

MÓDULO 0 — FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD APLICADA AL DIAGNÓSTICO

Curso Master: Sensores y Actuadores Automotrices · Diagnóstico Electrónico
Avanzado

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	3
0.1 · LEY DE OHM Y LEY DE WATT APLICADAS	3
0.1.1 Las tres variables	3
0.1.2 Regla de oro del diagnóstico	4
0.1.3 Cálculos de taller (ejemplos reales)	4
0.2 · CIRCUITOS SERIE, PARALELO Y DIVISORES DE TENSIÓN	5
0.2.1 Circuito serie	5
0.2.2 Circuito paralelo	5
0.2.3 Divisor de tensión: el corazón de todo sensor pasivo	5
0.2.4 Divisor variable: el TPS	7
0.3 · PRUEBA DE CAÍDA DE VOLTAJE (VOLTAGE DROP)	7
0.3.1 Por qué es la prueba más importante del oficio	7
0.3.2 Cómo se conecta el multímetro	8
0.3.3 Procedimiento paso a paso (aplicable a cualquier circuito)	8
0.3.4 Tabla de límites máximos aceptables	8
0.3.5 Los cinco errores que arruinan la prueba	9
0.3.6 Caso de taller resuelto	9
0.4 · ALIMENTACIONES Y TIERRAS: VREF, SIG RTN Y MASA DE POTENCIA	9
0.4.1 Los cuatro circuitos que existen en un sensor	9
0.4.2 Por qué SIG RTN y masa de chasis NO son lo mismo	10
0.4.3 Diagnóstico de VREF	10
0.4.4 Puntos de masa (Ground Points)	11
0.5 · NOMENCLATURA DE CABLEADO EN MANUALES DE SERVICIO	11
0.5.1 Abreviaturas estándar en inglés (SAE / manuales americanos)	11
0.5.2 Cómo leer un color compuesto	11
0.5.3 Nomenclatura europea (DIN 47002 — VAG, BMW, Mercedes)	11
0.5.4 Nomenclatura japonesa (Toyota, Honda, Nissan, Mazda)	12
0.5.5 Convenciones de función más frecuentes	12
0.6 · SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA Y LECTURA DE PIN-OUT	13

0.6.1 Símbolos básicos	13
0.6.2 Diagrama de conexión genérico de un sensor de 3 hilos	13
0.6.3 Cómo leer la numeración de pines	13
0.7 · CONFIGURACIÓN DEL OSCILOSCOPIO	14
0.7.1 Los cuatro ajustes que definen una buena captura	14
0.7.2 Puesta a tierra de la sonda del osciloscopio	15
0.7.3 Ancho de banda y muestreo	15
0.7.4 Accesorios	15
0.8 · USO DE LA PINZA AMPERIMÉTRICA Y RAMPA DE CORRIENTE	16
0.8.1 Fundamento	16
0.8.2 Protocolo de uso correcto	16
0.8.3 Por qué la corriente sube en rampa y no de golpe	16
0.8.4 Valores de referencia de consumo (motor típico gasolina)	17
0.9 · SEÑALES PWM: MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO	17
0.9.1 Definiciones	17
0.9.2 Control Low Side vs. High Side	19
0.9.3 Frecuencias típicas de referencia	19
0.9.4 Cómo diagnosticar un circuito PWM en 4 pasos	20
CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN — MÓDULO 0	21
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 0	22

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

Este módulo no es teoría de relleno. Es la herramienta con la que se resuelven el 80 % de las fallas eléctricas que llegan al taller y que los escáneres **no** pueden diagnosticar.

Un código P0113 (IAT circuito alto) no dice si el sensor está malo, si el cable está cortado o si el conector está sulfatado. La diferencia entre cambiar piezas por adivinanza y diagnosticar está en tres herramientas conceptuales:

1. **Ley de Ohm** — para predecir qué debe medir el multímetro antes de medirlo.
2. **Caída de voltaje** — para localizar resistencia parásita sin desconectar nada.
3. **Arquitectura de tierras y referencias** — para saber contra qué medir.

Todo lo demás del curso (Módulos 1 al 15) se apoya en este módulo.

0.1 · LEY DE OHM Y LEY DE WATT APLICADAS

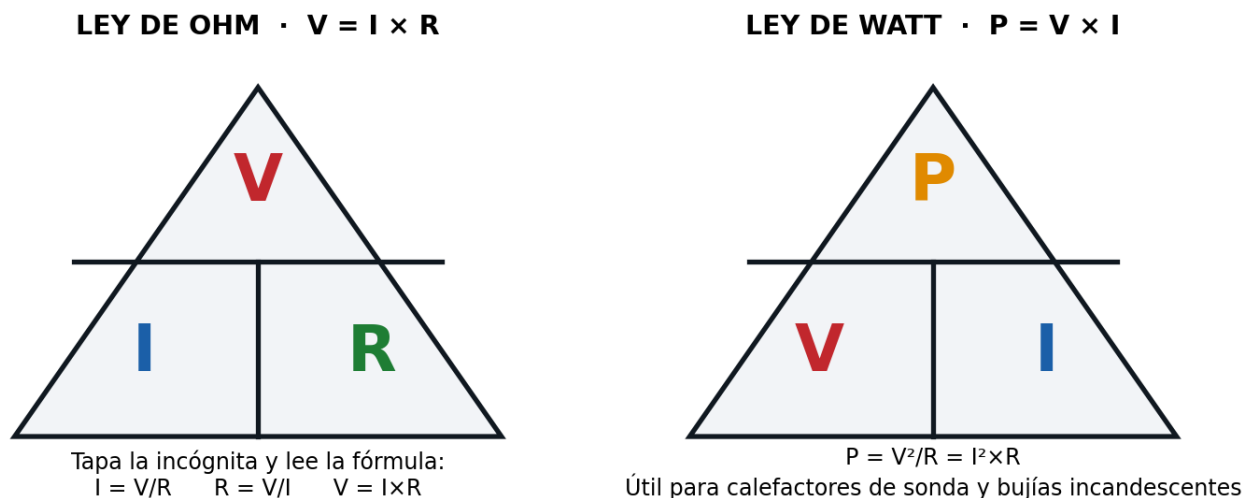


Figura 1: Triángulos de Ohm y Watt

0.1.1 Las tres variables

Magnitud	Símbolo	Unidad	Analogía hidráulica	Qué mide el instrumento
Voltaje	V (E)	Voltio	Presión	Multímetro en paralelo
Corriente	I	Amperio	Caudal	Pinza amperimétrica o multímetro en serie

Magnitud	Símbolo	Unidad	Analogía hidráulica	Qué mide el instrumento
Resistencia	R	Ohmio	Estrechez de la tubería	Óhmetro, circuito sin energía

Fórmulas maestras:

$$V = I \times R \quad I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$

$$P = V \times I = I^2 \times R = \frac{V^2}{R}$$

0.1.2 Regla de oro del diagnóstico

Si la resistencia SUBE, la corriente BAJA. Si la corriente BAJA, el componente no trabaja aunque el voltaje en reposo parezca correcto.

Este es el principio que hace que una prueba de continuidad con el óhmetro mienta: el óhmetro inyecta microamperios. Un cable con un solo hilo sano de 20 puede dar “continuidad”, pero al pasar 5 A ese hilo se comporta como una resistencia enorme.

0.1.3 Cálculos de taller (ejemplos reales)**Ejemplo 1 — Inyector saturado sano**

- Resistencia medida: 14.5 Ω
- Voltaje de alimentación con motor en marcha: 14.0 V

$$I = \frac{14.0}{14.5} = 0.965 \text{ A}$$

La pinza amperimétrica debe leer **$\approx 0.96 \text{ A}$** en el pico de la rampa. Si lee 0.60 A, hay resistencia parásita en el circuito.

Ejemplo 2 — El mismo inyector con conector sulfatado (5 Ω parásitos)

$$R_{total} = 14.5 + 5 = 19.5 \Omega \quad I = \frac{14.0}{19.5} = 0.718 \text{ A}$$

Caída de corriente del **26 %**. El inyector abre tarde y cierra pronto → mezcla pobre en ese cilindro → LTFT positivo, misfire intermitente en carga. **El óhmetro del inyector sigue midiendo 14.5 Ω y “pasa” la prueba.**

Ejemplo 3 — Calefactor de sonda lambda

- Resistencia del calefactor (HTR): 6.0 Ω a 20 °C
- Alimentación: 13.8 V

$$I = \frac{13.8}{6.0} = 2.3 \text{ A} \quad P = 13.8 \times 2.3 = 31.7 \text{ W}$$

Si la pinza lee 0.9 A, la resistencia real del circuito es $R = 13.8/0.9 = 15.3 \Omega \rightarrow$ hay $\sim 9 \Omega$ de más entre cableado y calefactor.

Ejemplo 4 — Deducir resistencia parásita a partir de la caída de voltaje

Un motor de ventilador consume 12 A. En el cable positivo se mide una caída de 1.8 V.

$$R_{par} = \frac{1.8}{12} = 0.15 \Omega \quad P_{dis} = 1.8 \times 12 = 21.6 \text{ W}$$

21.6 W disipados en un empalme = calor, plástico derretido y falla progresiva. **La caída de voltaje convierte un problema invisible en un número.**

0.2 · CIRCUITOS SERIE, PARALELO Y DIVISORES DE TENSIÓN

0.2.1 Circuito serie

+12V —[R1]—[R2]—[R3]— MASA

$R_{total} = R1 + R2 + R3$

La CORRIENTE es la misma en todos los puntos.

El VOLTAGE se reparte proporcionalmente a cada resistencia.

Suma de todas las caídas = voltaje de la fuente (Ley de Kirchhoff)

Todo circuito de actuador es, en la práctica, un circuito serie: batería → fusible → relé → cable → carga → cable → masa. Cada uno de esos elementos es una resistencia. Las buenas valen milésimas de ohmio; las malas se roban el voltaje.

0.2.2 Circuito paralelo

+12V —┬─[R1]─┬─ MASA
 ├─[R2]─┤
 └─[R3]─┘

$1/R_{total} = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3$

El VOLTAGE es el mismo en todas las ramas.

La CORRIENTE se reparte; la corriente total es la suma.

Aplicación: un banco de 4 inyectores en paralelo (batch fire) de 14.5Ω cada uno presenta $R = 14.5/4 = 3.6 \Omega$ y consume $14/3.6 = 3.9 \text{ A}$. Por eso la ECU los dispara con un driver reforzado o con resistencias balastro.

0.2.3 Divisor de tensión: el corazón de todo sensor pasivo

La ECU **no mide resistencia**. Mide voltaje. Convierte la resistencia del sensor en voltaje mediante un divisor con una resistencia interna fija (*pull-up*):

DIVISOR DE TENSIÓN — SENSOR NTC (ECT / IAT)

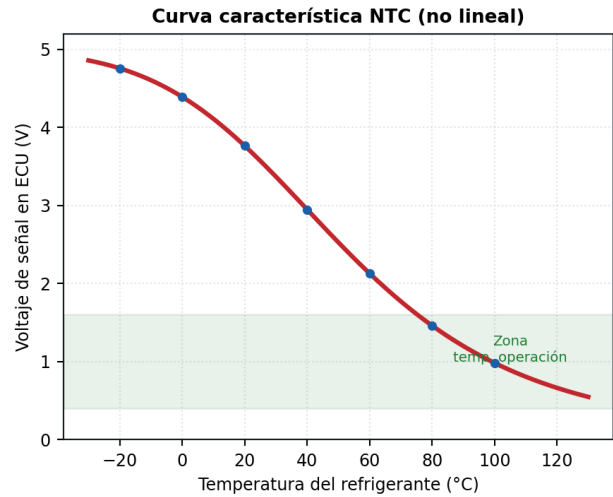
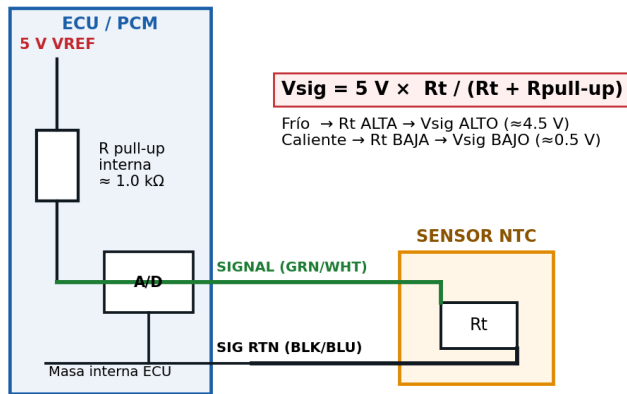


Figura 2: Divisor de tensión con sensor NTC

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

Ejemplo con ECT (pull-up interna 1000 Ω, VREF 5.0 V):

Temp.	R sensor	Cálculo	V señal
-20 °C	15 000 Ω	$5 \times 15000/16000$	4.69 V
0 °C	5 900 Ω	$5 \times 5900/6900$	4.28 V
20 °C	2 500 Ω	$5 \times 2500/3500$	3.57 V
40 °C	1 180 Ω	$5 \times 1180/2180$	2.71 V
60 °C	590 Ω	$5 \times 590/1590$	1.86 V
80 °C	320 Ω	$5 \times 320/1320$	1.21 V
100 °C	185 Ω	$5 \times 185/1185$	0.78 V

Los valores exactos varían por fabricante. Lo que NO varía es la lógica: NTC frío = alta resistencia = alto voltaje. Muchas ECUs conmutan la pull-up a un valor menor por encima de ~60 °C para ganar resolución; esto produce un “salto” en el voltaje que es NORMAL y no debe confundirse con falla.

Las dos fallas que este circuito puede tener y cómo se ven:

Falla	R vista por ECU	V señal	Temp. reportada	Código típico
Circuito abierto (sensor o cable)	infinita	≈5.0 V	mínima (-40 °C)	Circuit High
Corto a masa	0 Ω	≈0.0 V	máxima (+130 °C)	Circuit Low
Alta resistencia parasita	mayor	más alto	más fría de lo real	ninguno (sesgo)

La prueba definitiva de 10 segundos: desconecte el sensor → el escáner debe saltar a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Puentee los dos pines del conector → debe saltar a $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si ambas responden, **el cableado y la ECU están bien; el sensor es el culpable**.

0.2.4 Divisor variable: el TPS

El TPS potenciométrico es un divisor con cursor móvil. La suma de las dos mitades de la pista es constante, por lo que la señal es **linealmente proporcional** al ángulo. Cualquier no linealidad en el barrido = pista desgastada.

0.3 · PRUEBA DE CAÍDA DE VOLTAJE (VOLTAGE DROP)

PRUEBA DE CAÍDA DE VOLTAJE (VOLTAGE DROP) — CIRCUITO CON CARGA ACTIVA

REGLA: el circuito DEBE estar energizado y con corriente circulando. Sin corriente NO hay caída de voltaje — un cable corroído mide 12 V en vacío.

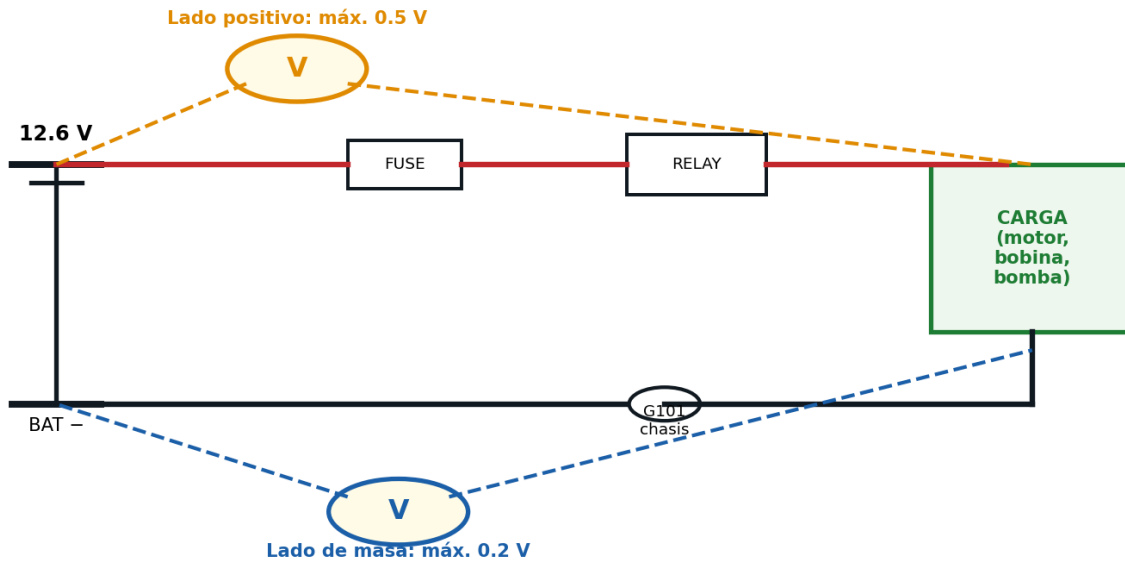


Figura 3: Prueba de caída de voltaje

0.3.1 Por qué es la prueba más importante del oficio

La prueba de caída de voltaje mide **la resistencia real bajo carga real**, con el circuito armado, sin desconectar conectores y sin desmontar nada.

Principio físico (Ley de Kirchhoff de tensiones): en un circuito serie, la suma de las caídas de voltaje de todos los elementos es igual al voltaje de la fuente. Un conductor perfecto no debería consumir voltaje. Todo voltaje que “desaparece” en un cable es voltaje que la carga no recibe.

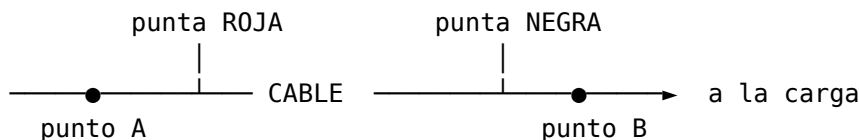
$$V_{drop} = I \times R_{par}$$

Consecuencia crítica: si no hay corriente, no hay caída de voltaje. Por eso un cable partido

en 99 % de sus hilos mide 12.6 V con el circuito apagado y “parece bueno”. Solo delata su falla cuando la carga está trabajando.

0.3.2 Cómo se conecta el multímetro

El multímetro se conecta **en paralelo con el conductor sospechoso**, no contra masa. Se selecciona escala de voltios DC (idealmente rango mV).



La lectura es la caída de voltaje ENTRE A y B.

Cable perfecto = 0.000 V Cable malo = décimas o volts enteros.

0.3.3 Procedimiento paso a paso (aplicable a cualquier circuito)

1. **Confirmar que el circuito puede activarse.** Sin corriente no hay prueba.
2. **Poner la carga a trabajar** (arrancar motor, activar el relé con el escáner, encender el ventilador, poner el motor de arranque a girar).
3. **Medir el lado positivo completo:** punta roja en el borne positivo de la batería, punta negra en el terminal positivo de la carga. Lectura = caída total del lado alimentación.
4. **Medir el lado de masa completo:** punta roja en el terminal de masa de la carga, punta negra en el borne negativo de la batería. Lectura = caída total del lado tierra.
5. **Si alguna supera el límite, subdividir:** medir tramo por tramo (batería→fusible, fusible→relé, relé→conector, conector→carga) hasta que un tramo concentre la caída. Ese tramo es el defectuoso.
6. **Mover el arnés durante la medición.** Una caída que cambia al mover el cableado indica hilo roto dentro del aislante o terminal flojo.

0.3.4 Tabla de límites máximos aceptables

Punto medido	Máximo aceptable
Un conductor solo (tramo de cable)	0.10 V
Cada conector o empalme	0.10 V
Contactos de un relé o interruptor	0.20 V
Fusible o eslabón fusible	0.10 V
Lado positivo completo (carga normal)	0.50 V
Lado de masa completo (carga normal)	0.20 V
Circuito de arranque, lado positivo	0.50 V
Circuito de arranque, lado masa (motor→batería)	0.20 V
Masa de sensor (SIG RTN) vs. negativo de batería	0.05 V
Circuito de señal de sensor (μA)	0.02 V

Advertencia profesional: estos límites aplican a circuitos con corriente apreciable. En un circuito de **señal de sensor** circulan microamperios, por lo que $V = I \times R$ da caídas casi nulas incluso con 500 Ω parásitos. En circuitos de señal, la caída de voltaje **no sirve** como prueba única: hay que usar prueba de carga (resistencia de prueba en paralelo) o verificar el voltaje de referencia directamente en el conector del sensor.

0.3.5 Los cinco errores que arruinan la prueba

1. Medir con el circuito apagado → siempre dará 0.000 V y falso “bueno”.
2. Referenciar contra chasis en vez de contra el borne de batería → se pierde la caída de la propia trenza de masa del motor.
3. Usar puntas con pinzas de mala calidad → la resistencia de la propia punta se suma a la lectura. Usar backprobes finos.
4. Medir en escala de 200 V en vez de mV → 0.35 V se ve como “0.3” y se pasa por alto.
5. Aplicar los límites de alta corriente a circuitos de sensores.

0.3.6 Caso de taller resuelto

Síntoma: ventilador de refrigeración gira lento, motor recalienta. **Medición:** lado positivo 0.28 V (OK), lado de masa **1.65 V (FALLA)**. **Corriente medida con pinza:** 9.2 A.

$$R_{par} = \frac{1.65}{9.2} = 0.179 \Omega$$

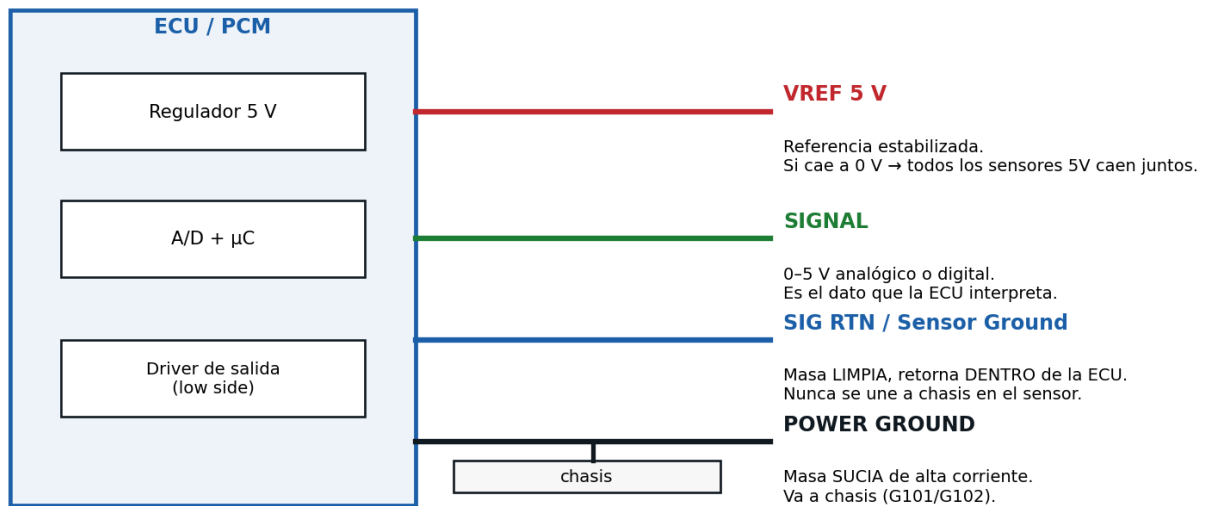
Voltaje real que recibe el ventilador: $13.9 - 0.28 - 1.65 = 11.97$ V. Pérdida de potencia disponible ≈ 14 %. **Causa:** perno de masa G104 oxidado. **Reparación:** limpiar superficie a metal desnudo, aplicar par correcto, sellar. **Verificación:** caída de masa posterior 0.04 V.

0.4 · ALIMENTACIONES Y TIERRAS: VREF, SIG RTN Y MASA DE POTENCIA

0.4.1 Los cuatro circuitos que existen en un sensor

Circuito	Nombre en manuales	Valor esperado	Función
Referencia	VREF, 5V REF, Vc, Vcc	4.90 - 5.10 V	Alimentar sensores activos y divisores
Alimentación directa	B+, IGN, 12V	12.0 - 14.7 V	Sensores Hall, calefactores, actuadores
Señal	SIG, SIGNAL	0 - 5 V (o pulsos)	El dato hacia el A/D
Retorno de señal	SIG RTN, SIG GND, Sensor Ground, E2	0.000 - 0.050 V	Masa limpia, retorna dentro de la ECU
Masa de potencia	PWR GND, GND, chasis	0.000 - 0.100 V	Retorno de alta corriente al chasis

ARQUITECTURA DE ALIMENTACIONES Y TIERRAS



CLAVE DE DIAGNÓSTICO: usar la masa de potencia como referencia para medir una señal de sensor introduce el error de la caída de voltaje del circuito de potencia. Mida SIEMPRE contra SIG RTN.

Figura 4: Arquitectura de alimentaciones y tierras

0.4.2 Por qué SIG RTN y masa de chasis NO son lo mismo

La masa de potencia transporta decenas de amperios y, por Ley de Ohm, desarrolla caídas de voltaje que suben y bajan con la carga. Si la ECU midiera un sensor contra esa masa “sucia”, cada vez que se activara el ventilador la lectura del sensor se desplazaría.

Por eso la ECU lleva un retorno de señal separado que **solo transporta microamperios** y se une a la masa interna en un único punto (*star ground*).

Regla práctica: para medir la señal de un sensor, la punta negra va al **pin de SIG RTN del propio sensor**, no al chasis. Si mide contra chasis y hay 0.15 V de caída en la masa de potencia, la lectura del sensor sale falseada.

0.4.3 Diagnóstico de VREF

Prueba 1 — Presencia y calidad Con llave en contacto (KOEO), medir VREF contra SIG RTN en el conector del sensor. Debe estar entre 4.90 y 5.10 V. Debe medirse **en el conector del sensor**, no en la ECU: así se incluye la caída del cableado.

Prueba 2 — VREF caída a 0 V o baja en varios sensores a la vez Este es el síntoma clásico de un **corto a masa en la línea VREF compartida**. La ECU protege la salida y la colapsa. Aparecen simultáneamente códigos de MAP, TPS, APP, sensor de presión de A/C, etc.

Procedimiento de aislamiento: desconectar sensores de esa línea **uno por uno**. Cuando VREF se recupere a 5 V, el último sensor desconectado (o su ramal) es el que tiene el corto.

Prueba 3 — SIG RTN abierto Síntoma característico: la señal del sensor sube hacia VREF y se

queda “flotando” en un valor alto e inestable. Medir SIG RTN contra el negativo de batería con KOEO: si supera 0.10 V hay resistencia; si mide varios voltios, está abierto.

0.4.4 Puntos de masa (Ground Points)

Los manuales identifican las masas con códigos: **G101, G102, G200, G301**. La primera cifra suele indicar la zona (1 = compartimento motor, 2 = habitáculo, 3 = trasera). Localizarlos en el diagrama antes de perseguir cables ahorra horas.

Prueba de masa de motor: con el motor arrancando, medir entre bloque del motor y negativo de batería. Máximo **0.20 V**. Si sube, la trenza de masa del motor está fallando — causa frecuente de fallas eléctricas erráticas, comunicación intermitente y códigos múltiples sin lógica.

0.5 · NOMENCLATURA DE CABLEADO EN MANUALES DE SERVICIO

0.5.1 Abreviaturas estándar en inglés (SAE / manuales americanos)

Abreviatura	Color	Abreviatura	Color
BLK / BK	Black (negro)	ORN / OR	Orange (naranja)
WHT / WH	White (blanco)	BRN / BR	Brown (café)
RED / RD	Red (rojo)	GRY / GY	Gray (gris)
GRN / GN	Green (verde)	VIO / PPL	Violet / Purple (violeta)
BLU / BU	Blue (azul)	PNK / PK	Pink (rosa)
YEL / YL	Yellow (amarillo)	TAN	Tan (beige)
LT BLU	Light Blue (azul claro)	DK BLU	Dark Blue (azul oscuro)
LT GRN	Light Green (verde claro)	DK GRN	Dark Green (verde oscuro)
NAT	Natural (sin pigmento)	CLR	Clear (transparente)

0.5.2 Cómo leer un color compuesto

GRN/YEL → base VERDE con franja AMARILLA
 DK BLU/WHT → base AZUL OSCURO con franja BLANCA
 BLK/BLU → base NEGRA con franja AZUL

Convención: COLOR_BASE / COLOR_DE_FRANJA

Nunca al revés. Un GRN/YEL y un YEL/GRN son dos cables distintos.

0.5.3 Nomenclatura europea (DIN 47002 — VAG, BMW, Mercedes)

Código	Alemán	Color
sw	schwarz	Negro
ws	weiß	Blanco
rt	rot	Rojo
ge	gelb	Amarillo
gn	grün	Verde
bl	blau	Azul
br	braun	Café
gr	grau	Gris
vi	violett	Violeta
or	orange	Naranja

0.5.4 Nomenclatura japonesa (Toyota, Honda, Nissan, Mazda)

Código	Color	Código	Color
B	Black	L	Blue (¡ojo!)
W	White	LG	Light Green
R	Red	SB	Sky Blue
G	Green	GR	Gray
Y	Yellow	V	Violet
BR	Brown	P	Pink
O	Orange		

Trampa habitual: en manuales japoneses **L = azul**, no “light”. Un cable “L-Y” es azul con franja amarilla. Confundirlo con “light yellow” ha costado más de un módulo quemado.

0.5.5 Convenciones de función más frecuentes

Marca	Convención habitual
GM	ORN = 12 V permanente de batería · PNK = 12 V con contacto · BLK = masa · BLK/WHT = masa de sensor
Ford	RED o RED/x = alimentación · GRY/RED = VREF típico · BLK/WHT = masa de señal
Toyota	B/W , W/B = alimentaciones conmutadas · E1 , E2 = masas de ECU y de sensores
VAG	rt = positivo · br = masa · señales en colores mixtos con número de sección

Advertencia obligatoria: estas convenciones son **orientativas**. En un vehículo con reparaciones previas, el color no prueba nada. **El diagrama de servicio del VIN específico es la única fuente válida.**

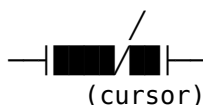
0.6 · SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA Y LECTURA DE PIN-OUT

0.6.1 Símbolos básicos

RESISTENCIA FIJA



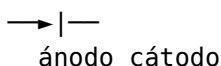
RESISTENCIA VARIABLE



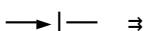
TERMISTOR (NTC)



DIODO



LED / OPTO



DIODO ZENER



TRANSISTOR NPN



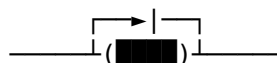
BOBINA / SOLENOIDE



CONDENSADOR



BOBINA CON DIODO SUPRESOR



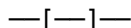
MASA DE CHASIS



MASA DE SEÑAL



CONECTOR



EMPALME (SPLICE)

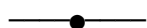


CABLE BLINDADO (shielded)



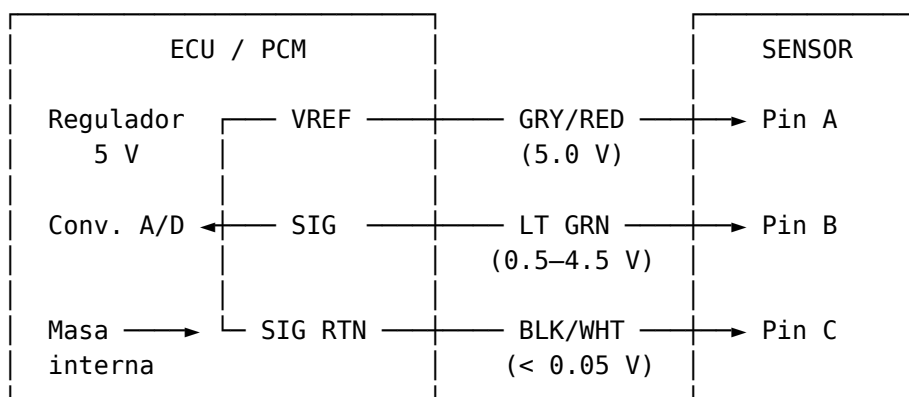
PIN NUMERADO EN CONECTOR

C1 pin 12



(blindaje a masa en UN solo extremo)

0.6.2 Diagrama de conexión genérico de un sensor de 3 hilos



MEDICIÓN CORRECTA: punta negra SIEMPRE en Pin C (SIG RTN).

Backprobe por la parte trasera del conector, nunca perforar el aislante.

0.6.3 Cómo leer la numeración de pines

- La numeración se lee **desde el lado del cableado** (*wire side*) o desde el lado de los terminales (*terminal side*) — el manual siempre lo indica. Confundir el lado invierte todo el conector.

- Los conectores traen una **guía o llave** (keyway) que marca la posición 1.
- Notación típica: C137-8 = conector C137, cavidad 8.

0.7 · CONFIGURACIÓN DEL OSCILOSCOPIO

EFFECTO DE LA ESCALA Y DEL ACOPLAMIENTO EN EL OSCILOSCOPIO

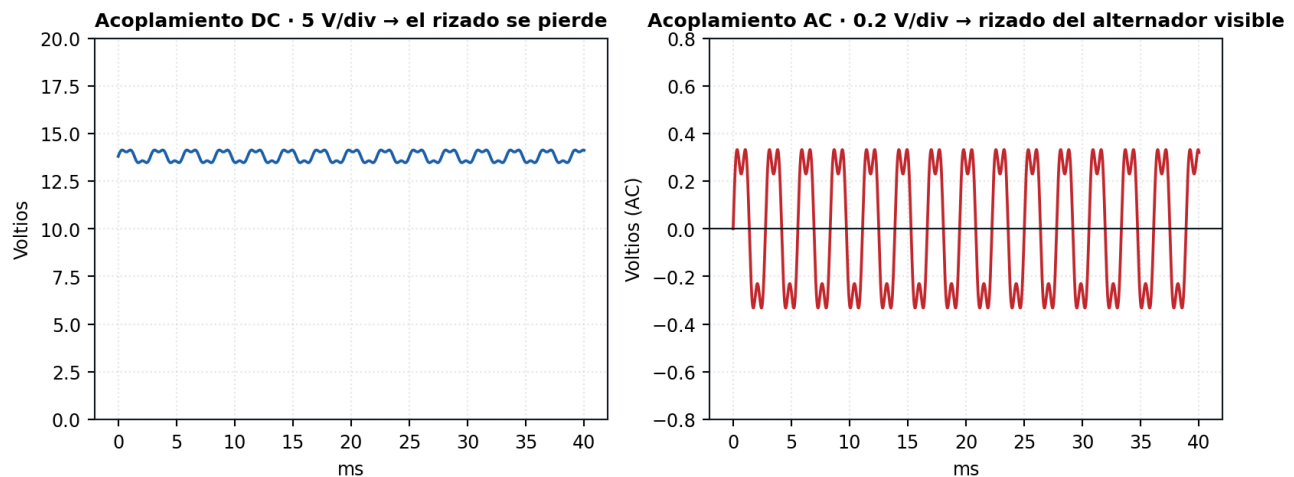


Figura 5: Escala y acoplamiento en el osciloscopio

0.7.1 Los cuatro ajustes que definen una buena captura

1. Voltios por división (V/div) — eje vertical Regla: la onda debe ocupar entre el **50 % y el 80 %** de la pantalla. Si ocupa menos, se pierde detalle; si se sale, se recorta información (*clipping*).

Señal	V/div sugerido
Sensor 0-5 V	1 V/div
Circuito 12 V (inyector, bobina primario)	5 V/div (rango 0-20 V)
Pico inductivo de inyector (60-80 V)	20 V/div
Inyector GDI / piezo (60-200 V)	50 V/div
Rizado de alternador	0.2 V/div en acoplamiento AC
Redes CAN	1 V/div

2. Tiempo por división (Time/div) — eje horizontal Regla: mostrar entre 2 y 5 ciclos completos de la señal.

$$\text{Periodo} = \frac{1}{\text{Frecuencia}} \quad \text{Time/div} \approx \frac{\text{Periodo} \times \text{n}^\circ \text{ de ciclos}}{10 \text{ divisiones}}$$

Ejemplo: CKP de rueda 60-2 a 750 RPM. 750 RPM = 12.5 rev/s. Cada revolución genera 58 pulsos → $12.5 \times 58 = 725 \text{ Hz}$ → periodo = 1.38 ms. Para ver dientes individuales: **0.5 ms/div**. Para ver la revolución completa y el hueco de sincronía: **10 ms/div**.

3. Acoplamiento AC / DC

Acoplamiento	Qué hace	Cuándo usarlo
DC	Muestra la señal completa incluyendo su nivel base	Por defecto siempre. Sensores, actuadores, PWM, CKP, CMP
AC	Bloquea la componente continua y centra en 0 V	Rizado de alternador, señales pequeñas montadas sobre 12 V, ruido

Error grave frecuente: capturar un CKP o una sonda lambda en acoplamiento AC. Se pierde el nivel de referencia y una señal desplazada (offset) parecerá normal. **En diagnóstico de sensores, DC siempre.**

4. Disparo (Trigger) Sin trigger correcto la onda “corre” y no se puede leer.

- **Flanco de subida (rising):** señales que van de bajo a alto (Hall, PWM high side).
- **Flanco de bajada (falling):** señales de control por masa (inyectores, bobinas).
- **Nivel (level):** ponerlo a media altura de la señal, no en el cero.
- **Single shot:** imprescindible para capturar eventos intermitentes o un solo arranque.

0.7.2 Puesta a tierra de la sonda del osciloscopio

- El cocodrilo negro va **al negativo de la batería o a la masa del motor**, no a un tornillo pintado.
- Un canal por señal; en capturas multicanal (CKP+CMP+inyector) **todos los negros deben ir al mismo punto** para evitar bucles de masa.
- Nunca conectar el negro de la sonda a una línea que no sea masa: en osciloscopios de masa común eso genera un cortocircuito.

0.7.3 Ancho de banda y muestreo

Regla mínima: la frecuencia de muestreo debe ser **al menos 10 veces** la frecuencia de la señal para que la forma de onda sea fiel (Nyquist exige $2\times$, pero $2\times$ solo reconstruye la frecuencia, no la **forma**).

Para capturar el flanco rápido de un IGBT de bobina o un pico de inyector GDI se requieren al menos 1 MS/s.

0.7.4 Accesorios

Accesorio	Uso
Atenuador $\times 10 / \times 20$	Proteger la entrada al medir 60–400 V
Pinza capacitiva secundaria	Leer kV de encendido sin contacto
Pinza amperimétrica baja corriente	Rampas de inyector y bobina (mV/A)
Pinza amperimétrica alta corriente	Arranque, alternador, compresión relativa
Transductor de presión	Presión de cilindro, escape, cárter
Backprobes	Medir con el conector armado, sin dañar sellos

0.8 · USO DE LA PINZA AMPERIMÉTRICA Y RAMPA DE CORRIENTE

ANÁLISIS DE RAMPA DE CORRIENTE — LA CURVA REVELA EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO

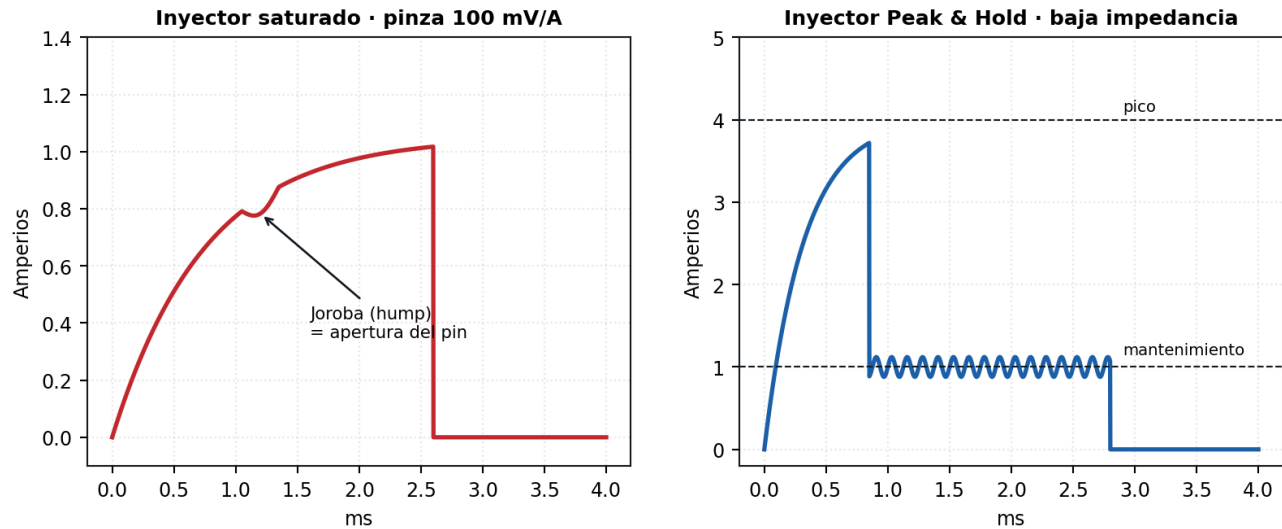


Figura 6: Rampas de corriente en inyectores

0.8.1 Fundamento

La pinza amperimétrica convierte corriente en voltaje mediante efecto Hall. Escalas típicas: **100 mV/A, 10 mV/A, 1 mV/A**.

$$I \text{ (A)} = \frac{\text{Lectura en mV}}{\text{Escala en mV/A}}$$

Ejemplo: pinza en 100 mV/A, el osciloscopio marca 95 mV → **0.95 A**.

0.8.2 Protocolo de uso correcto

1. **Poner a cero (zero) la pinza cerrada y alejada de cualquier conductor**, antes de cada captura. La deriva térmica es real.
2. Abrazar **un solo conductor**. Si abraza el positivo y el negativo juntos, los campos se cancelan y leerá cero.
3. Respetar la **flecha de sentido** de la pinza para que la rampa salga positiva.
4. Para señales muy pequeñas (mA), **pasar el cable varias vueltas por la mordaza** y dividir la lectura entre el número de vueltas.
5. Mantener la mordaza limpia y bien cerrada; suciedad en el entrehierro falsea la lectura.

0.8.3 Por qué la corriente sube en rampa y no de golpe

Toda bobina (inyector, bobina de encendido, relé, solenoide) es un inductor. La inductancia se opone al cambio de corriente:

$$I(t) = \frac{V}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad \tau = \frac{L}{R}$$

- τ = constante de tiempo. En 5τ la corriente alcanza el 99 % del máximo.
- Un inyector con $L = 12 \text{ mH}$ y $R = 14.5 \Omega$ tiene $\tau = 0.012/14.5 = 0.83 \text{ ms}$ → se satura en ~4 ms.

La forma de la rampa es una radiografía mecánica del componente:

Característica de la rampa	Significado
Rampa suave y “joroba” (<i>hump</i>) presente Joroba ausente	Componente sano, el pin/inducido se movió El pin no se mueve: inyector pegado, solenoide trabado
Rampa más vertical y pico más alto	Espiras en corto → menor R y menor L
Rampa más baja/lenta que la nominal	Resistencia parásita en el circuito
Pico truncado en plano	La ECU está limitando corriente (normal en peak & hold)
Rampa que se pierde intermitentemente	Falla de driver o cableado

0.8.4 Valores de referencia de consumo (motor típico gasolina)

Componente	Corriente esperada
Inyector saturado (alta impedancia)	0.8 - 1.2 A pico
Inyector peak & hold (baja impedancia)	4 - 6 A pico / 1 A mantenimiento
Inyector GDI	8 - 12 A pico (boost 50-90 V)
Bobina COP (saturación)	6 - 9 A
Calefactor de sonda lambda	0.8 - 2.5 A
Bomba de combustible eléctrica	3 - 8 A
Motor de arranque, gasolina	80 - 200 A
Motor de arranque, diésel	250 - 500 A
Ventilador de refrigeración	8 - 25 A
Consumo parásito en reposo (dormido)	20 - 50 mA

0.9 · SEÑALES PWM: MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO

0.9.1 Definiciones

$$\text{Duty Cycle (\%)} = \frac{T_{ON}}{T_{per}} \times 100 \quad T_{per} = \frac{1}{f}$$

$$V_{prom} = V_{alim} \times \text{Duty Cycle}$$

Ejemplo: válvula de purga EVAP a 12.5 V con 40 % de duty cycle → voltaje efectivo 5.0 V → la válvula abre parcialmente.

PWM: LA FRECUENCIA NO CAMBIA, CAMBIA EL ANCHO DEL PULSO
Duty Cycle (%) = (Ton / Periodo) × 100

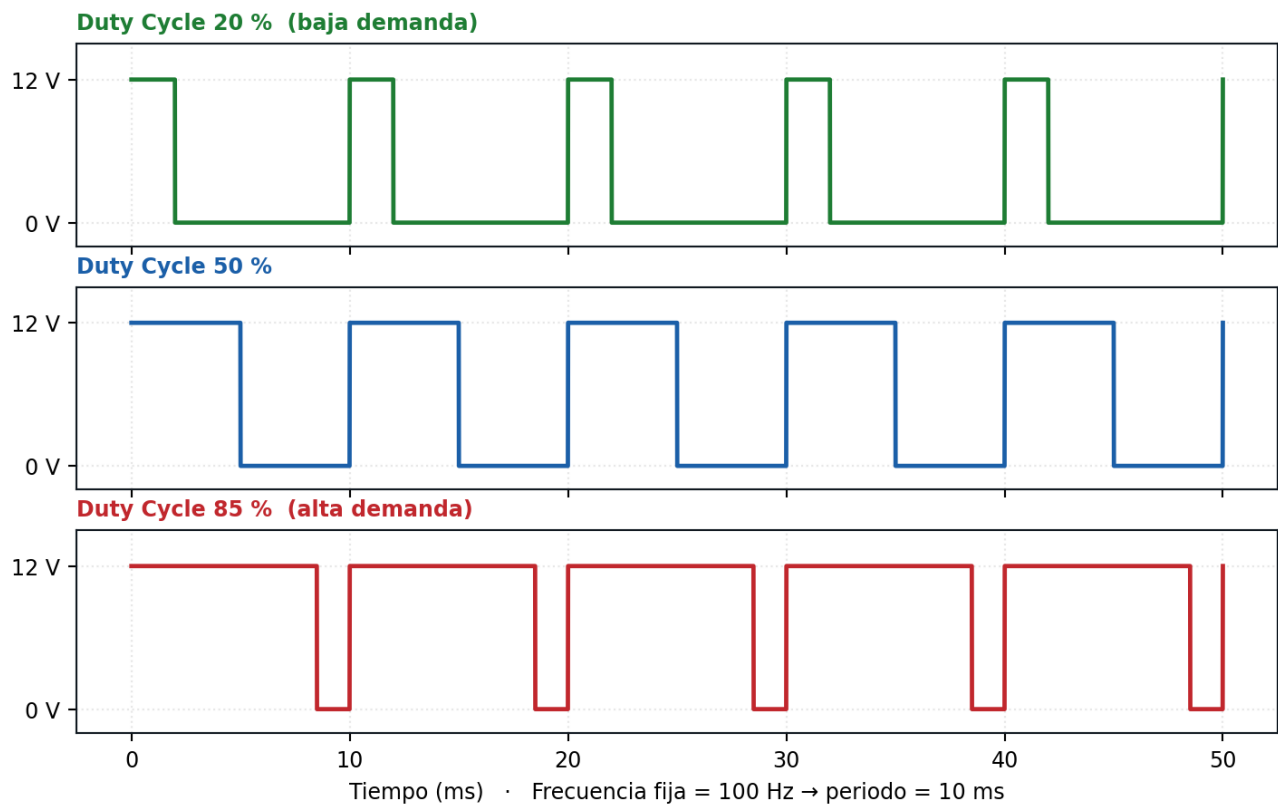


Figura 7: Duty cycle a frecuencia constante

Concepto clave: en PWM la frecuencia permanece fija y lo que varía es el ancho del pulso. Si al aumentar la demanda cambia la frecuencia y no el ancho, no es PWM: es una señal de frecuencia variable (como un MAF Karman o un MAP Ford).

0.9.2 Control Low Side vs. High Side

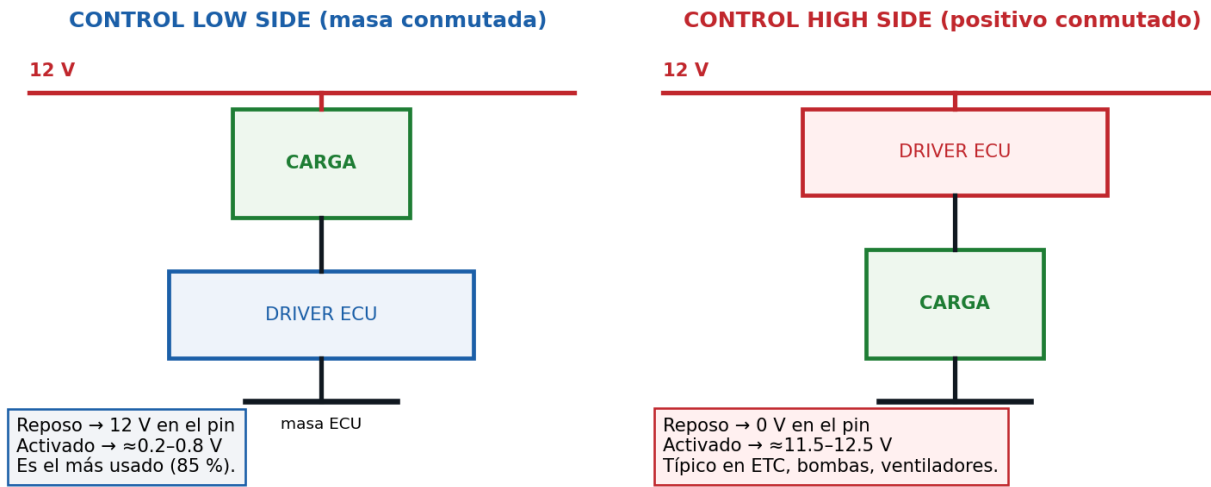


Figura 8: Control low side y high side

	Low Side (masa conmutada)	High Side (positivo conmutado)
Qué conmuta la ECU	La masa	El positivo
Voltaje en reposo	≈ 12 V (la carga alimenta el pin)	≈ 0 V
Voltaje activado	0.2 - 0.8 V	11.5 - 12.5 V
Frecuencia de uso	~85 % de los actuadores	ETC, bombas, ventiladores, algunos relés
Prueba con lámpara de prueba	Conectar la lámpara a +12 V y tocar el pin	Conectar la lámpara a masa y tocar el pin

Interpretación del duty cycle en control low side: un actuador al 80 % de apertura muestra en el osciloscopio la línea **80 % del tiempo abajo (0 V)**. Muchos multímetros permiten seleccionar % de ciclo positivo o % de ciclo negativo — si el número parece invertido (el escáner dice 20 % y el multímetro 80 %), **cambie la polaridad de medición del multímetro**; el componente puede estar perfecto.

0.9.3 Frecuencias típicas de referencia

Actuador	Frecuencia típica	Duty cycle operativo
Válvula de purga EVAP	10 - 20 Hz	0 % ralentí frío → 5-40 % crucero
Solenoid VVT / OCV	200 - 300 Hz	25-40 % retenido, 60-90 % avance
IAC rotativo PWM	100 - 300 Hz	25-45 % en ralentí
Motor ETC (cuerpo de aceleración)	1 - 2 kHz	Variable por puente H
Módulo de bomba de combustible	12 - 25 kHz	35-100 % según demanda
Ventilador con control PWM	20 - 200 Hz	0-100 % según temperatura
Regulador de presión de riel (MPROP/SCV)	100 - 500 Hz	15-35 % según carga
Regulación de alternador (campo)	100 - 400 Hz	5-95 % según carga eléctrica

0.9.4 Cómo diagnosticar un circuito PWM en 4 pasos

1. **Verificar alimentación** en el actuador con caída de voltaje bajo carga.
2. **Verificar la orden de la ECU** con osciloscopio en el pin de control: ¿existe la señal? ¿la frecuencia es la esperada? ¿el duty cycle responde al comando del escáner (prueba de actuadores)?
3. **Verificar la corriente** con pinza: si hay orden pero no hay corriente, el actuador o su alimentación están abiertos.
4. **Verificar la respuesta física:** presión, posición, flujo, RPM. Una orden correcta y una corriente correcta con respuesta nula = falla mecánica interna.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN – MÓDULO 0

1. Un inyector especifica $12.0\ \Omega$. Con el motor en marcha y 14.2 V de sistema, la pinza amperimétrica lee 0.71 A en el pico de la rampa. ¿Cuál es la resistencia total real del circuito y cuánta resistencia parásita existe?
 2. Está midiendo la caída de voltaje en el cable de masa de una bomba de combustible y obtiene 0.02 V . El vehículo no arranca por falta de combustible. ¿Puede concluir que la masa está bien? Justifique con Ley de Ohm.
 3. Un sensor ECT reporta $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el escáner. Al desconectar el conector, el escáner sigue en $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al puentear los dos pines del conector, el escáner sigue en $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Dónde está la falla y por qué?
 4. Tres sensores (MAP, TPS y sensor de presión de A/C) presentan códigos de “circuito bajo” simultáneamente. Explique la causa más probable y describa el procedimiento de aislamiento.
 5. Un CKP de rueda 36-1 gira a 900 RPM . Calcule la frecuencia de la señal y el ajuste de Time/div necesario para observar 2 revoluciones completas en pantalla de 10 divisiones.
 6. El escáner comanda la válvula de purga EVAP al 60% de duty cycle. El multímetro conectado al circuito de control indica 40% . La válvula funciona correctamente. ¿Qué está ocurriendo y por qué no es una falla?
 7. Una rampa de corriente de inyector muestra un pico de 1.9 A cuando el valor nominal es 1.0 A , y la rampa sube más rápido de lo normal. ¿Qué falla interna indica y qué le sucederá al driver de la ECU si no se corrige?
 8. ¿Por qué la prueba de caída de voltaje **no es válida** para diagnosticar resistencia parásita en el cable de señal de un sensor MAP? ¿Qué prueba usaría en su lugar?
-

HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 0

FÓRMULAS

$V = I \times R$ $I = V / R$ $R = V / I$
 $P = V \times I = I^2 \times R = V^2 / R$
 $V_{sig} = V_{REF} \times R_{sensor} / (R_{sensor} + R_{pull-up})$
 $Duty\ Cycle\ \% = (T_{on} / Periodo) \times 100$
 $Periodo = 1 / Frecuencia$
 $R_{parásita} = V_{caída} / I_{circuito}$

LÍMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE

Cable / conector individual	0.10 V
Relé o interruptor	0.20 V
Lado positivo completo	0.50 V
Lado de masa completo	0.20 V
Masa de sensor (SIG RTN) vs. batería	0.05 V

VALORES DE REFERENCIA

VREF	4.90 – 5.10 V
SIG RTN	0.000 – 0.050 V
Masa de potencia	0.000 – 0.100 V
Sistema con motor en marcha	13.5 – 14.7 V
Rizado de alternador (AC)	< 0.5 V pico a pico
Consumo parásito	20 – 50 mA

SECUENCIA UNIVERSAL DE DIAGNÓSTICO DE CIRCUITO

1. Verificar alimentación en el conector del componente
2. Verificar masa (caída de voltaje bajo carga)
3. Verificar la señal / la orden de la ECU con osciloscopio
4. Verificar la corriente con pinza amperimétrica
5. Verificar la respuesta física del componente
6. Solo entonces sospechar del módulo

Fin del Módulo 0. El Módulo 1 (Sensores de Sincronismo CKP/CMP) aplica todos estos conceptos al análisis dinámico de 720°.