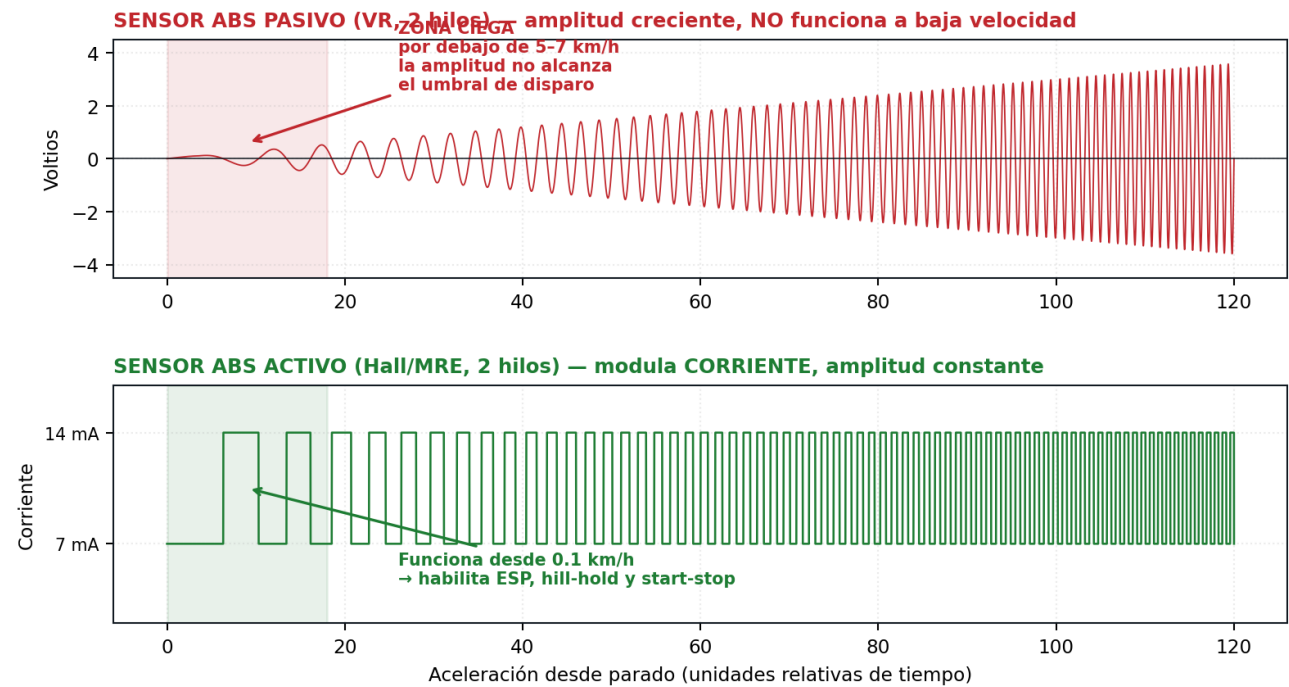


Figura 3: Sensor ABS pasivo comparado con el activo

Las dos familias

Característica	PASIVO (VR, 2 hilos)	ACTIVO (Hall/MRE, 2 hilos)
Alimentación	No — genera su propia señal	Sí — 8 a 12 V desde el módulo ABS
Salida	AC senoidal, amplitud variable	Corriente modulada: 7 mA / 14 mA
Velocidad mínima detectable	5 - 7 km/h	0.1 km/h
Detección de sentido de giro	No	Sí (en variantes MRE)
Resistencia medible	Sí: 800 - 2 000 Ω	No — no medir
Rueda dentada	Corona metálica visible	Anillo magnético en el retén del rodamiento
Habilita ESP, hill-hold, start-stop	No	Sí
Época	Hasta ~2005	Actual

Por qué el paso al sensor activo fue inevitable: el ESP debe intervenir en maniobras a baja velocidad y el hill-hold necesita detectar el inicio del movimiento. Un sensor pasivo es ciego por debajo de 5 - 7 km/h, así que ninguna de esas funciones era posible con él.

1 · Valores en ralentí (vehículo detenido)

Tipo	Señal con el vehículo parado
Pasivo	0 V — no genera nada
Activo	Corriente de reposo de 7 mA (con el módulo despierto)

Este es el punto diagnóstico más importante del sensor activo: con el vehículo detenido y el encendido puesto, **debe haber corriente circulando**. Si no la hay, el sensor está abierto o sin alimentación, y no hace falta mover el vehículo para saberlo.

2 · Valor aproximado a velocidad de marcha

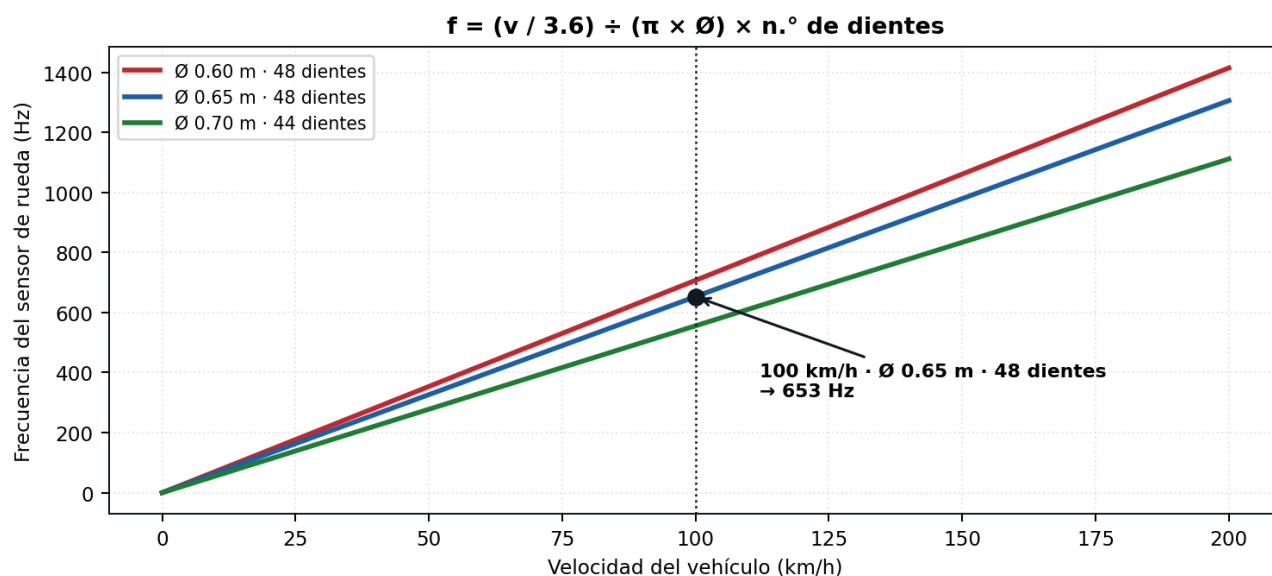


Figura 4: Frecuencia del sensor de rueda en función de la velocidad

Fórmula de la frecuencia:

$$f = \frac{v \text{ (km/h)} / 3.6}{\pi \times D \text{ (m)}} \times n.^{\circ} \text{ de dientes}$$

Cálculo de verificación (rueda de 0.65 m de diámetro, corona de 48 dientes, a 100 km/h):

$$f = \frac{27.78}{3.1416 \times 0.65} \times 48 = 13.61 \times 48 = 653 \text{ Hz}$$

Velocidad	Frecuencia (Ø 0.65 m, 48 dientes)	Amplitud (pasivo)	Corriente (activo)
10 km/h	65 Hz	0.3 - 0.8 V p-p	7/14 mA
30 km/h	196 Hz	0.8 - 2.5 V p-p	7/14 mA
60 km/h	392 Hz	2 - 6 V p-p	7/14 mA
100 km/h	653 Hz	3 - 10 V p-p	7/14 mA

Velocidad	Frecuencia (Ø 0.65 m, 48 dientes)	Amplitud (pasivo)	Corriente (activo)
160 km/h	1 045 Hz	6 - 18 V p-p	7/14 mA

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Pasivo	Activo
Resistencia del sensor	800 - 2 000 Ω	No aplica
Aislamiento a masa	> 10 MΩ	> 10 MΩ
Entrehierro	0.5 - 1.5 mm	0.3 - 2.0 mm (más tolerante)
Alimentación	—	8 - 12 V
Corriente	μA	7 mA / 14 mA
Dientes de la corona	43, 44, 47, 48, 96	44 - 96 polos magnéticos
Tolerancia entre las 4 ruedas	±1 km/h en línea recta	±1 km/h

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sensor abierto	Luz de ABS y ESP encendidas; el sistema se desactiva por completo
Entrehierro excesivo	Falla solo a baja velocidad; ABS que se activa solo al frenar suave
Diente roto en la corona	Salto periódico de velocidad; ABS que “pulsas” sin motivo
Anillo magnético desmagnetizado	Señal débil o ausente; ocurre al acercarse herramientas imantadas o al montar mal el rodamiento
Anillo magnético agrietado	Falla intermitente que aparece al girar
Limaduras en el sensor	Señal deformada
Rodamiento con juego	El entrehierro varía con la carga; falla en curvas o al frenar
Cableado fatigado	Falla al girar el volante o al pasar por baches — la zona más expuesta del vehículo
Neumático de distinto tamaño	Una rueda reporta velocidad distinta permanentemente; ESP interviene sin motivo

Códigos: C0035 - C0050 (circuitos de sensores de rueda, genéricos), C0040/C0045 (rueda delantera derecha/trasera izquierda), P0500 (velocidad del vehículo), C1233 - C1236 (sin señal de rueda), U0121 (pérdida de comunicación con el módulo ABS).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar la comparación de las 4 ruedas** en un recorrido en línea recta. Es la prueba más rápida y localiza la rueda culpable.
2. **Limpiar el sensor y el alojamiento.** Los sensores pasivos acumulan limaduras ferrosas; los activos, óxido que aumenta el entrehierro.

3. **Inspeccionar el anillo magnético** del retén del rodamiento con una **lámina visualizadora de campo magnético** (papel magnético): revela polos ausentes o zonas desmagnetizadas de forma inmediata y sin desmontar.
4. **Verificar el juego del rodamiento**. Un rodamiento gastado altera el entrehierro dinámicamente.
5. **Reparar el cableado** en la zona de flexión: es la falla más frecuente en ruedas delanteras.
6. **Verificar el tamaño y la presión de los neumáticos** — un neumático de distinta medida produce diferencias permanentes.
7. Reemplazar el sensor solo tras descartar todo lo anterior.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso

Fase A — Comparación de las cuatro ruedas

LA PRUEBA DE LAS 4 RUEDAS — COMPARACIÓN SIMULTÁNEA EN LÍNEA RECTA

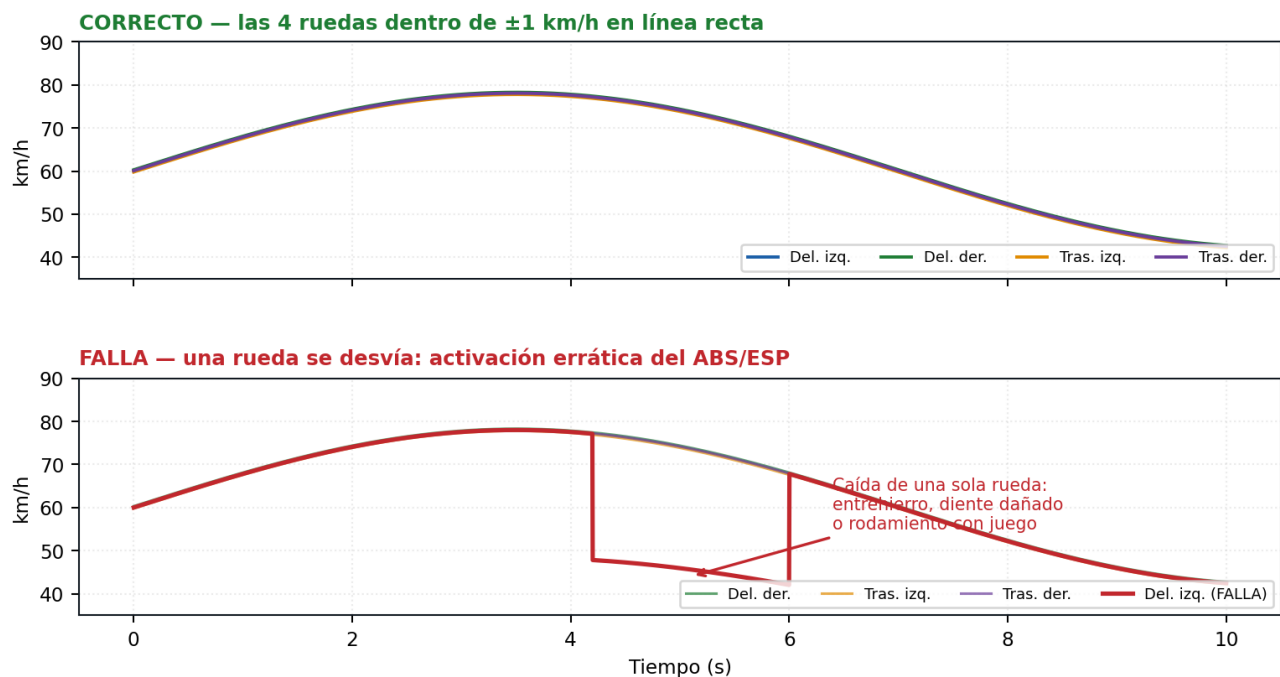


Figura 5: Comparación simultánea de las cuatro ruedas

1. Registre los cuatro PIDs de velocidad de rueda simultáneamente.
2. Circule en **línea recta** a velocidad constante.
3. Las cuatro deben coincidir dentro de ± 1 km/h.

Hallazgo	Diagnóstico
Las cuatro coinciden	Sensores y coronas correctos
Una se desvía siempre	Sensor, corona, entrehierro o neumático de esa rueda
Una cae a cero a baja velocidad	Entrehierro o sensor pasivo débil
Dos del mismo eje se desvían juntas	Diferencial, o neumáticos de distinta medida en ese eje

Hallazgo	Diagnóstico
Salto periódico en una	Diente roto en la corona

Fase B — Verificación del sensor pasivo

Paso B1 — Resistencia: 800 - 2 000 Ω entre pines del sensor. **Paso B2 — Aislamiento:** > 10 M Ω entre cualquier pin y la carcasa. **Paso B3 — Generación:** osciloscopio en AC, girar la rueda a mano. Debe generarse una onda limpia de **0.2 - 1.0 V** a velocidad de mano. **Paso B4 — Entrehierro:** verificar con galga y comparar con especificación.

Fase C — Verificación del sensor activo: el método de la resistencia shunt

Un sensor activo modula CORRIENTE, no voltaje. Conectar el osciloscopio directamente entre sus dos terminales **no muestra nada útil**. Hay que convertir la corriente en voltaje.

Procedimiento:

1. Intercale una **resistencia de precisión de 100 Ω** en serie con uno de los dos conductores del sensor (use un cable de prueba en T).
2. Conecte el osciloscopio **en paralelo con la resistencia**.
3. Gire la rueda a mano.

Valores esperados:

$$V_{bajo} = 0.007 \times 100 = 0.70 \text{ V} \quad V_{alto} = 0.014 \times 100 = 1.40 \text{ V}$$

Resultado	Diagnóstico
Escalón nítido de 0.70 V entre niveles	Sensor sano
Escalón menor a 0.50 V	Sensor degradado
Sin escalón, corriente fija en 7 mA	Sensor alimentado pero sin detectar el anillo magnético
Sin corriente	Sensor abierto o sin alimentación
Escalón presente pero irregular	Anillo magnético dañado o entrehierro variable

Fase D — Prueba de la lámina magnética

Pase una **lámina visualizadora de campo magnético** (disponible como accesorio de taller) sobre el anillo del retén del rodamiento. Los polos aparecen como bandas alternas. Zonas sin bandas indican **desmagnetización**, y es la falla que ningún instrumento eléctrico detecta directamente.

Fase E — Prueba de caída de voltaje

Diferencia crítica entre los dos tipos.

CÓMO VER UN SENSOR ABS ACTIVO DE 2 HILOS CON EL OSCILOSCOPIO

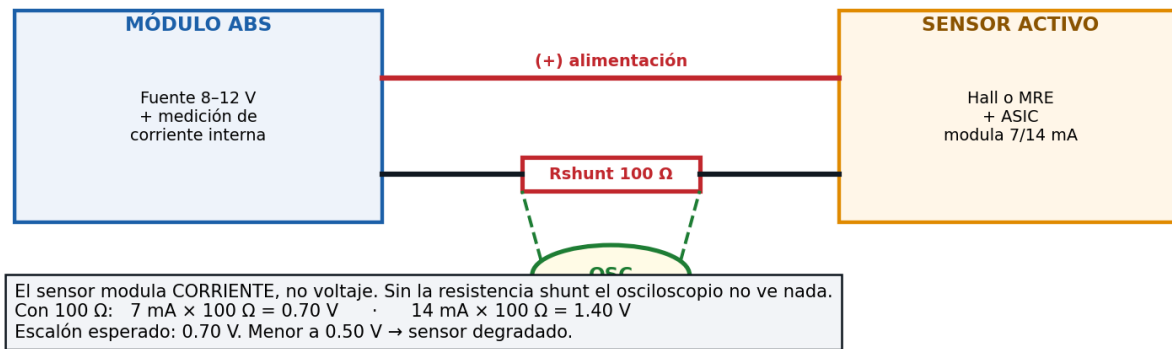


Figura 6: Método de la resistencia shunt

Tipo	Circuito	Corriente	Límite
Pasivo	Señal	μA	NO APLICA — usar comparación de amplitud
ACTIVO	Ambos conductores	7 - 14 mA constantes	0.15 V por conductor

Por qué en el activo SÍ es válida: circula corriente constante y conocida.

$$V_{drop} = 0.014 \times R_{par}$$

Resistencia parásita	Caída	Efecto
10 Ω	0.14 V	Ninguno
50 Ω	0.70 V	Tolerable
200 Ω	2.80 V	El sensor pierde tensión de operación
500 Ω	7.00 V	El sensor deja de funcionar

Si el módulo entrega 9 V y el sensor requiere un mínimo de 7 V para operar, el límite práctico de resistencia parásita es:

$$R_{max} = \frac{9 - 7}{0.014} = 143 \Omega$$

7 · Valores comunes de resistencia

Medición	Pasivo	Activo
Entre pines del sensor	800 - 2 000 Ω	NO MEDIR — lectura tipo diodo, sin valor
Aislamiento pin $\leftrightarrow$ carcasa	> 10 M Ω	> 10 M Ω
Continuidad de conductores	< 1 Ω	< 1 Ω
Aislamiento entre conductores	> 10 M Ω	> 10 M Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Tipo	Pin 1	Pin 2
Pasivo	Señal +	Señal – (entrada diferencial)
Activo	(+) 8 - 12 V desde el módulo ABS	(-) retorno con corriente modulada

La polaridad importa en el sensor activo. Invertir los conductores deja el sensor mudo sin dañarlo, pero produce un diagnóstico desconcertante. Verifique el diagrama antes de reparar un conector.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — El sensor activo como fuente de corriente constante

La característica de una fuente de corriente es que **la corriente no depende de la resistencia del circuito**, mientras haya tensión suficiente. Por eso el sensor activo es inmune a variaciones moderadas del cableado — hasta el límite calculado en la Fase E.

Cálculo 2 — Verificación con resistencia shunt

$$I = \frac{V_{shunt}}{R_{shunt}}$$

Si el osciloscopio mide 1.32 V sobre 100 Ω :

$$I = \frac{1.32}{100} = 13.2 \text{ mA}$$

Cercano a los 14 mA esperados: **sensor sano**.

Cálculo 3 — Sensor pasivo, divisor de tensión

Idéntico al del CKP VR (Módulo 1, §1.1). Bobinado de 1 200 Ω , entrada de módulo de 50 k Ω , 8 k Ω de corrosión:

$$V_{mod} = V_{gen} \times \frac{50000}{1200 + 8000 + 50000} = 0.845 \times V_{gen}$$

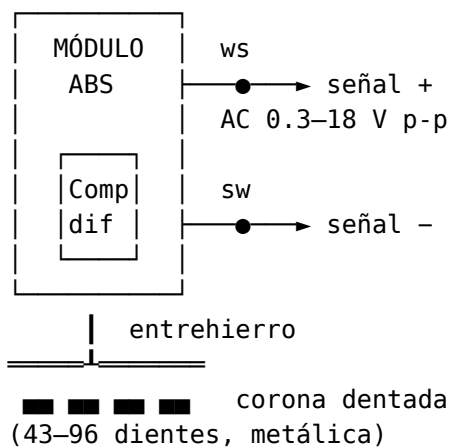
Pérdida del 15.5 %. A 100 km/h con 5 V generados, llegan 4.2 V — sin consecuencias. **A 8 km/h con 0.35 V generados, llegan 0.30 V** — por debajo del umbral. La rueda “desaparece” a baja velocidad y el ABS se desactiva.

10 · Nomenclatura de cableado

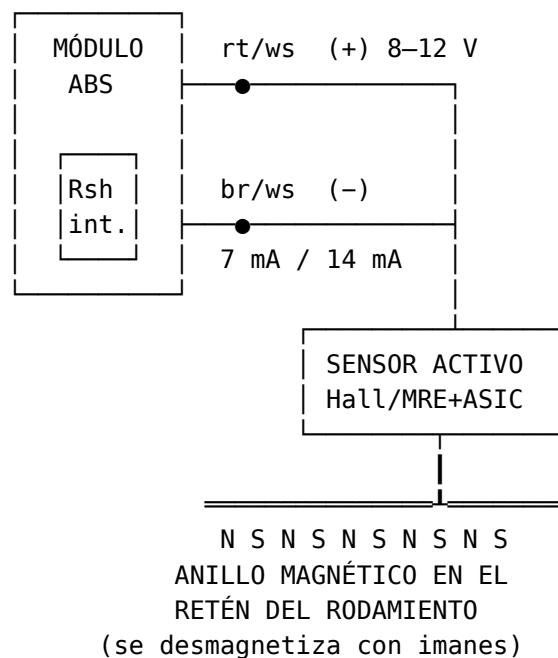
Marca	Sensor pasivo	Sensor activo (+)	Sensor activo (-)
GM	DK BLU / DK BLU-WHT	PPL	YEL
Ford	ORN-WHT / ORN-BLU	GRY-BLU	BRN-WHT
VW / Audi	ws / sw	rt/ws	br/ws
Toyota	FR+ / FR-	FR+	FR-
Honda	BLU / RED	RED-YEL	BLU-WHT

11 · Simbología y diagrama de conexión

SENSOR ABS PASIVO (VR)



SENSOR ABS ACTIVO (Hall / MRE)



PARA VER EL SENSOR ACTIVO: intercale Rshunt 100 Ω → 0.70 V / 1.40 V

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Pasivo	Activo (con shunt de 100 Ω)
Amplitud	Proporcional a la velocidad	Escalón fijo de 0.70 V
Uniformidad de los pulsos	Todos iguales	Todos iguales
Pulsos faltantes	Ninguno	Ninguno
Línea de cero	Centrada	0.70 V de base
Amplitud irregular en un punto	Diente roto o zona desmagnetizada	Igual

Configuración: DC · 2 V/div (pasivo) o 0.5 V/div (activo con shunt) · 5 – 20 ms/div · **girar la rueda a mano** para la prueba estática, o capturar en marcha para verificar uniformidad.

La captura más reveladora: gire la rueda **una vuelta completa a mano** con memoria profunda. Una zona de amplitud reducida que aparece siempre en la misma posición angular confirma corona dañada o anillo desmagnetizado.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

Tipo	Modulación
Pasivo	Ninguna — analógica AC
Activo estándar	Corriente de dos niveles, duty cycle $\approx 50\%$
Activo con protocolo extendido	El ancho del pulso codifica sentido de giro y, en algunos casos, estado del sensor

Protocolos extendidos (AK-Protocol, PSI5): algunos sensores modernos transmiten, además de la velocidad, el sentido de giro y bits de diagnóstico mediante pulsos de ancho variable. Se reconocen porque los pulsos no son todos iguales.

14 · Análisis de corriente

En el sensor activo, el análisis de corriente ES el diagnóstico.

Condición	Corriente
Encendido puesto, vehículo detenido	7 mA (nivel de reposo)
Rueda girando	Alterna 7 / 14 mA
Sensor abierto	0 mA
Sensor en corto	> 20 mA
Sensor degradado	Escalón < 5 mA de diferencia

Método: resistencia shunt de $100\ \Omega$, o pinza de baja corriente con **20 vueltas** del conductor ($14\ \text{mA} \times 20 = 280\ \text{mA}$, ya medible).

15 · Preguntas de autoevaluación — Sensores ABS

P1. Calcule la frecuencia de un sensor de rueda con corona de 44 dientes en una rueda de 0.62 m de diámetro, circulando a 80 km/h.

P2. Un sensor ABS activo, medido con resistencia shunt de $100\ \Omega$, muestra un escalón entre 0.68 V y 1.02 V. Calcule las corrientes correspondientes y determine si el sensor está dentro de especificación.

P3. Un vehículo enciende la luz de ABS solo al frenar suavemente a baja velocidad; por encima de 20 km/h funciona correctamente. El sensor es pasivo y mide $1\ 150\ \Omega$. Explique el mecanismo, indique las dos causas más probables y describa cómo las verifica.

7.3 · REALIMENTACIÓN DE POSICIÓN VVT / VANOS

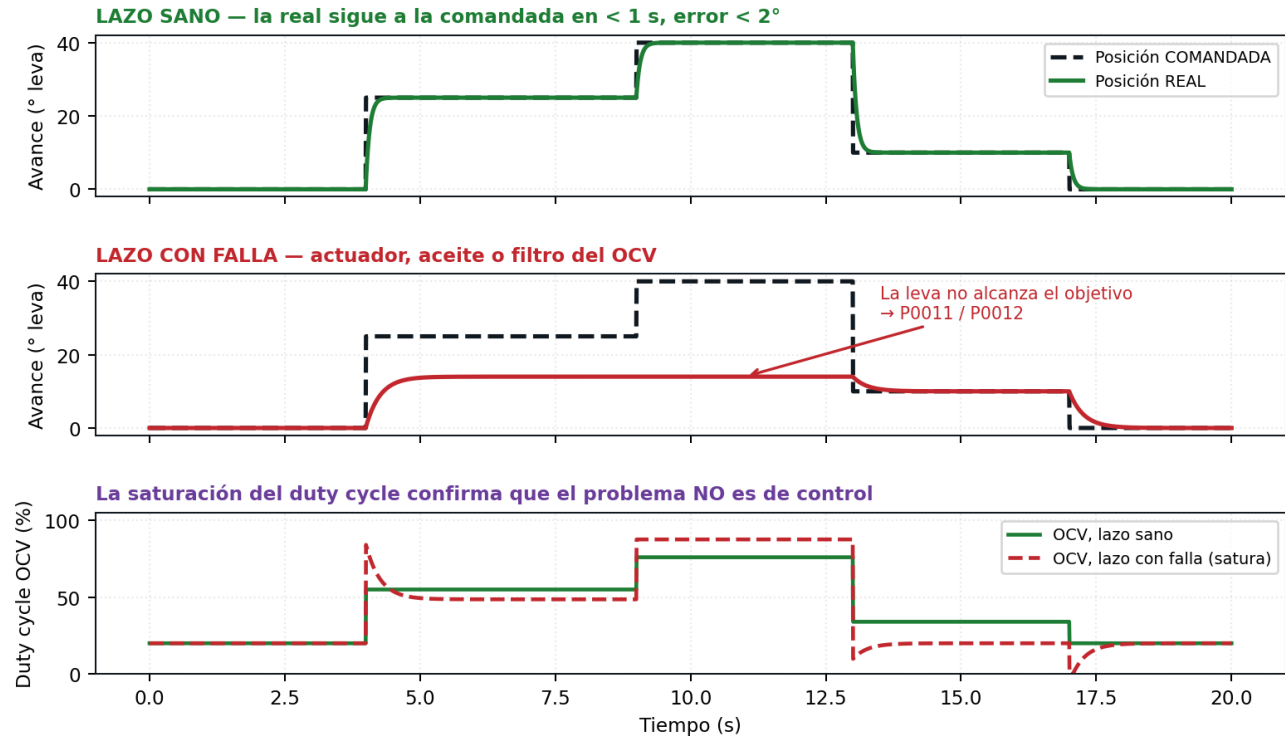


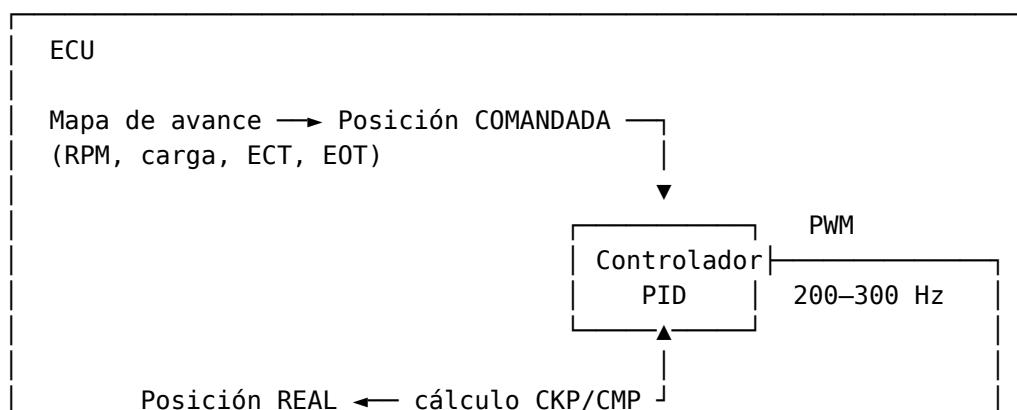
Figura 7: Lazo cerrado de posición del árbol de levas

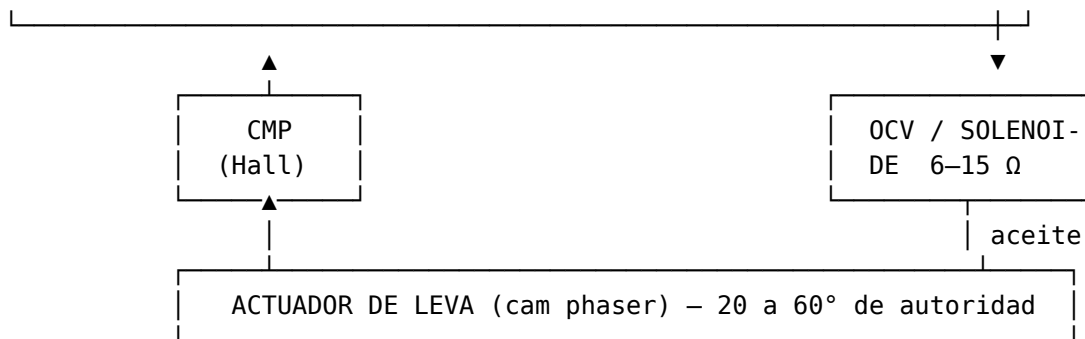
Relación con el Módulo 1

El sensor físico es el **CMP**, ya desarrollado en el Módulo 1, §1.4. Aquí se trata su **segunda función**: servir de realimentación de posición para el lazo cerrado del sistema de distribución variable.

La diferencia conceptual: en el Módulo 1 el CMP responde a “¿en qué cilindro estamos?”. Aquí responde a “¿el árbol de levas está donde la ECU le ordenó estar?”.

Arquitectura del lazo cerrado





1 · Valores en ralentí

Parámetro	Valor
Posición comandada en ralentí	0 - 5° de avance (posición de reposo)
Posición real	Debe coincidir dentro de ±2°
Duty cycle del OCV en reposo	25 - 40 % (posición de retención)
Corriente del OCV	0.3 - 0.8 A
Resistencia del OCV	6 - 15 Ω
Presión de aceite mínima requerida	1.0 - 1.5 bar (Módulo 6, §6.3)

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Comandada	Real	Duty OCV
2000 RPM sin carga	15 - 30°	Coincide ±2°	45 - 65 %
2000 RPM carga media	25 - 40°	Coincide ±2°	55 - 80 %
2000 RPM plena carga	10 - 25°	Coincide ±2°	40 - 60 %
Desaceleración	0 - 5°	Coincide ±2°	20 - 35 %

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Autoridad del actuador	20 - 60° de cigüeñal (10 - 30° de leva)
Error máximo comandada vs real	±2° de leva
Tiempo de establecimiento	< 1 segundo
Frecuencia del OCV	200 - 300 Hz
Duty cycle mínimo / máximo	0 - 100 %
Temperatura mínima de habilitación	ECT > 40 - 60 °C, EOT según modelo

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
La real no alcanza la comandada	P0011 / P0021 (sobre-avanzada) o P0012 / P0022 (sobre-retrasada), falta de potencia, ralentí inestable
Respuesta lenta	Tirones en transiciones, consumo alto
Oscilación alrededor del objetivo	Ralentí inestable, ruido del actuador
Actuador trabado en avance	Ralentí muy inestable, arranque difícil
Actuador trabado en retardo	Falta de par a bajas RPM
Traqueteo al arrancar en frío	Pasador de bloqueo del actuador desgastado
VVT inhibido	Falta de potencia sin código; verificar ECT, EOT y presión de aceite

Códigos: P0010 - P0014 (banco 1), P0020 - P0024 (banco 2), P0016 - P0019 (correlación CKP/CMP — Módulo 1, §1.7), P052A/P052B (control de temporización en frío).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar el aceite:** nivel, viscosidad, intervalo de cambio y presión real (Módulo 6, §6.3). Es la causa n.º 1 y la más barata.
2. **Limpiar o reemplazar el filtro-malla del OCV.** Muy frecuente y a menudo ignorado.
3. Verificar el **solenoides OCV:** resistencia, corriente y respuesta al comando.
4. Verificar el **actuador de leva (phaser):** pasador de bloqueo, holgura interna, aletas desgastadas.
5. Verificar la **cadena y el tensor** (Módulo 1, §1.7). Un P0011 con desfase creciente es cadena, no VVT.
6. Verificar el **CMP** eléctricamente (Módulo 1, §1.4).
7. Restablecer los valores adaptativos tras cualquier intervención.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Registro de comandada vs real. Es la prueba central.

Hallazgo	Diagnóstico
Coinciden en todo el rango, error < 2°	Lazo sano
La real se queda corta con OCV saturado	Aceite, filtro del OCV o actuador
La real no se mueve en absoluto	Solenoides, filtro totalmente obstruido, o actuador trabado
La real oscila alrededor de la comandada	Presión de aceite inestable o holgura del actuador
Error que crece con la temperatura	Aceite degradado o holgura interna
Error constante presente desde el arranque	Distribución mal armada (Módulo 1)

Paso 2 — Verificación del duty cycle del OCV. Si el duty cycle **satura** (0 % o 100 %) sin que la posición alcance el objetivo, el problema **no es de control:** es hidráulico o mecánico.

Paso 3 — Prueba de comando manual. Comande el OCV con el escáner en ralentí:

Resultado	Diagnóstico
El motor se vuelve inestable y la posición cambia	Sistema funcional
Nada ocurre, sin corriente en el solenoide	Circuito eléctrico o solenoide
Corriente correcta, sin movimiento	Filtro del OCV, presión de aceite o actuador

Paso 4 — Prueba de giro a mano (separación mecánica vs hidráulica). Con el motor apagado, gire el cigüeñal a mano y verifique el desfase CKP/CMP (Módulo 1, §1.7). Si el desfase existe **sin presión de aceite**, el VVT no está involucrado: el problema es mecánico.

Paso 5 — Caída de voltaje.

Circuito	Corriente	Límite
Alimentación del CMP	10 - 20 mA	0.10 V
Masa del CMP	10 - 20 mA	0.05 V
Alimentación del OCV	0.3 - 1.5 A	0.20 V
Control del OCV (lado bajo)	0.3 - 1.5 A	0.20 V

7 · Valores comunes de resistencia

Componente	Valor
Solenoide OCV / VVT	6 - 15 Ω (algunos 4 - 20 Ω)
Aislamiento OCV a carcasa	> 10 MΩ
CMP (Hall)	No medir
Continuidad de conductores	< 1 Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Componente	Circuitos
CMP	Alimentación 5 V o 12 V · Señal · Masa de sensores
OCV	12 V desde el relé principal · Control por lado bajo desde la ECU

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Corriente del solenoide OCV

Solenoide de 8 Ω a 13.8 V, con duty cycle del 60 %:

$$I_{pico} = \frac{13.8}{8} = 1.73 \text{ A} \quad I_{media} = 1.73 \times 0.60 = 1.04 \text{ A}$$

Si la pinza mide 0.62 A con el mismo duty cycle, la resistencia total real es:

$$R_{total} = \frac{13.8 \times 0.60}{0.62} = 13.4 \, \Omega$$

$$R_{par} = 13.4 - 8 = 5.4 \, \Omega$$

5.4 Ω de resistencia parásita reducen la fuerza del solenoide en proporción, y el actuador no alcanza su posición. El síntoma es idéntico al de un filtro obstruido — y solo el análisis de corriente los separa.

Cálculo 2 — Efecto sobre la fuerza del solenoide

La fuerza de un solenoide es proporcional al cuadrado de la corriente:

$$F \propto I^2$$

Una caída de corriente del 40 % (de 1.04 A a 0.62 A) reduce la fuerza en:

$$\frac{0.62^2}{1.04^2} = 0.355 \Rightarrow \mathbf{64 \% \text{ de pérdida de fuerza}}$$

Este cálculo explica por qué un solenoide “que funciona” puede no mover nada. Una pérdida moderada de corriente produce una pérdida severa de fuerza.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	OCV (+12 V)	OCV (control)	CMP
GM	PNK	DK GRN, BRN	YEL/BLK
Ford	RED	GRY/YEL, BRN/WHT	BRN/WHT
Toyota	+B	OCV+ / OCV-	VV1
Honda	BLK/YEL	GRN/BLK	RED/BLU
VW / Audi	rt/sw	gn/ge	gn/sw

11 · Simbología y diagrama de conexión

Ver el diagrama de arquitectura al inicio de esta sección y el del CMP en el Módulo 1, §1.4, punto 11.

12 · Análisis de oscilogramas

La captura de 3 canales que resuelve el diagnóstico:

Canal	Señal	Qué revela
CH1	CKP	Referencia angular
CH2	CMP	Posición real de la leva
CH3	Control del OCV	Duty cycle comandado

Hallazgo	Diagnóstico
El flanco del CMP se desplaza al subir el duty	Sistema funcional
Duty alto sin desplazamiento del CMP	Hidráulico o mecánico
Desplazamiento errático	Presión de aceite inestable
Sin cambio de duty	Controlador o CMP con señal corrupta

Configuración: DC · 5 V/div (CKP) · 2 V/div (CMP) · 5 V/div (OCV) · 20 – 50 ms/div · trigger en el hueco del CKP.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

El OCV es el actuador PWM característico de este sistema.

Parámetro	Valor
Frecuencia	200 - 300 Hz
Duty cycle en retención (reposo)	25 - 40 %
Duty cycle en avance máximo	60 - 90 %
Duty cycle en retardo máximo	5 - 20 %
Tipo de control	Lado bajo (masa conmutada) en la mayoría

Algunos sistemas usan lógica invertida (duty alto = retardo). Verifique la especificación antes de interpretar: un OCV al 80 % puede significar avance máximo o retardo máximo según el fabricante.

14 · Análisis de corriente

Componente	Corriente	Método
CMP	10 - 20 mA	Pinza con 10 vueltas
OCV, media	0.3 - 1.5 A	Pinza de baja corriente
OCV, pico	1.0 - 2.5 A	Pinza de baja corriente

La rampa de corriente del OCV (Módulo 0, §0.8) revela el estado mecánico: una rampa sin “joroba” indica que el carrete de la válvula **no se está moviendo**, aunque el solenoide reciba corriente.

15 · Preguntas de autoevaluación — Realimentación VVT

P1. Un motor presenta P0011. La posición comandada es de 32° y la real se estabiliza en 14°, con el duty cycle del OCV al 96 %. Interprete el hallazgo y enumere, en orden de probabilidad, las tres causas más frecuentes.

P2. Un solenoide OCV especifica 9 Ω. Con el motor en marcha y el duty cycle al 70 %, la pinza mide 0.71 A con 13.9 V de sistema. Calcule la resistencia total real, la resistencia parásita y el porcentaje de pérdida de fuerza del solenoide.

P3. Explique cómo la prueba de giro a mano separa un problema de VVT de un problema de cadena de distribución, y relacione la respuesta con el Módulo 1.

7.4 · SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN (SAS) Y GRUPO INERCIAL

SENSOR DE ÁNGULO DE DIRECCIÓN Y GRUPO INERCIAL DEL ESP

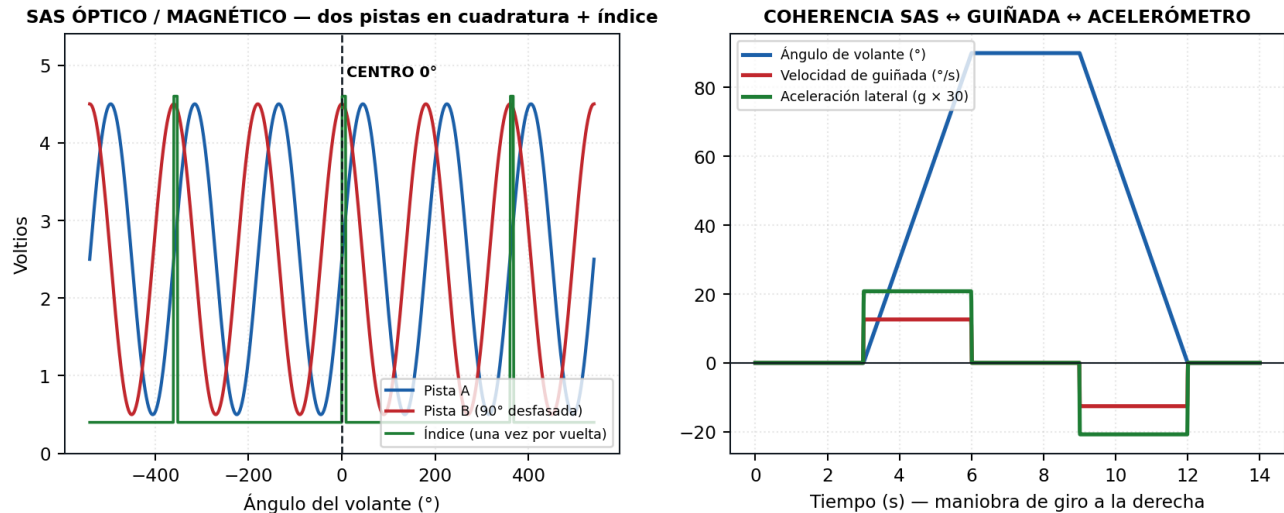


Figura 8: Sensor de ángulo de dirección y grupo inercial

7.4.1 · Sensor de ángulo de dirección (SAS)

Tecnologías

Tipo	Principio	Salida
Óptico	Disco ranurado + LED/fototransistores, dos pistas en cuadratura + índice	Digital, procesada internamente
Magnético (Hall/AMR)	Anillo magnético multipolar + sensores angulares	Digital
Potenciométrico	Divisor resistivo (solo en sistemas antiguos)	Analógico 0 – 5 V

En la inmensa mayoría de los vehículos actuales, el SAS publica el dato por CAN. No hay señal analógica que medir en el conector.

Por qué dos pistas y un índice

- **Dos pistas en cuadratura (90° desfasadas):** permiten determinar el **sentido** de giro, no solo la cantidad. Si solo hubiera una pista, el módulo sabría que el volante se movió pero no hacia dónde.
- **Pista de índice:** produce un pulso **una vez por vuelta** y sirve de referencia absoluta para saber en qué vuelta está el volante (el volante gira entre 2 y 2.5 vueltas por lado).

Valores de referencia

Parámetro	Valor
Rango de medición	$\pm 720^\circ$ a $\pm 780^\circ$ (2 a 2.2 vueltas por lado)
Resolución	0.1° a 1.5°
Posición central tras calibración	$0.0^\circ \pm 2^\circ$
Alimentación	12 V (algunos 5 V)
Consumo	20 - 60 mA
Velocidad de actualización en CAN	10 - 100 ms

Diagnóstico

Paso 1 — Verificar el centro. Con las ruedas rectas (comprobado en un alineador o midiendo desde el suelo), el PID debe leer $0^\circ \pm 2^\circ$.

Paso 2 — Verificar la simetría. Gire el volante hasta el tope a cada lado. Los valores deben ser aproximadamente simétricos.

Paso 3 — Verificar la continuidad del barrido. Gire lentamente de tope a tope observando el PID. **No debe haber saltos ni zonas congeladas.**

Paso 4 — Verificar la alimentación y la comunicación. Si el sensor está en la red, confirme que el módulo responde y que no hay códigos U.

Paso obligatorio tras cualquier intervención: el SAS requiere **calibración** después de una alineación, un cambio de rótulas o cremallera, la sustitución del sensor o —en algunos vehículos— tras desconectar la batería. **Omitir la calibración deja el ESP con una referencia falsa**, lo que es más peligroso que no tenerlo.

Códigos: C0455 (rango/desempeño del SAS), C0710, U0126 (pérdida de comunicación con el SAS), B2477, C1500s según fabricante.

7.4.2 · Grupo inercial: guiñada y aceleración lateral

Función

El módulo de ESP compara **lo que el conductor pide** (SAS + velocidad de rueda) con **lo que el vehículo está haciendo** (guiñada + aceleración lateral). Si difieren, interviene frenando ruedas individuales.

Situación	SAS	Guiñada real	Intervención del ESP
Curva normal	90°	Proporcional	Ninguna
Subviraje	90°	Menor de lo esperado	Frena la rueda interior trasera
Sobreviraje	90°	Mayor de lo esperado	Frena la rueda exterior delantera

Valores de referencia

Sensor	Rango	Valor en reposo
Velocidad de guiñada (yaw rate)	± 75 a ± 100 °/s	0 °/s ± 1
Aceleración lateral	± 1.5 g (algunos ± 2.0 g)	0.00 g ± 0.05
Aceleración longitudinal	± 1.5 g	0.00 g ± 0.05
Ángulo de balanceo (vehículos con control de vuelco)	$\pm 30^\circ$	0°

Prueba de reposo: la verificación fundamental

Con el vehículo **detenido en superficie plana y nivelada**:

PID	Valor esperado
Velocidad de guiñada	0 °/s ± 1
Aceleración lateral	0.00 g ± 0.05
Aceleración longitudinal	0.00 g ± 0.05
Ángulo de volante (ruedas rectas)	$0^\circ \pm 2$

Cualquier desviación en reposo indica sensor descalibrado o defectuoso. Es el equivalente, para este módulo, de la prueba de remojo en frío del Módulo 3 y de la línea base KOEO del Módulo 6: **con el vehículo quieto, todo debe leer cero.**

Prueba dinámica de coherencia

Circule a 30 – 40 km/h en un espacio despejado y realice giros suaves a cada lado, registrando los tres PIDs:

Hallazgo	Diagnóstico
SAS, guiñada y aceleración lateral coherentes y con el mismo signo	Sistema sano
Guiñada con signo invertido respecto al SAS	Sensor montado al revés o cableado invertido
Guiñada que no responde	Sensor defectuoso o sin comunicación
Aceleración lateral desproporcionada	Sensor descalibrado
SAS que no llega a cero al enderezar	SAS sin calibrar

Códigos: C0196 (sensor de guiñada), C0561, C1233, C123A, U0121, y los códigos específicos del fabricante para el grupo inercial.

Puntos 1 - 15 aplicados al SAS y al grupo inercial

Punto	Contenido
1 · Ralentí (vehículo detenido)	SAS $0^\circ \pm 2$ · Guiñada 0 °/s ± 1 · Lateral 0.00 g ± 0.05

Punto	Contenido
2 · En marcha	Los valores deben ser coherentes entre sí y con el radio de giro
3 · Rango	SAS $\pm 720/780^\circ$ · Guiñada $\pm 75/100$ °/s · Lateral ± 1.5 g
4 · Síntomas	Luz de ESP/ABS, intervención del ESP sin motivo, dirección asistida con asistencia incorrecta, ESP desactivado
5 · Soluciones	Calibrar antes de reemplazar. Verificar alineación, presiones y medidas de neumáticos
6 · Diagnóstico	Prueba de reposo + prueba dinámica de coherencia + verificación de red
7 · Resistencia	No aplica — módulos digitales. Solo continuidad $< 1 \Omega$
8 · Alimentaciones	12 V (algunos 5 V) · masa · CAN-H / CAN-L
9 · Ley de Ohm	Aplicable a alimentación y masa: límites 0.10 V y 0.05 V. En CAN, verificar 60Ω entre CAN-H y CAN-L con la red apagada
10 · Cableado	Alimentación rt · masa br · CAN-H naranja/amarillo · CAN-L naranja/verde (convenio VAG); GM: CAN-H TAN, CAN-L GRY
11 · Simbología	Módulo con conector de alimentación y bus; el SAS suele integrarse en el conjunto del anillo colector (<i>clockspring</i>)
12 · Oscilograma	Solo la trama CAN es observable; verificar niveles 2.5/3.5 V (CAN-H) y 2.5/1.5 V (CAN-L)
13 · PWM	No aplica; los datos viajan como tramas CAN
14 · Corriente	SAS 20 – 60 mA · Módulo ESP 100 – 500 mA
15 · Preguntas	Ver abajo

Preguntas de autoevaluación — SAS y grupo inercial

P1. Un vehículo activa el ESP en curvas suaves sin motivo aparente. Con el vehículo detenido en superficie plana, el PID de ángulo de volante marca 14° con las ruedas rectas. Determine la causa, el procedimiento correcto y explique por qué no debe reemplazarse el sensor.

P2. Con el vehículo detenido y nivelado, el sensor de guiñada reporta 4 °/s. Explique por qué este valor es diagnóstico, qué indica y qué haría a continuación.

P3. Un vehículo recibió una alineación de dirección y ahora enciende la luz de ESP. Explique la relación causal y describa el procedimiento de reparación.

7.5 · SENSORES DE NIVEL DE COMBUSTIBLE Y DE ACEITE

AFORADOR DE COMBUSTIBLE — DIVISOR RESISTIVO CON FLOTADOR

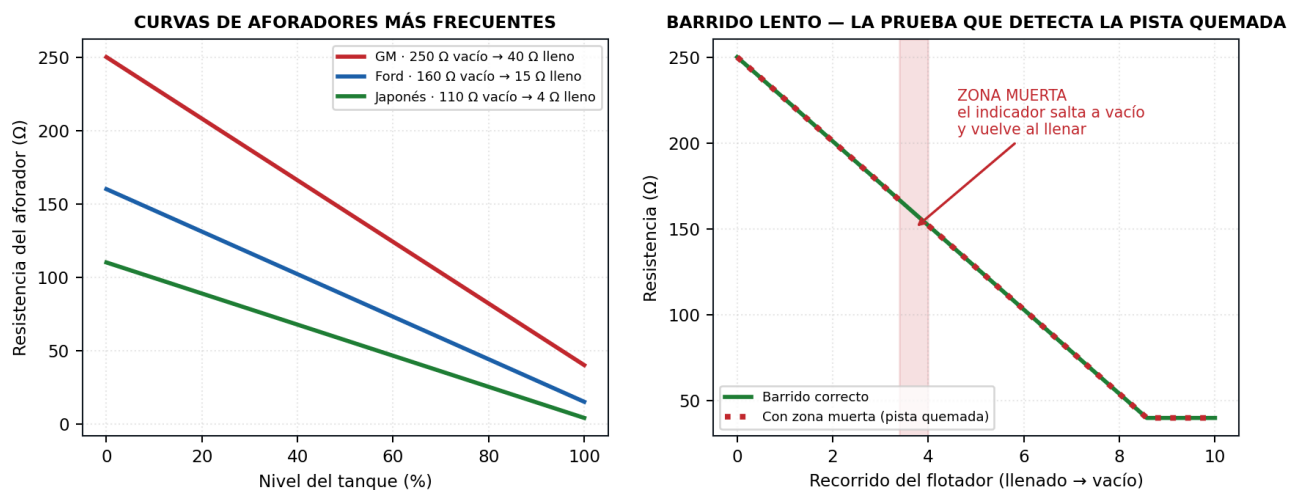


Figura 9: Aforador de combustible y prueba de barrido

7.5.1 · Aforador de combustible

Principio

Un flotador solidario a un brazo mueve un cursor sobre una **pista resistiva**. Es un potenciómetro, eléctricamente idéntico al TPS del Módulo 2 y al sensor de posición EGR del Módulo 6.

$$V_{sig} = V_{REF} \times \frac{R_{aforador}}{R_{aforador} + R_{pull-up}}$$

Curvas más frecuentes

Fabricante	Vacío	Lleno	Rango
GM	250 Ω	40 Ω	210 Ω
Ford	160 Ω	15 Ω	145 Ω
Estándar americano (aftermarket)	240 Ω	33 Ω	207 Ω
Japonés (Toyota, Honda, Nissan)	110 Ω	4 Ω	106 Ω
Europeo (VAG, PSA)	300 Ω	50 Ω	250 Ω

Atención al sentido: en la mayoría de los sistemas, **vacío = resistencia alta**. Pero existen aforadores invertidos. Verifique el diagrama antes de interpretar cualquier lectura.

1 · Valores de referencia

Cálculo del nivel a partir de la resistencia:

$$\text{Nivel (\%)} = \frac{R_{vac} - R_{medida}}{R_{vac} - R_{lleno}} \times 100$$

Ejemplo GM, resistencia medida de 145 Ω:

$$\text{Nivel} = \frac{250 - 145}{250 - 40} \times 100 = \frac{105}{210} \times 100 = 50 \%$$

Nivel	GM	Ford	Japonés
Vacío	250 Ω	160 Ω	110 Ω
25 %	197 Ω	124 Ω	84 Ω
50 %	145 Ω	88 Ω	57 Ω
75 %	92 Ω	51 Ω	31 Ω
Lleno	40 Ω	15 Ω	4 Ω

2 - 3 · Rango de funcionamiento

Parámetro	Valor
Corriente por la pista	3 - 8 mA
Tolerancia de la lectura	±5 % del rango
Amortiguación del indicador	30 - 120 s (para que no oscile con el vaivén)
Vehículos con dos aforadores (tanque en silla de montar)	La ECU promedia o suma ambos

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Zona muerta en la pista	El indicador salta a vacío en un punto concreto y se recupera al llenar. Encendido de la luz de reserva sin motivo
Pista desgastada por el extremo lleno	El indicador nunca marca lleno
Flotador perforado o hundido	Marca vacío permanentemente
Brazo doblado	Lectura desplazada de forma constante
Circuito abierto	Indicador en vacío o en lleno según el diseño; P0463
Corto a masa	P0462
Aforador secundario defectuoso	Lectura errática en tanques de dos secciones

Códigos: P0460 (circuito), **P0461 (rango/desempeño)**, P0462 (entrada baja), P0463 (entrada alta), P0464 (intermitente), P2066/P2067/P2068 (aforador B).

La zona muerta es la falla característica y, como en el TPS (Módulo 2, §2.6), **el escáner no la detecta**: muestrea demasiado lento. Solo el barrido lento la revela.

5 · Soluciones

1. **Prueba de barrido resistivo** para localizar la zona muerta.
2. Verificar el estado del **flotador** (perforado, impregnado de combustible).
3. Verificar el **brazo** y su recorrido libre.
4. Reparar el conector del módulo de la bomba (zona húmeda y corrosiva).
5. Reparar VREF y la masa del circuito.
6. Reemplazar el conjunto del aforador (rara vez se vende por separado).

6 · Estrategia de diagnóstico

Paso 1 — Prueba de barrido resistivo. Con el aforador desmontado, óhmetro entre sus terminales, mueva el brazo **muy lentamente** de tope a tope. La resistencia debe variar de forma continua.

Resultado	Diagnóstico
Variación continua sin saltos	Aforador sano
Salto a infinito (OL) en un punto	Zona muerta — pista quemada
Escalones bruscos	Pista desgastada
No alcanza los valores extremos	Brazo doblado o topes mal ajustados

Paso 2 — Prueba de sustitución con resistencia patrón. Sin desmontar el tanque, desconecte el conector exterior del módulo e inserte resistencias conocidas:

Resistencia insertada (sistema GM)	Nivel que debe reportar el escáner
250 Ω	0 % (vacío)
145 Ω	50 %
40 Ω	100 % (lleno)

Si el escáner responde correctamente a las tres, el cableado y el módulo están sanos: el problema está dentro del tanque. Es el mismo método de la resistencia patrón del Módulo 3, §3.1, Fase D.

Paso 3 — Caída de voltaje.

Circuito	Corriente	Límite
Señal, pin a pin	3 – 8 mA	0.05 V
Masa del aforador	3 – 8 mA	0.05 V

7 · Valores de resistencia

Éste es uno de los pocos sensores donde el óhmetro es la herramienta principal. Ver las tablas de los puntos 1 y 3.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Error introducido por resistencia parásita

La resistencia parásita se **suma en serie** con el aforador:

$$\text{Error de nivel (\%)} = \frac{R_{par}}{R_{vac} - R_{lleno}} \times 100$$

Resistencia parásita	Error GM (rango 210 Ω)	Error japonés (rango 106 Ω)
5 Ω	2.4 %	4.7 %
10 Ω	4.8 %	9.4 %
20 Ω	9.5 %	18.9 %

Los sistemas japoneses, con rangos de resistencia mucho menores, son el doble de sensibles a la resistencia parásita. Un conector corroído con 20 Ω hace que el indicador marque casi un quinto de tanque de menos.

Cálculo 2 — Corriente del circuito

Con pull-up de 1 000 Ω, VREF de 5 V y aforador a media carga (145 Ω):

$$I = \frac{5}{1000 + 145} = 4.37 \text{ mA} \quad V_{sig} = 5 \times \frac{145}{1145} = 0.633 \text{ V}$$

10 - 14 · Puntos restantes

Punto	Contenido
10 · Cableado	GM: DK GRN (señal) / BLK (masa) · Ford: YEL-WHT / BLK-WHT · Toyota: FL / E2
11 · Simbología	Potenciómetro con flotador; símbolo idéntico al del TPS con brazo articulado
12 · Oscilograma	DC · 1 V/div · 10 - 60 s/div en modo roll. Registrar un recorrido completo para cazar la zona muerta
13 · PWM	No aplica. En algunos vehículos el dato viaja por LIN desde el módulo de la bomba
14 · Corriente	3 - 8 mA — no diagnóstica de forma directa

7.5.2 · Sensor de nivel de aceite

Tecnologías

Tipo	Principio	Salida
Flotador con interruptores reed	Imán en el flotador cierra contactos	On/off por niveles
Térmico (hilo caliente)	Se calienta brevemente; la velocidad de enfriamiento indica si está sumergido	PWM o LIN
Ultrasónico	Mide el tiempo de eco hasta la superficie del aceite	LIN o CAN

Tipo	Principio	Salida
Capacitivo	La constante dieléctrica cambia según la inmersión	Analógica o LIN

Valores de referencia

Parámetro	Valor
Alimentación	12 V
Consumo (térmico, durante la medición)	0.3 - 1.0 A en pulsos
Consumo en reposo	10 - 50 mA
Salida PWM (variante térmica)	100 - 200 Hz · duty cycle proporcional al nivel
Momento de la medición	Solo con el motor apagado y el aceite decantado (30 s a 5 min)

Comportamiento normal que se confunde con falla: el sensor térmico **no mide con el motor en marcha**. El nivel mostrado corresponde a la última medición válida. Un cliente que “verifica el nivel” inmediatamente después de apagar obtendrá una lectura baja **correcta y esperada**, porque el aceite aún no ha decantado.

Diagnóstico

Paso 1 — Verificar el nivel real con la varilla o con el procedimiento del fabricante. Es la referencia.

Paso 2 — Verificar alimentación y masa (límites 0.20 V y 0.10 V, por la corriente pulsada del calefactor).

Paso 3 — Capturar la señal PWM con el osciloscopio tras apagar el motor: debe aparecer el pulso de medición y estabilizarse en un duty cycle proporcional.

Paso 4 — Verificar la corriente pulsada con pinza de baja corriente: la ausencia del pulso de calentamiento indica elemento abierto.

Códigos: P250F (nivel de aceite demasiado bajo), P2564, P164A/P164B, P0520 - P0524 (si el sensor está integrado con el de presión).

Puntos 1 - 15 del sensor de nivel de aceite

Punto	Contenido
1 · Ralentí	Sin medición activa; se muestra el último valor válido
2 · 2000 RPM	Igual — el sensor no mide con el motor en marcha
3 · Rango	Duty cycle proporcional al nivel: 10 % (mínimo) a 90 % (máximo)
4 · Síntomas	Aviso de nivel bajo falso, o ausencia de aviso con nivel realmente bajo

Punto	Contenido
5 · Soluciones	Verificar el nivel real, la masa, el conector y la limpieza del elemento (los depósitos de lodo lo aíslan térmicamente)
6 · Diagnóstico	Comparación con varilla + captura PWM tras el apagado + corriente pulsada
7 · Resistencia	Reed: contacto cerrado $< 1 \Omega$, abierto $> 10 \text{ M}\Omega$. Térmico y ultrasónico: no medir
8 · Alimentaciones	12 V · masa · señal PWM o LIN
9 · Ley de Ohm	El elemento térmico se comporta como el hilo caliente del MAF (Módulo 2, §2.3): $R = V/I$ variable según la disipación
10 · Cableado	VW/Audi: rt/sw (12 V), br (masa), gn/ws (señal) · BMW: similar
11 · Simbología	Sensor de inmersión con elemento calefactor o transductor ultrasónico
12 · Oscilograma	DC · 5 V/div · 1 – 5 s/div. Capturar desde el apagado del motor
13 · PWM	Sí: 100 – 200 Hz, duty cycle proporcional al nivel
14 · Corriente	Reposo 10 – 50 mA · pulso de medición 0.3 – 1.0 A

Preguntas de autoevaluación — Sensores de nivel

P1. Un aforador de sistema japonés (110 Ω vacío / 4 Ω lleno) presenta 18 Ω de resistencia parásita en su circuito. Calcule el error de nivel en porcentaje y explique por qué el mismo defecto en un sistema GM sería menos grave.

P2. El indicador de combustible salta a vacío cuando el tanque está aproximadamente a un tercio, y vuelve a la normalidad al llenar. No hay códigos. Describa la prueba que localiza la falla, sus ajustes, y explique por qué el escáner no la detecta.

P3. Un cliente reclama que el sensor de nivel de aceite marca bajo inmediatamente después de apagar el motor, pero al día siguiente marca correcto. Explique si esto constituye una falla y qué le diría al cliente.

CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 7

1. Calcule la frecuencia de un VSS de 4 971 pulsos/km circulando a 65 km/h. Después determine cuántos pulsos por kilómetro tiene un sensor que entrega 92 Hz a esa misma velocidad.
 2. Un sensor de rueda ABS con corona de 47 dientes está montado en una rueda de 0.68 m de diámetro. Calcule la frecuencia a 120 km/h y determine la frecuencia de muestreo mínima que debe configurar en el osciloscopio para reproducir la forma de onda con fidelidad.
 3. Explique por qué la prueba de caída de voltaje **sí es válida** en un sensor ABS activo de 2 hilos pero **no lo es** en uno pasivo. Calcule el límite práctico de resistencia parásita en el activo, sabiendo que el módulo entrega 9 V, la corriente es de 14 mA y el sensor requiere un mínimo de 7 V.
 4. Un vehículo presenta la luz de ABS encendida. La comparación de las cuatro ruedas muestra que la delantera derecha reporta 58 km/h mientras las otras tres reportan 61 km/h, de forma constante en todo el rango. Enumere las tres causas posibles en orden de probabilidad y explique cómo las separa.
 5. Un solenoide OCV de 7 Ω trabaja a 13.8 V con un duty cycle del 65 %. Calcule la corriente media esperada. Si la pinza mide 0.79 A, calcule la resistencia parásita presente y el porcentaje de pérdida de fuerza del solenoide.
 6. Explique la diferencia funcional entre el uso del CMP en el Módulo 1 y su uso en el §7.3 de este módulo, y describa qué prueba corresponde a cada una.
 7. Un vehículo interviene el ESP en curvas suaves. Con el vehículo detenido y nivelado: SAS 0.5°, guiñada 0 °/s, aceleración lateral 0.02 g. Todos los valores de reposo son correctos. ¿Dónde buscaría la causa y por qué?
 8. Calcule el nivel de combustible en porcentaje que corresponde a una resistencia de 98 Ω en un aforador Ford (160 Ω vacío / 15 Ω lleno) y el voltaje de señal resultante con una pull-up de 1 000 Ω y VREF de 5 V.
 9. Explique por qué un P0500 en un vehículo moderno raramente significa que haya un sensor de velocidad averiado, y describa el procedimiento de tres capas que localiza el problema real.
 10. Un sensor ABS activo medido con resistencia shunt de 100 Ω muestra un escalón entre 0.71 V y 1.38 V en tres ruedas, pero en la cuarta el escalón es de 0.69 V a 0.94 V. Calcule las corrientes en ambos casos y emita un diagnóstico justificado.
-

HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 7

FÓRMULAS

$$f_{VSS} \text{ (Hz)} = v \text{ (km/h)} \times \text{pulsos/km} \div 3600$$

$$f_{\text{rueda}} \text{ (Hz)} = [v(\text{km/h}) / 3.6] \div (\pi \times \emptyset \text{ m}) \times n.^{\circ} \text{ de dientes}$$

$$\text{Nivel (\%)} = (R_{\text{vacío}} - R_{\text{medida}}) / (R_{\text{vacío}} - R_{\text{lleno}}) \times 100$$

$$I \text{ (shunt)} = V_{\text{medido}} \div R_{\text{shunt}}$$

$$\text{Fuerza solenoide} \propto I^2 \rightarrow 40 \% \text{ menos corriente} = 64 \% \text{ menos fuerza}$$

VSS – PULSOS POR KILÓMETRO

GM 2 485 p/km (4 000/milla) → 100 km/h = 69 Hz

Ford 4 971 p/km (8 000/milla) → 100 km/h = 138 Hz

Resistencia del VSS inductivo 190 – 2 000 Ω

VSS Hall NO MEDIR resistencia

SENSORES ABS

	PASIVO (VR)	ACTIVO (Hall/MRE)
Alimentación	no	8 – 12 V
Salida	AC 0.3–18 V p-p ..	7 mA / 14 mA
Velocidad mínima	5 – 7 km/h	0.1 km/h
Resistencia	800 – 2 000 Ω	NO MEDIR
Caída de voltaje	NO APLICA	0.15 V por conductor
Entrehierro	0.5 – 1.5 mm	0.3 – 2.0 mm

MÉTODO DE LA RESISTENCIA SHUNT (sensor activo):

Intercala 100 Ω en serie → 7 mA = 0.70 V · 14 mA = 1.40 V

Escalón esperado 0.70 V. Menor a 0.50 V → sensor degradado.

Ejemplo: $\emptyset$ 0.65 m · 48 dientes · 100 km/h = 653 Hz

Tolerancia entre las 4 ruedas en línea recta ± 1 km/h

REALIMENTACIÓN VVT

Error máx. comandada vs real $\pm 2^{\circ}$ de leva

Tiempo de establecimiento < 1 s

Autoridad del actuador 20 – 60° de cigüeñal

OCV: resistencia 6 – 15 Ω

OCV: frecuencia 200 – 300 Hz

OCV: duty en retención 25 – 40 %

OCV: corriente 0.3 – 1.5 A

DUTY SATURADO SIN MOVIMIENTO → hidráulico o mecánico, no eléctrico

SAS Y GRUPO INERCIAL – PRUEBA DE REPOSO

Vehículo detenido, superficie plana, ruedas rectas:

Ángulo de volante $0^{\circ} \pm 2$

Velocidad de guiñada $0^{\circ}/s \pm 1$

Aceleración lateral $0.00 \text{ g} \pm 0.05$

Rangos: SAS $\pm 720/780^{\circ}$ · guiñada $\pm 75/100^{\circ}/s$ · lateral $\pm 1.5 \text{ g}$

CALIBRAR SIEMPRE tras alineación, cremallera o sustitución del sensor

AFORADORES DE COMBUSTIBLE (vacío → lleno)

```

GM ..... 250 → 40 Ω    · 50 % = 145 Ω
Ford ..... 160 → 15 Ω   · 50 % = 88 Ω
Japonés ..... 110 → 4 Ω   · 50 % = 57 Ω ← el más sensible
Europeo ..... 300 → 50 Ω
Error de nivel (%) = R_parásita / rango × 100
Prueba: BARRIDO LENTO con óhmetro buscando salto a 0L (zona muerta)

```

NIVEL DE ACEITE

Solo mide con el MOTOR APAGADO y aceite decantado (30 s – 5 min)
 PWM 100 – 200 Hz · duty proporcional · pulso de medición 0.3 – 1.0 A

DIAGNÓSTICO EN TRES CAPAS (para todo sensor de este módulo)

1. Sensor físico osciloscopio en el conector
 2. Módulo propietario .. PID del ABS / ESP / módulo de la bomba
 3. Red PID del módulo consumidor (ECU, tablero)
- Si el propietario lee bien y el consumidor no → problema de RED

CÓDIGOS CLAVE

P0500–P0503 VSS · P0720–P0723 velocidad de salida de transmisión
 C0035–C0050 sensores de rueda · C1233–C1236 sin señal de rueda
 P0010–P0014 / P0020–P0024 VVT · P0016–P0019 correlación (Módulo 1)
 C0455 SAS · C0196 guiñada · U0121/U0126 pérdida de comunicación
 P0460–P0464 nivel de combustible · P250F nivel de aceite bajo

Fin del Módulo 7. El Módulo 8 (Actuadores de Inyección de Combustible) inicia la segunda mitad del curso: inyectores saturados, peak & hold, GDI de 50-90 V, common rail solenoide y piezoeléctrico, y la codificación IMA/IQA.