

1

Sistemas de encendido



1. **Introducción a los sistemas de encendido**
2. **Desarrollo de la combustión de la mezcla**
3. **Condiciones necesarias para la ignición de la mezcla**
4. **Bujías**
5. **Bobina de encendido**
6. **Análisis del proceso de generación de chispa**
7. **Control de la bobina**
8. **Otros componentes del sistema de encendido**
9. **Regulación del avance de encendido**

PRÁCTICA PROFESIONAL

Identificación de encendidos convencionales y transistorizados sobre el motor y manejo de esquemas eléctricos

RETO PROFESIONAL

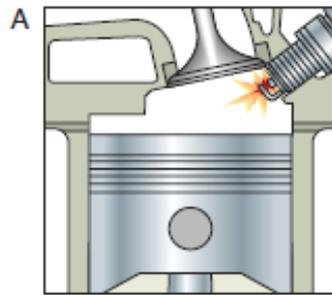
Determinación del orden de encendido en un motor e interpretación de esquemas de encendido

ORGANIZO MIS IDEAS

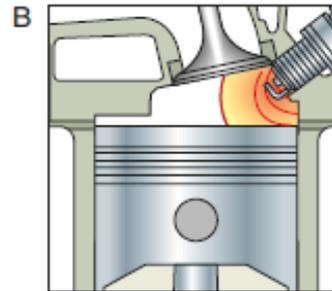
1

Sistemas de encendido

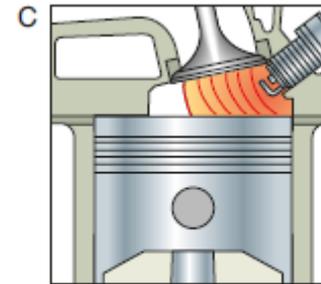
2. Desarrollo de la combustión de la mezcla



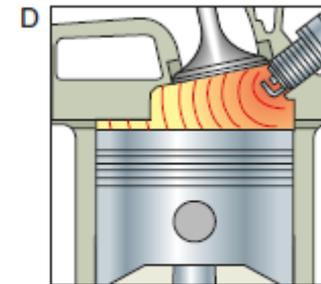
A. Salto de la chispa



B. Inicio de combustión



C. Progreso rápido



D. Fin de la combustión

Figura 1.1.
Desarrollo de la combustión normal.

1

Sistemas de encendido

2. Desarrollo de la combustión de la mezcla

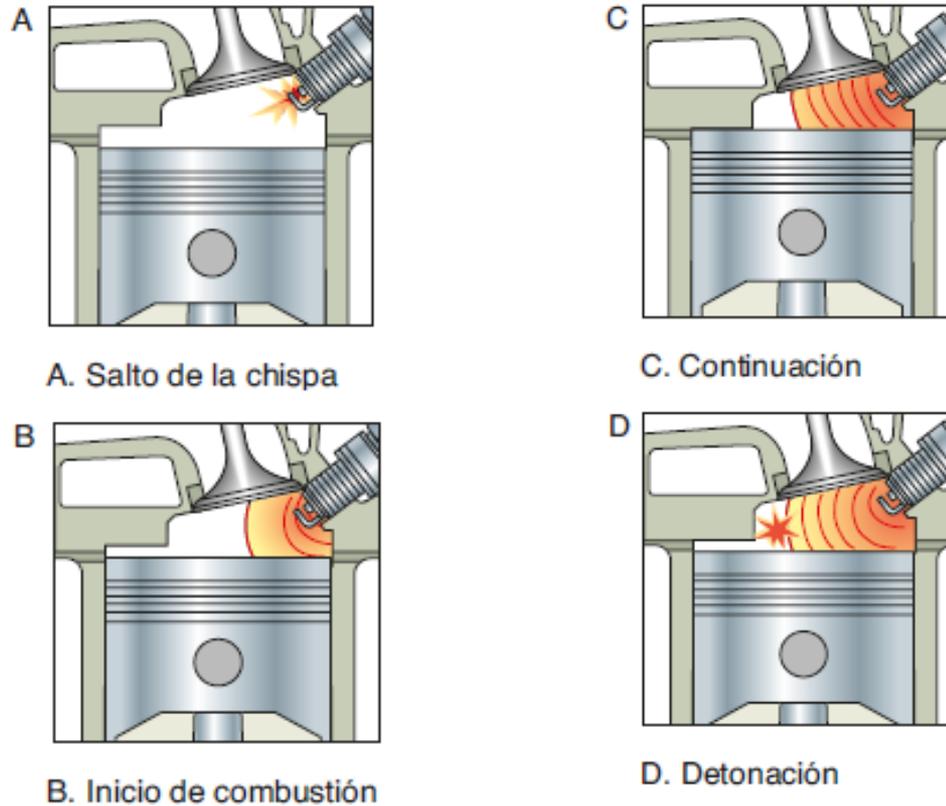
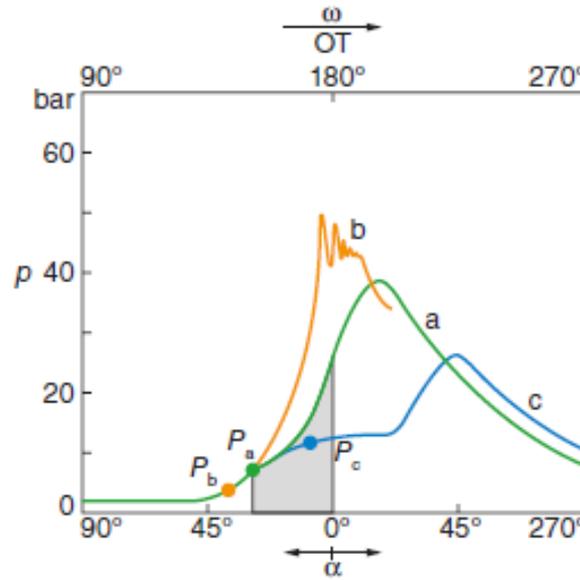
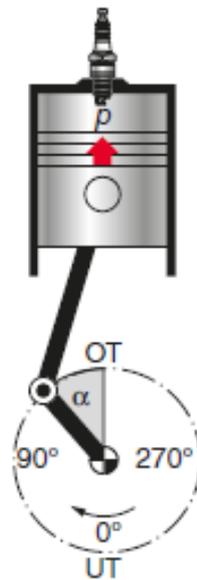


Figura 1.2.
Desarrollo de una combustión detonante.

1

Sistemas de encendido

2. Desarrollo de la combustión de la mezcla



- a: Punto de encendido correcto.
- b: Punto de encendido adelantado.
- c: Punto de encendido retrasado.

Figura 1.3.

Influencia del punto de encendido en el tipo de combustión y el rendimiento del motor. Evolución de la presión en el cilindro durante una combustión normal (a), detonante (b) y combustión no centrada debida a encendido retrasado (c).

1

Sistemas de encendido

2. Desarrollo de la combustión de la mezcla



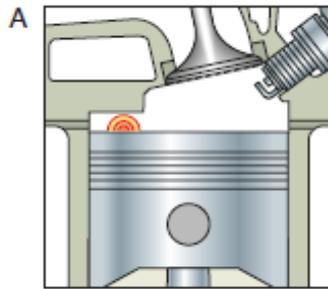
Figura 1.4.

Daños en la junta de culata y en la cabeza del pistón causados por detonación.

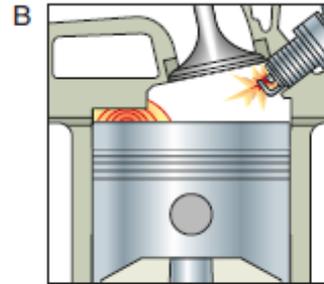
1

Sistemas de encendido

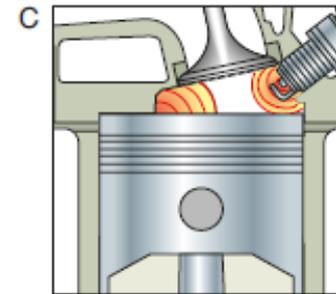
2. Desarrollo de la combustión de la mezcla



A. Se produce la inflamación de una partícula caliente



B. Salta normalmente la chispa



C. Se inflama el resto de la mezcla

Figura 1.5.
Autoencendido.

1

Sistemas de encendido

3. Condiciones necesarias para la ignición de la mezcla

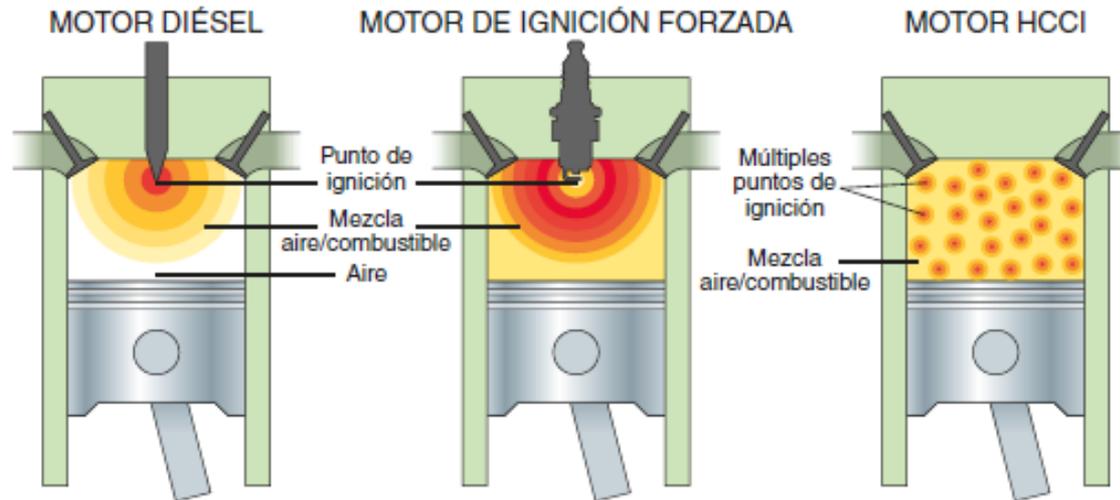


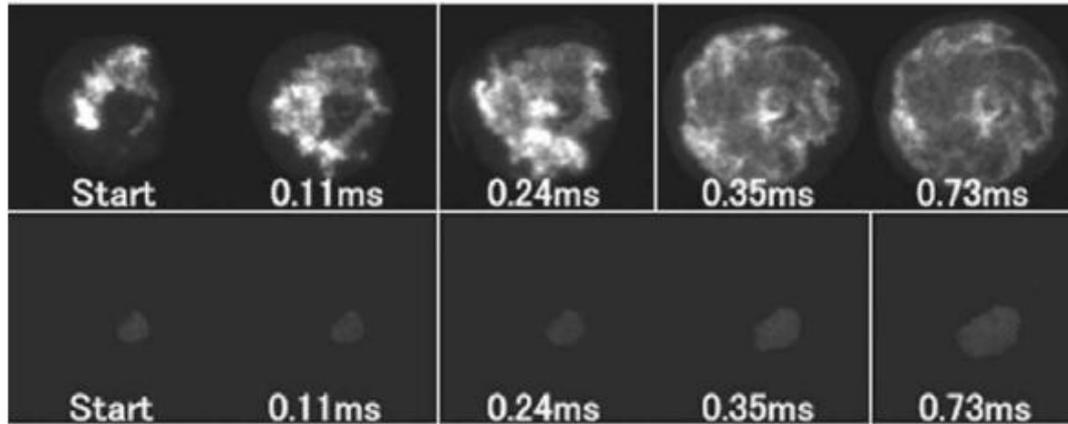
Figura 1.6.

En motores HCCI (mezcla homogénea y encendido por compresión) y de ignición forzada, el aire y el combustible se mezclan antes de la combustión, lo que evita la emisión de partículas del diésel. Únicamente los motores HCCI tienen múltiples puntos de combustión en toda la cámara. Esto, además de su combustión pobre, mantiene la temperatura baja, evitando la formación de óxidos de nitrógeno (NOx).

1

Sistemas de encendido

3. Condiciones necesarias para la ignición de la mezcla



La combustión se completa en un breve periodo de tiempo.

En la misma secuencia, la llama todavía permanece cerca de la bujía.

Comparación del proceso de combustión fotograma a fotograma (arriba, HCCI; debajo, combustión convencional)

Figura 1.7.

Proceso de combustión en motores HCCI, comparado con el proceso convencional por salto de chispa.

4. Bujías

4.1. Estructura de una bujía



Figura 1.8.
Bujía.

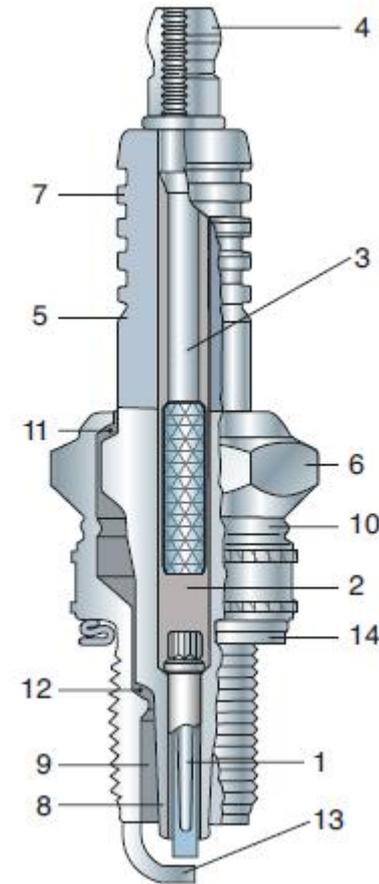


Figura 1.9.
Partes de la bujía.

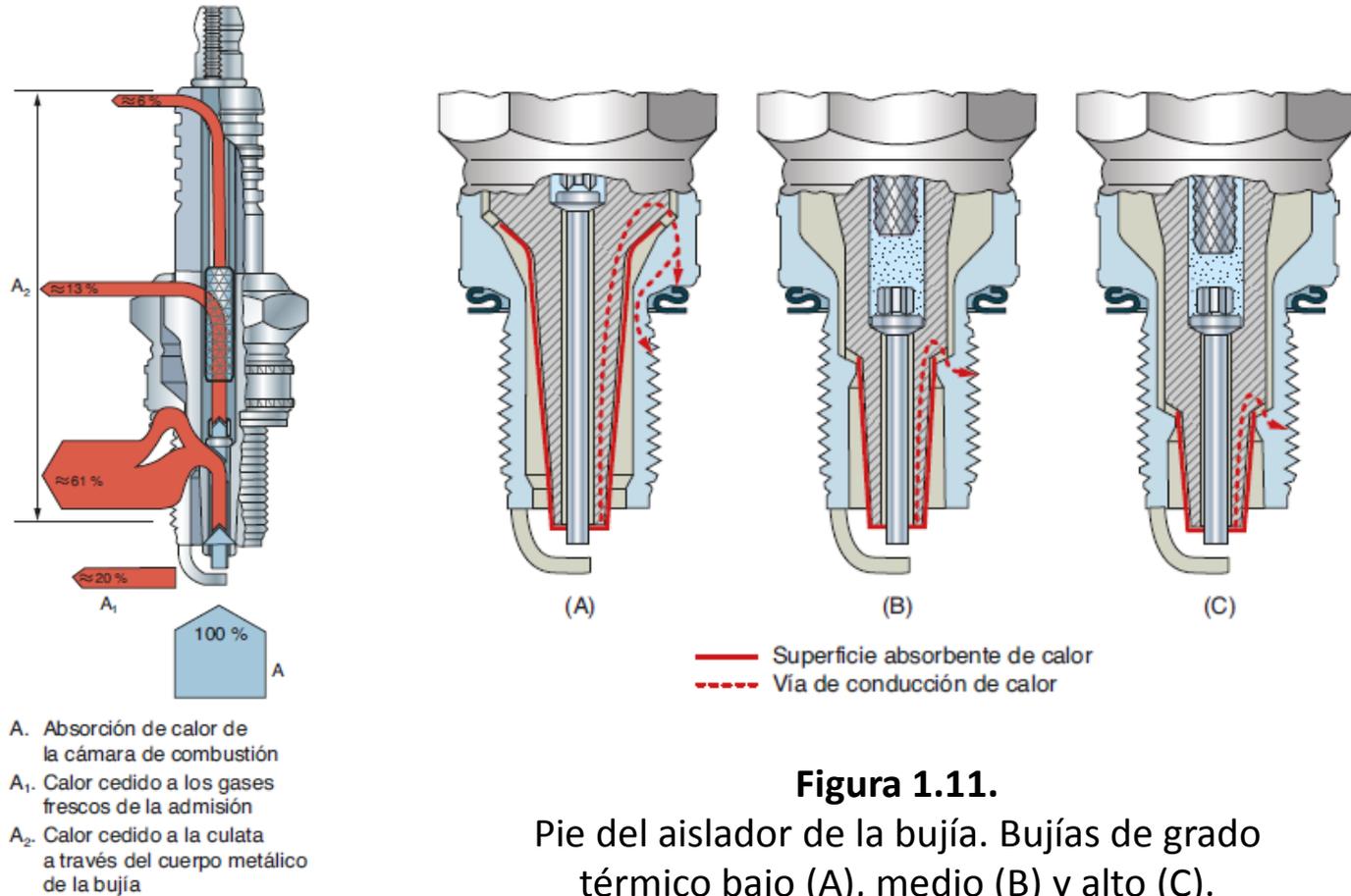


Figura 1.10.
Evacuación del calor en una bujía.

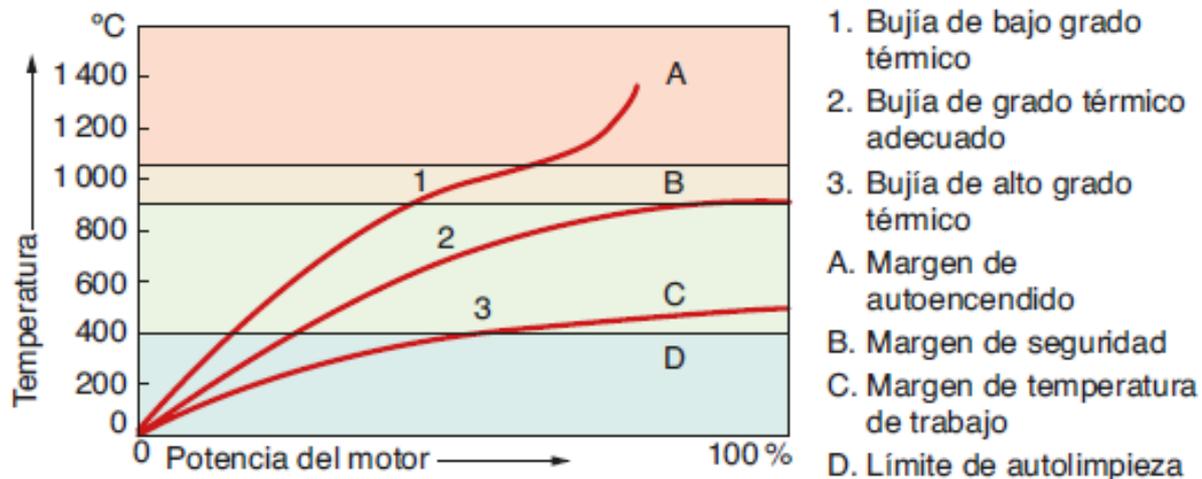


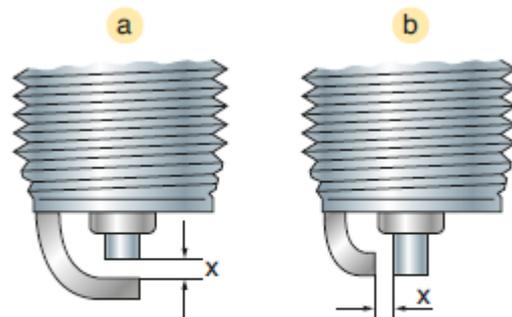
Figura 1.12.

Comparación de la temperatura de trabajo en función de la carga de bujías de distinto grado térmico montadas en un mismo motor.

Sistemas de encendido

4. Bujías

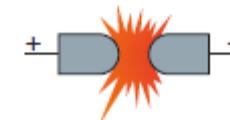
4.3. Distancia entre electrodos, tensión de encendido y tipos de electrodos



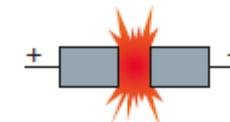
- x. Separación de electrodos
 a. En electrodo central
 b. En electrodo lateral

Figura 1.13.

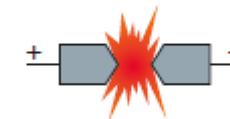
Distancia entre electrodos.



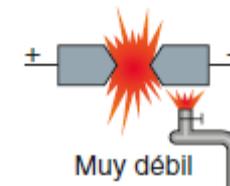
Fuerte



Media



Débil



Muy débil

Los electrones escapan más fácilmente de una punta caliente hacia una fría.

Figura 1.14.

Influencia del desgaste, forma, temperatura y polaridad de los electrodos en la tensión necesaria de encendido.

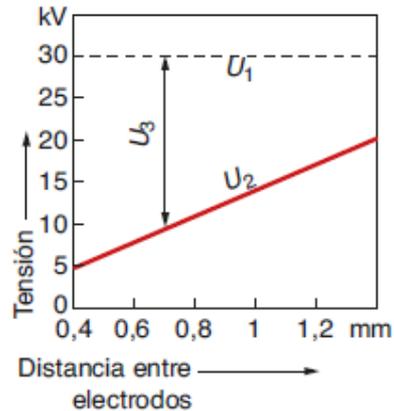


Figura 1.15.

Influencia de la separación de los electrodos en la tensión necesaria para el salto de chispa en el interior del motor.

- U_1 . Tensión de encendido disponible
- U_2 . Tensión de encendido necesaria
- U_3 . Reserva de tensión de encendido (disminuye al desgastarse los electrodos)

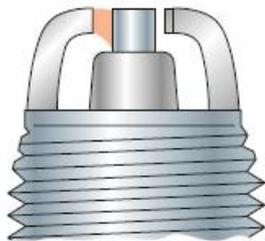


Figura 1.16.
Longitud de chispa al aire.

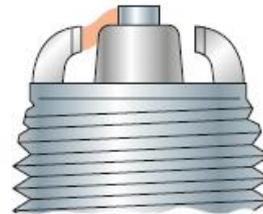


Figura 1.17.
Longitud de chispa deslizante.

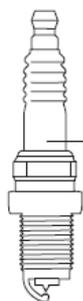


Figura 1.18.
Bujía con electrodos múltiples.

Sistemas de encendido

4. Bujías

4.5. Identificación de las bujías



B P R 5 E S - 11

Unidad: mm

B		P		R		5		E		S		-11			
	Diámetro de la rosca	Tamaño del Hexágono	Estructura		Construcción / Características		Grado térmico		Longitud de la rosca		Características constructivas		Galga (mm). Nada: Galga convencional		
A	∅ 18,0	Hex 25,4	P	Tipo aislador proyectado	R	Tipo Resistencia	2		E	19,0	B	Tuerca terminal SAE fija (CR8EB)		vacio	Motocicleta: 0,7 - 0,8 mm
B	∅ 14,0	Hex 20,8				Tipo Resistencia Inductiva			4	EF		17,5	CM		Electrodo de masa inclinado Tipo compacto (longitud de aislador expuesto: 18,5)
BC	∅ 14,0	Hex 16,0	M	Tipo Compacto (Bantam)	5	EH	Media rosca, Total: 19,00 mm, Rosca I: 12,7 mm		CS	Electrodo de masa inclinado		-8		0,8	
BK	∅ 14,0	Hex 16,0			6	U	Tipo descarga superficial o semi-superficial			H	12,7	G, GV	Bujía de competición		-9
C	∅ 10,0	Hex 16,0	7	I	Electrodo central de iridio				-10	1,0					
D	∅ 12,0	Hex 18,0	8	IX	Electrodo de iridio IX		-11		1,1						
DC	∅ 12,0	Hex 16,0	9	J	2 electrodos de masa prominentes		-13		1,3						
E	∅ 8,0	Hex 13,0	10		K	2 electrodos de masa			-15	1,5					
<p>*Exposición B(P)M.A.Y: ∅ 14,0, Hex 19,0 R(P)-(E)F: ∅ 14,0, Hex 16,0 CM-6: ∅ 10,0, Hex 14,0</p> <p>BC: Altura JIS estándar antigua La longitud desde el asiento a la parte superior del terminal es de 53,0 mm.</p> <p>BK: Altura estándar ISO/JIS La longitud desde el asiento a la parte superior del terminal es de 50,5 mm.</p>															
<p>vacio Asiento cónico A(P)F: 10,9 B(P)F: 11,2 BM(P)F: 7,8</p> <p>Bujía de tipo pequeño B(P)M: 9,5 B(L)M: 9,5 CM: 9,5 CM-6: 8,6 C-50: 8,5</p>															
<p>-LM Tipo compacto (longitud del aislante: 14,5 mm)</p>															
<p>N Electrodo especial de masa</p>															
<p>P Electrodo de platino Un solo electrodo de masa: doble platino Varios electrodos de masa: platino sencillo en el electrodo central</p>															
<p>Q 4 electrodos de masa</p>															
<p>S Tipo estándar</p>															
<p>T 3 electrodos de masa</p>															
<p>U Tipo descarga semi superficial</p>															
<p>Y Electrodo central con ranurado en V</p>															
<p>Z Fabricación especial</p>															
<p>-S Junta especial</p>															
<p>-E Resistencia especial</p>															
<p>IX-P Bujía Iridium MAX</p>															
<p>LPG 1-8 Gama de bujías LaserLine para motores de gas</p>															

Figura 1.19.

Interpretación del código de una bujía NGK (cortesía NGK).

1

Sistemas de encendido

5. Bobina de encendido



Comparación de los sistemas de encendido TSZ y HKZ en su principio funcional

-  Ruptor electrónico de circuito con conexión de mando S
-  Acumulador de energía
-  Transformador

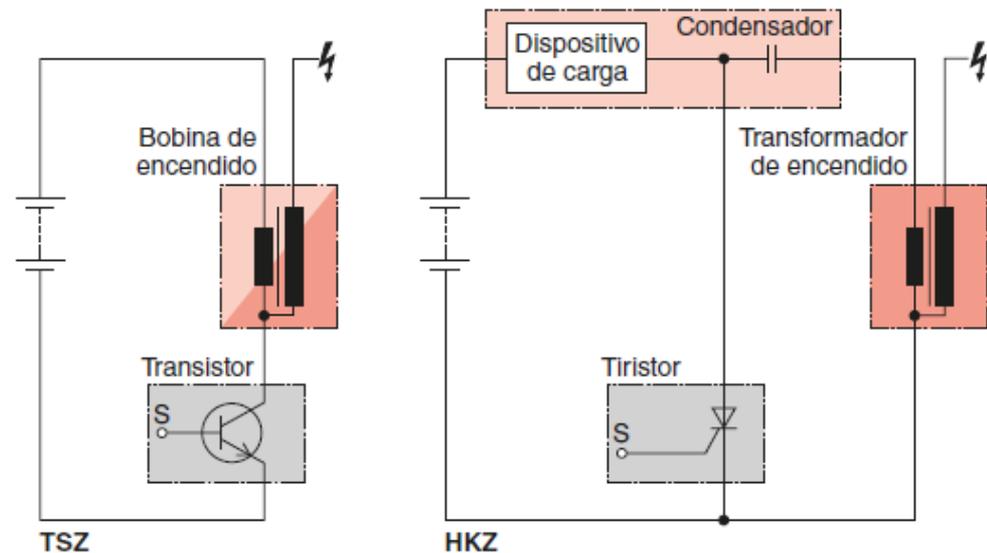


Figura 1.20.

Técnicas para generar el pulso necesario para la transformación de tensión. Encendido inductivo TSZ y de descarga por condensador HKZ.

1

Sistemas de encendido

5. Bobina de encendido

5.1. Principios de funcionamiento de las bobinas de encendido

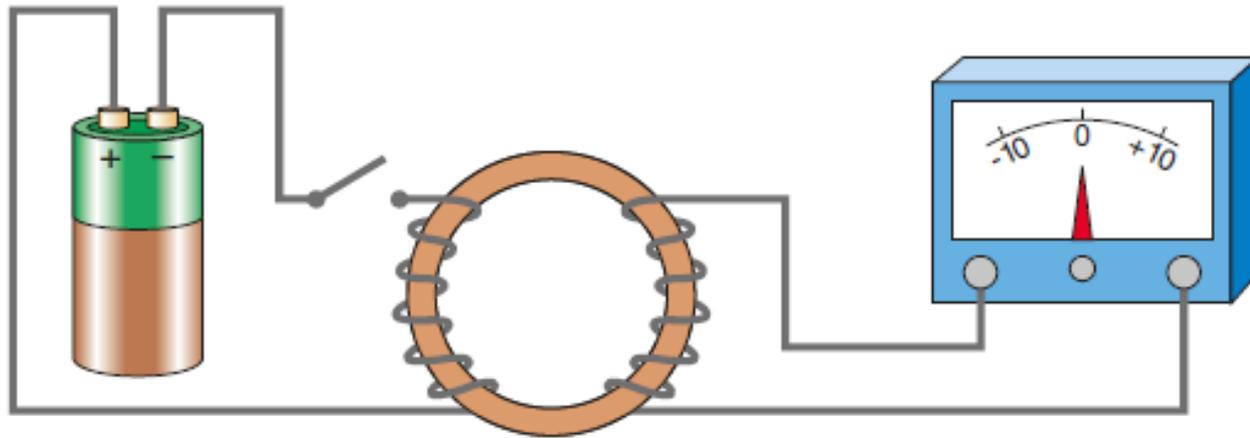


Figura 1.21.
Experimento de Henry-Faraday.

Sistemas de encendido

5. Bobina de encendido

5.2. Conexionado interno de las bobinas de encendido

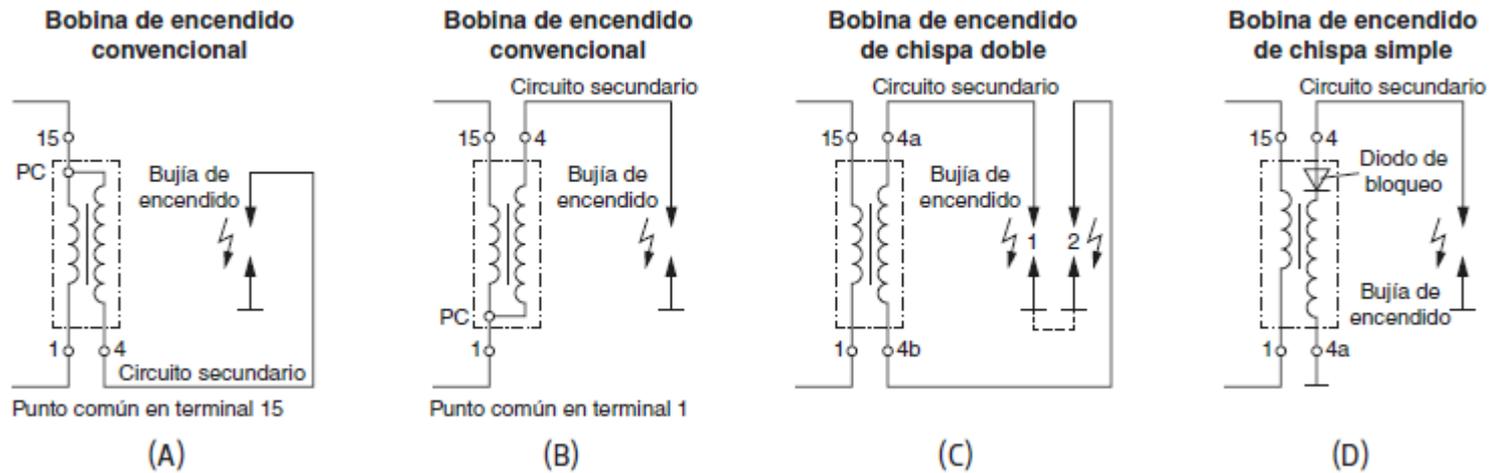


Figura 1.22.

Tipos de conexionado interno en las bobinas de encendido. Nomenclatura de bornes: 15 positivo de contacto, 1 conexión al ruptor o a la etapa de potencia del encendido, 4, 4a y 4b terminales de secundario.

Sistemas de encendido

5. Bobina de encendido

5.2. Conexionado interno de las bobinas de encendido

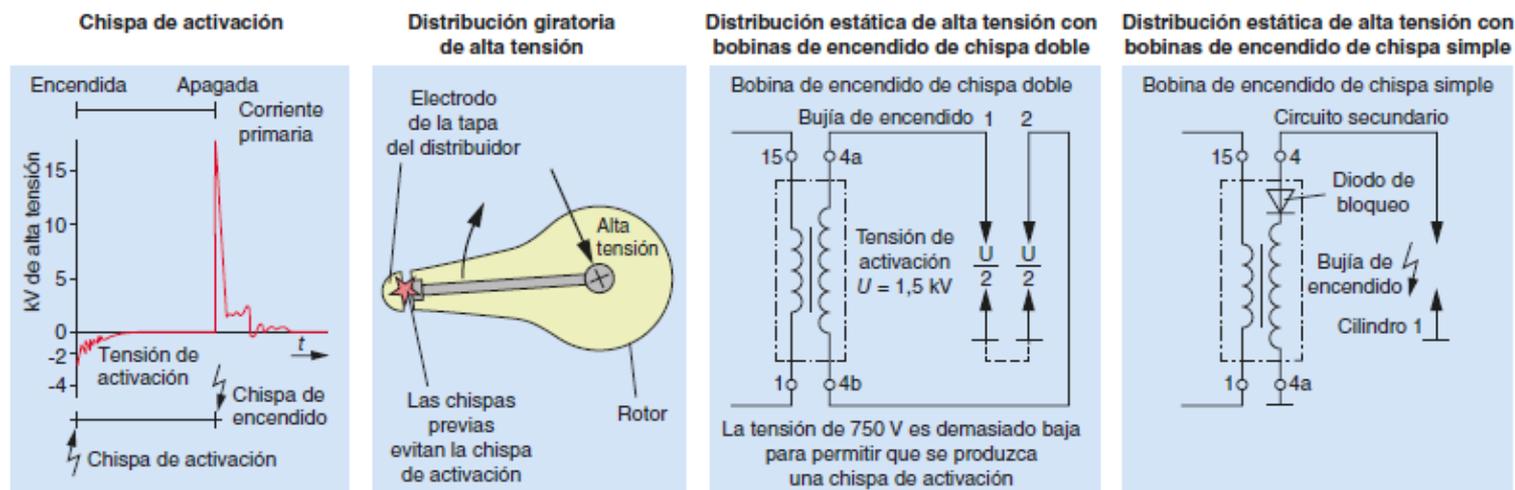


Figura 1.23.

Anulación de la chispa de activación en los distintos tipos de encendidos.

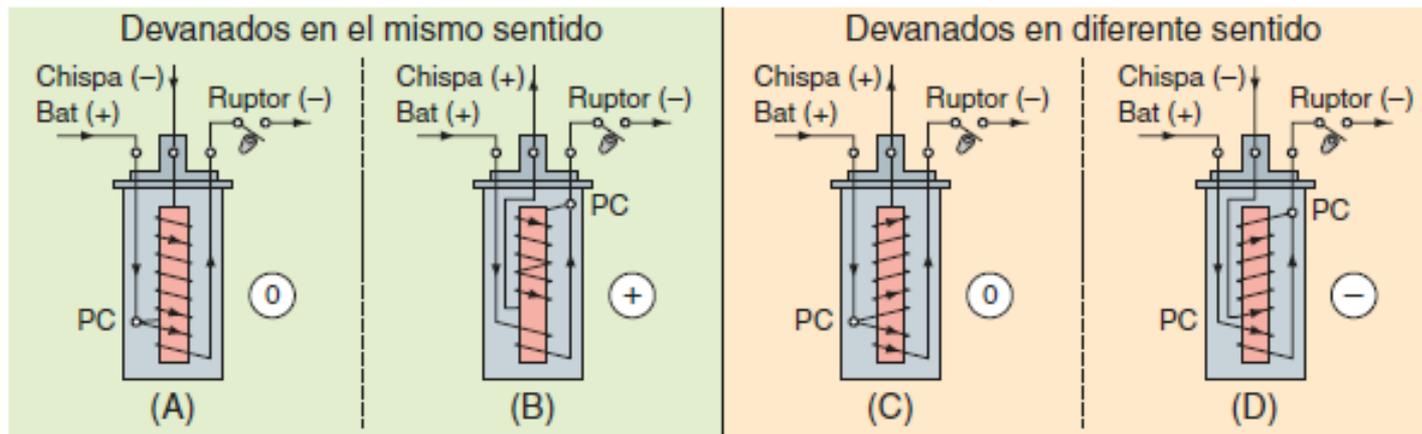


Figura 1.24.

Polaridad de la chispa y aditividad de tensiones de primario y secundario en una bobina convencional según el sentido de los arrollamientos y la elección del punto común de conexión (0 no afecta, + se suman, - se restan).

Sistemas de encendido

5. Bobina de encendido

5.3. Aspectos constructivos

Bosch	X	Otras con aceite
	Conector	
Cobre	Resorte	Aluminio con tornillo
Cobre con barniz	Núcleo	Lámina
Láminas acero/silicio	Bobinados	Láminas de acero
Más cobre	Aislante principal	Menos cobre
Resina asfáltica	Aislante inferior	Aceite
Cerámica		Plástico

Figura 1.25.

Partes de una bobina convencional. Comparativa entre una bobina con resina asfáltica (actual) y una con aceite (antigua) (cortesía Bosch).

1

Sistemas de encendido

5. Bobina de encendido

5.3. Aspectos constructivos



Figura 1.26.

Las bobinas plásticas poseen diferentes formas y configuraciones, dependiendo de cada aplicación (cortesía Bosch).

1

Sistemas de encendido

6. Análisis del proceso de generación de chispa

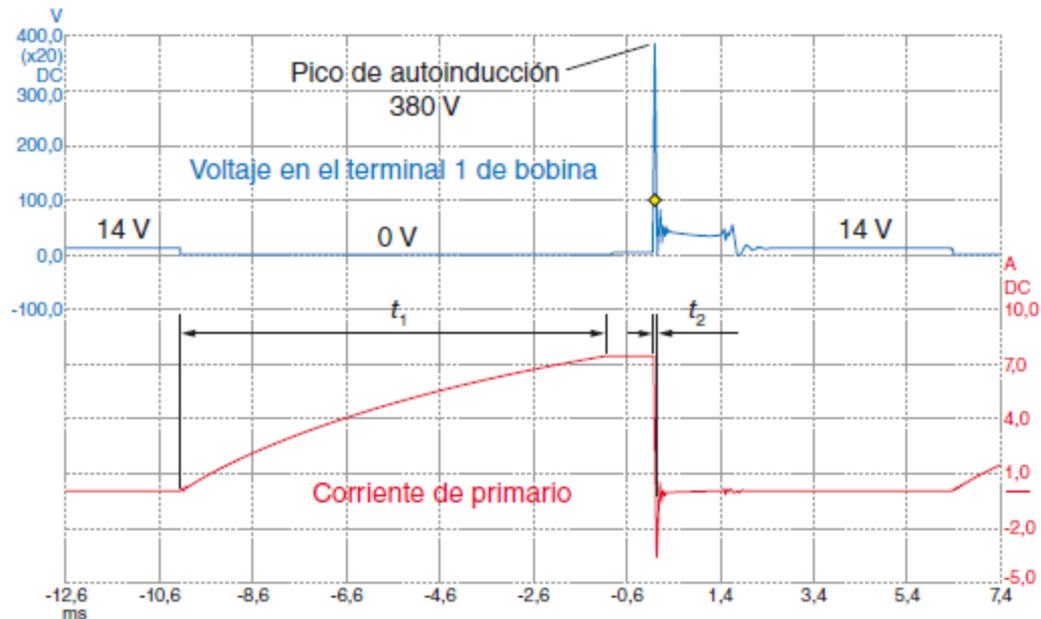


Figura 1.27.

Efectos de la autoinducción en el circuito primario: t_1 , tiempo de carga ralentizado por la autoinducción, t_2 , tiempo de descarga rápida, la autoinducción se manifiesta en un pico de tensión en el terminal 1 de la bobina que alcanza los 380 V en el momento de la desconexión.

1

Sistemas de encendido

6. Análisis del proceso de generación de chispa

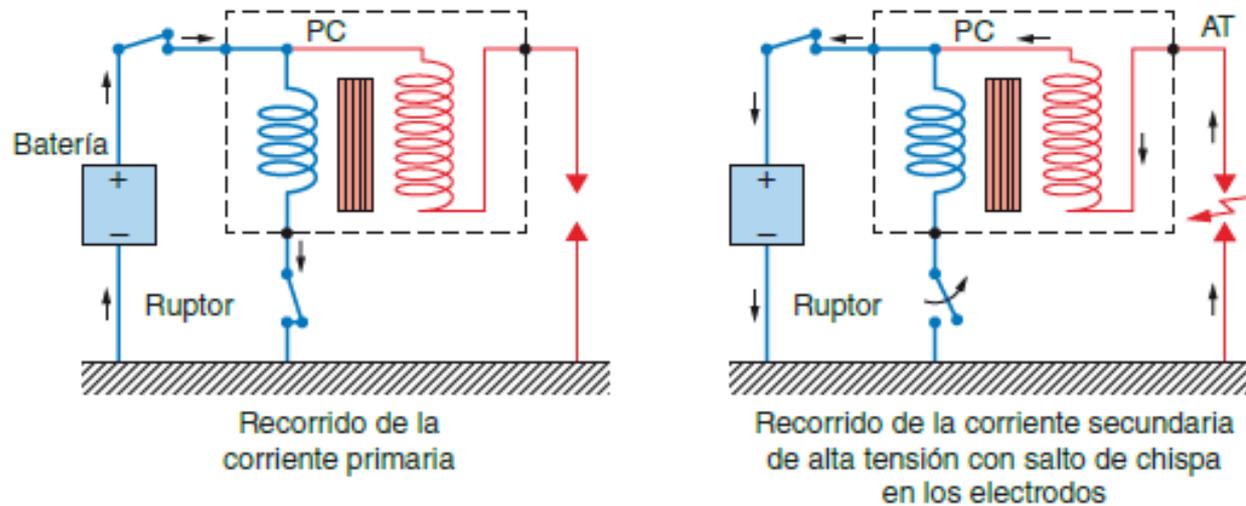


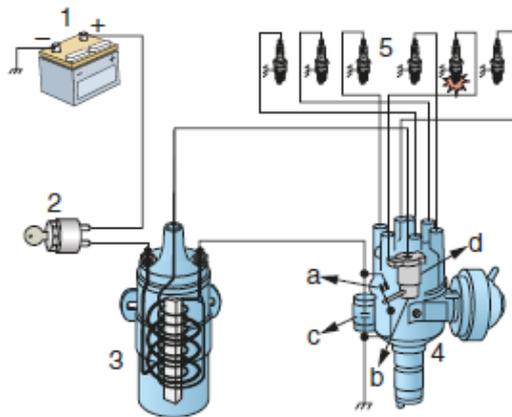
Figura 1.28.

Circulación de la corriente en los devanados primario y secundario de la bobina.

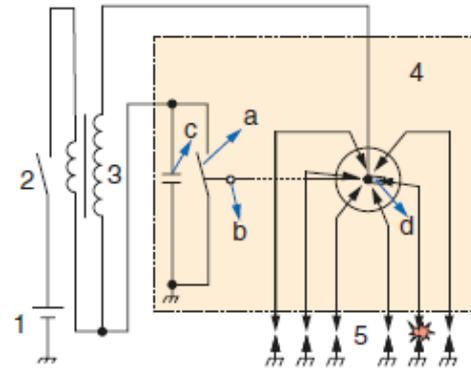
1

Sistemas de encendido

7. Control de la bobina



A. Conexión de los distintos elementos en un motor de 6 cilindros



B. Esquema eléctrico

1. Batería
2. Llave de contacto
3. Bobina de encendido
4. Distribuidor
- a. Ruptor
- b. Leva
- c. Condensador
- d. Pipa o rotor
5. Bujías

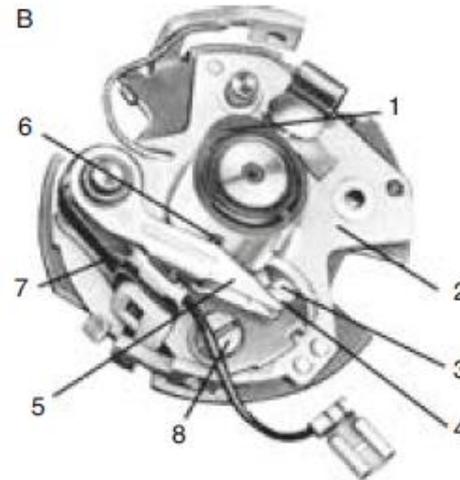
Figura 1.29.

Elementos y esquema eléctrico de un encendido convencional.

Sistemas de encendido

7. Control de la bobina

7.1. Características de los sistemas con ruptores

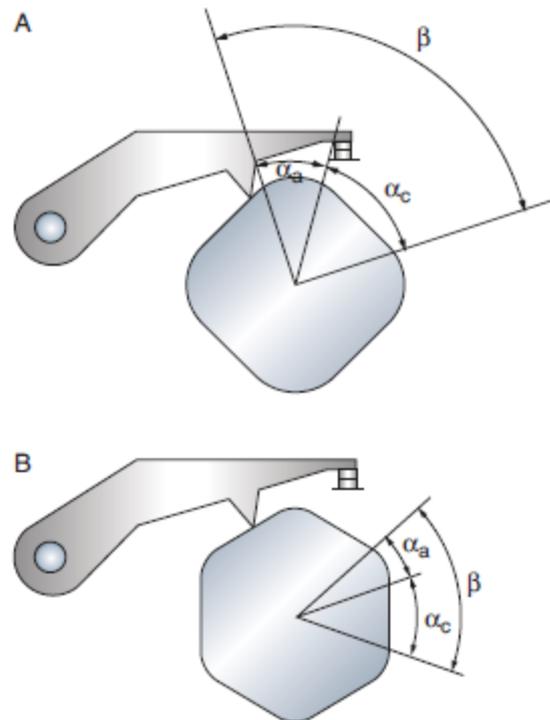


A. Aspecto exterior

B. Ubicación del ruptor en el distribuidor

1. Leva del ruptor
(un solo saliente, ya que corresponde a un motor monocilíndrico)
2. Placa portarruptor
3. Yunque
4. Martillo
5. Palanca del ruptor
6. Patín
7. Resorte de la palanca del ruptor
8. Tornillo de fijación del yunque

Figura 1.30.
Ruptor.



A. Ángulo de giro de una leva cuadrada
(motor de cuatro cilindros)

α_c : ángulo de cierre (57°)

α_a : ángulo de apertura (33°)

β : ángulo disponible (90°)*

$$\text{Dwell} = \frac{\alpha_c}{\beta} = \frac{57^\circ}{90^\circ} = 0,63 \rightarrow 63\%$$

B. Ángulo de giro de una leva hexagonal
(motor de seis cilindros)

α_c : ángulo de cierre (38°)

α_a : ángulo de apertura (22°)

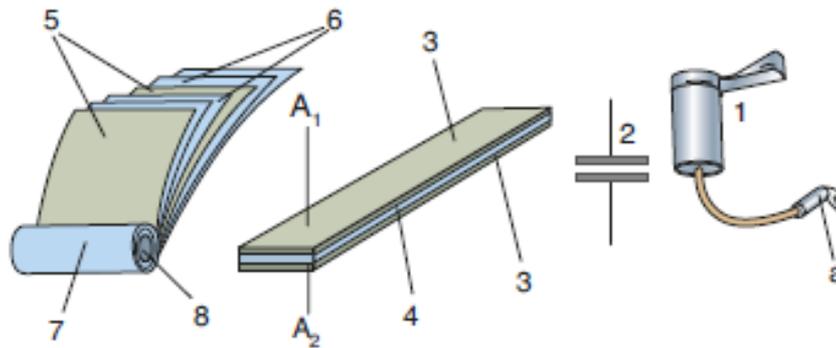
β : ángulo disponible (60°)*

$$\text{Dwell} = \frac{\alpha_c}{\beta} = \frac{38^\circ}{60^\circ} = 0,63 \rightarrow 63\%$$

*Son grados de giro del distribuidor
(no confundir con grados de cigüeñal)

Figura 1.31.

Distribución de los ángulos de cierre y apertura en el perfil de la leva de accionamiento del ruptor.



- A_1, A_2 . Conexión eléctrica
 a. Borne (+)
1. Aspecto exterior
 2. Símbolo de conexión
 3. Placas conductoras
 4. Capa aislante
 5. Láminas metálicas
 6. Láminas aislantes
 7. Condensador bobinado
 8. Carrete

Figura 1.32.
 Condensador de encendido.

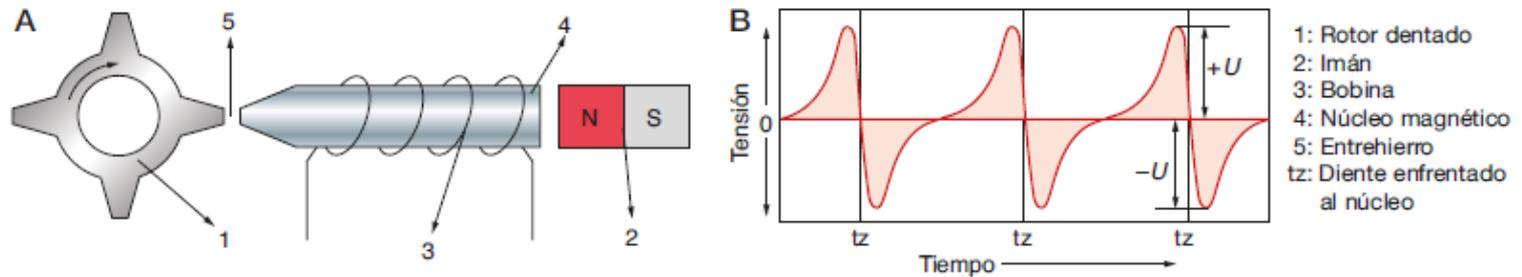


Figura 1.33.

Principio de funcionamiento de un generador inductivo de reluctancia variable y señal correspondiente.

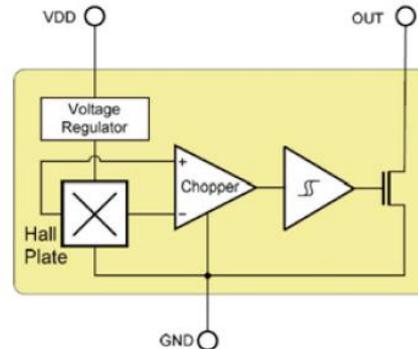
Sistemas de encendido

7. Control de la bobina

7.2. Sensores y generadores de impulsos



Figura 1.34.
Distribuidor de encendido con generador inductivo.



VDD: alimentación.
OUT: salida.
GND: masa.

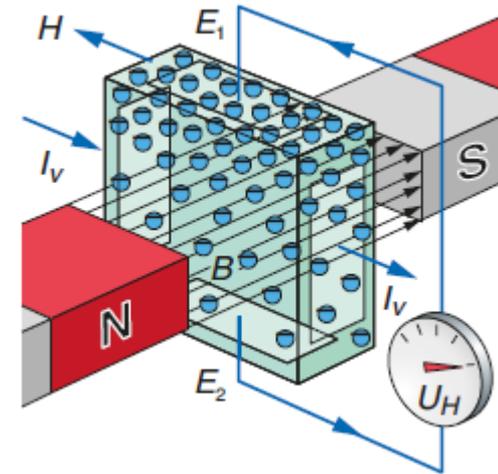


Figura 1.35.
Efecto Hall.

Figura 1.36.
Circuito integrado Hall y configuración interna de uno de salida digital.

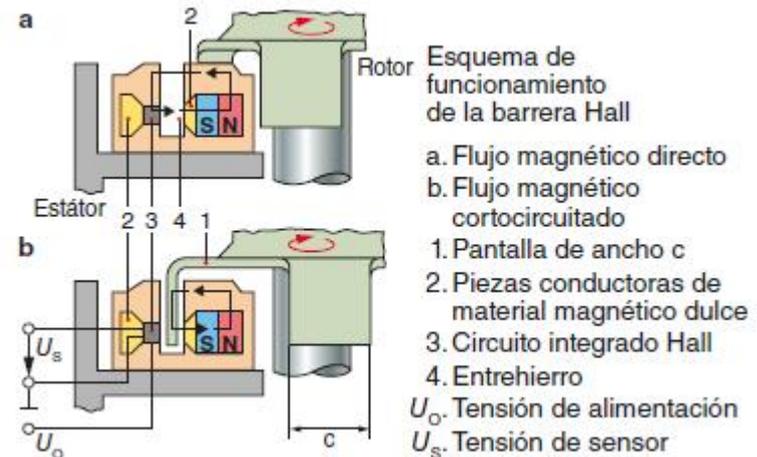
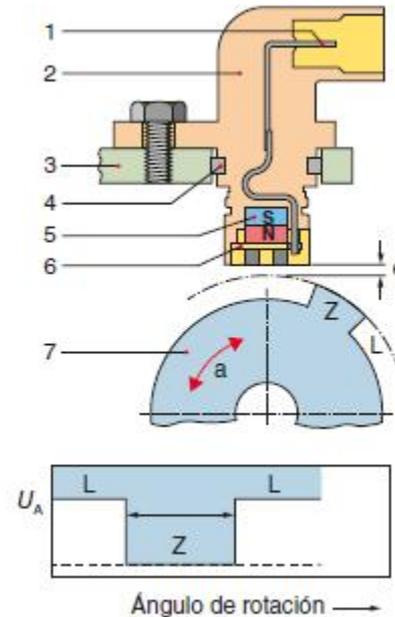


Figura 1.37.

Barrera Hall, principio de funcionamiento.



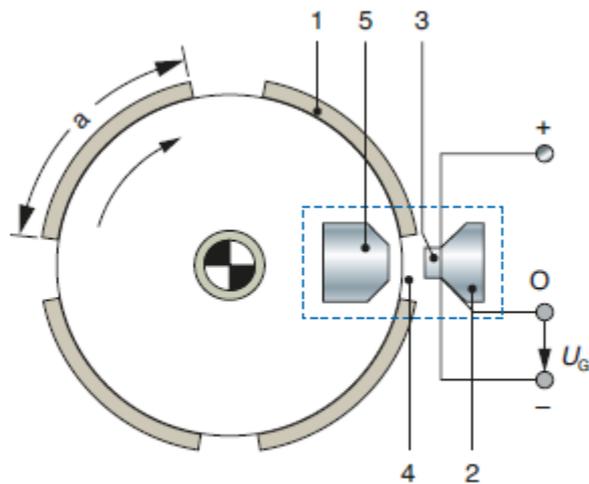
Esquema de sensor de barra Hall

1. Conexión eléctrica
2. Cuerpo del sensor
3. Cáster del motor
4. Anillo obturador
5. Imán permanente
6. Circuito integrado Hall
7. Rueda de impulsos con diente/segmento (Z) y hueco (L)
- a. Ángulo de giro
- e. Entrehierro

Gráfica de señal de salida

Figura 1.38.

Sensor Hall de barra, principio de funcionamiento.



1. Pantalla magnética de anchura (a)
 2. Pieza conductora
 3. Circuito integrado Hall
 4. Entrehierro
 5. Imán y pieza conductora
- U_G . Voltaje emitido por el sensor Hall-integrado

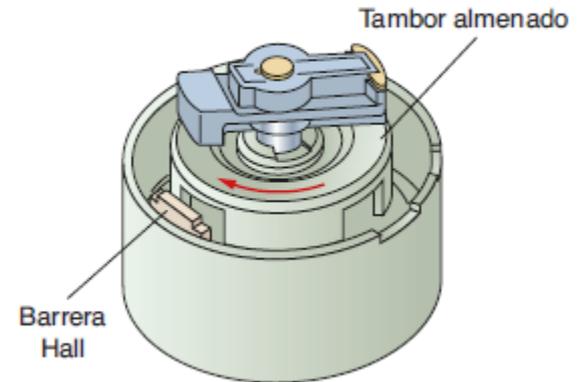


Figura 1.39.

Sensor Hall de Distribuidor con generador de impulsos tipo Hall.

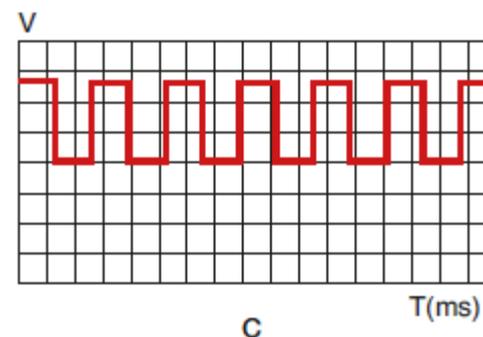
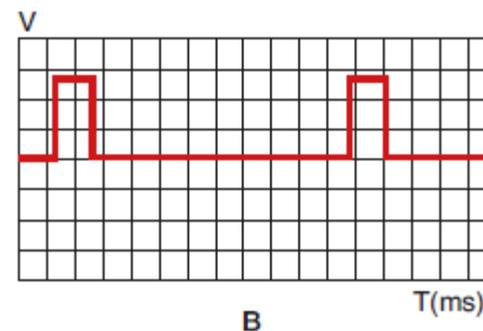
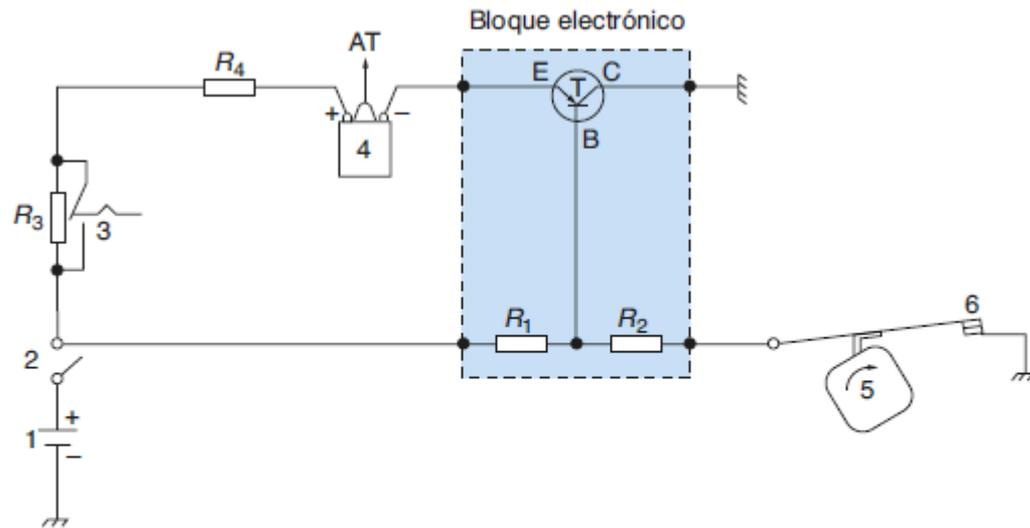


Figura 1.40.

Generador de impulsos óptico, principio de funcionamiento como generador de rpm y fase (A) y señales generadas: (B) fase, (C) rpm.



- | | | |
|--|-------------------------|---------------|
| 1. Batería | 4. Bobina | T. Transistor |
| R_1 y R_2 . Resistencias en puente divisor | AT Alta tensión | E. Emisor |
| 2. Interruptor de encendido | 5. Leva | B. Base |
| R_3 y R_4 . Resistencias adicionales | 6. Contactos del ruptor | C. Colector |
| 3. Conmutador para elevación de arranque | | |

Figura 1.41.

Esquema de un encendido transistorizado por ruptor.

1

Sistemas de encendido

7. Control de la bobina

7.3. Bloques electrónicos y etapas de potencia del encendido

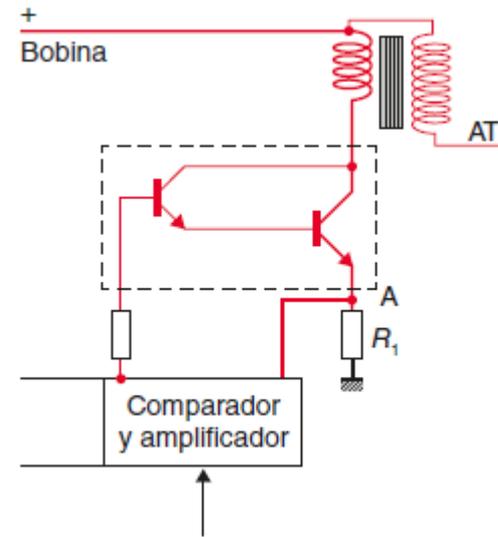


Figura 1.42.

Bloque electrónico de un encendido transistorizado sin contactos.

Figura 1.43.

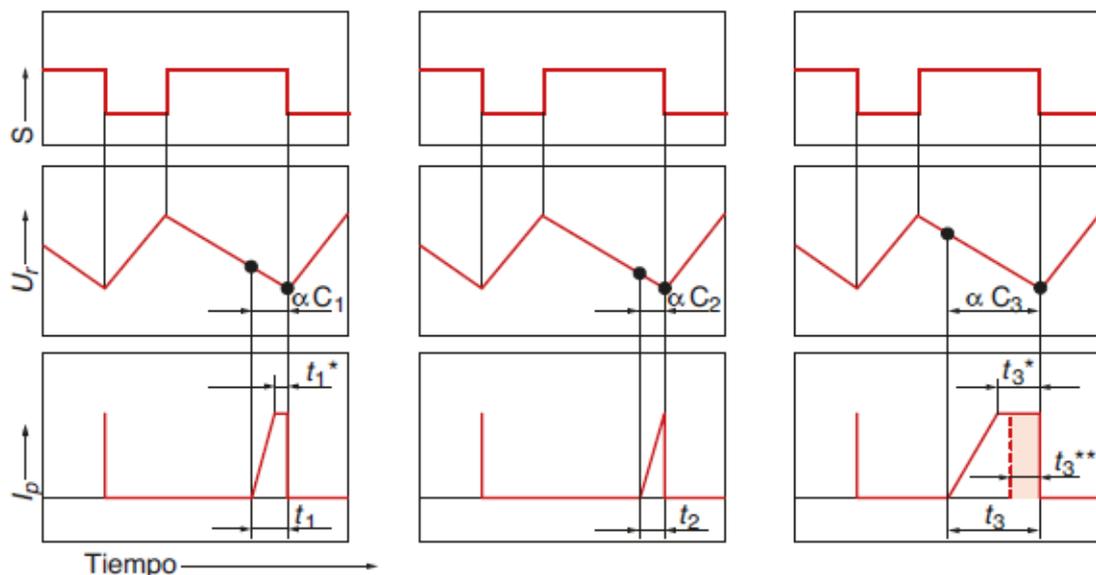
Circuito para la limitación de la corriente de primario. R1: resistencia de medición.



Sistemas de encendido

7. Control de la bobina

7.3. Bloques electrónicos y etapas de potencia del encendido



S. Señal del generador Hall

U_r Tensión de rampa (etapa de formación de impulsos)

I_p Corriente primaria

αC_1 . Ángulo de cierre correcto

αC_2 . Ángulo de cierre insuficiente

αC_3 . Ángulo de cierre excesivo

t_1 , t_2 y t_3 . Tiempo guía para la etapa final

t_1^* . Tiempo de limitación de corriente adecuado

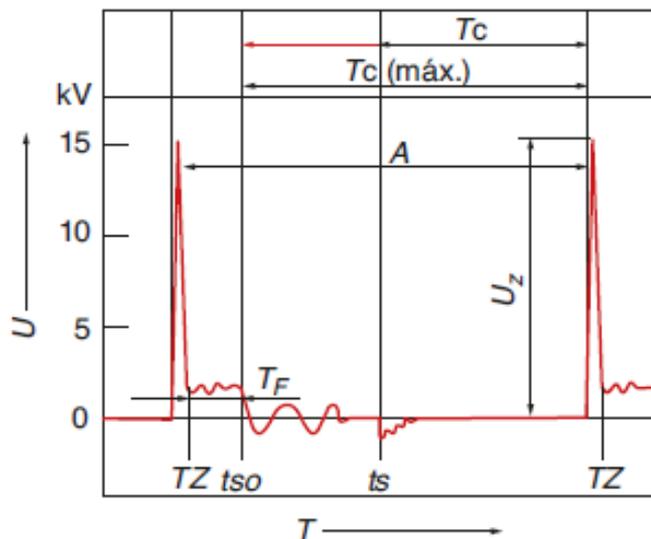
t_3^* . Tiempo de limitación de corriente excesivo

t_3^{**} . Tiempo de cierre a eliminar

La regulación correcta consigue el nivel de intensidad I_p necesario empleando un tiempo t_1 de conexión en el que la intensidad se alcanza con un margen de tiempo de seguridad t_1^* donde la limitación de corriente actúa.

En caso de tiempos insuficientes t_2 o excesivos t_3 , la unidad detecta que el valor U_r está por debajo o por encima del valor U_r de control y actúa sobre el ángulo de cierre relativo αC para conseguir el tiempo correcto de conexión de la bobina.

Figura 1.44.
Corrección del ángulo de cierre a partir de la señal de un generador Hall.



- U . Tensión de la bujía de encendido
- T . Tiempo
- A . Intervalo de encendido
- U_z . Tensión de encendido
- t_s . Comienzo del cierre a bajas revoluciones
- t_{so} . Limitación del ángulo de cierre
- TZ . Punto de encendido
- T_c . Tramo de cierre
- T_c (máx.). Tramo máximo de cierre
- TF . Duración de la chispa

Figura 1.45.

Margen de variación del tiempo de cierre o conexión de la bobina T_c , mostrado sobre un oscilograma de tensión del circuito secundario de encendido. El límite está establecido en T_c (máx.) que es el límite de duración de la chispa TF .

Sistemas de encendido

8. Otros componentes del sistema de encendido

8.1. Distribuidor

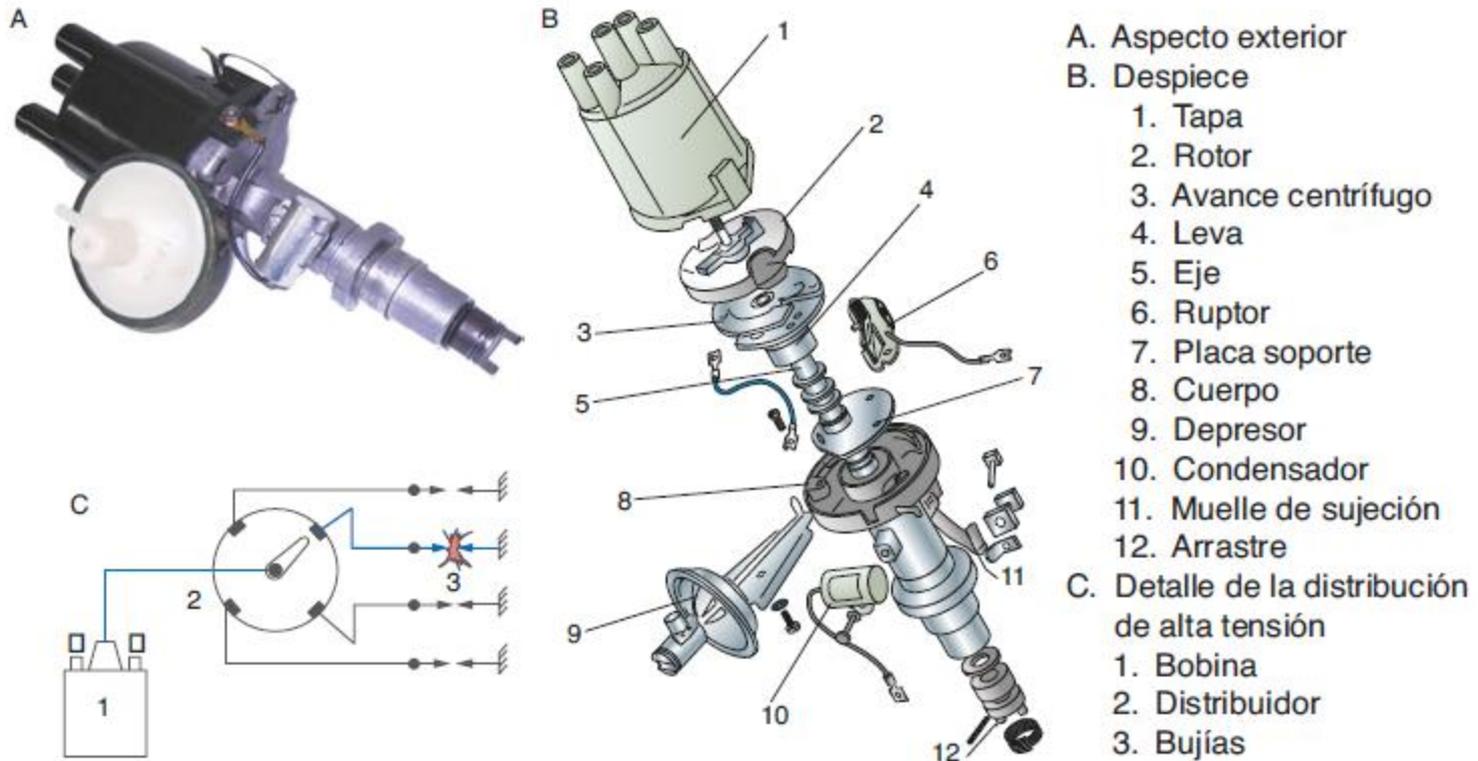


Figura 1.46.

Distribuidor con sistema de corrección de avance mecánico y mando por ruptor.

Sistemas de encendido

8. Otros componentes del sistema de encendido

8.1. Distribuidor

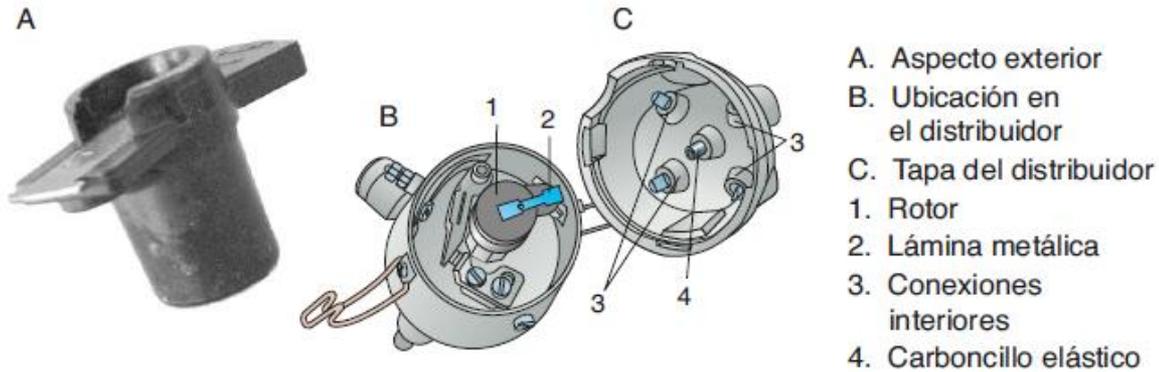


Figura 1.47.
Pipa o rotor.



Figura 1.48.
Distancia disruptiva en el rotor.



Figura 1.49.
Rotor o pipa con resistencia antiparasitaria.



Figura 1.50.
Cables de encendido.

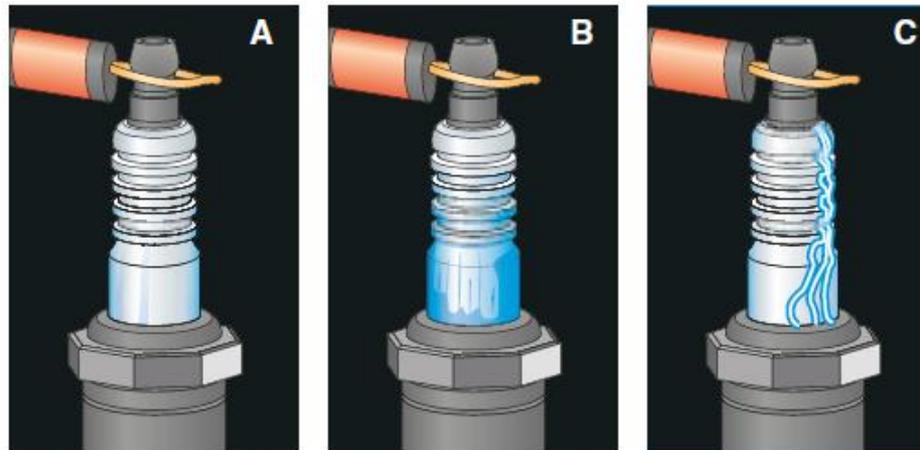


Figura 1.51.

Descarga por el efecto corona y arco voltaico. La alta tensión produce una ionización del aire en el entorno de la bujía visible en la oscuridad como una luz azul tenue, que no afecta al funcionamiento de la bujía, a no ser que se alcancen las condiciones de establecimiento de un arco eléctrico (C), en cuyo caso se producirán fallos de encendido.



Figura 1.52.

Cable de encendido con resistencia de carbono.



Figura 1.53.

Cable de encendido con reactancia inductiva.



Figura 1.54.

Cable de encendido de cobre con resistencia antiparasitaria.

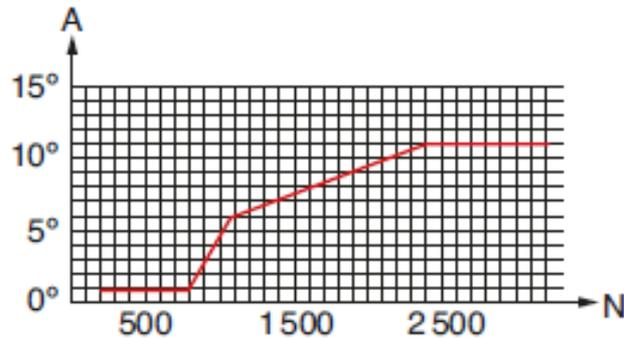
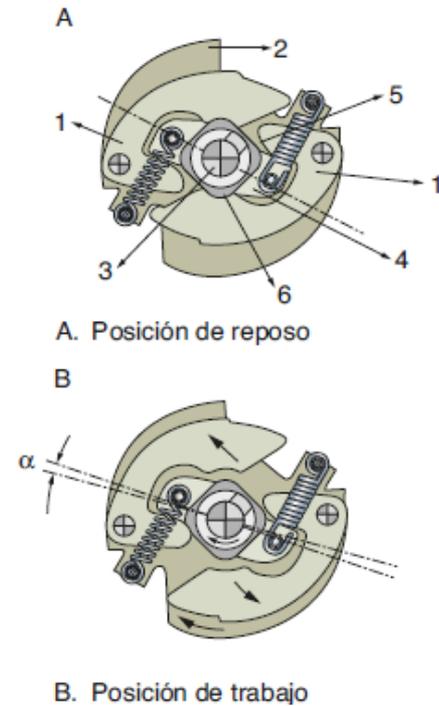
Sistemas de encendido

9. Regulación del avance de encendido

9.2. Corrección de avance mecánica

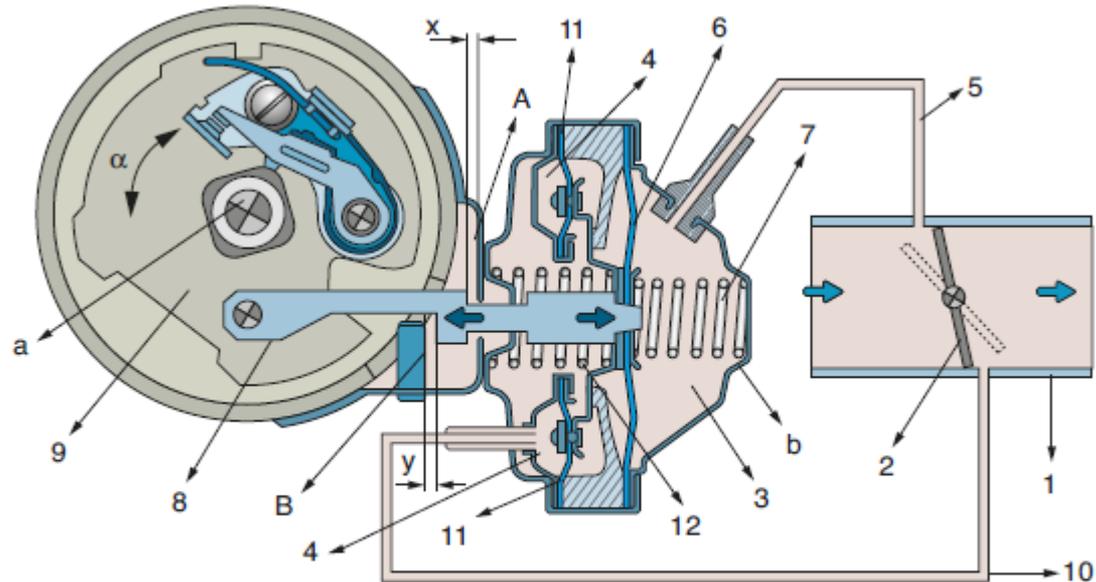


Figura 1.57.
Corrector de avance centrífugo.



A. Avance en grados del distribuidor
N. Velocidad en rpm del distribuidor

Figura 1.58.
Curva de corrección de avance centrífugo.



- a. Eje del distribuidor
- b. Unidad de vacío
- x. Trayecto de regulación en avance hasta el tope A
- y. Trayecto de regulación en retardo hasta el tope B

Figura 1.59.

Corrector de avance por vacío, con corrección en avance y en retardo.



- A. Avance en grados del distribuidor
- D. Depresión
- D₁. Depresión en milibares
- D₂. Depresión en milímetros de mercurio (mmHg)

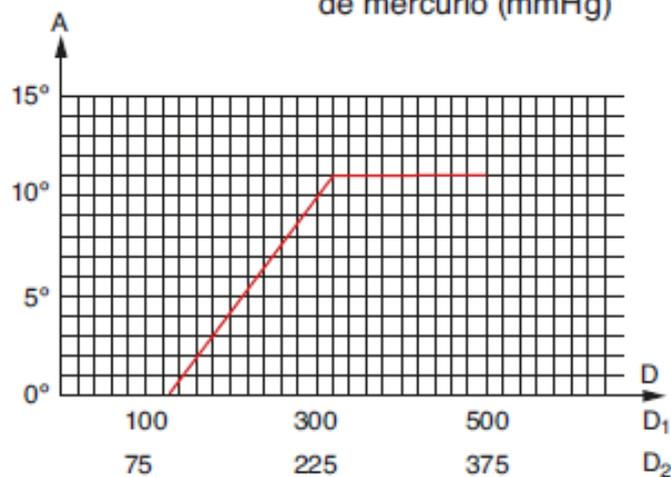


Figura 1.60.
Curva de avance por vacío.

Sistemas de encendido

9. Regulación del avance de encendido

9.3. Corrección de avance electrónica

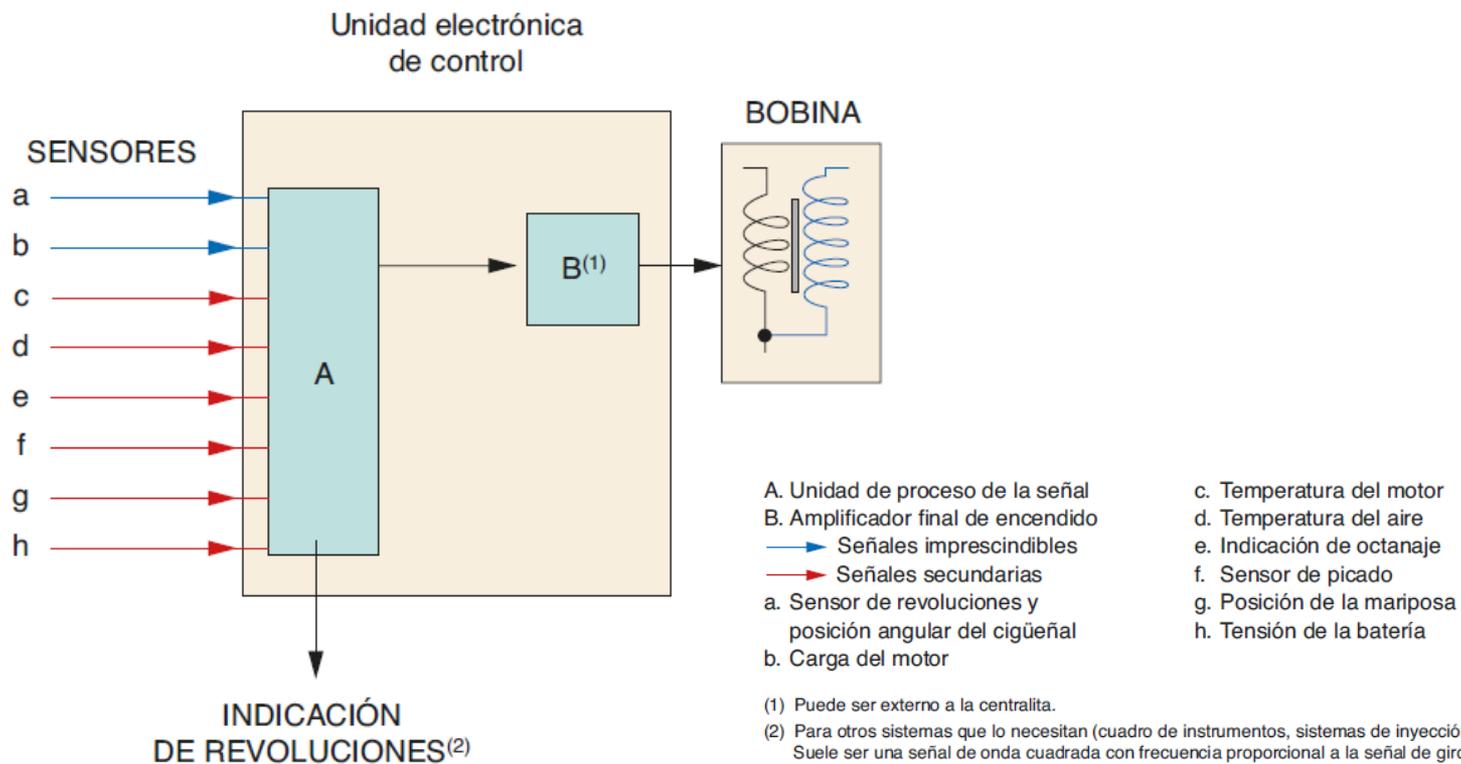


Figura 1.61.

Esquema base de un encendido electrónico integral.

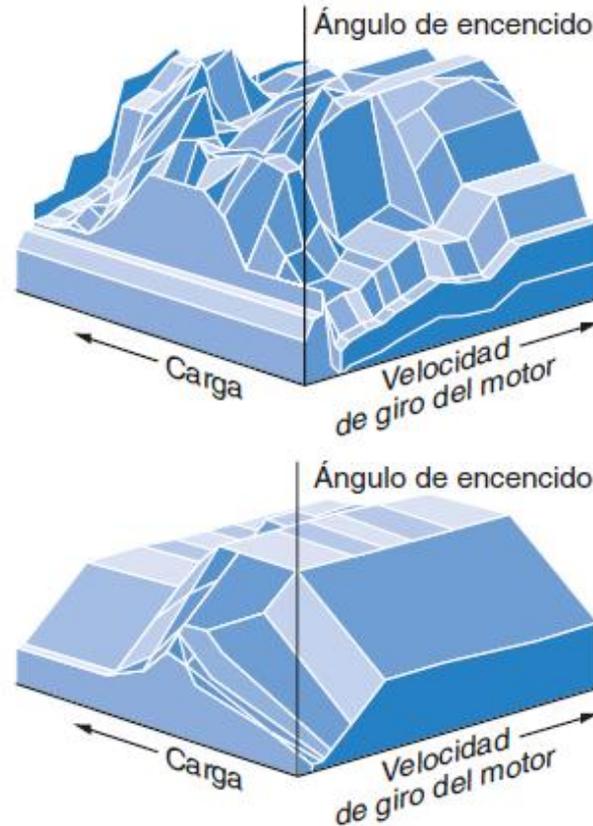
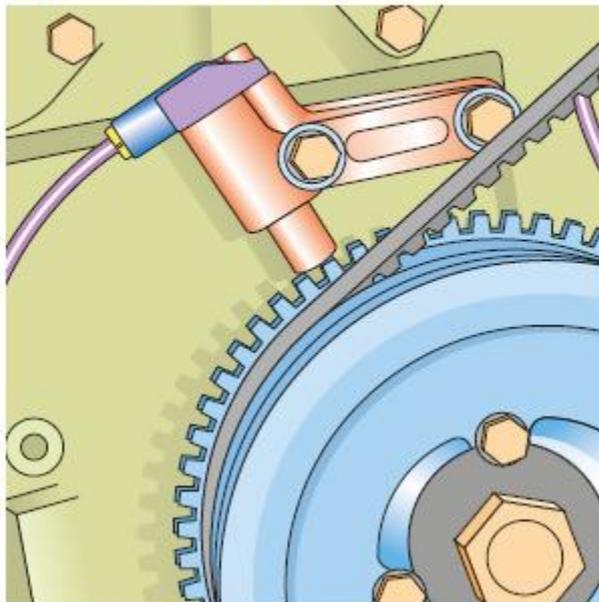


Figura 1.62.

Campo característico del ángulo de encendido electrónico optimizado (arriba) en comparación con el campo característico de ángulo de encendido de un sistema de regulación mecánica (abajo).

Rueda dentada (en el cigüeñal)
con sensor de inducción



Desarrollo de la tensión de inducción

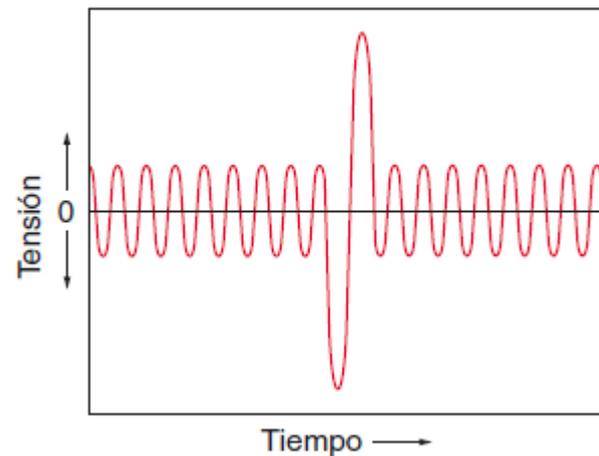


Figura 1.63.

Sensor de revoluciones y posición del cigüeñal, y señal eléctrica que genera.

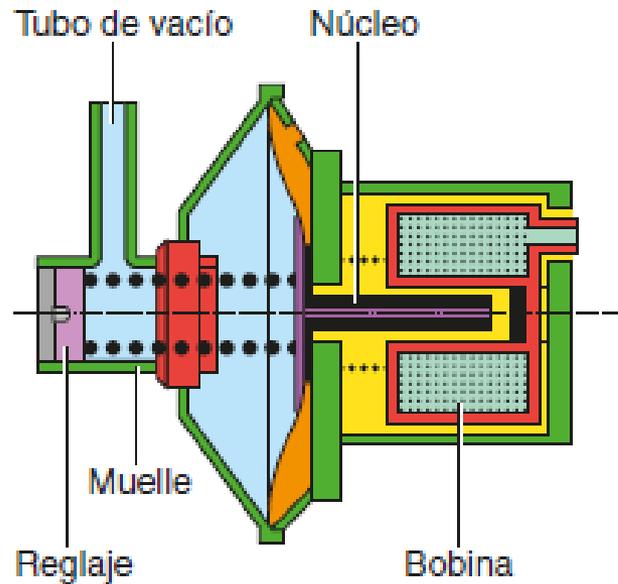


Figura 1.64.

Esquema de un sensor MAP de funcionamiento inductivo.

Sistemas de encendido

PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Identificación de encendidos convencionales y transistorizados sobre motor y manejo de esquemas eléctricos



Figura 1.65.



Figura 1.66.

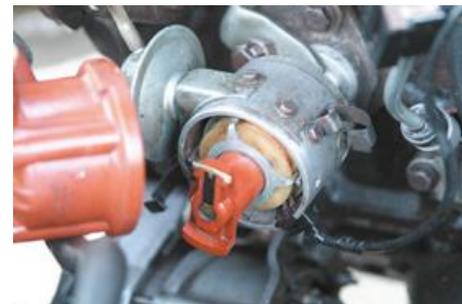


Figura 1.67.

1

Sistemas de encendido PRÁCTICA PROFESIONAL RESUELTA

Identificación de encendidos convencionales y transistorizados sobre motor y manejo de esquemas eléctricos

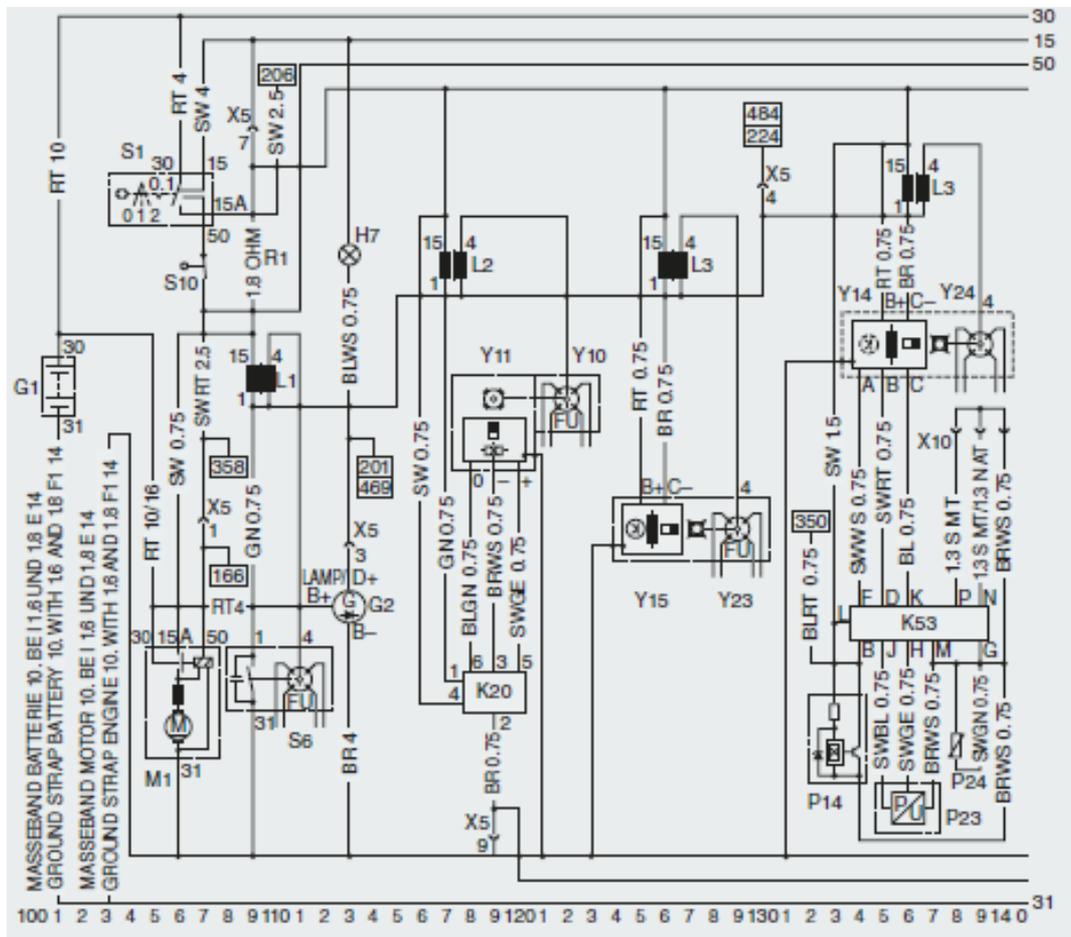


Figura 1.68.

1

Sistemas de encendido

RETO PROFESIONAL

Determinación del orden de encendido en un motor e interpretación de esquemas de encendido

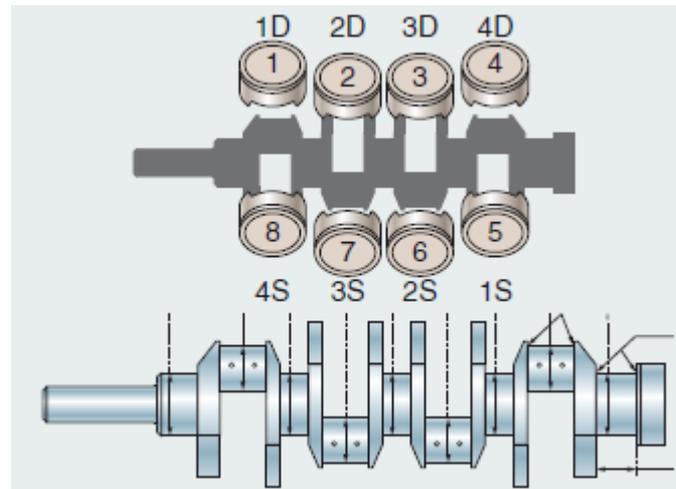


Figura 1.69.

1

Sistemas de encendido ORGANIZO MIS IDEAS

