

MÓDULO 10 — ACTUADORES DE CONTROL DE AIRE Y PAR

IAC paso a paso · IAC rotativo PWM · Cuerpo de aceleración electrónico (ETC) ·
Admisión variable

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	3
El principio que resuelve el 80 % de los ralentíos irregulares	3
10.1 · IAC DE MOTOR PASO A PASO (4 HILOS)	5
Principio de funcionamiento	5
1 · Valores en ralentí (motor caliente, ~750 RPM)	5
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	6
3 · Rango de funcionamiento normal	6
4 · Síntomas de falla	6
5 · Posibles soluciones y reparaciones	7
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso	7
7 · Valores comunes de resistencia	9
8 · Alimentaciones y tierras	9
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	9
10 · Nomenclatura de cableado	10
11 · Simbología y diagrama de conexión	10
12 · Análisis de oscilogramas	10
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	11
14 · Análisis de corriente	11
15 · Preguntas de autoevaluación — IAC paso a paso	11
10.2 · IAC ROTATIVO PWM (2 Y 3 HILOS)	13
Principio y las dos variantes	13
1 · Valores en ralentí (motor caliente)	13
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	14
3 · Rango de funcionamiento normal	14
4 · Síntomas de falla	14
5 · Posibles soluciones y reparaciones	15
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	15
7 · Valores comunes de resistencia	15
8 · Alimentaciones y tierras	16
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	16
10 · Nomenclatura de cableado	16
11 · Simbología y diagrama de conexión	17

12 · Análisis de oscilogramas	17
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	17
14 · Análisis de corriente	18
15 · Preguntas de autoevaluación — IAC rotativo	18
10.3 · CUERPO DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICO (ETC)	19
Arquitectura completa	19
El puente H: por qué existe	19
1 · Valores en ralentí	20
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	20
3 · Rango de funcionamiento normal	20
4 · Síntomas de falla	21
5 · Posibles soluciones y reparaciones	21
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso	21
7 · Valores comunes de resistencia	24
8 · Alimentaciones y tierras	26
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	26
10 · Nomenclatura de cableado	27
11 · Simbología y diagrama de conexión	27
12 · Análisis de oscilogramas	27
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	28
14 · Análisis de corriente	28
15 · Preguntas de autoevaluación — ETC	29
10.4 · ACTUADORES DE ADMISIÓN VARIABLE (IMRC Y MARIPOSAS DE TURBULENCIA)	30
Función	30
1 · Valores en ralentí	30
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	31
3 · Rango de funcionamiento normal	31
4 · Síntomas de falla	31
5 · Posibles soluciones y reparaciones	32
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	32
7 · Valores comunes de resistencia	33
8 · Alimentaciones y tierras	33
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	33
10 · Nomenclatura de cableado	34
11 · Simbología y diagrama de conexión	34
12 · Análisis de oscilogramas	34
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	35
14 · Análisis de corriente	35
15 · Preguntas de autoevaluación — Admisión variable	35
CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 10	36
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 10	37

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

LAS TRES GENERACIONES DEL CONTROL DE RALENTÍ

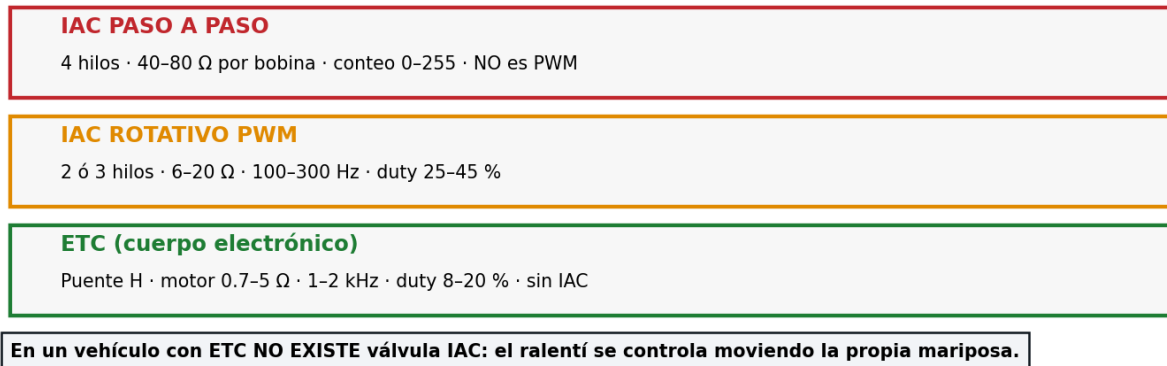


Figura 1: Las tres generaciones del control de ralentí

Todo motor de gasolina necesita resolver el mismo problema: **con la mariposa cerrada, ¿cómo entra el aire que el motor necesita para mantener el ralentí?**

La respuesta ha cambiado tres veces en treinta años, y cada respuesta exige un método de diagnóstico distinto:

Generación	Solución	Cómo se diagnostica
1 · IAC paso a paso	Un conducto de derivación con un vástago motorizado	Resistencia de bobinas + secuencia de fases + conteo de pasos
2 · IAC rotativo PWM	Una válvula rotativa comandada por ancho de pulso	Duty cycle + corriente
3 · ETC	No hay derivación: se mueve la propia mariposa	Comandada vs real + duty + corriente

Primer paso de todo diagnóstico de ralentí: determinar cuál de las tres arquitecturas tiene el vehículo. En un motor con ETC **no existe válvula IAC**, y buscarla es perder el tiempo. En un motor con IAC, el problema casi nunca está en el IAC: está en el aire que entra sin permiso.

El principio que resuelve el 80 % de los ralentíes irregulares

El control de ralentí es un **laço cerrado**. La ECU compara las RPM reales con las objetivo y mueve el actuador hasta igualarlas. Por lo tanto:

La posición del actuador es un instrumento de medida del resto del motor. Un conteo de IAC muy bajo o un duty cycle muy bajo significan que **está entrando aire que la ECU no comandó**: fuga de vacío, mariposa mal ajustada, PCV, o el propio IAC pegado abierto. Un conteo muy alto significa lo contrario: **falta aire**. Mariposa sucia, conducto obstruido, o carga mecánica excesiva.

En ambos casos, el actuador está funcionando correctamente. Es el mensajero, no el culpable.

10.1 · IAC DE MOTOR PASO A PASO (4 HILOS)

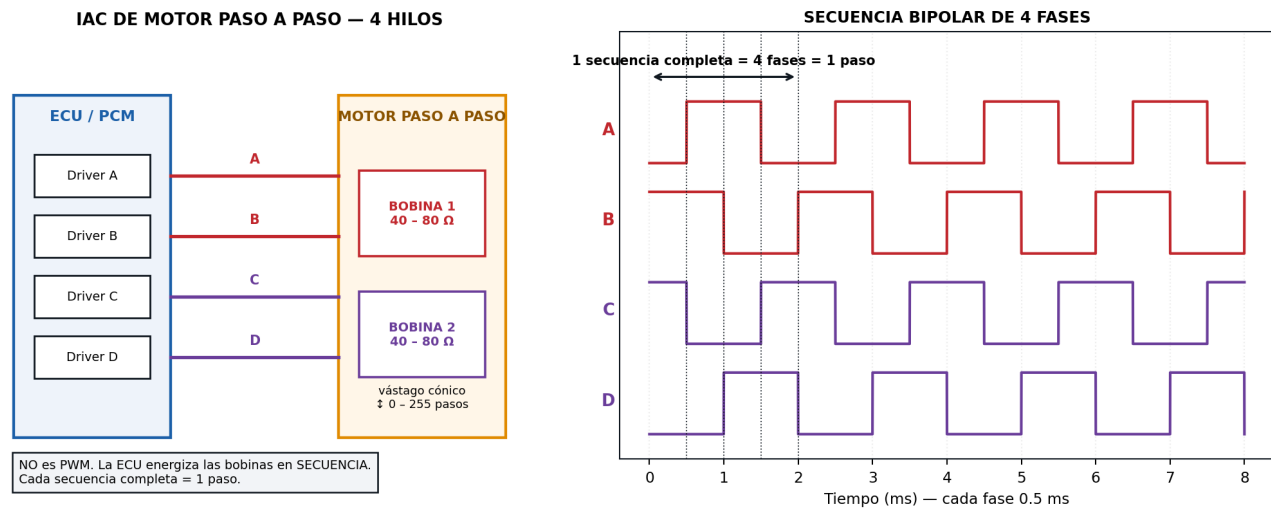


Figura 2: Circuito y secuencia de fases del IAC paso a paso

Principio de funcionamiento

Dos bobinas independientes, energizadas en una **secuencia bipolar de cuatro fases**, hacen girar un rotor magnético. Ese giro desplaza un **vástago cónico** que abre o cierra un conducto de derivación alrededor de la mariposa.

Consecuencias prácticas de esta arquitectura:

- **No es PWM.** No tiene ciclo de trabajo. La ECU cuenta pasos.
- La posición se expresa en **conteos (counts o steps)**, típicamente de 0 a 255.
- El motor **conserva su posición sin corriente** (por el magnetismo del rotor y la fricción), por lo que en régimen estable **no hay actividad eléctrica**.
- Al poner el contacto, la ECU ejecuta una **rutina de calibración**: lleva el vástago a tope cerrado y desde ahí cuenta. Por eso se oye un zumbido al girar la llave.

1 · Valores en ralentí (motor caliente, ~750 RPM)

Parámetro	Valor esperado
Conteo del IAC	15 - 50 pasos
Resistencia por bobina	40 - 80 Ω
Corriente por bobina durante el paso	0.15 - 0.35 A
Voltaje de las fases	Pulsos bipolares de 0 y 12 - 14 V
Actividad en régimen estable	Ninguna (el vástago no se mueve)
Duración de cada fase	0.3 - 1.0 ms

Cálculo de verificación (bobina de 52 Ω a 14.0 V):

$$I = \frac{14.0}{52} = 0.269 \text{ A} \quad P = 14.0 \times 0.269 = 3.77 \text{ W}$$

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Conteo
2000 RPM en punto muerto	El IAC se cierra casi por completo (0 - 10 pasos)
Al soltar el acelerador desde 2000 RPM	Apertura momentánea (<i>dashpot</i>) de 60 - 120 pasos
Estabilizado tras la desaceleración	Regreso a 15 - 50 pasos

A 2000 RPM el IAC no interviene. El aire lo suministra la mariposa abierta. El IAC solo trabaja con la mariposa en su tope de reposo. **Por eso todas las pruebas del IAC se hacen en ralentí.**

3 · Rango de funcionamiento normal

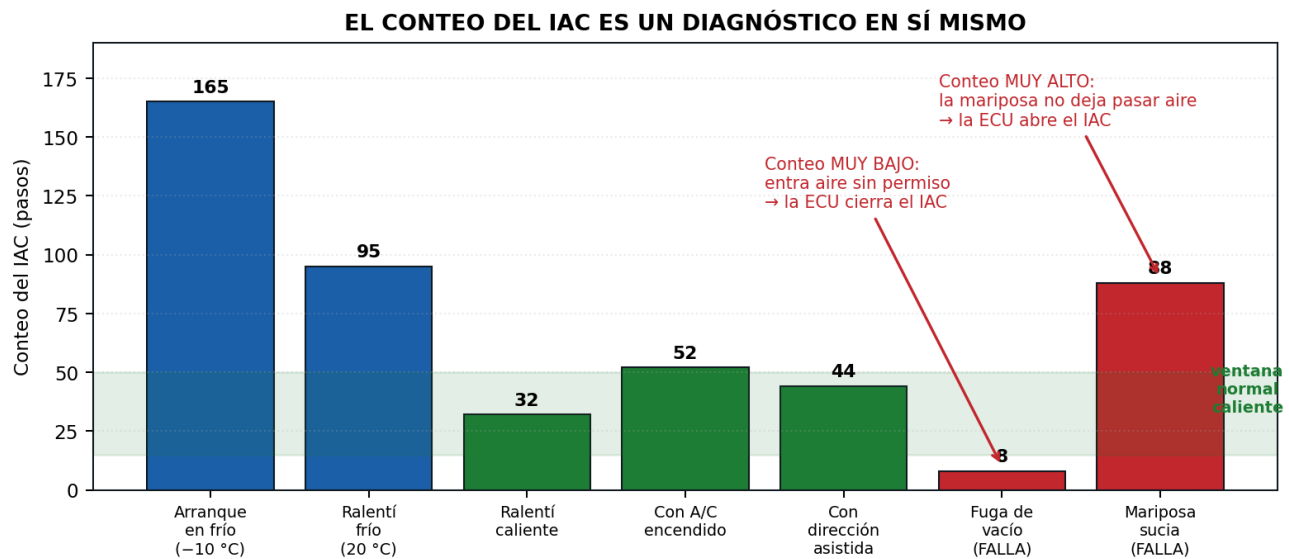


Figura 3: Conteos del IAC según la condición

Condición	Conteo esperado
Arranque en frío (-10 °C)	150 - 200
Ralentí frío (20 °C)	80 - 120
Ralentí caliente	15 - 50
Con A/C encendido	+10 a +25 sobre el valor base
Con dirección asistida a tope	+8 a +20
Con carga eléctrica alta	+5 a +15
En desaceleración (<i>dashpot</i>)	60 - 120 momentáneo
Rango total del actuador	0 - 255 pasos

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Conteo muy bajo (< 10) con ralentí alto	Entra aire sin permiso: fuga de vacío, mariposa mal ajustada, PCV, IAC pegado abierto
Conteo muy alto (> 70) con ralentí bajo	Falta aire: mariposa sucia, conducto del IAC obstruido por carbón
Vástago pegado por carbón	Ralentí que no se corrige, calado al soltar el acelerador
Bobina abierta	El motor no responde al comando; ralentí fijo
Espiras en corto	Movimiento errático o nulo
Conteo que oscila continuamente	El lazo no encuentra estabilidad: fuga variable o sensor deficiente
Ralentí alto tras limpiar	Falta ejecutar el reaprendizaje de ralentí

Códigos: P0505 (sistema de control de ralentí), P0506 (RPM más bajas de lo esperado), P0507 (RPM más altas de lo esperado), P0508 (circuito bajo), P0509 (circuito alto), P1508/P1509 (códigos GM del sistema IAC).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Limpiar el cuerpo de aceleración y el conducto del IAC**, incluido el asiento del vástago. Es la reparación más frecuente.
2. **Limpiar el vástago cónico** con limpiador de carburador y un paño; **nunca sumerja el cuerpo del motor paso a paso** en solvente.
3. **Verificar el tope mecánico de la mariposa.** Nunca lo ajuste para “arreglar” el ralentí: está calibrado de fábrica y su alteración descoloca todo el lazo.
4. **Buscar fugas de vacío con máquina de humo** si el conteo es bajo.
5. Verificar la **válvula PCV** y sus mangueras.
6. **Ejecutar el reaprendizaje de ralentí** tras cualquier intervención.
7. Reemplazar el IAC solo cuando la prueba de comando y la de resistencia lo condenen.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso

Fase A — Lectura del conteo (la prueba que orienta todo)

Motor a temperatura de operación, ralentí estable, sin cargas:

Conteo	Interpretación
15 - 50	Normal
< 10	Aire no comandado — el IAC está cerrando para compensar
> 70	Falta de aire — el IAC está abriendo para compensar
Oscilante	Lazo inestable; fuga variable o señal de RPM deficiente

Fase B — Prueba de resistencia

Desconectado, óhmetro entre cada par de pines:

Medición	Valor esperado
Pines A ↔ B (bobina 1)	40 - 80 Ω
Pines C ↔ D (bobina 2)	40 - 80 Ω
Entre bobinas (A ↔ C)	Infinito (OL) — están aisladas
Cualquier pin ↔ carcasa	> 10 MΩ

Si mide continuidad entre las dos bobinas, el actuador está en corto interno. Ese es uno de los pocos hallazgos que condena el IAC de forma inmediata.

Fase C — Captura de la secuencia con osciloscopio

Ajuste	Valor
Canales	4 (uno por fase) o 2 si el osciloscopio no permite más
Acoplamiento	DC
V/div	5 V/div
Time/div	0.5 - 2 ms/div
Trigger	Flanco de bajada de cualquier fase
Momento de captura	Durante un comando , no en régimen estable

Cómo forzar la actividad: comande el IAC con el escáner, encienda el A/C, o gire la dirección a tope. En régimen estable **no hay señal que capturar**, y concluir “el IAC no recibe orden” sería un error.

Verificar: las cuatro fases presentes, con la misma amplitud, en secuencia regular y sin pulsos faltantes.

Fase D — Prueba de comando funcional

Con el escáner, comande el IAC de mínimo a máximo con el motor en ralentí:

Resultado	Diagnóstico
Las RPM suben y bajan siguiendo el comando	IAC y conducto funcionales
Las RPM no cambian	Vástago pegado, conducto obstruido, o actuador sin movimiento
Las RPM cambian poco	Conducto parcialmente obstruido
Se oye el motor moverse pero las RPM no cambian	Conducto obstruido — el actuador está bien

Fase E — Prueba de caída de voltaje

Circuito	Corriente	Límite
Cada fase (durante el paso)	0.15 - 0.35 A	0.10 V
Alimentación común (si existe)	0.3 - 0.7 A	0.15 V

Cálculo de referencia: con 0.27 A, una caída de 0.10 V equivale a 0.37Ω . Sobre una bobina de 52Ω eso es un 0.7 % — despreciable. **Este actuador es poco sensible a la resistencia parásita**, a diferencia de los del Módulo 8.

7 · Valores comunes de resistencia

Fabricante	Resistencia por bobina
GM	40 - 80 Ω (típico 50 - 60)
Chrysler	20 - 30 Ω
Nissan (algunos)	25 - 45 Ω
Bosch paso a paso	45 - 65 Ω
Entre las dos bobinas	Infinito (OL)
Cualquier pin $\leftrightarrow$ carcasa	> 10 M Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Configuración	Descripción
4 hilos (bipolar)	Dos pares independientes; la ECU invierte la polaridad de cada bobina para generar la secuencia
5 - 6 hilos (unipolar)	Un común de 12 V más cuatro controles por lado bajo

No hay alimentación permanente en la configuración bipolar de 4 hilos. Los cuatro conductores van a drivers de la ECU capaces de entregar tanto positivo como masa.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Corriente por bobina

$$I = \frac{V}{R} = \frac{14.0}{52} = 0.269 \text{ A}$$

Cálculo 2 — Deducción de resistencia parásita

Si la pinza (con 10 vueltas del cable) indica 0.19 A:

$$R_{total} = \frac{14.0}{0.19} = 73.7 \Omega \quad R_{par} = 73.7 - 52 = 21.7 \Omega$$

Cálculo 3 — Efecto sobre el par del motor

$$\frac{F}{F_{nominal}} = \left(\frac{0.19}{0.269} \right)^2 = 0.499$$

Pérdida del 50 % del par. El motor puede perder pasos bajo carga (vástagos con carbón), y la ECU perderá la referencia de posición: el conteo mostrado dejará de corresponder a la posición real.

Cálculo 4 – Potencia disipada por bobina

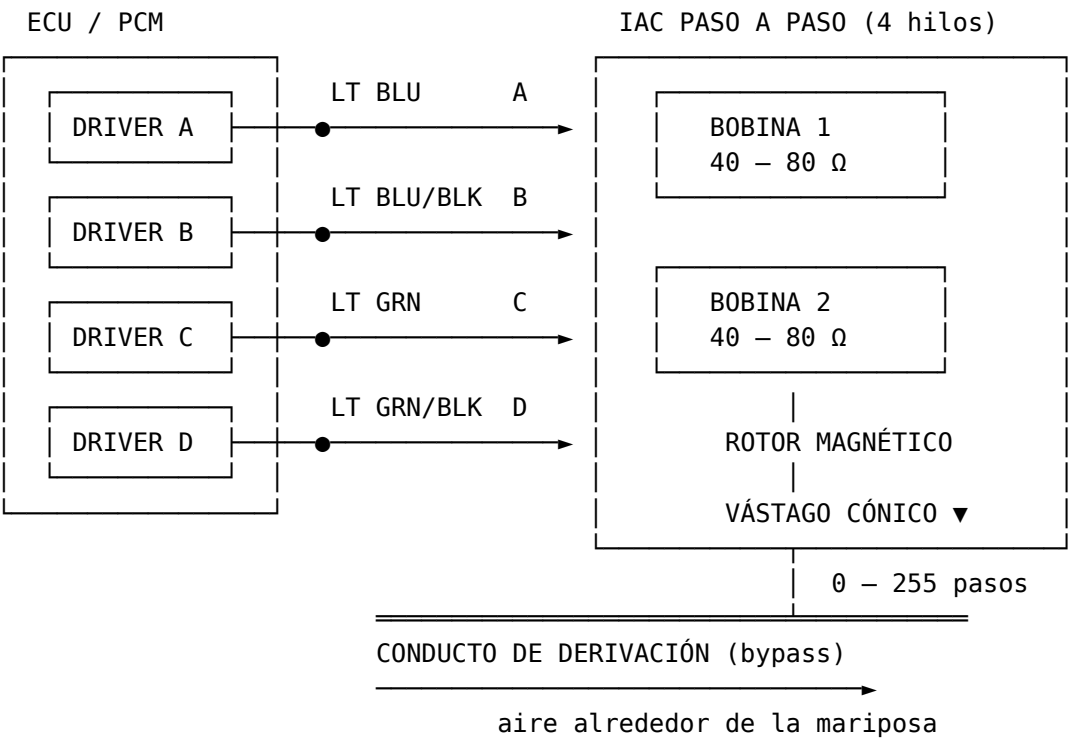
$$P = I^2R = 0.269^2 \times 52 = 3.76 \text{ W}$$

Solo durante el movimiento. En régimen estable el consumo es prácticamente nulo, y por eso este actuador no se calienta.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	Fases
GM	LT BLU, LT GRN, LT BLU/BLK, LT GRN/BLK
Chrysler	BRN/WHT, YEL/BLK, GRY/RED, VIO/BLK
Nissan	Y/G, Y/B, Y/R, Y/W
Mitsubishi	Similar, 6 hilos (2 comunes de 12 V)

11 · Simbología y diagrama de conexión



ENTRE BOBINAS: infinito (aisladas). Continuidad = corto interno.
NO ES PWM. En régimen estable NO HAY SEÑAL. Comande para ver actividad.

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Cuatro fases presentes	Sí, en secuencia regular	Fase faltante = driver o cable

Criterio	Correcto	Falla
Amplitud de las fases	Igual en las cuatro	Desigual = resistencia parásita
Regularidad de la secuencia	Constante	Irregular = driver defectuoso
Actividad en régimen estable	Ninguna (normal)	Actividad continua = lazo inestable
Picos inductivos al corte	Presentes, 40 - 90 V	Ausentes = bobina abierta

Configuración: DC · 5 V/div · 1 ms/div · 4 canales · trigger en flanco de bajada · **capturar durante un comando forzado.**

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

NO APLICA. El IAC paso a paso no tiene ciclo de trabajo. Medirlo con el multímetro en modo *Duty Cycle* dará lecturas erráticas sin significado.

La magnitud de control es el CONTEO DE PASOS, leído por escáner.

Éste es uno de los cuatro actuadores del curso donde el modo *Duty Cycle* del multímetro no debe usarse. Los otros son los inyectores, las bobinas de encendido y los sensores analógicos.

14 · Análisis de corriente

Parámetro	Valor
Corriente por bobina durante el paso	0.15 - 0.35 A
Corriente en régimen estable	≈ 0 A
Corriente durante la calibración inicial (KOEO)	0.3 - 0.7 A durante 1 - 3 s

Método: pinza de baja corriente con **10 vueltas** del conductor ($0.27 \text{ A} \times 10 = 2.7 \text{ A}$, ya medible). Capture durante un comando forzado.

Interpretación:

Hallazgo	Diagnóstico
Corriente correcta y las RPM cambian	Sistema sano
Corriente correcta, RPM sin cambio	Conducto obstruido o vástago pegado
Corriente baja	Resistencia parásita o bobina degradada
Sin corriente en una fase	Driver o cable abierto

15 · Preguntas de autoevaluación — IAC paso a paso

P1. Un motor presenta ralentí alto de 1 150 RPM. El conteo del IAC marca 4 pasos. Interprete el hallazgo, explique por qué el IAC **no** es el culpable y enumere las tres causas más probables en orden.

P2. Una bobina de IAC especifica 55 Ω . Con 13.9 V de sistema, la pinza (con 10 vueltas) indica 1.9 A, es decir 0.19 A reales. Calcule la resistencia total, la resistencia parásita y el porcentaje de pérdida de par del motor.

P3. Un técnico conecta el osciloscopio a las cuatro fases del IAC con el motor en ralentí estable y no observa ninguna señal. Concluye que la ECU no está comandando el actuador. Explique por qué la conclusión puede ser errónea y describa el procedimiento correcto.

10.2 · IAC ROTATIVO PWM (2 Y 3 HILOS)

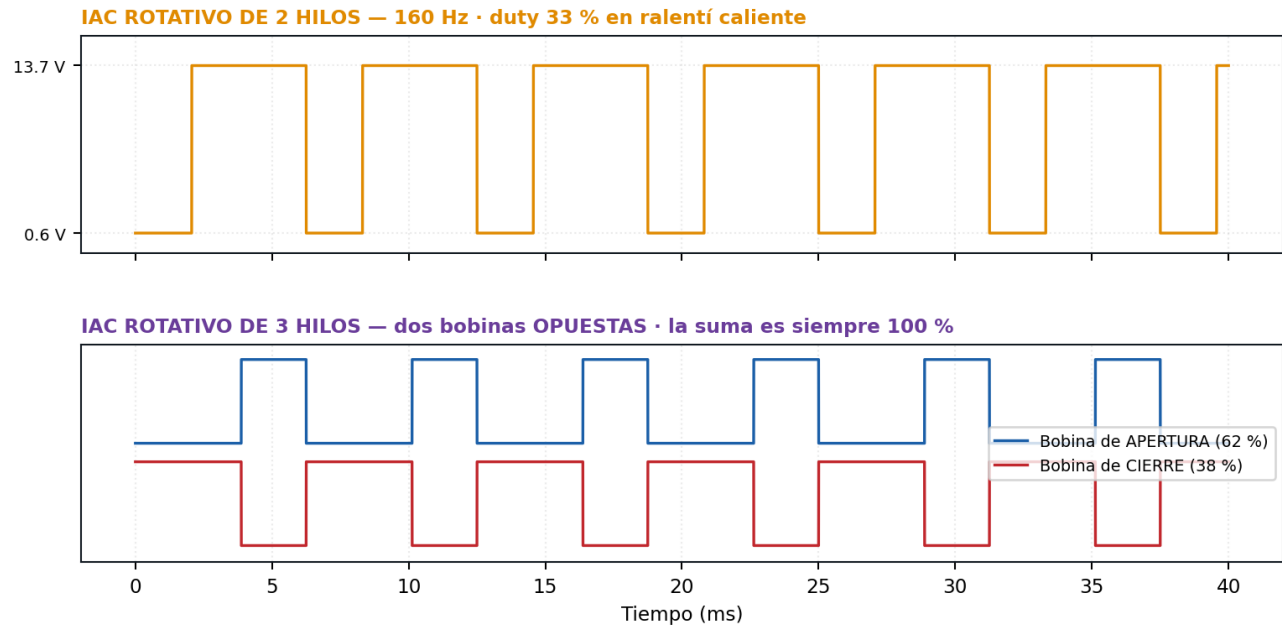


Figura 4: Señales del IAC rotativo de 2 y 3 hilos

Principio y las dos variantes

Una válvula rotativa con un solenoide gira contra un resorte de retorno. El **ciclo de trabajo** determina la fuerza media aplicada y, por tanto, la posición de equilibrio. Es un actuador **proporcional**, no de posiciones discretas.

Variante	Arquitectura	Comportamiento
2 hilos	Una bobina contra un resorte	Duty ↑ = apertura ↑ (o al revés según diseño)
3 hilos	Dos bobinas opuestas , con un común	Duty de apertura + duty de cierre = 100 %

La ventaja de la variante de 3 hilos: ante un fallo eléctrico, ninguna de las dos bobinas domina y la válvula queda en una posición intermedia de emergencia, lo que permite que el motor siga funcionando.

1 · Valores en ralentí (motor caliente)

Variante de 2 hilos:

Parámetro	Valor
Resistencia	6 - 13 Ω (típico 7 - 12)
Frecuencia PWM	100 - 300 Hz (Ford $\approx$ 160 Hz)
Duty cycle en ralentí caliente	25 - 45 %

Parámetro	Valor
Corriente media	0.4 - 0.9 A
Corriente de pico	1.1 - 2.0 A
Voltaje con driver activo	0.3 - 0.9 V

Variante de 3 hilos:

Parámetro	Valor
Resistencia de cada bobina	10 - 20 Ω
Frecuencia PWM	100 - 300 Hz
Duty de apertura en ralentí	55 - 70 %
Duty de cierre	30 - 45 % (complementario)
Corriente total	0.5 - 1.5 A

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Duty (2 hilos)
2000 RPM en punto muerto	10 - 20 % (la válvula se cierra)
Al soltar el acelerador	Pico momentáneo de 55 - 80 % (<i>dashpot</i>)
Estabilizado	Regreso a 25 - 45 %

3 · Rango de funcionamiento normal

Condición	Duty cycle (2 hilos)
Arranque en frío	60 - 85 %
Ralentí frío	45 - 65 %
Ralentí caliente	25 - 45 %
Con A/C encendido	+8 a +18 %
Con dirección a tope	+5 a +15 %
Rango completo	0 - 100 %

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Duty muy bajo (< 15 %) con ralentí alto	Entra aire sin permiso — fuga de vacío o válvula pegada abierta
Duty muy alto (> 60 %) con ralentí bajo	Falta aire — mariposa sucia o conducto obstruido
Válvula pegada por carbón	Ralentí que no se corrige; calado al soltar el acelerador
Bobina abierta	Válvula en posición de resorte; ralentí muy bajo o calado
Resorte de retorno fatigado	Ralentí alto que no baja

Falla	Síntoma
Resistencia parásita	Corriente reducida → posición insuficiente

Códigos: P0505, P0506, P0507, P0511 (circuito del IAC), P1504/P1505 (Ford).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Limpiar la válvula y su asiento.** El carbón se acumula en el borde de la compuerta rotativa.
2. **Verificar el resorte de retorno:** con la válvula desmontada y sin corriente, debe regresar con firmeza a su posición de reposo.
3. Buscar **fugas de vacío** si el duty es bajo.
4. Verificar el **conducto de derivación** y la mariposa.
5. Reparar el circuito si la corriente medida no coincide con el cálculo.
6. **Reaprender el ralentí** tras cualquier intervención.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Lectura del duty cycle en el escáner y comparación con la tabla del punto 3. Es la prueba que orienta el diagnóstico, igual que el conteo en el paso a paso.

Paso 2 — Resistencia: 6 - 13 Ω (2 hilos) o 10 - 20 Ω por bobina (3 hilos). Aislamiento a carcasa > 10 M Ω .

Paso 3 — Captura de 2 canales.

Canal	Señal	Ajuste
CH1	Voltaje de control	DC · 5 V/div · 2 ms/div
CH2	Corriente con pinza	100 mV/A · 0.5 A/div

Verificar: frecuencia estable, duty coherente con el PID del escáner, y una **rampa de corriente con joroba** (Módulo 8) que confirme que la compuerta se mueve.

Paso 4 — Prueba de comando. Comande el duty de 0 a 100 % con el escáner. Las RPM deben responder de forma proporcional y continua.

Paso 5 — Caída de voltaje.

Circuito	Corriente	Límite
Alimentación	0.4 - 0.9 A	0.20 V
Control (lado bajo)	0.4 - 0.9 A	0.3 - 0.9 V es normal (saturación del driver)

7 · Valores comunes de resistencia

Aplicación	Resistencia
Ford IAC rotativo (2 hilos)	6 - 13 Ω
GM rotativo	8 - 14 Ω

Aplicación	Resistencia
Bosch de 3 hilos, cada bobina	10 - 20 Ω
Bosch de 3 hilos, entre extremos	20 - 40 Ω (suma de ambas)
Aislamiento a carcasa	> 10 M Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Variante	Pines
2 hilos	Alimentación 12 V (relé principal) · Control por lado bajo
3 hilos	Común de 12 V · Control de apertura · Control de cierre

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Corriente de pico y media

Bobina de 9.0 Ω a 14.0 V con 35 % de duty cycle:

$$I_{pico} = \frac{14.0}{9.0} = 1.56 \text{ A} \quad I_{media} = 1.56 \times 0.35 = 0.55 \text{ A}$$

Cálculo 2 — Voltaje efectivo aplicado

$$V_{efectivo} = 14.0 \times 0.35 = 4.90 \text{ V}$$

Ese voltaje efectivo, actuando sobre el resorte, define la posición de equilibrio de la compuerta.

Cálculo 3 — Deducción de resistencia parásita

Si con el mismo 35 % de duty la pinza mide 0.36 A:

$$R_{total} = \frac{14.0 \times 0.35}{0.36} = 13.6 \text{ } \Omega \quad R_{par} = 13.6 - 9.0 = 4.6 \text{ } \Omega$$

Cálculo 4 — Consecuencia sobre la posición

$$\frac{F}{F_{nominal}} = \left(\frac{0.36}{0.55} \right)^2 = 0.428$$

Pérdida del 57 % de la fuerza. La ECU compensará **subiendo el duty cycle** hasta alcanzar las RPM objetivo. Por eso el síntoma no es un ralentí incorrecto, sino un **duty cycle anormalmente alto** — un dato que solo se detecta leyendo el PID y comparándolo con la tabla.

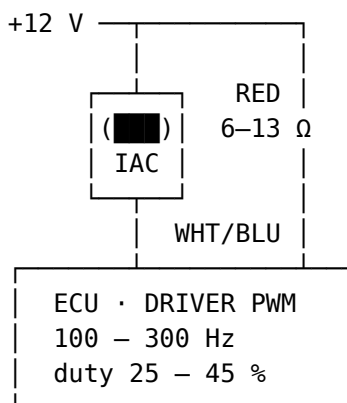
10 · Nomenclatura de cableado

Marca	Alimentación	Control
Ford	RED/BLK, RED	WHT/BLU, GRY/RED
GM	PNK	DK BLU, LT GRN

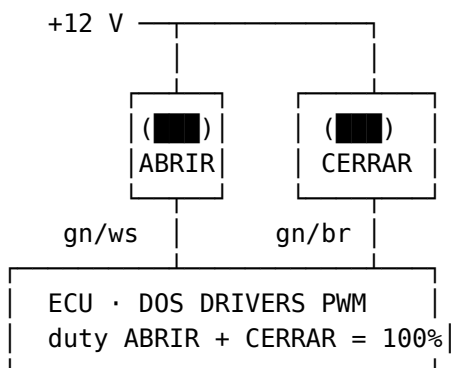
Marca	Alimentación	Control
Bosch (3 hilos)	rt/sw	gn/ws (abrir), gn/br (cerrar)
Toyota	+B	ISC o RSO/RSC

11 · Simbología y diagrama de conexión

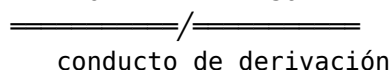
VARIANTE DE 2 HILOS



VARIANTE DE 3 HILOS



COMPUERTA ROTATIVA + RESORTE DE RETORNO



Duty ALTO = más apertura = más RPM (verificar el sentido en el manual)

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Frecuencia	Constante, 100 - 300 Hz	Variable = driver defectuoso
Duty cycle	Coincide con el PID del escáner	Discrepancia = polaridad de medición (Módulo 0, §0.9.2)
Nivel activo	0.3 - 0.9 V	> 1.5 V = driver o resistencia parásita
Rampa de corriente con joroba	Presente	Ausente = compuerta pegada
Corriente media	Coincide con el cálculo	Baja = resistencia parásita

Configuración: DC · 5 V/div · 2 ms/div · pinza 100 mV/A a 0.5 A/div.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

Parámetro	2 hilos	3 hilos
Frecuencia	100 - 300 Hz	100 - 300 Hz
Duty en ralentí caliente	25 - 45 %	55 - 70 % (apertura)

Parámetro	2 hilos	3 hilos
Duty en arranque en frío	60 - 85 %	75 - 90 %
Duty a 2000 RPM en punto muerto	10 - 20 %	30 - 45 %
Verificación	—	Apertura + cierre = 100 %

La verificación de la variante de 3 hilos es aritmética: si la suma de los dos ciclos de trabajo no da 100 %, uno de los dos circuitos está fallando.

14 · Análisis de corriente

Parámetro	Valor
Corriente de pico	1.1 - 2.0 A
Corriente media en ralentí	0.4 - 0.9 A
Corriente con duty al 100 %	1.1 - 2.0 A

Las tres preguntas que responde la corriente: ¿llega la orden?, ¿el circuito está sano?, ¿la compuerta se mueve? (joroba).

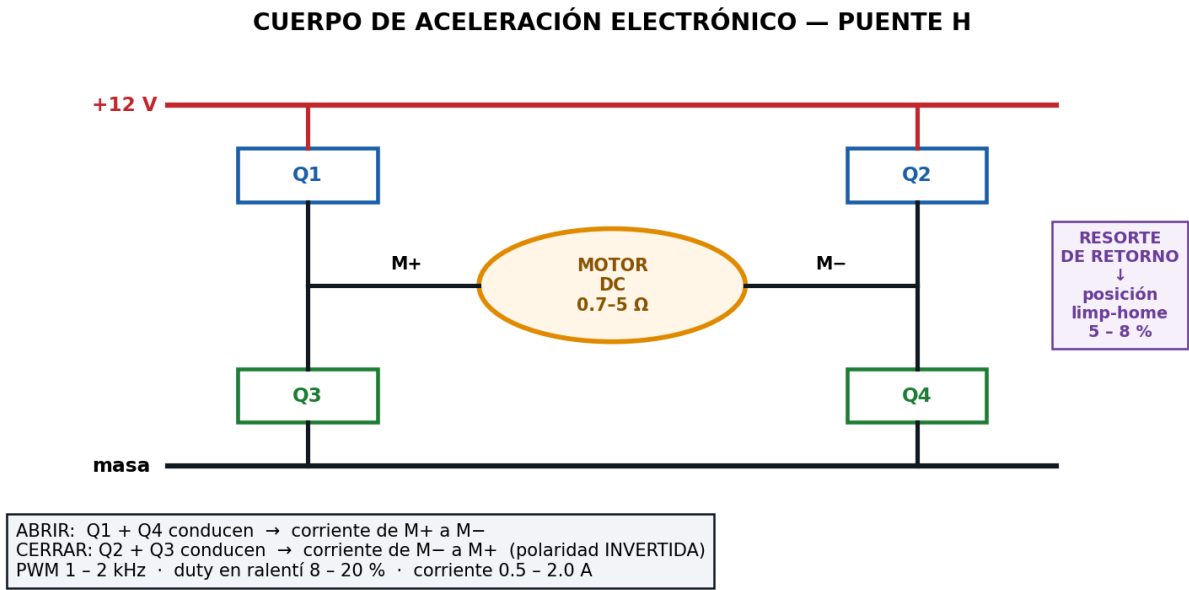
15 · Preguntas de autoevaluación — IAC rotativo

P1. Un IAC rotativo de 8.5Ω trabaja con 38 % de duty a 14.1 V. Calcule la corriente de pico y la corriente media esperadas. Si la pinza mide 0.41 A, calcule la resistencia parásita y el porcentaje de pérdida de fuerza.

P2. Un motor con IAC rotativo presenta ralentí correcto de 780 RPM, pero el duty cycle marca 68 % (especificación 25 - 45 %). Explique qué está ocurriendo, por qué el ralentí es correcto pese a la anomalía, y enumere las dos causas posibles.

P3. En un IAC de 3 hilos, el duty de apertura mide 61 % y el de cierre 27 %. Verifique la coherencia del sistema y emita un diagnóstico.

10.3 · CUERPO DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICO (ETC)



Arquitectura completa

El ETC integra en un solo cuerpo:

Elemento	Función	Módulo del curso
Motor DC	Mueve la mariposa en ambos sentidos	Este módulo
Puente H	Permite invertir la polaridad del motor	Este módulo
Doble TPS	Realimentación redundante de posición	Módulo 2, §2.7
Resorte de retorno	Lleva la mariposa a la posición <i>limp-home</i>	Este módulo
Engranajes reductores	Multiplican el par del motor	—

No existe válvula IAC. El ralentí se controla moviendo la propia mariposa unos pocos grados.

El puente H: por qué existe

Un motor DC gira en un sentido u otro según la polaridad aplicada. El puente H (cuatro transistores) permite a la ECU **invertir esa polaridad** sin necesidad de dos alimentaciones.

Acción	Transistores activos	Corriente
Abrir	Q1 + Q4	De M+ hacia M-

Acción	Transistores activos	Corriente
Cerrar	Q2 + Q3	De M– hacia M+ (invertida)
Frenado	Q3 + Q4 (ambos a masa)	Cortocircuita el motor, lo detiene
Reposo	Todos abiertos	El resorte lleva la mariposa a <i>limp-home</i>

1 · Valores en ralentí

Parámetro	Valor
Resistencia del motor	0.7 - 5.0 Ω (típico 1 - 3)
Frecuencia PWM	1 - 2 kHz (algunos hasta 20 kHz)
Duty cycle en ralentí	8 - 20 %
Corriente media	0.5 - 2.0 A
Corriente de pico	2 - 6 A
Apertura comandada en ralentí	3 - 8 %
Apertura real	Coincide dentro de ± 2 %
TPS1 / TPS2	Según arquitectura (Módulo 2, §2.7)

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Apertura	Duty cycle	Corriente
2000 RPM en punto muerto	6 - 12 %	12 - 28 %	0.6 - 2.2 A
2000 RPM con carga	18 - 35 %	25 - 45 %	1.0 - 3.0 A
Aceleración brusca	Transitorio a 80 - 100 %	60 - 90 %	3 - 6 A

3 · Rango de funcionamiento normal

Posición	Apertura	Notas
Limp-home (sin alimentación)	5 - 8 %	Permite 1 200 - 1 500 RPM para llegar al taller
Cerrado comandado	0 - 3 %	Por debajo de la posición del resorte
Ralentí	3 - 8 %	—
Crucero	10 - 25 %	—
Plena carga	78 - 90 %	Rara vez llega al 100 % mecánico

Parámetro dinámico	Valor
Error máximo comandada vs real	± 2 %

Parámetro dinámico	Valor
Tiempo de respuesta	< 100 ms
Duty cycle en reposo (mariposa limpia)	8 - 20 %
Duty cycle en reposo con fricción	> 30 % = falla

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Cuerpo sucio (carbón)	Ralentí inestable, respuesta lenta, P2101 , duty cycle elevado
Motor degradado	La real no sigue a la comandada, P2101
Resorte de retorno debilitado	La mariposa no regresa; falla de seguridad grave
Divergencia de los dos TPS	Modo de emergencia (limp) , P2135 (Módulo 2, §2.7)
Divergencia del APP	P2138, modo de emergencia
Devanado del motor abierto	La mariposa queda en <i>limp-home</i> , P2100
Limpieza sin aprendizaje	P2119 / P2176 , ralentí incorrecto tras la reparación
Engranajes desgastados	Histéresis, ralentí oscilante

Códigos: P2100 (circuito del motor del actuador), **P2101 (rango/desempeño del motor)**, P2102/P2103 (corriente baja/alta), P2107/P2108 (procesador del módulo), P2110 (función forzada limitada), **P2119 (posición de reposo fuera de rango)**, P2135 (correlación TPS), P2138 (correlación APP), **P2176 (posición cerrada no aprendida)**, P1516 (GM, desempeño del actuador).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Limpiar el cuerpo de aceleración** — con el motor apagado y **sin forzar la mariposa con la mano**: el mecanismo de engranajes puede dañarse. Use limpiador específico y un paño suave; nunca cepillos metálicos ni abrasivos.
2. **EJECUTAR EL APRENDIZAJE INMEDIATAMENTE DESPUÉS**. Omitirlo produce P2119 o P2176 y un ralentí peor que antes de limpiar.
3. Verificar el **resorte de retorno**: con el motor apagado, abra la mariposa a mano y suéltela — debe regresar con un chasquido firme.
4. Verificar **VREF y SIG RTN** de los dos TPS por separado (Módulo 2, §2.7).
5. Verificar el **par de los tornillos** y el estado de la junta del cuerpo.
6. Reemplazar el cuerpo completo cuando la prueba de fricción o el motor lo condenen (rara vez se venden piezas sueltas).

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso

Fase A — Comandada vs real

POSICIONES DE LA MARIPOSA — EL RESORTE NUNCA LA DEJA CERRAR DEL TODO



Figura 6: Posiciones de la mariposa

EL DUTY CYCLE EN REPOSO CUANTIFICA LA SUCIEDAD DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN

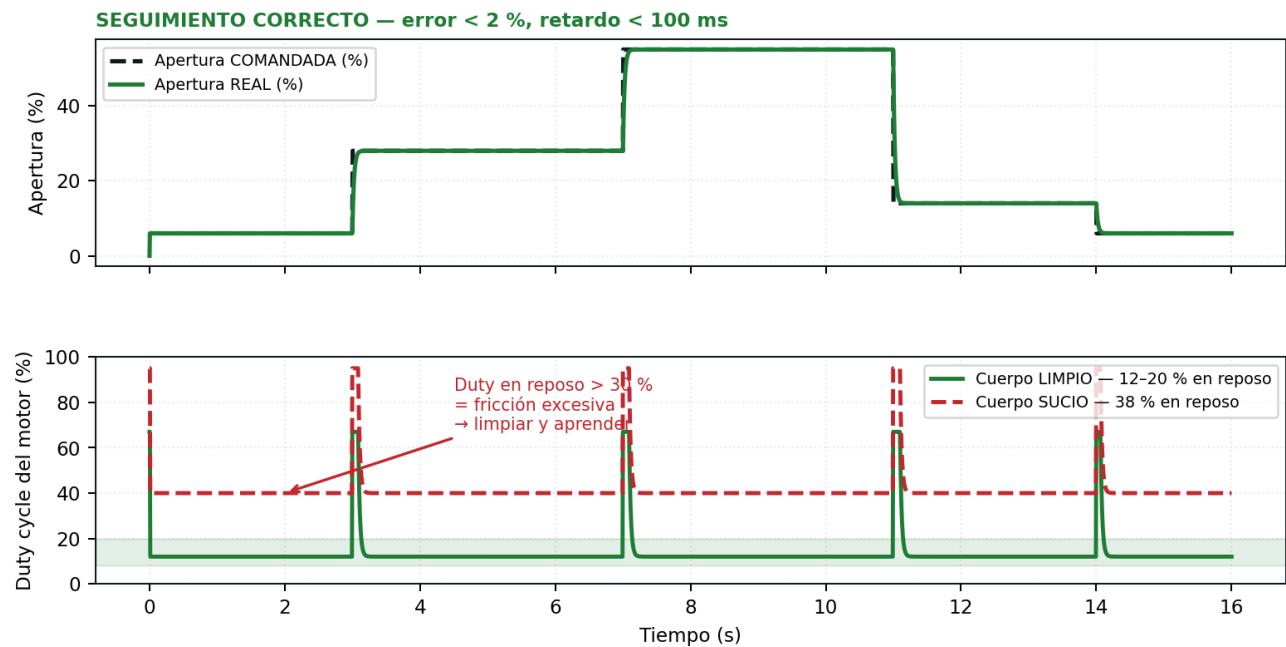


Figura 7: Lazo cerrado del ETC y efecto de la suciedad

Hallazgo	Diagnóstico
Coinciden dentro de ± 2 %, retardo < 100 ms	Lazo sano
Real por detrás con retardo	Fricción: cuerpo sucio o eje agarrotado
Real no alcanza el máximo	Restricción mecánica o motor débil
Real oscila alrededor de la comandada	Realimentación ruidosa o engranajes con juego
Real fija en 5 - 8 %	Motor sin alimentación: la mariposa está en <i>limp-home</i>

Fase B — Duty cycle en reposo: el cuantificador de suciedad

Con el motor en ralentí estable y sin cargas, registre el duty cycle del motor:

Duty en reposo	Interpretación
8 - 20 %	Cuerpo limpio
20 - 30 %	Suciedad incipiente
> 30 %	Fricción excesiva — limpiar y aprender

Es la medición objetiva que sustituye a “se ve sucio”. El control está luchando contra la fricción, y ese esfuerzo es medible.

Fase C — Captura de los dos pines del motor

La PWM salta de un pin al otro según el sentido comandado. Capturar solo un pin lleva a concluir erróneamente que “no hay señal” cuando la mariposa se está cerrando.

Ajuste	Valor
Canales	2 — obligatorio (M+ y M-)
V/div	5 V/div
Time/div	0.2 - 0.5 ms/div
Trigger	Automático
Referencia	Masa de batería

Fase D — Prueba de fricción con pinza amperimétrica

1. Motor apagado, llave en contacto.
2. Pinza de baja corriente en un cable del motor.
3. Comande la mariposa de 0 a 100 % **lentamente** con el escáner.
4. Capture con osciloscopio en modo *roll*.

Resultado	Diagnóstico
Curva suave y continua	Eje limpio
Picos de corriente en posiciones concretas	Puntos de acumulación de carbón
Corriente alta en todo el recorrido	Eje agarrotado o rodamientos secos
Corriente > 7 A sostenida	Mariposa trabada

Resultado	Diagnóstico
Sin corriente	Devanado abierto o driver dañado

Fase E — Procedimientos de aprendizaje

Ninguna reparación de ETC está completa sin ejecutar los aprendizajes que correspondan.

Procedimiento	Cuándo es obligatorio
Aprendizaje de posición cerrada	Tras limpiar o reemplazar el cuerpo
Aprendizaje del pedal (APP)	Tras reemplazar el pedal o la ECU
Adaptación de ralentí	Tras cualquiera de los anteriores
Reinicio de valores adaptativos	Tras desconectar la batería en algunos modelos

Procedimiento genérico de aprendizaje de posición cerrada (verificar el del fabricante):

1. Motor apagado, todas las cargas eléctricas apagadas.
2. Llave en contacto **sin arrancar** durante 30 – 60 s, sin tocar el pedal.
3. La ECU mueve la mariposa a sus topes (se oye un zumbido).
4. Llave a *off* durante 10 s.
5. Arrancar y dejar en ralentí 5 – 10 minutos hasta que se estabilice.

Fase F — Caída de voltaje

Circuito	Corriente	Límite
Alimentación del puente H	0.5 – 6 A	0.20 V
Masa del módulo	0.5 – 6 A	0.10 V
VREF de TPS1 y TPS2 (por separado)	mA	0.10 V cada uno
SIG RTN de TPS1 y TPS2 (por separado)	mA	0.05 V cada uno

Recordatorio del Módulo 2, §2.7: si SIG RTN 1 tiene más caída que SIG RTN 2, las dos pistas quedan desplazadas entre sí y se genera **P2135 o P2138 sin que ningún sensor esté defectuoso**.

7 · Valores comunes de resistencia

Componente	Valor
Motor DC del ETC	0.7 – 5.0 Ω (típico 1 – 3)
Aislamiento motor ↔ carcasa	> 10 M Ω
TPS potenciométrico (por pista)	1 – 10 k Ω
TPS de efecto Hall	No medir (Módulo 2, §2.7)
Continuidad de conductores	< 1 Ω

Medición del motor: con valores de 1 – 3 Ω , use la **función REL** del multímetro para descontar la resistencia de las puntas (Módulo 8, §8.4, punto 9).

LA PWM SALTA DE UN PIN AL OTRO SEGÚN EL SENTIDO — CAPTURE SIEMPRE LOS DOS

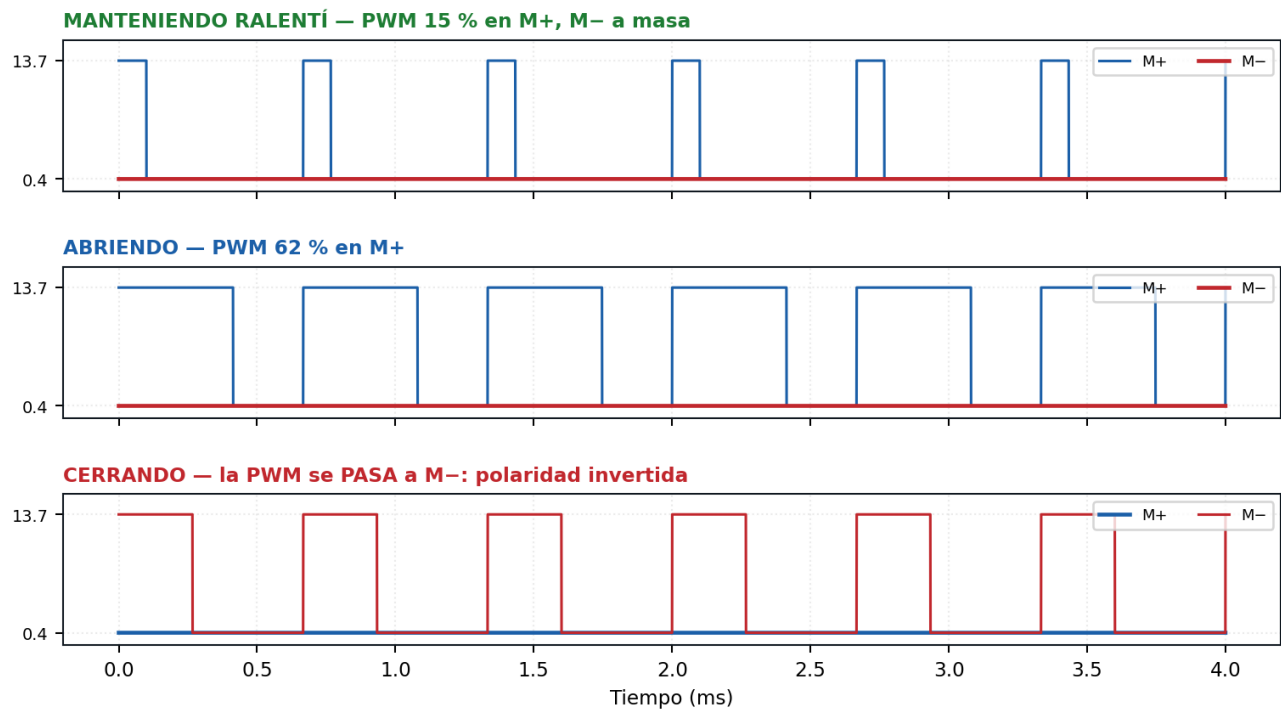


Figura 8: Señales del puente H

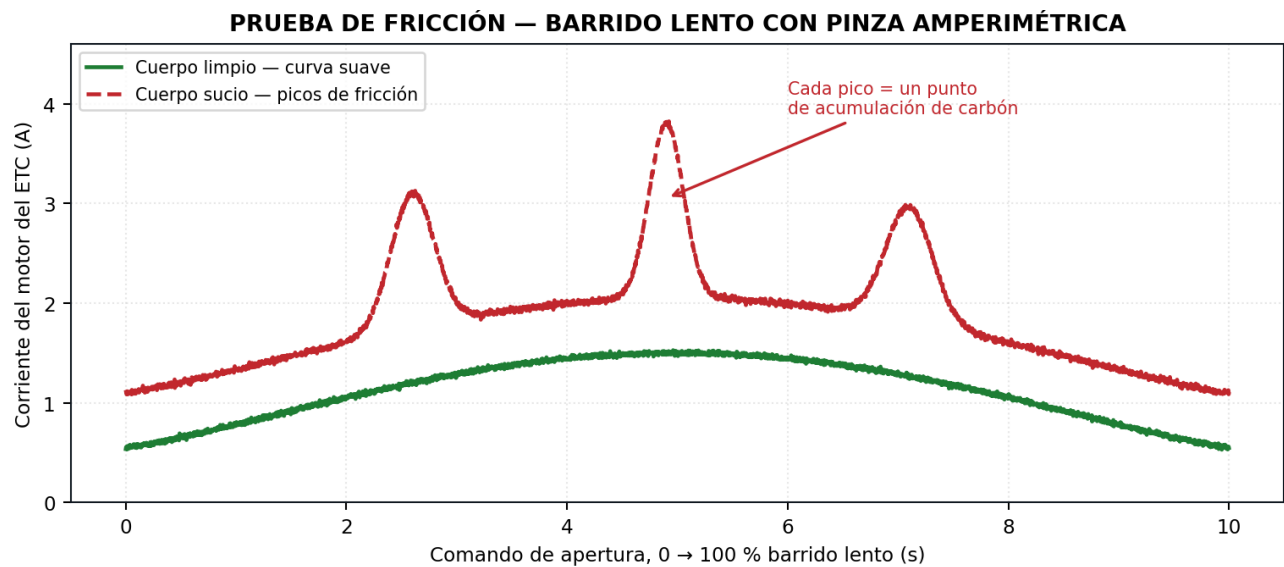


Figura 9: Prueba de fricción con barrido lento

8 · Alimentaciones y tierras

Pin	Función	Valor
1	M+ (puente H)	PWM, 0 - 14 V
2	M- (puente H)	PWM, 0 - 14 V
3	VREF (TPS)	4.90 - 5.10 V
4	SIG RTN (TPS)	< 0.05 V
5	Señal TPS1	Según arquitectura
6	Señal TPS2	Según arquitectura

En muchos vehículos, los circuitos de los dos TPS son **completamente independientes** (dos VREF y dos SIG RTN), lo que eleva el conector a 8 pines.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Corriente de bloqueo y corriente real

Motor de 1.8 Ω a 13.8 V:

$$I_{\text{bloqueo}} = \frac{13.8}{1.8} = 7.67 \text{ A}$$

Con 15 % de duty cycle en ralentí:

$$I_{\text{media}} = 7.67 \times 0.15 = 1.15 \text{ A}$$

Cálculo 2 — Cuantificación de la fricción

Si la ECU necesita 38 % de duty para mantener la misma posición:

$$I_{\text{media}} = 7.67 \times 0.38 = 2.91 \text{ A}$$

$$\frac{F}{F_{\text{normal}}} = \frac{0.38}{0.15} = 2.53$$

El control está aplicando 2.5 veces más fuerza para vencer la fricción. Ese es el número que justifica la limpieza ante el cliente.

Cálculo 3 — Potencia disipada

$$P = I^2 R = 2.91^2 \times 1.8 = 15.2 \text{ W}$$

Frente a los 2.4 W del caso limpio. Ese calor adicional acelera el desgaste de las escobillas del motor: **un cuerpo sucio no solo funciona mal, destruye su propio actuador.**

Cálculo 4 — Efecto de la caída de voltaje

Con 0.6 V de caída en la alimentación:

$$V_{disponible} = 13.8 - 0.6 = 13.2 \text{ V} \quad I = \frac{13.2}{1.8} \times 0.15 = 1.10 \text{ A}$$

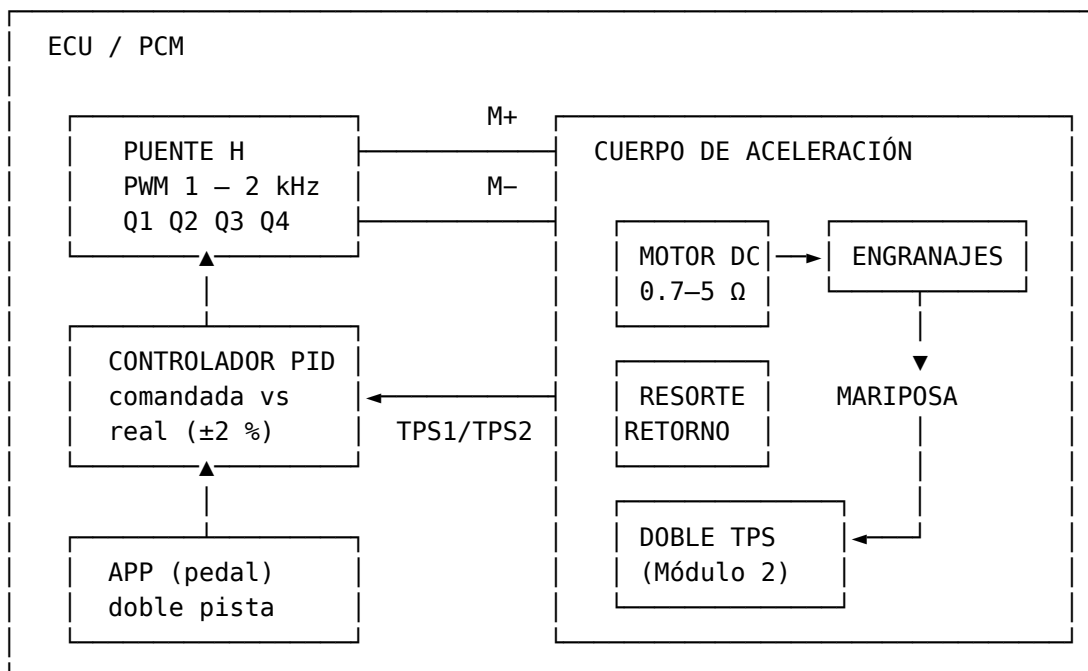
$$\frac{F}{F_{nominal}} = \left(\frac{1.10}{1.15} \right)^2 = 0.915$$

Pérdida del 8.5 % de fuerza. La ECU lo compensa subiendo el duty — pero si el cuerpo además está sucio, ambos efectos se suman y el motor puede quedarse sin autoridad.

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	M+ / M–	VREF	Señales TPS	SIG RTN
GM	DK BLU / DK GRN	GRY	DK BLU, LT GRN	BLK-WHT
Ford	GRY-BLK / WHT-BLU	GRY-RED	GRN-WHT, BRN-YEL	GRY-RED
Toyota	M+ / M–	VC	VTA1 / VTA2	E2
VW / Audi	ws / sw	rt-ge	gn-ws, gn-br	br-ws
Honda	BLU-YEL / GRN-YEL	YEL-RED	RED-BLK, RED-YEL	GRN-WHT

11 · Simbología y diagrama de conexión



SIN ALIMENTACIÓN → el resorte lleva la mariposa a LIMP-HOME (5–8 %)
 DUTY EN REPOSO > 30 % → FRICCIÓN EXCESIVA → limpiar Y APRENDER
 CAPTURAR SIEMPRE LOS DOS PINES: la PWM salta de M+ a M– al invertir

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Frecuencia PWM	1 - 2 kHz constante	Variable = driver
Duty en reposo	8 - 20 %	> 30 % = fricción
Alternancia M+ / M-	La PWM salta al invertir	Sin alternancia = puente H dañado
Nivel activo	0.3 - 1.0 V	> 2 V = driver o resistencia
Seguimiento comandada/real	±2 %, < 100 ms	Retardo = fricción o motor
Corriente en barrido lento	Curva suave	Picos = carbón localizado

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

Parámetro	Valor
Frecuencia	1 - 2 kHz (algunos 20 kHz)
Duty en reposo (limpio)	8 - 20 %
Duty en ralentí con A/C	15 - 28 %
Duty en aceleración	40 - 80 %
Duty al cerrar	10 - 40 % en el pin opuesto
Duty de frenado activo	Ambos pines a masa

Cálculo del voltaje efectivo:

$$V_{efectivo} = V_{sistema} \times DC = 13.8 \times 0.15 = 2.07 \text{ V}$$

Ese voltaje efectivo equilibra al resorte de retorno en la posición comandada.

14 · Análisis de corriente

Condición	Corriente
Ralentí, cuerpo limpio	0.5 - 2.0 A
Ralentí, cuerpo sucio	2.5 - 4.0 A
Aceleración brusca	3 - 6 A pico
Mariposa trabada	> 7 A sostenidos
Sin movimiento y sin corriente	Devanado abierto o driver dañado

Tabla de decisión de la prueba de fricción:

Corriente	Movimiento	Diagnóstico
Normal	Correcto	Sistema sano
Alta	Lento	Cuerpo sucio
Alta	Nulo	Mariposa trabada mecánicamente
Nula	Nulo	Devanado abierto o driver
Errática	Irregular	Escobillas del motor desgastadas

15 · Preguntas de autoevaluación — ETC

P1. Un motor de ETC de 2.1Ω trabaja con 34 % de duty cycle en ralentí a 13.9 V (especificación 8 – 20 %). Calcule la corriente media, compárela con la que correspondería a un duty del 14 %, determine el factor de fuerza adicional que está aplicando el control y emita el diagnóstico.

P2. Un técnico conecta el osciloscopio al pin M+ del ETC y observa señal mientras la mariposa abre, pero ninguna señal mientras cierra. Concluye que el puente H está dañado. Explique por qué la conclusión es probablemente errónea y describa la captura correcta.

P3. Tras limpiar un cuerpo de aceleración, el vehículo presenta ralentí de 1 350 RPM y código P2119. La mariposa se mueve libremente y la corriente del motor es normal. Determine qué se omitió, describa el procedimiento correcto y explique por qué la limpieza por sí sola creó un problema nuevo.

10.4 · ACTUADORES DE ADMISIÓN VARIABLE (IMRC Y MARIPOSAS DE TURBULENCIA)

ACTUADORES DE ADMISIÓN VARIABLE — TRES ARQUITECTURAS

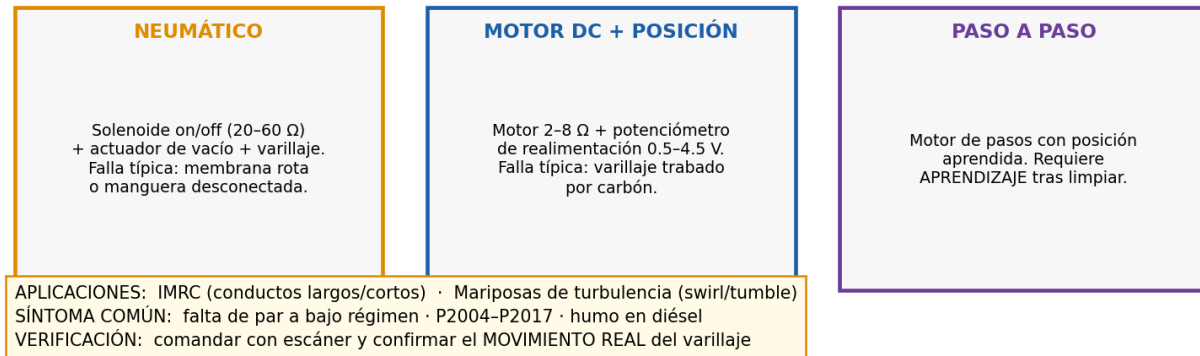


Figura 10: Las tres arquitecturas de admisión variable

Función

Modificar la geometría del conducto de admisión según el régimen y la carga:

Sistema	Qué hace	Beneficio
IMRC (<i>Intake Manifold Runner Control</i>)	Conmuta entre conductos largos (bajo régimen) y cortos (alto régimen)	Par a bajas RPM + potencia a altas
Mariposas de turbulencia (<i>swirl / tumble flaps</i>)	Cierran parcialmente un conducto para generar remolino	Mejor mezcla a baja carga; menos humo en diésel
Colector de longitud variable	Varía la longitud efectiva de forma continua	Curva de par más plana

Principio físico: un conducto largo favorece la sintonía de las ondas de presión a bajo régimen (más par); uno corto, a alto régimen (más potencia).

1 · Valores en ralentí

Arquitectura	Estado en ralentí	Valores eléctricos
Neumática	Solenoid desactivado (0 % duty), actuador en reposo	Solenoid 20 - 60 Ω · 0.2 - 0.6 A
Motor DC + posición	Posición cerrada o de reposo	Motor 2 - 8 Ω · 0.3 - 1.5 A
Paso a paso	Posición aprendida de reposo	30 - 60 Ω por bobina

Sensor de posición (cuando existe)	Valor
Posición cerrada	0.4 - 1.0 V
Posición abierta	3.8 - 4.6 V
Recorrido mínimo	$\geq 2.8 \text{ V}$

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Sistema	Estado típico
IMRC a 2000 RPM sin carga	Conductos largos (cerrado) — el sistema busca par
IMRC por encima de 3 500 - 4 500 RPM	Conductos cortos (abierto)
Mariposas de turbulencia a 2000 RPM baja carga	Cerradas (generando remolino)
Mariposas de turbulencia a plena carga	Abiertas (máximo caudal)

El punto de conmutación varía por modelo y depende de RPM, carga y temperatura. Consulte el PID de comando en lugar de suponerlo.

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Solenoides de vacío	20 - 60 Ω · on/off o PWM 10 - 30 Hz
Motor DC	2 - 8 Ω · PWM 100 Hz - 2 kHz
Sensor de posición	0.4 - 4.6 V
Tolerancia comandado vs real	$\pm 5 \%$
Tiempo de respuesta	< 500 ms
Vacío requerido (sistemas neumáticos)	$\geq 400 \text{ mbar}$ (12 inHg)

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Varillaje trabado por carbón	Falta de par a bajo régimen o falta de potencia arriba, según en qué posición quedó trabado
Membrana del actuador de vacío rota	El sistema no conmuta; sin código en algunos vehículos
Manguera de vacío desconectada	Igual que el anterior
Solenoides abiertos	Sin conmutación, P2004 - P2017
Sensor de posición con zona muerta	Oscilación del control, códigos intermitentes
Mariposa de turbulencia rota (diésel)	Fragmento ingerido por el motor — daño catastrófico
Motor DC degradado	Movimiento lento o incompleto

Códigos: P2004 - P2017 (control de conductos de admisión, bancos 1 y 2), P2006/P2007 (atascado cerrado), P2008/P2009/P2010 (circuito del actuador), P2014 - P2016 (sensor de posición), P1512/P1518 (códigos de fabricante).

Advertencia de seguridad mecánica: en varios motores diésel europeos, las mariposas de turbulencia son de plástico o metal y **se han fracturado** ingresando al cilindro. Si un motor de esa familia presenta P2004 - P2017, **inspeccione visualmente la integridad de todas las mariposas** antes de arrancarlo.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Inspeccionar visualmente el varillaje** con el motor apagado, comandando el actuador con el escáner: debe verse el movimiento completo.
2. **Descarbonizar el colector y las mariposas.** En motores diésel y GDI el carbón es la causa dominante.
3. Verificar el **vacío disponible** y la integridad de mangueras y membrana en sistemas neumáticos.
4. Verificar el **solenoid**: resistencia, corriente y conmutación.
5. Verificar el **sensor de posición** con barrido lento (Módulo 2, §2.6, Fase B).
6. Reemplazar el conjunto del colector cuando el varillaje esté dañado (rara vez se venden piezas sueltas).
7. **Ejecutar el aprendizaje de posición** en sistemas con motor paso a paso.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Comando con verificación VISUAL. Es la prueba decisiva:

1. Motor apagado, llave en contacto.
2. Comande el actuador con el escáner de cerrado a abierto.
3. **Observe físicamente el varillaje.**

Resultado	Diagnóstico
Se mueve en todo el recorrido	Actuador y varillaje funcionales
No se mueve, sin corriente	Solenoid, motor o cableado
No se mueve, con corriente correcta	Varillaje trabado por carbón
Se mueve parcialmente	Obstrucción parcial

Paso 2 — Comparación comandado vs posición real (sistemas con realimentación): tolerancia $\pm 5\%$.

Paso 3 — Verificación del vacío (sistemas neumáticos): aplique vacío manual al actuador. Debe moverse y **mantener** el vacío. Si no lo mantiene, la membrana está rota.

Paso 4 — Resistencia y corriente del solenoid o motor.

Paso 5 — Caída de voltaje.

Circuito	Corriente	Límite
Alimentación del solenoid	0.2 - 0.6 A	0.20 V
Alimentación del motor DC	0.3 - 1.5 A	0.20 V

Circuito	Corriente	Límite
Masa	igual	0.10 V
VREF / SIG RTN del sensor de posición	mA	0.10 / 0.05 V

7 · Valores comunes de resistencia

Componente	Valor
Solenoides de vacío	20 - 60 Ω
Motor DC del actuador	2 - 8 Ω
Motor paso a paso, por bobina	30 - 60 Ω
Sensor de posición potenciométrico	1 - 10 kΩ
Aislamiento a carcasa	> 10 MΩ

8 · Alimentaciones y tierras

Arquitectura	Circuitos
Neumática	12 V + control por lado bajo del solenoide
Motor DC	M+ / M- (puente H o relé inversor) + VREF/SIG/SIG RTN del sensor
Paso a paso	4 fases + posición aprendida

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Corriente del solenoide de vacío

Solenoides de 35 Ω a 13.9 V:

$$I = \frac{13.9}{35} = 0.397 \text{ A} \quad P = 13.9 \times 0.397 = 5.52 \text{ W}$$

Cálculo 2 — Corriente del motor DC

Motor de 4.5 Ω a 13.9 V con 40 % de duty:

$$I_{pico} = \frac{13.9}{4.5} = 3.09 \text{ A} \quad I_{media} = 3.09 \times 0.40 = 1.24 \text{ A}$$

Cálculo 3 — Detección de varillaje trabado

Si la corriente es **correcta** pero el varillaje no se mueve, la Ley de Ohm ya ha cumplido su función: **el circuito eléctrico está sano y el problema es mecánico**. Éste es el caso más frecuente en este sistema y la razón por la que la verificación visual es obligatoria.

Si la corriente **sube por encima de lo esperado** y el varillaje no se mueve, el motor está bloqueado mecánicamente y absorbe corriente de rotor bloqueado:

$$I_{bloqueo} = \frac{13.9}{4.5} = 3.09 \text{ A sostenidos}$$

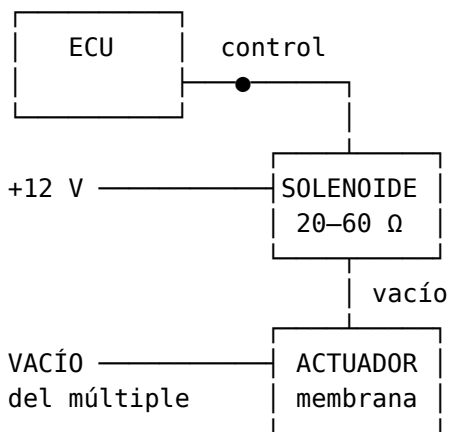
Frente a los 1.24 A normales. **Ese exceso destruirá el motor y el driver** si persiste.

10 · Nomenclatura de cableado

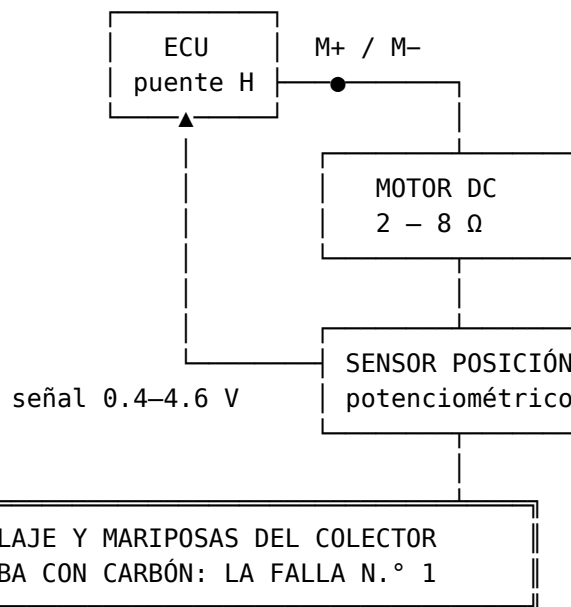
Marca	Alimentación	Control	Sensor de posición
Ford	RED	GRY-YEL, BRN-WHT	GRY-RED / BRN-YEL / BLK-WHT
GM	PNK	DK GRN, LT BLU	GRY / DK BLU / BLK-WHT
VW / Audi	rt-sw	gn-ws, gn-br	rt-ge / gn-ge / br-ws
Toyota	+B	IMRC	VC / VLU / E2

11 · Simbología y diagrama de conexión

ARQUITECTURA NEUMÁTICA



ARQUITECTURA CON MOTOR DC



PRUEBA DECISIVA: comandar con el escáner y VERIFICAR VISUALMENTE el movimiento del varillaje. Corriente correcta + sin movimiento = mecánico.

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Señal de control	Conmuta al comando	Sin conmutación = driver o cable
Corriente del solenoide/motor	Coincide con el cálculo	Alta y sostenida = bloqueo mecánico Ausente = actuador no se mueve
Rampa de corriente con joroba	Presente	Escalones = zona muerta Lento = fricción
Señal del sensor de posición	Barrido continuo	
Tiempo de respuesta	< 500 ms	

Configuración: DC · 5 V/div · 100 – 500 ms/div en modo *roll* para el recorrido completo · pinza 100 mV/A a 0.5 A/div.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

Actuador	Frecuencia	Duty cycle
Solenoides de vacío on/off	—	0 % o 100 %
Solenoides de vacío proporcional	10 – 30 Hz	0 – 100 % según posición
Motor DC con puente H	100 Hz – 2 kHz	Variable
Motor paso a paso	No aplica	Conteo de pasos

14 · Análisis de corriente

Componente	Corriente normal	Corriente en bloqueo
Solenoides de vacío	0.2 – 0.6 A	Sin cambio (el solenoide no se bloquea)
Motor DC	0.3 – 1.5 A	2.5 – 4.0 A sostenidos
Motor paso a paso	0.2 – 0.5 A por bobina	Sin cambio, pero pierde pasos

En los actuadores neumáticos, la corriente del solenoide NO revela si el varillaje se movió, porque el solenoide solo abre un paso de vacío. La única verificación válida es **visual o por el sensor de posición.**

15 · Preguntas de autoevaluación — Admisión variable

P1. Un motor presenta falta de par por debajo de 3 000 RPM y código P2006 (conducto atascado cerrado). Al comandar el actuador, la corriente del motor DC mide 3.4 A cuando la especificación es 1.2 A, y el varillaje no se mueve. Interprete el hallazgo, calcule qué está ocurriendo eléctricamente y determine la reparación.

P2. Explique por qué, en un sistema de admisión variable **neumático**, medir la corriente del solenoide **no confirma** que las mariposas se hayan movido, y describa cuál es la verificación válida.

P3. Un motor diésel europeo presenta P2015 (sensor de posición del conducto de admisión). Antes de arrancarlo para diagnosticar, ¿qué inspección de seguridad realizaría y por qué?

CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 10

1. Un motor con IAC paso a paso presenta ralentí de 1 250 RPM con un conteo de 3 pasos. Interprete el hallazgo aplicando el principio del lazo cerrado, explique por qué el IAC no es el componente defectuoso y enumere las cuatro causas posibles en orden de probabilidad.
 2. Una bobina de IAC paso a paso especifica 48 Ω . Con 14.0 V, la pinza (10 vueltas) indica 2.1 A. Calcule la corriente real por bobina, la resistencia total, la resistencia parásita y el porcentaje de pérdida de par.
 3. Explique por qué el modo *Duty Cycle* del multímetro no debe usarse en un IAC paso a paso, y enumere qué otros tres actuadores del curso comparten esa característica.
 4. Un IAC rotativo de 3 hilos muestra un duty de apertura del 58 % y uno de cierre del 31 %. Verifique la coherencia aritmética del sistema y emita un diagnóstico.
 5. Un motor de ETC de 1.6 Ω opera con 12 % de duty a 13.7 V en un vehículo sano. Tras 120 000 km, el mismo vehículo requiere 36 %. Calcule ambas corrientes medias, la potencia disipada en cada caso, y explique por qué la suciedad del cuerpo acelera el desgaste del propio motor.
 6. Describa la captura correcta del puente H de un ETC, explique por qué son obligatorios dos canales y qué conclusión errónea se obtiene capturando solo uno.
 7. Un vehículo con ETC entra en modo de emergencia con P2135. Los dos TPS presentan barridos continuos y sin escalones, pero la pista 1 está desplazada 0.19 V respecto al valor esperado en todo el recorrido. Relacione el hallazgo con el Módulo 2, identifique la causa y describa la prueba que la confirma con su límite.
 8. Un actuador de IMRC con motor DC de 3.8 Ω trabaja a 13.8 V con 45 % de duty. Calcule la corriente de pico, la corriente media, y determine qué corriente esperaría si el varillaje quedara bloqueado.
 9. Explique la diferencia funcional entre el conteo del IAC, el duty cycle del IAC rotativo y el duty cycle del ETC como **instrumentos de medida del resto del motor**, y describa qué indica un valor anormalmente bajo en cada uno.
 10. Un vehículo con ETC presenta ralentí de 1 400 RPM tras una limpieza del cuerpo de aceleración, con códigos P2119 y P2176. La mariposa se mueve libremente, la corriente es normal y el seguimiento comandada/real es correcto. Determine la causa, describa el procedimiento completo de corrección y explique por qué el problema no existía antes de la intervención.
-

HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 10

EL PRINCIPIO DEL LAZO CERRADO

La posición del actuador MIDE el estado del resto del motor:

Conteo / duty MUY BAJO → entra aire SIN PERMISO

(fuga de vacío · mariposa mal ajustada · PCV · actuador pegado)

Conteo / duty MUY ALTO → FALTA aire

(mariposa sucia · conducto obstruido · carga mecánica)

En ambos casos el ACTUADOR está bien: es el mensajero, no el culpable.

IAC PASO A PASO (4 hilos)

Resistencia por bobina 40 – 80 Ω

Entre las dos bobinas INFINITO (continuidad = corto)

Corriente por bobina 0.15 – 0.35 A

CONTEO en ralentí caliente 15 – 50 pasos

Conteo en arranque en frío (–10 °C) 150 – 200

Con A/C +10 a +25

△ NO ES PWM · sin duty cycle · en régimen estable NO HAY SEÑAL

Comande el actuador para poder capturar actividad.

Caída de voltaje por fase 0.10 V

IAC ROTATIVO PWM

2 hilos: resistencia 6 – 13 Ω

3 hilos: cada bobina 10 – 20 Ω

Frecuencia 100 – 300 Hz

Duty en ralentí caliente 25 – 45 % (2 hilos)

Duty en arranque en frío 60 – 85 %

Corriente media 0.4 – 0.9 A · pico 1.1 – 2.0 A

VERIFICACIÓN 3 HILOS: duty apertura + duty cierre = 100 %

ETC – CUERPO DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICO

Motor DC 0.7 – 5.0 Ω (usar función REL)

Frecuencia PWM 1 – 2 kHz

DUTY EN REPOSO, cuerpo limpio 8 – 20 %

DUTY EN REPOSO > 30 % FRICCIÓN EXCESIVA → limpiar+aprender

Corriente en ralentí 0.5 – 2.0 A

Corriente con cuerpo sucio 2.5 – 4.0 A

Corriente con mariposa trabada ... > 7 A sostenidos

Error comandada vs real ± 2 % · respuesta < 100 ms

Posición LIMP-HOME 5 – 8 % (≈ 1200 – 1500 RPM)

Apertura en ralentí 3 – 8 % · plena carga 78 – 90 %

Caída: alimentación 0.20 V · masa 0.10 V · SIG RTN de cada TPS 0.05 V

△ CAPTURAR LOS DOS PINES: la PWM SALTA de M+ a M– al invertir el giro

△ LIMPIAR SIN APRENDER = P2119 / P2176 y ralentí peor que antes

ADMISIÓN VARIABLE (IMRC · mariposas de turbulencia)

Solenoide de vacío 20 – 60 Ω · 0.2 – 0.6 A

Motor DC 2 – 8 Ω · 0.3 – 1.5 A

Motor bloqueado 2.5 – 4.0 A sostenidos

Sensor de posición 0.4 V cerrado → 4.6 V abierto

Tolerancia comandado vs real $\pm 5\%$ · respuesta < 500 ms
 PRUEBA DECISIVA: comandar y VERIFICAR VISUALMENTE el varillaje.
 Corriente correcta + sin movimiento = TRABADO POR CARBÓN
 ▲ DIÉSEL EUROPEO: inspeccionar integridad de las mariposas ANTES de arrancar. Un fragmento ingerido destruye el motor.

FÓRMULAS

$I = V / R$ $I_{\text{media}} = I_{\text{pico}} \times \text{duty cycle}$
 $V_{\text{efectivo}} = V_{\text{sistema}} \times \text{duty cycle}$
 $R_{\text{parásita}} = (V \times \text{duty} / I_{\text{medida}}) - R_{\text{actuador}}$
 $F \propto I^2 \rightarrow 40\% \text{ menos corriente} = 64\% \text{ menos fuerza}$

APRENDIZAJES OBLIGATORIOS

Tras limpiar o cambiar el cuerpo posición cerrada + ralentí
 Tras cambiar pedal o ECU aprendizaje del APP
 Tras limpiar IAC reaprendizaje de ralentí
 Tras intervenir IMRC de pasos aprendizaje de posición

CÓDIGOS CLAVE

P0505–P0511 control de ralentí · P1508/P1509 (GM) · P1504/P1505 (Ford)
 P2100–P2103 motor del ETC · P2101 rango/desempeño
 P2119 posición de reposo · P2176 posición cerrada NO APRENDIDA
 P2135 correlación TPS · P2138 correlación APP (Módulo 2)
 P2004–P2017 control de conductos de admisión

Fin del Módulo 10. El Módulo 11 (Actuadores de Emisiones y Control Térmico) desarrolla la válvula de purga EVAP, la ventilación y la bomba de detección de fugas, la EGR en sus tres arquitecturas, el solenoide OCV del VVT, la inyección de urea AdBlue y las bujías incandescentes.