CURSO

MASTER

DE SENSORES Y ACTUADORES AUTOMOTRICES

DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO AVANZADO



661	148	1196	70
PÁGINAS	FIGURAS	PREGUNTAS	HORAS

EL MÉTODO

1. ¿Llega la energía?
2. ¿Existe la señal?
3. ¿Coincide la corriente?
4. ¿Respondió?

Verifique la energía. Capture la señal. Mida la corriente.

Confirme la respuesta física. Y solo entonces, decida.

POR QUÉ EXISTE ESTE CURSO

Un vehículo llega al taller con la luz de avería encendida. Conectas el escáner y te devuelve un código. Cambias la pieza que ese código menciona.

Y a la semana el vehículo vuelve. Con el mismo síntoma.

No es falta de conocimiento. No es falta de herramienta. Es que **el código no acusa al componente que nombra**, y nadie te lo explicó nunca.

> **P0016** no acusa al sensor de árbol de levas. **P0171** no acusa al caudalímetro. **P0087** no acusa a la bomba de alta presión. **P0420** no acusa al catalizador. **P0128** no acusa al sensor de temperatura.

Cada uno de esos códigos describe una **relación fuera de rango** entre dos datos que la computadora compara. Y la causa está, en la inmensa mayoría de los casos, en un lugar distinto al que el código señala.

La prueba de que esto no es una opinión

Este curso documenta **diez averías reales**, con los datos que se recogieron, los cálculos que se hicieron, el hallazgo, y —esto es lo que casi ningún material incluye— **las mediciones de verificación posteriores a la reparación**.

De esos diez casos, **seis se resolvieron reparando cableado**.

En esos seis, la pieza que el código señalaba estaba perfectamente sana: un caudalímetro, un sensor de cigüeñal, un catalizador y un juego completo de inyectores. Piezas que se habrían cambiado, que se habrían facturado, y que no habrían resuelto nada.

Ésa es la razón exacta de que este material esté construido alrededor de un **método** y no de un catálogo de valores. Porque el catálogo te habría hecho cambiar la pieza.

QUÉ HACE DISTINTO A ESTE MATERIAL

No es un catálogo. Es un método.

Existen decenas de manuales que te dicen que un sensor debe entregar 1.2 voltios en ralentí. Son útiles el día que tienes ese sensor delante, y **caducan** cuando sale el modelo siguiente.

Este material está construido al revés. Enseña **por qué** ese sensor entrega 1.2 voltios, qué significa que entregue 1.4, y cómo calcular lo que debería entregar en un vehículo que no habías visto nunca, de una marca que no conoces, del año que viene.

Los valores están —y son muchos—, pero son la **consecuencia**, no el punto de partida.

Cada dato viene con su cálculo

No se afirma «la corriente debe ser un amperio». Se enseña a obtenerla:

```
I = V / R = 14.0 / 14.5 = 0.97 A
```

Y a deducir, de una lectura real de 0.71 A, que hay **5.2 Ω de resistencia parásita** en ese circuito y una **pérdida del 46 % de la fuerza de apertura** del solenoide —porque la fuerza va con el cuadrado de la corriente, no en proporción directa.

Ese razonamiento se repite en los dieciséis módulos, aplicado a más de cien componentes distintos.

Los límites no son universales

Es probablemente la idea que más dinero ahorra de todo el curso.

Una caída de **0.20 V** es un valor excelente en un circuito de arranque, donde circulan trescientos amperios. Es aceptable en un inyector. Y equivale a **125 bar de error** en un sensor de riel common rail de 2 500 bar.

El material enseña a **escalar el límite** según la corriente del circuito y el rango del componente, en lugar de aplicar un número único que está equivocado en la mitad de los casos.

El voltaje prueba la orden. La corriente prueba la ejecución.

Un inyector con el pin pegado por carbón, un solenoide de distribución variable con el filtro-malla obstruido y un actuador de turbo trabado presentan **oscilogramas de voltaje impecables**. Pulso limpio, pico de inducción correcto, resistencia dentro de especificación.

Y los tres están averiados.

Solo la rampa de corriente contiene la información mecánica: la joroba que demuestra que el actuador se movió de verdad.

EL MÉTODO, EN CUATRO PREGUNTAS

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

#	Pregunta	Herramienta	Qué descarta si es SÍ
1	¿Llega la energía?	Multímetro en mV	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, bobinado
4	¿El componente respondió?	Joroba · movimiento · presión	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.

Y de ahí sale una consecuencia que ahorra mucho dinero:

> **La computadora es la última sospechosa, nunca la primera.** Es la causa real en menos del 2 % de los casos que llegan diagnosticados como «computadora dañada».

Con qué se hace todo esto

Con tres instrumentos. Ni uno más.

Instrumento	Especificación mínima	Para qué
Multímetro	Resolución 10 µV, True RMS, Hz, duty	Caídas de voltaje y consumo parásito
Osciloscopio	2 canales, ≥ 200 kS/s, memoria profunda	Sincronismo, detonación, señales digitales
Pinza amperimétrica	0 – 60 A, escalas 10 y 100 mV/A	Rampas de inyector y de bobina

No hace falta un equipo de gama alta. Hace falta **saber qué preguntarle** a estos tres.

LA ESTRUCTURA DE 15 PUNTOS

Cada uno de los más de cien componentes del curso se desarrolla con la misma estructura, siempre en el mismo orden. No hay que recordar dónde está cada cosa: está siempre en el mismo sitio.

#	Punto	Qué contiene
1	Valores en ralentí	Lo que debe medir con el motor caliente a ~750 RPM
2	Valores a 2 000 RPM	Cómo cambia el valor y por qué
3	Rango de funcionamiento	Los límites entre los que el componente es válido
4	Síntomas de falla	Qué nota el conductor y qué códigos aparecen
5	Soluciones y reparaciones	Qué se repara y qué se sustituye
6	Diagnóstico paso a paso	El procedimiento completo, en orden, por fases
7	Valores de resistencia	Y en qué casos el óhmetro NO sirve
8	Alimentaciones y tierras	VREF, SIG RTN, masa de potencia y sus límites
9	Ley de Ohm aplicada	El cálculo concreto de ese componente
10	Nomenclatura de cableado	Convenciones SAE, DIN y japonesa
11	Simbología y pin-out	Cómo leer el diagrama de ese circuito
12	Oscilogramas	Forma de onda sana y sus patologías
13	Señales PWM	Frecuencia, ciclo de trabajo y qué significan
14	Análisis de corriente	Lo que el voltaje no puede demostrar
15	Autoevaluación	Tres preguntas de diagnóstico real

En el índice que sigue, los apartados marcados con **«15 puntos × N componentes»** desarrollan esta estructura completa para cada uno de los componentes de ese apartado.

QUÉ INCLUYE EL CURSO COMPLETO

Componente	Detalle
16 módulos	661 páginas · 156 figuras y oscilogramas originales
Guía del Instructor	60 respuestas razonadas con criterio de calificación
Banco de preguntas	1 196 preguntas · 112 temas · aplicación interactiva
Manual de bolsillo	Todas las tablas del curso en 13 páginas
16 podcasts	Uno por módulo, para las horas muertas
Archivos editables	Markdown, adaptables a cualquier programa docente

CÓMO USAR ESTE MATERIAL

No lo leas de corrido. Sus 661 páginas están pensadas para consultarse, no para recorrerse en una tarde.

Si eres técnico de taller: empieza por el Módulo 0, aunque lleves veinte años. Son 22 páginas y contienen los criterios que hacen que todo lo demás signifique algo. Después salta directamente al módulo del sistema que tengas delante. Y termina por el Módulo 15, que te dará el orden en que se piensa.

Si eres instructor: el programa de 70 horas está repartido en cinco bloques con sus horas asignadas, ocho prácticas obligatorias y un examen final de 60 preguntas con su escala de calificación.

Con el banco de preguntas: no lo uses como examen, úsalo como entrenamiento por temas. Y lee la explicación **también cuando aciertes**: muchas veces se acierta por el motivo equivocado.

Con el manual de bolsillo: imprímelo y que viva en el carro de herramientas. Si acaba limpio, es que no sirve.

Una advertencia que se repite en cada módulo

Los valores de este curso son **típicos y orientativos**. Enseñan a razonar.

El diagrama de servicio del VIN concreto es la única fuente definitiva. Un mismo tipo de sensor tiene rangos distintos según fabricante, año y aplicación, y las fórmulas del curso usan ese rango.

ÍNDICE COMPLETO DEL CURSO

Resumen de los 16 módulos

Mód.	Título	Apartados	Págs.
00	FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD APLICADA AL DIAG	12	22
01	SINCRONISMO	12	53
02	SENSORES DE CARGA	10	56
03	SENSORES DE TEMPERATURA	8	40
04	SENSORES DE OXÍGENO Y CONTROL DE MEZCLA	9	56
05	SENSOR DE DETONACIÓN	6	28
06	SENSORES DE PRESIÓN	11	53
07	VELOCIDAD, POSICIÓN Y NIVEL	8	38
08	INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	10	56
09	SISTEMA DE ENCENDIDO	9	36
10	CONTROL DE AIRE Y PAR	7	38
11	EMISIONES Y CONTROL TÉRMICO	10	50
12	ALIMENTACIÓN Y REFRIGERACIÓN	7	38
13	CARGA Y ARRANQUE	7	31
14	SENSORES DIGITALES Y REDES	6	27
15	METODOLOGÍA INTEGRAL, CASOS Y EXAMEN FINAL	6	39
	TOTAL	**138**	**661**

Los números de página corresponden al PDF de cada módulo.

BLOQUE I · FUNDAMENTOS

La base eléctrica sobre la que se apoya todo lo demás. Sin este módulo, los quince siguientes son una lista de valores sin criterio.

MÓDULO 00 · FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD APLICADA AL DIAGNÓSTICO

22 páginas

Por qué el óhmetro miente, por qué el límite de caída de voltaje no es universal, y cómo configurar el osciloscopio para que la captura signifique algo.

	Contenido	Pág.
	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

	Contenido	Pág.
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**

BLOQUE II · SENSORES

Siete módulos para responder a una sola pregunta: ¿qué está midiendo el motor, y me lo está contando bien?

MÓDULO 01 · SINCRONISMO · SENSORES CKP Y CMP

53 páginas

Por qué un motor no arranca en frío con el sensor «dentro de especificación», y la prueba de tres minutos que separa una cadena estirada de un problema de distribución variable.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**4**
1.1	**CKP DE RELUCTANCIA VARIABLE (VR / INDUCTIVO) · 2 HILOS**	**5**
	Principio de funcionamiento	5
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
1.2	**CKP DE EFECTO HALL · 3 HILOS**	**14**
	Principio de funcionamiento	14
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
1.3	**CKP MAGNETORRESISTIVO (MRE)**	**22**
	Principio de funcionamiento	22
	Diferencias clave con Hall y VR	22
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
1.4	**SENSOR CMP · POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS**	**28**
	Función y por qué existe	28
	Tipos constructivos	28
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
1.5	**RUEDAS RELUCTORAS: PATRONES Y CÓMO INTERPRETARLOS**	**36**
	Por qué el patrón importa para el diagnóstico	36
	Tabla maestra de patrones	36
	Conversiones fundamentales que hay que memorizar	37

	Contenido	Pág.
	Cómo identificar el patrón sin el manual	37
	Ruedas sin hueco: la excepción a conocer	37
	Fallas mecánicas de la rueda reluctora	38
1.6	**ANÁLISIS DINÁMICO DE SINCRONISMO DE 720°**	**39**
	Concepto	39
	Configuración de la captura	40
	Los cuatro puntos de verificación	40
	Procedimiento completo de la prueba	41
	Tabla de interpretación de resultados	41
1.7	**CORRELACIÓN CKP / CMP · P0016, P0017, P0018, P0019**	**43**
	Qué evalúa realmente la ECU	43
	Los cuatro códigos y su significado exacto	43
	Causas posibles, en orden de frecuencia real de taller	43
	Método de cuantificación del estiramiento de cadena	44
	Diferenciación rápida: ¿cadena o VVT?	45
1.8	**RUIDO ELÉCTRICO, FALSOS DISPAROS Y SALTOS DE DIENTE**	**46**
	El problema	46
	Las cinco fuentes de ruido, en orden de frecuencia	46
	Cómo se ve el ruido en el osciloscopio	46
	Procedimiento de aislamiento del ruido	47
	Saltos de diente: el fenómeno y su detección	47
1.9	**COMPRESIÓN RELATIVA SINCRONIZADA CON EL CKP**	**48**
	Concepto	48
	Configuración de la prueba	48
	Interpretación	49
	Identificación del cilindro con el CKP	49
	Ventajas y límites de la prueba	50
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 1	**51**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 1	**52**

MÓDULO 02 · SENSORES DE CARGA · MAP, BARO, MAF, TPS Y APP

56 páginas

Cómo distinguir una fuga de vacío de un caudalímetro sesgado mirando un solo dato, y por qué la corriente del calefactor decide si el sensor es culpable o inocente.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**4**
2.1	**SENSOR MAP · PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE**	**5**
	Principio de funcionamiento	5
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
2.2	**SENSOR BARO · PRESIÓN BAROMÉTRICA**	**16**
	Función	
	Tres arquitecturas posibles	16
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
2.3	**SENSOR MAF · FLUJO MÁSICO DE AIRE**	**20**

	Contenido	Pág.
	Principio de funcionamiento	20
	Variantes constructivas	20
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
2.4	**MAF DIGITAL MODERNO (HFM6 / HFM7 / SENT)**	**31**
	Qué cambió	31
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
2.5	**TPS · SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA**	**35**
	Principio de funcionamiento	35
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
2.6	**APP · SENSOR DE POSICIÓN DEL PEDAL DEL ACELERADOR**	**42**
	Por qué la redundancia es obligatoria	42
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
2.7	**SENSOR COMPUESTO: MAF + IAT + PRESIÓN + HUMEDAD**	**49**
	Qué es y por qué existe	49
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 2	**54**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 2	**55**

MÓDULO 03 · SENSORES DE TEMPERATURA · NTC Y PTC

40 páginas

El sensor que miente sin generar ningún código —bien en frío, mal en caliente— y cómo cuantificar en ohmios la resistencia parásita sin desmontar nada.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	Por qué la temperatura es una entrada crítica	3
	Los dos coeficientes térmicos	3
3.1	**SENSOR ECT (TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE)**	**4**
	Principio de funcionamiento	4
	TABLA MAESTRA DE REFERENCIA · ECT / IAT	4
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
3.2	**SENSOR IAT (TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN)**	**18**
	Principio y particularidades	18
	7 – 11 · Resistencia, alimentaciones, Ley de Ohm, cableado y simbología	21
3.3	**SENSORES CHT, EOT Y TFT**	**23**
3.3.1	CHT · Temperatura de la culata (Cylinder Head Temperature)	23
3.3.2	EOT · Temperatura del aceite del motor	23
3.3.3	TFT · Temperatura del fluido de transmisión	24
	Puntos 1 – 15 aplicados a CHT, EOT y TFT	24
	Preguntas de autoevaluación · CHT, EOT y TFT	25
3.4	**SENSOR EGT (TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE)**	**26**
	Función y ubicaciones	26
	Las tres tecnologías: identificarlas antes de medir	26
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
3.5	**DIAGNÓSTICO DEL SENSOR SESGADO (SKEWED SENSOR)**	**34**

	Contenido	Pág.
	El problema en una frase	34
	Por qué el autodiagnóstico no lo detecta	34
	LA PRUEBA DE REMOJO EN FRÍO (COLD SOAK)	34
	Método de comparación con termómetro infrarrojo	36
	Tabla de decisión final del módulo	36
	Preguntas de autoevaluación · Sensor sesgado	36
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 3	**38**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 3	**39**

MÓDULO 04 · SENSORES DE OXÍGENO Y CONTROL DE MEZCLA

56 páginas

Qué te dice y qué NO te dice una sonda lambda, por qué el código de catalizador no acusa al catalizador, y cómo leer una banda ancha que no genera voltaje.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**1**
	La confusión que hay que resolver primero	1
	Conceptos y unidades	1
4.1	**SONDA DE CIRCONIO DE BANDA ESTRECHA (1, 2, 3 Y 4 HILOS)**	**1**
	Principio de funcionamiento	1
	Configuraciones por número de hilos	1
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
4.2	**SONDA DE TITANIO (TiO_2)**	**1**
	Principio de funcionamiento	1
	Ventajas y por qué casi desapareció	1
	8 – 11 · Alimentaciones, Ley de Ohm, cableado y simbología	1
	12 – 14 · Oscilogramas, PWM y corriente	1
4.3	**SENSOR A/F DE BANDA ANCHA (UEGO / LAF / AFR)**	**2**
	Principio de funcionamiento	2
	Tabla maestra de corriente de bombeo (Bosch LSU 4.9)	2
	Cómo lo muestra el escáner: valores simulados	2
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
4.4	**SONDA POST-CATALIZADOR Y EFICIENCIA DEL CATALIZADOR**	**2**
	Función de la sonda posterior	2
	Cómo funciona el catalizador y por qué la sonda posterior es plana	2
	7 – 11 · Resistencia, alimentaciones, Ley de Ohm, cableado y simbología	2
4.5	**SENSOR DE NOx**	**2**
	Principio de funcionamiento	2
	Ubicaciones y funciones	2
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
4.6	**FUEL TRIMS: CÁLCULO E INTERPRETACIÓN**	**3**
	Qué son exactamente	3
	Interpretación del signo	3
	Umbrales de interpretación	3
	Estimación de la mezcla real sin corrección	3

Contenido	Pág.
MATRIZ DIAGNÓSTICA POR RÉGIMEN · el método central	3
Comparación entre bancos (motores en V)	3
Procedimiento completo de diagnóstico por fuel trims	3
Errores frecuentes de interpretación	3
Preguntas de autoevaluación · Fuel trims	3
CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 4	**3**
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 4	**3**

MÓDULO 05 · SENSOR DE DETONACIÓN

28 páginas

Cómo separar detonación real de golpeteo mecánico con una prueba de treinta segundos, y por qué un retardo en ralentí es físicamente imposible.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	Los dos escenarios que resuelve este módulo	3
	Por qué el KS depende del Módulo 1	3
5.1	**SENSOR DE DETONACIÓN PIEZOELÉCTRICO (KS)**	**4**
	Principio de funcionamiento	4
	Las dos arquitecturas	4
	Frecuencia de detonación: el número que hay que conocer	5
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
5.2	**VENTANA DE DETECCIÓN Y ESTRATEGIA DE RETARDO**	**18**
	Por qué existe la ventana angular	18
	Asignación por cilindro	18
	Motores con dos o más sensores	19
	Umbral adaptativo: cómo decide la ECU	19
	Estrategia de retardo de chispa	20
	Estrategias asociadas	21
	PIDs que hay que registrar	21
5.3	**DIAGNÓSTICO CON OSCILOSCOPIO Y ANÁLISIS FFT**	**22**
	Qué es la FFT y por qué es imprescindible aquí	22
	Requisitos del instrumento	22
	Procedimiento de captura FFT	22
	Interpretación del espectro	23
	Diferenciación: detonación real vs ruido mecánico	23
	Procedimiento integral de diagnóstico de detonación	25
	Preguntas de autoevaluación · Osciloscopio y FFT	25
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 5	**26**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 5	**27**

MÓDULO 06 · SENSORES DE PRESIÓN

53 páginas

Ocho sensores distintos con una sola arquitectura eléctrica. Por qué cincuenta milivoltios pueden valer treinta y un bar, y cómo detectarlo con el motor apagado.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**4**
	La arquitectura común	4
	La función de transferencia universal	4
	Presión absoluta vs presión manométrica	5
	LA PRUEBA MAESTRA DEL MÓDULO: VERIFICACIÓN DE LÍNEA BASE KOEO	6
6.1	**SENSOR DE PRESIÓN DE RIEL DE BAJA (FRP)**	**7**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
6.2	**SENSOR DE PRESIÓN DE RIEL DE ALTA (GDI Y COMMON RAIL)**	**14**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
6.3	**SENSOR DE PRESIÓN DE ACEITE**	**22**
	Las dos tecnologías	22
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
6.4	**SENSOR FTP · PRESIÓN DEL TANQUE (SISTEMA EVAP)**	**28**
	Función y particularidad	28
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
6.5	**SENSOR DPFE Y SENSOR DE POSICIÓN EGR**	**34**
6.5.1	DPFE (Differential Pressure Feedback EGR)	34
6.5.2	Sensor de posición EGR (EVP / EGR Position)	35
	Puntos 1 – 15 aplicados al DPFE y al sensor de posición EGR	35
	Preguntas de autoevaluación · DPFE y posición EGR	36
6.6	**SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL DEL DPF**	**37**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
6.7	**TRANSDUCTOR DE PRESIÓN DE A/C**	**43**
	Función	
	7 – 14 · Puntos restantes	45
6.8	**SENSOR DE PRESIÓN DE TURBO (TMAP / BOOST)**	**47**
	Función y relación con el Módulo 2	47
	7 – 14 · Puntos restantes	49
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 6	**51**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 6	**52**

MÓDULO 07 · VELOCIDAD, POSICIÓN Y NIVEL

38 páginas

El sensor que modula corriente en lugar de voltaje y cómo verlo con una resistencia de dos euros. Más la falla del anillo magnético que ningún instrumento eléctrico detecta.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**

	Contenido	Pág.
	Las tres capas del diagnóstico	3
	Fórmulas maestras del módulo	3
7.1	**SENSOR DE VELOCIDAD DEL VEHÍCULO (VSS)**	**4**
	Las cuatro generaciones	4
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
7.2	**SENSORES DE VELOCIDAD DE RUEDA (ABS)**	**10**
	Las dos familias	10
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
7.3	**REALIMENTACIÓN DE POSICIÓN VVT / VANOS**	**19**
	Relación con el Módulo 1	19
	Arquitectura del lazo cerrado	19
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
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**

BLOQUE III · ACTUADORES

Aquí la pregunta cambia: ¿llegó la orden, y se ejecutó? El voltaje responde a la primera mitad. Solo la corriente responde a la segunda.

MÓDULO 08 · INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

56 páginas

Las cinco familias de inyector y la joroba de la rampa: la única prueba de que el actuador realmente se movió, por perfecto que sea el oscilograma de voltaje.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**4**
	Las cinco familias de inyector	4
	Fórmulas maestras del módulo	4
8.1	**INYECTOR SATURADO (ALTA IMPEDANCIA)**	**5**
	Principio de funcionamiento	5
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
8.2	**INYECTOR PEAK & HOLD (BAJA IMPEDANCIA)**	**16**
	Principio y por qué existe	16
	10 – 14 · Puntos restantes	19
8.3	**INYECTOR GDI (INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA)**	**21**

	Contenido	Pág.
	Principio y por qué necesita alta tensión	21
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
8.4	**INYECTOR COMMON RAIL SOLENOIDE (DIÉSEL)**	**29**
	Principio	29
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
8.5	**INYECTOR PIEZOELÉCTRICO**	**36**
	Principio: una carga capacitiva, no inductiva	36
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
8.6	**CODIFICACIÓN IMA / IQA Y CORRECCIÓN POR CILINDRO**	**43**
	Por qué existe la codificación	43
	Nomenclatura por fabricante	43
	Procedimiento de codificación	44
	Corrección por cilindro: la verificación posterior	44
	Tabla de decisión	45
	Puntos 1 – 15 aplicados a la codificación	45
	Preguntas de autoevaluación · Codificación	46
8.7	**BOMBA DE ALTA PRESIÓN Y VÁLVULA REGULADORA**	**47**
	Los dos conceptos de regulación	47
	La distinción que decide el diagnóstico: normalmente abierto vs cerrado	47
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 8	**54**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 8	**55**

MÓDULO 09 · SISTEMA DE ENCENDIDO

36 páginas

Leer una chispa en cuatro trazos, y por qué un fallo de encendido que solo aparece bajo carga suele ser un problema de energía y no de bujía.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	La cadena de transformación	3
	Las tres capturas del módulo	3
	Fórmulas maestras	4
9.1	**BOBINA COP CON IGBT INTEGRADO (IGT / IGF)**	**5**
	Arquitectura	5
	Las señales IGT e IGF	5
	→ estructura de 15 puntos × 1 componente	
9.2	**BOBINA CON MÓDULO EXTERNO Y BOBINA CON DISTRIBUIDOR**	**15**
	Arquitectura	15
	1 – 3 · Valores de referencia	15
	7 – 14 · Puntos restantes	16
9.3	**BOBINA DIS DE CHISPA PERDIDA**	**18**
	Principio	18
	Las dos particularidades eléctricas	18
	7 – 14 · Puntos restantes	20

	Contenido	Pág.
9.4	**ANÁLISIS DEL OSCILOGRAMA PRIMARIO**	**22**
	Configuración del osciloscopio	22
	Los cuatro elementos y su lectura	22
	LA REGLA MAESTRA: PICO Y QUEMADO SE MUEVEN EN SENTIDOS OPUESTOS	24
	Comparación entre cilindros	25
9.5	**ANÁLISIS DEL SECUNDARIO CON PINZA CAPACITIVA**	**26**
	La pinza capacitiva	26
	Los cuatro elementos del secundario	26
	Requerimiento de kV según las condiciones	27
	Las cuatro vistas del análisis secundario	28
	Procedimiento de análisis en 6 pasos	29
9.6	**RAMPA DE CORRIENTE, DWELL Y SATURACIÓN**	**30**
	Por qué la corriente es la prueba definitiva	30
	Configuración	30
	Anatomía de la rampa	31
	Interpretación	31
	El cálculo que resuelve el fallo a alto régimen	31
	Relación entre dwell y RPM	32
	Prueba de caída de voltaje aplicada a la bobina	33
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 9	**34**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 9	**35**

MÓDULO 10 · CONTROL DE AIRE Y PAR

38 páginas

Por qué la posición del actuador de ralentí es un instrumento de medida del resto del motor, y qué ocurre cuando se limpia un cuerpo de aceleración sin ejecutar el aprendizaje.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	El principio que resuelve el 80 % de los ralentíes irregulares	3
10.1	**IAC DE MOTOR PASO A PASO (4 HILOS)**	**5**
	Principio de funcionamiento	5
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
10.2	**IAC ROTATIVO PWM (2 Y 3 HILOS)**	**13**
	Principio y las dos variantes	13
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
10.3	**CUERPO DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICO (ETC)**	**19**
	Arquitectura completa	19
	El puente H: por qué existe	19
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
10.4	**ACTUADORES DE ADMISIÓN VARIABLE (IMRC Y MARIPOSAS DE TURBULENCIA)**	**30**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 10	**36**

	Contenido	Pág.
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 10	**37**

MÓDULO 11 · EMISIONES Y CONTROL TÉRMICO

50 páginas

El filtro que nadie revisa, la válvula que trabaja al revés, y la corriente que baja sin que eso sea una falla.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**4**
	La tabla de verificación funcional del módulo	4
	Los tres rangos de corriente	4
11.1	**VÁLVULA DE PURGA EVAP**	**6**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
11.2	**VÁLVULA DE VENTILACIÓN Y BOMBA DE DETECCIÓN DE FUGAS**	**13**
11.2.1	Válvula de ventilación (Vent Valve)	13
11.2.2	Bomba de detección de fugas (LDP)	14
	Puntos 1 – 15 aplicados a la ventilación y al LDP	14
	Preguntas de autoevaluación · Ventilación y LDP	15
11.3	**VÁLVULA EGR · LAS TRES ARQUITECTURAS**	**16**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
11.4	**SOLENOIDE OCV / VVT**	**23**
	Relación con los Módulos 1 y 7	23
	Principio	23
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
11.5	**SISTEMA DE AIRE SECUNDARIO (AIR)**	**29**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
11.6	**SISTEMA SCR · INYECCIÓN DE ADBLUE (DEF)**	**35**
	Función	
	12 – 14 · Oscilogramas, PWM y corriente	39
11.7	**BUJÍAS INCANDESCENTES Y MÓDULO GPCM**	**40**
	Función y las dos tecnologías	40
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 11	**48**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 11	**49**

MÓDULO 12 · ALIMENTACIÓN Y REFRIGERACIÓN

38 páginas

Cómo seis caídas de voltaje «aceptables» cuestan el veintinueve por ciento de la potencia, y por qué una bomba obstruida consume MENOS corriente, no más.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	Las caídas se acumulan	3
	Los cuatro sistemas del módulo	4
12.1	**BOMBA DE COMBUSTIBLE**	**4**
	Las tres arquitecturas de control	5
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
12.2	**ELECTROVENTILADORES**	**14**
	Las tres arquitecturas	14
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
12.3	**RELÉS Y SU DIAGNÓSTICO POR CAÍDA DE VOLTAJE**	**21**
	Numeración ISO: el estándar que hay que conocer	21
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
12.4	**ACTUADOR DE GEOMETRÍA VARIABLE DE TURBO (VGT / VNT)**	**28**
	Función	
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 12	**36**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 12	**37**

MÓDULO 13 · CARGA Y ARRANQUE

31 páginas

El rizado del alternador leído correctamente, la compresión relativa sin desmontar bujías, y el consumo parásito medido sin despertar un solo módulo.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	Lo que ha cambiado y por qué importa	3
	Las cuatro pruebas del módulo	3
	Fórmulas maestras	4
13.1	**ALTERNADOR CON REGULACIÓN POR PCM (RVC) Y POR LIN**	**5**
	Las tres arquitecturas	5
	El sensor de batería (IBS / EBS)	5
	→ *estructura de 15 puntos × 1 componente*	
13.2	**PRUEBA DE RIZADO (RIPPLE) CON OSCILOSCOPIO**	**14**
	Por qué existe el rizado	14
	Preguntas de autoevaluación · Rizado	17
13.3	**ANÁLISIS DE CORRIENTE DE ARRANQUE Y COMPRESIÓN RELATIVA**	**18**
	Los tres tramos de la captura	18
	Preguntas de autoevaluación · Arranque y compresión relativa	23
13.4	**CONSUMO PARÁSITO (PARASITIC DRAW)**	**24**
	El error metodológico que invalida la prueba	24
	Preguntas de autoevaluación · Consumo parásito	28
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 13	**29**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 13	**30**

BLOQUE IV · REDES DIGITALES

Qué hacer cuando el sensor ya no transmite en voltios sino en tiempo entre flancos.

MÓDULO 14 · SENSORES DIGITALES Y REDES

27 páginas

Qué hacer cuando el sensor ya no habla en voltios: SENT, PSI5, CAN y LIN aplicados al diagnóstico real, con el árbol de decisión de cuatro pasos.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**2**
	Por qué el voltaje dejó de ser el dato	2
	Los cuatro protocolos del módulo	3
14.1	**SENSORES CON SALIDA SENT Y PSI5**	**4**
14.1.1	SENT (Single Edge Nibble Transmission, SAE J2716)	4
14.1.2	PSI5 (Peripheral Sensor Interface 5)	10
14.2	**REDES CAN Y LIN APLICADAS AL DIAGNÓSTICO**	**13**
14.2.1	CAN (Controller Area Network, ISO 11898)	13
14.2.2	LIN (Local Interconnect Network, ISO 17987)	17
14.3	**DIAGNÓSTICO DE SENSORES SIN SEÑAL ANALÓGICA**	**21**
	El cambio de mentalidad	21
	Las seis verificaciones que SÍ se pueden hacer	21
	Lo que NO se puede hacer	22
	Árbol de decisión	22
	La ventaja diagnóstica que nadie aprovecha	24
	Preguntas de autoevaluación · Sensores digitales	24
	CUESTIONARIO INTEGRADOR · MÓDULO 14	**25**
	HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA · MÓDULO 14	**26**

BLOQUE V · METODOLOGÍA

El árbol de decisión que conecta los quince módulos anteriores, y diez averías reales resueltas de principio a fin.

MÓDULO 15 · METODOLOGÍA INTEGRAL, CASOS Y EXAMEN FINAL

39 páginas

El método que ordena los quince módulos anteriores, diez casos resueltos con sus mediciones de verificación, la tabla maestra y el examen final de sesenta preguntas.

	Contenido	Pág.
	PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	**3**
	Las tres afirmaciones que resumen el curso	3
15.1	**ÁRBOL DE DECISIÓN UNIVERSAL**	**4**

	Contenido	Pág.
	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

LO QUE ESTE CURSO NO CUBRE

Por honestidad, y para que nadie lo adquiera esperando algo que no está.

No cubre	Por qué
Alta tensión de híbridos y eléctricos	Es una especialidad con requisitos de seguridad propios. Los sensores, actuadores y redes de un híbrido sí están, porque son los mismos
Mecánica	No hay reglajes, distribuciones paso a paso ni reconstrucción de motores. Se cruza con la mecánica cuando el diagnóstico eléctrico apunta ahí, y se detiene
Carrocería, confort y multimedia	El método sirve; los componentes concretos no están
Certificación oficial	No existe acreditación de ningún organismo. Hay examen y guía del instructor para acreditación interna de un centro

---

LAS CINCO IDEAS DEL CURSO

Si de las 661 páginas 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. Sin joroba en la rampa, el actuador no se movió, por 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 y son 125 bar de error en un riel common rail.

4 · Las caídas se acumulan. Seis defectos «aceptables» mirados en aislamiento cuestan el 29 % de la potencia de la carga.

5 · La computadora es la última sospechosa.

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

Curso Master de Sensores y Actuadores Automotrices · Diagnóstico Electrónico Avanzado. Presentación, modo de uso e índice completo de los 16 módulos.

M U E S T R A C O M P L E T A

MÓDULO 0

FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD APLICADA AL DIAGNÓSTICO

A partir de la página siguiente empieza el **Módulo 0 completo**, tal y como se entrega en el curso. Las 22 páginas enteras, con sus figuras, sus tablas, su cuestionario de autoevaluación y su hoja de referencia rápida.

No es un extracto ni una versión reducida. Es el módulo íntegro.

Por qué se entrega precisamente éste

Porque es el que sostiene a los otros quince.

Los quince módulos siguientes están llenos de valores: que un sensor de temperatura mide 241 Ω a 90 °C, que un inyector consume 0.97 A, que un bus CAN debe dar 60 Ω. Esos números no sirven de nada sin los criterios que están aquí:

Por qué **el óhmetro miente** y cuál es la prueba que sí responde. Por qué **el límite de caída de voltaje no es universal**, y cómo escalarlo según la corriente y el rango. Por qué **VREF y masa de señal no son intercambiables** con la masa de potencia. Cómo configurar el osciloscopio para que la captura signifique algo. Y qué es la **rampa de corriente**, que demuestra lo que el voltaje no puede demostrar.

Cómo juzgarlo

Léelo entero. Son 22 páginas.

Si te sirve —si encuentras al menos una cosa que vas a aplicar el lunes— entonces el resto del curso está construido exactamente igual, con la misma densidad y el mismo criterio.

Y si no te sirve, tampoco te servirá el resto. Es mejor saberlo ahora, gratis, que después de pagar.

Es el argumento más honesto que tenemos: que lo juzgues con el material en la mano y no con lo que digamos de él.

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

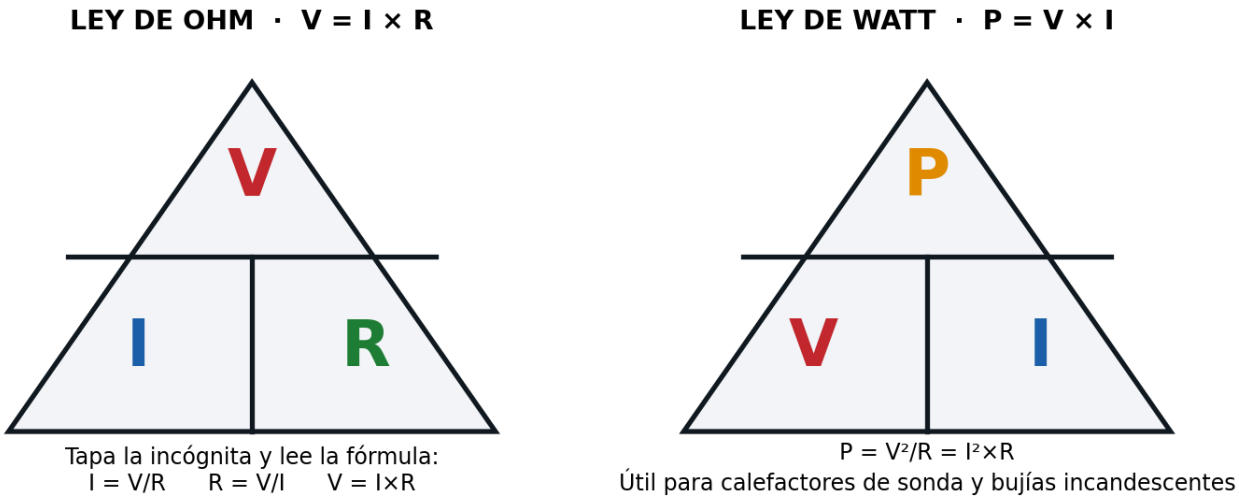


Figura 1: Triángulos de Ohm y Watt

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:

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

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

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 **≈0.96 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)

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

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

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

Si la pinza lee 0.9 A, la resistencia real del circuito es $R = 13.8/0.9 = 15.3\ \Omega$ → hay ~9 Ω 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.

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

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 VOLTAJE 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 VOLTAJE 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 14.5 Ω cada uno presenta $R = 14.5/4 = 3.6\ \Omega$ y consume $14/3.6 = 3.9$ 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*):

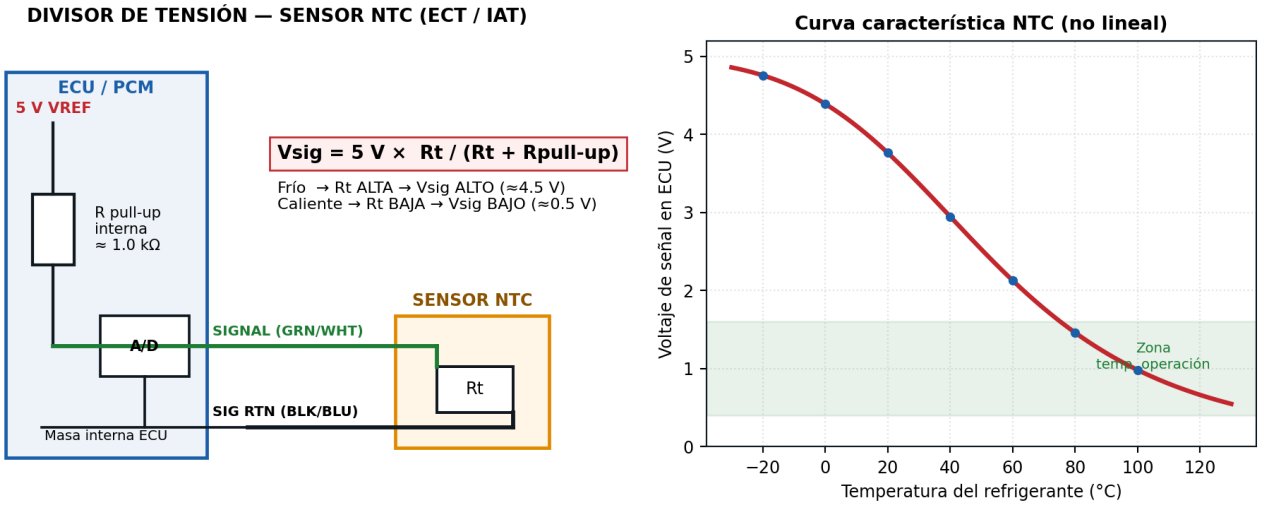


Figura 2: Divisor de tensión con sensor NTC

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

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

Temp.	R sensor	Cálculo	V señal
−20 °C	15 000 Ω	5 × 15000/16000	**4.69 V**
0 °C	5 900 Ω	5 × 5900/6900	**4.28 V**
20 °C	2 500 Ω	5 × 2500/3500	**3.57 V**
40 °C	1 180 Ω	5 × 1180/2180	**2.71 V**
60 °C	590 Ω	5 × 590/1590	**1.86 V**
80 °C	320 Ω	5 × 320/1320	**1.21 V**
100 °C	185 Ω	5 × 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 parásita	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 °C. Puentee los dos pines del conector → debe saltar a +130 °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)

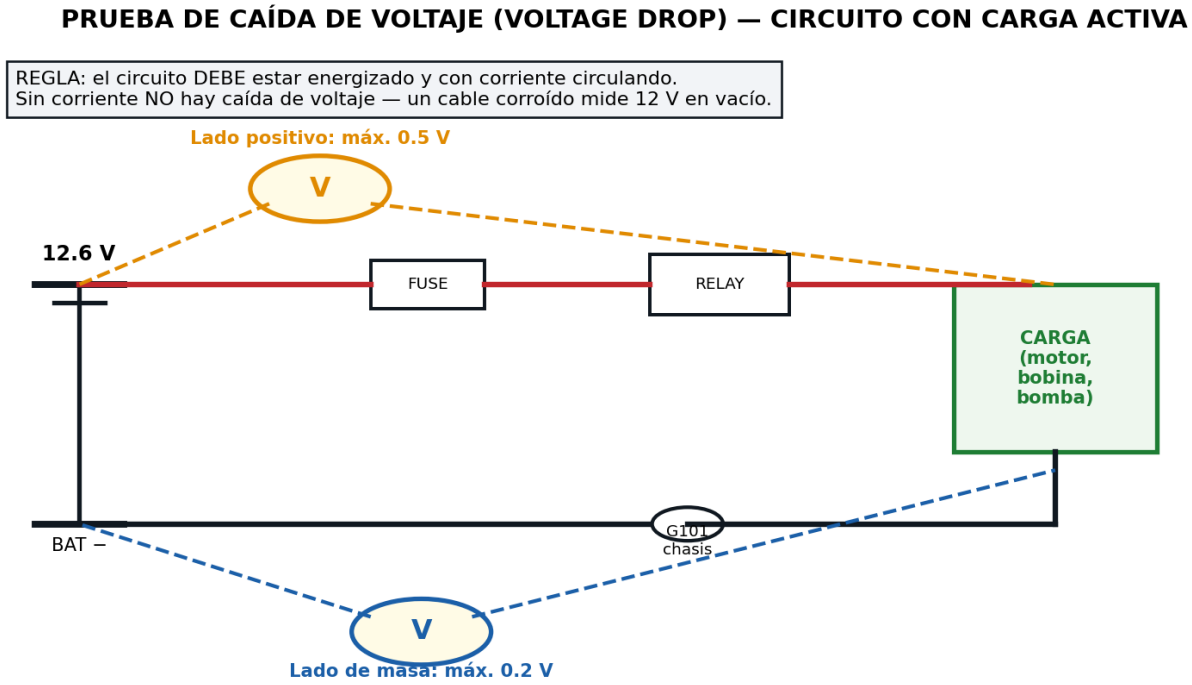


Figura 3: Prueba de caída de voltaje

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.

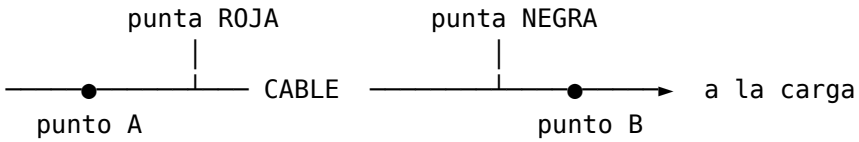
$$V_{drop} = I \times R_{par}$$

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

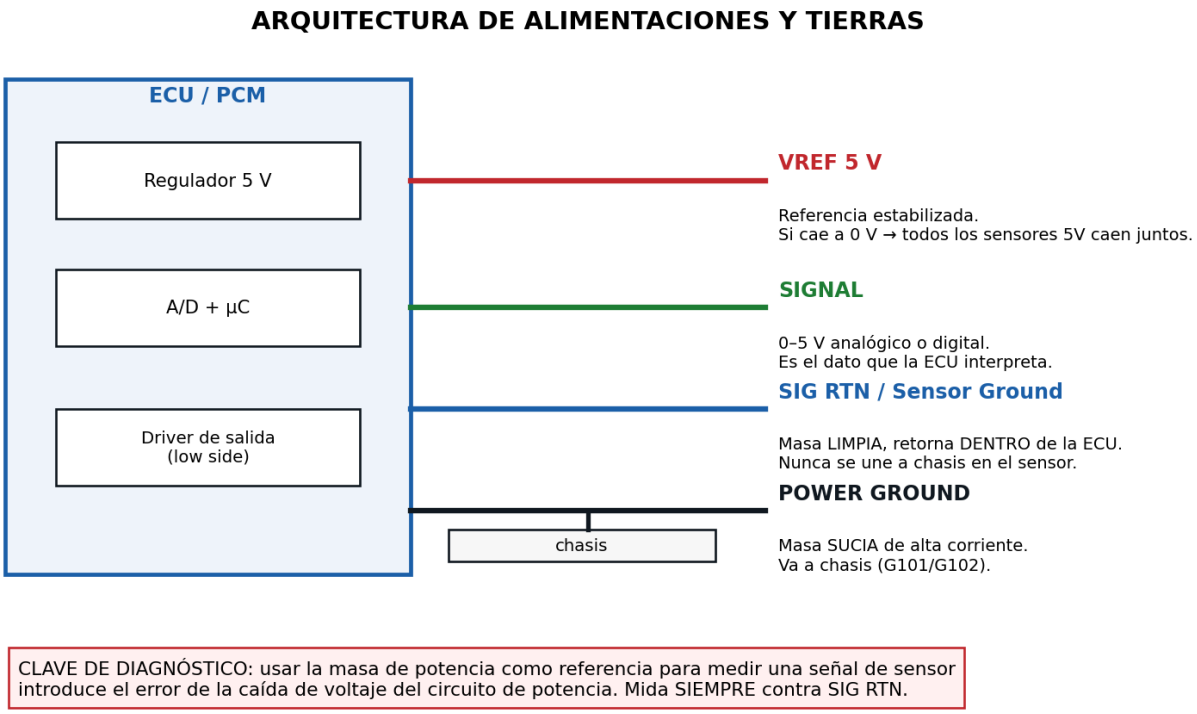


Figura 4: Arquitectura de alimentaciones y tierras

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.

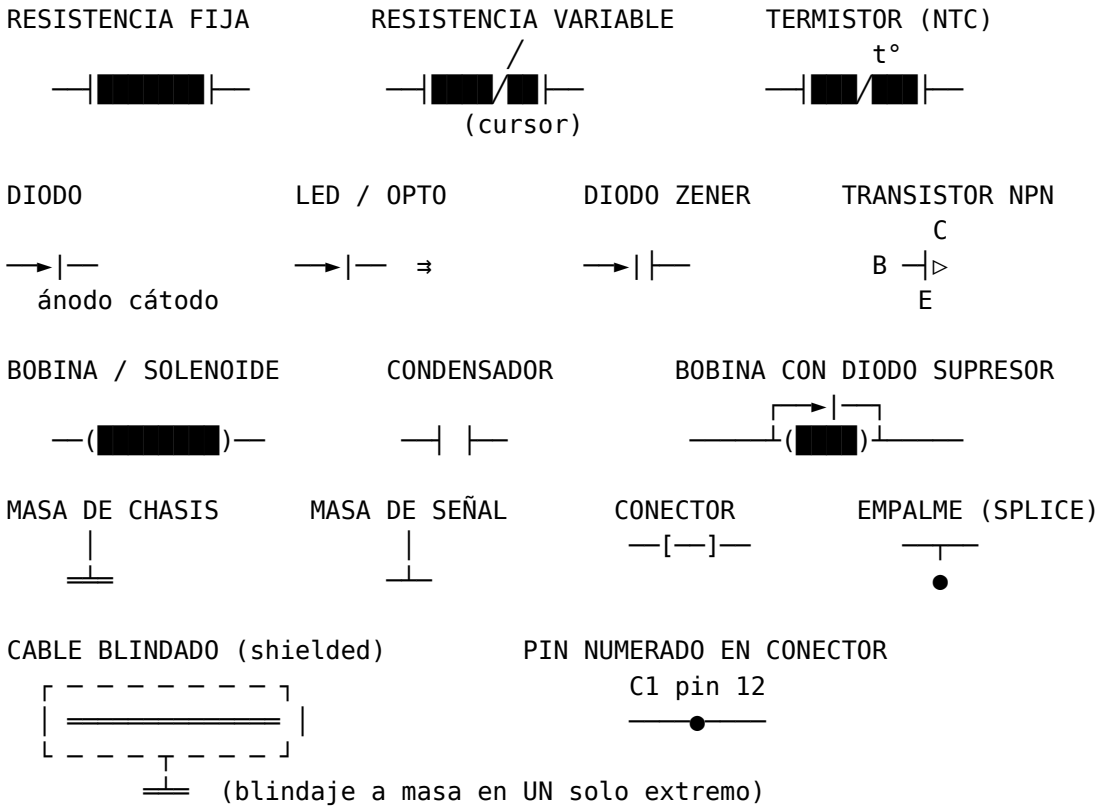
0.5.5 Convenciones de función más frecuentes

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

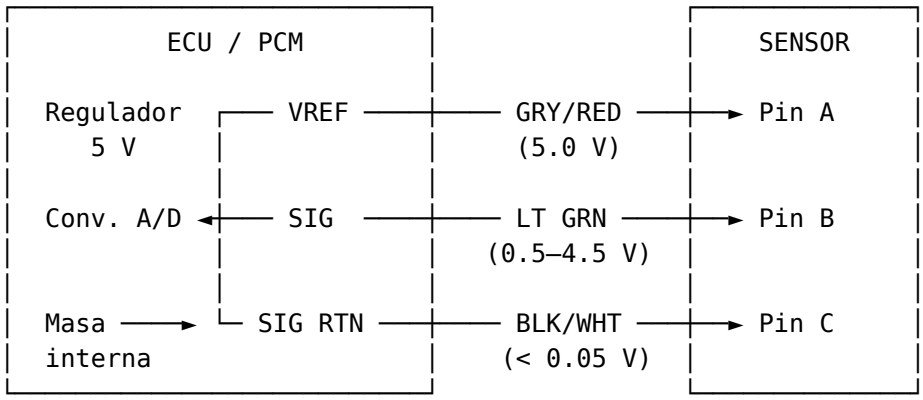
Advertencia obligatoria: estas convenciones son **orientativas**. En un vehículo con reparaciones previas, el color no prueba nada. **El diagrama de servicio del VIN específico es la única fuente válida.**

0.6 · SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA Y LECTURA DE PIN-OUT

0.6.1 Símbolos básicos



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

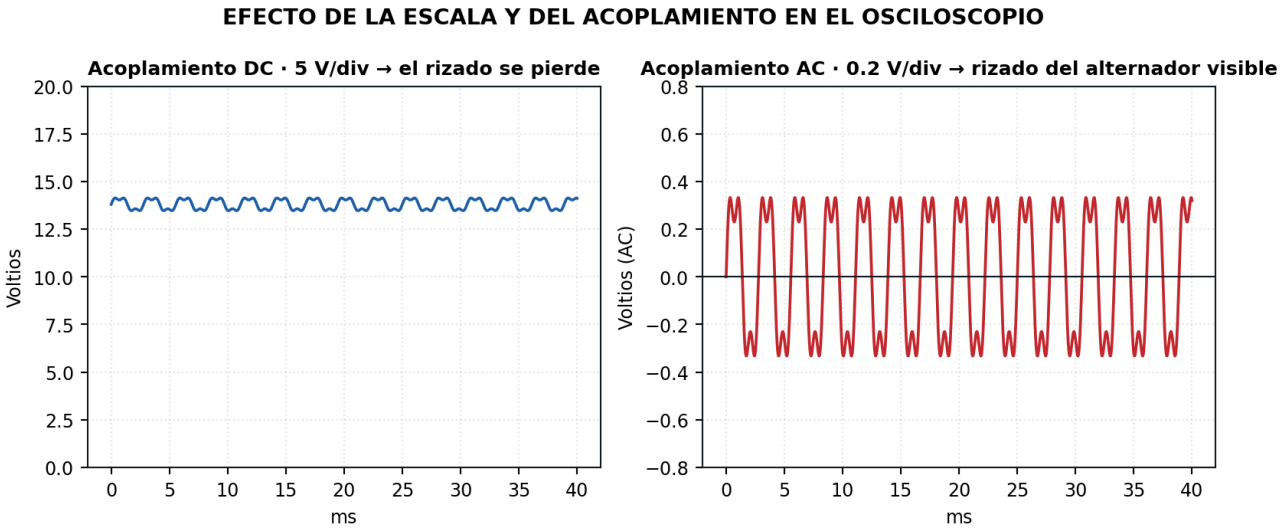


Figura 5: Escala y acoplamiento en el osciloscopio

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.

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

Ejemplo: CKP de rueda 60-2 a 750 RPM. 750 RPM = 12.5 rev/s. Cada revolución genera 58 pulsos → $12.5 \times 58 = 725$ 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×, pero 2× 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 ×10 / ×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

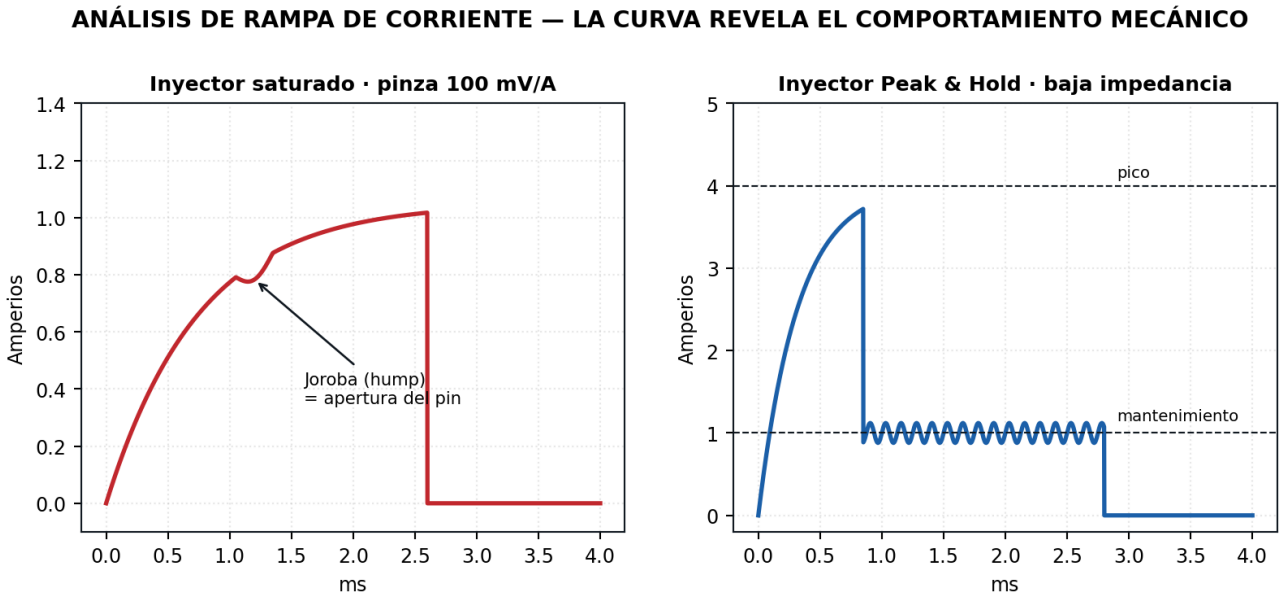


Figura 6: Rampas de corriente en inyectores

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:

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

- τ = constante de tiempo. En 5τ la corriente alcanza el 99 % del máximo.
- Un inyector con L = 12 mH y R = 14.5 Ω tiene $\tau = 0.012/14.5 = 0.83$ 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" (*hump*) presente	Componente sano, el pin/inducido se movió
Joroba ausente	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

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

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

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

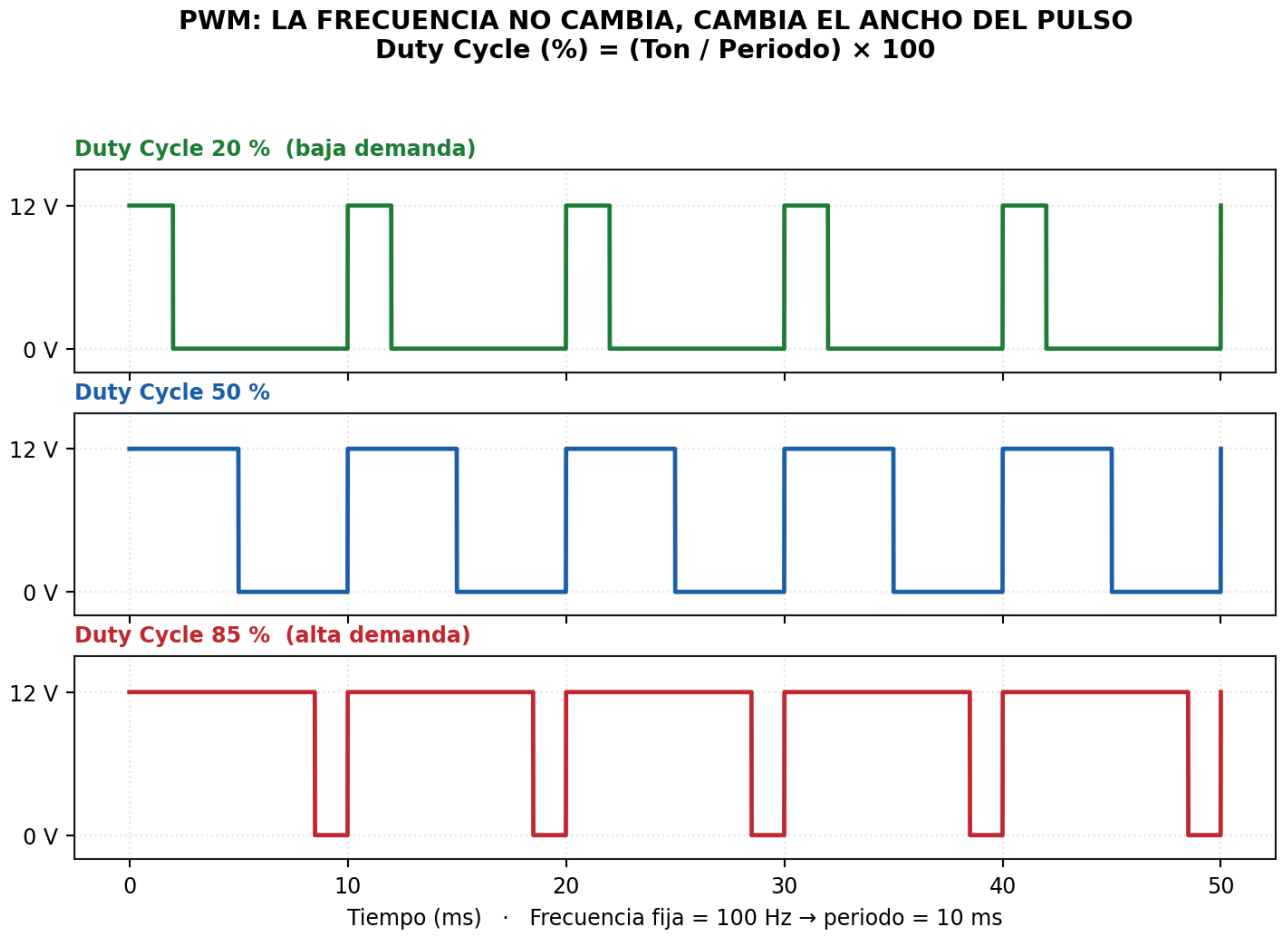


Figura 7: Duty cycle a frecuencia constante

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

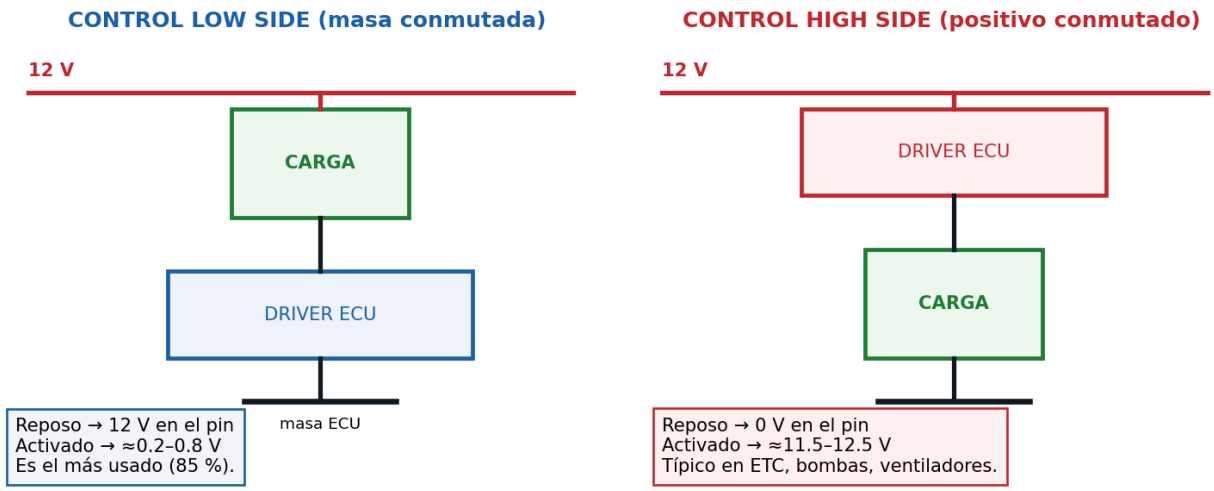


Figura 8: Control low side y high side

	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
Solenoide 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 Ω. 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 °C en el escáner. Al desconectar el conector, el escáner sigue en −40 °C. Al puentear los dos pines del conector, el escáner sigue en −40 °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 × R        I = V / R        R = V / I                 ║
║  P = V × I = I² × R = V² / R                                 ║
║  Vsig = VREF × Rsensor / (Rsensor + Rpull-up)                ║
║  Duty Cycle % = (Ton / Periodo) × 100                        ║
║  Periodo = 1 / Frecuencia                                    ║
║  Rparásita = Vcaída / Icircuito                              ║
╠══════════════════════════════════════════════════════════════╣
║  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°.

HASTA AQUÍ LA MUESTRA

Acabas de leer **un módulo de dieciséis**. El más corto de todos, y el único que no desarrolla componentes: los otros quince aplican estos criterios a más de cien sensores y actuadores concretos.

Lo que queda fuera de esta muestra

15 módulos más — 639 páginas y 149 oscilogramas · **Guía del Instructor** con 60 respuestas razonadas · **Banco de 1 196 preguntas** con el cálculo explicado · **Manual de bolsillo** de 13 páginas · **16 podcasts** · y **10 casos resueltos** con sus mediciones de verificación posteriores.

Lo que vas a poder hacer al terminarlo

Aplicar cuatro preguntas en orden a **cualquier** componente, lo hayas visto antes o no. Calcular la resistencia parásita de un circuito a partir de una corriente medida y traducirla a pérdida real de fuerza. Saber cuándo un código señala a otro sitio, y en qué orden abordar tres códigos que aparecen juntos. Y **saber cuándo un componente está sano**, que es lo que evita cambiar piezas que no hacían falta.

El curso completo

$50

PAGO ÚNICO · ACCESO PERMANENTE

Correcciones y ampliaciones del material, sin coste adicional

Pago Móvil · Zinli · Binance · PayPal

+58 424 302 9659

Escribe por WhatsApp y te confirmo el monto y los datos

Una última cosa

Si has encontrado algún error en estas 22 páginas, **dímelo**. Durante la elaboración se detectaron y corrigieron varios errores numéricos propios, y se anunciaron públicamente. Probablemente queden más: ningún trabajo técnico de este tamaño sale perfecto. Se corrige, se actualiza, y quien tiene el curso lo recibe sin coste.

EL MÉTODO, EN UNA LÍNEA

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