

Arquitectura del motor

Motor policilindrico

Se entiende por motor policilindrico el formado por varios cilindros situados en uno o mas bloques unidos entre sí y cuyas bielas atacan a un solo cigüeñal.

La disposición de varios cilindros tiene por finalidad aumentar la potencia del motor, conseguir una velocidad de rotación más uniforme y compensar los momentos de inercia al repartir las masas en movimiento. Además permite lograr un mayor número de revoluciones al disminuir el peso de las masas en movimiento. Como inconveniente los motores policilindricos utilizan un mayor número de piezas en movimiento, lo que complica la construcción del motor, lo encarece y aumenta la posibilidad de averías.

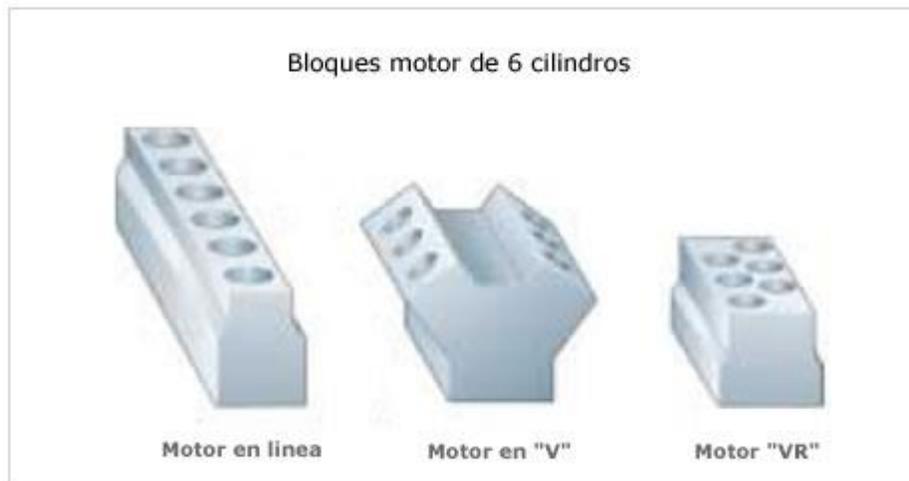
Agrupación de los cilindros

El número de cilindros de un motor puede ser de 2 hasta 12, los cuales, según su disposición en el motor, reciben el nombre genérico de:

Motores con cilindros en línea

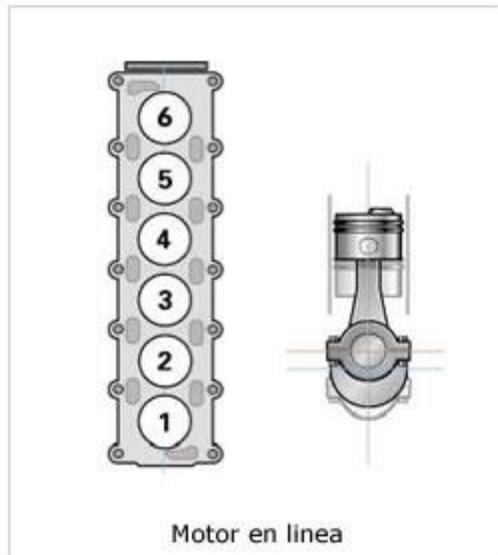
Motores con cilindros en "V"

Motores con cilindros horizontales opuestos o "boxer".

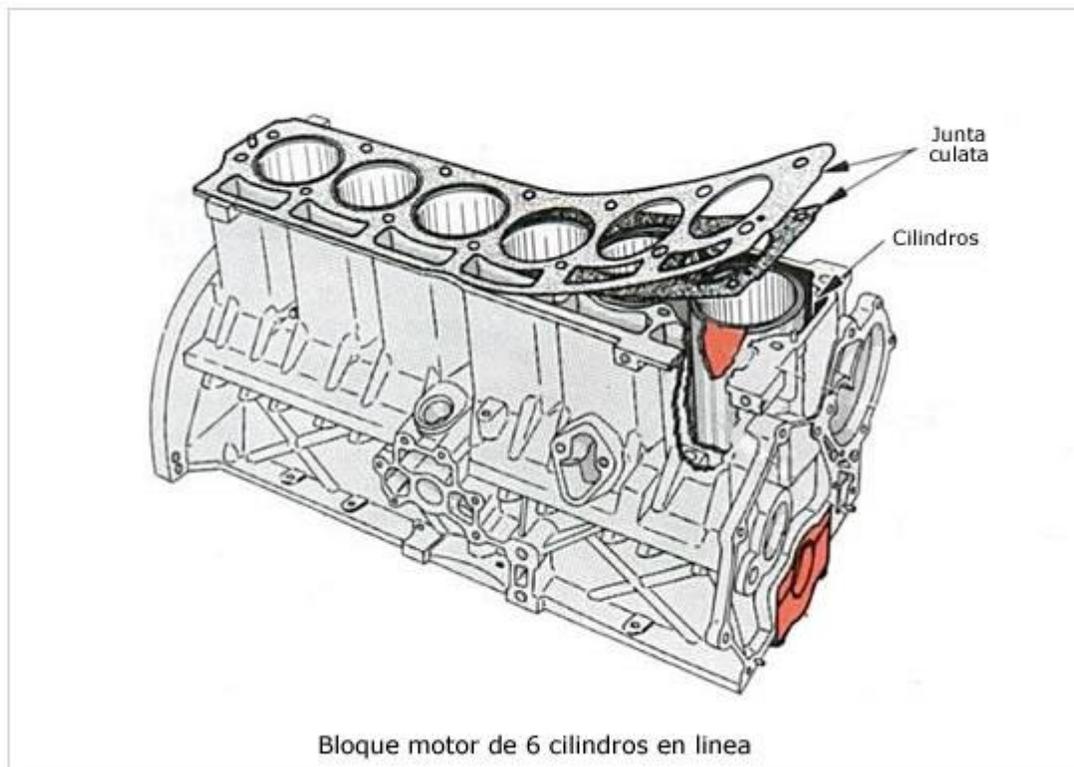


Motores con cilindros en línea

Estos motores tienen dispuestos los cilindros en un solo bloque en posición vertical uno detrás de otro. Estos motores pueden llevar desde hasta 8 cilindros. Los mas generalizados son los de 4 cilindros, ya que en motores de 6 cilindros o mas, la longitud del cigüeñal es demasiado grande, lo que puede producir vibraciones o lo que es peor su deformación o rotura.



Motor en linea

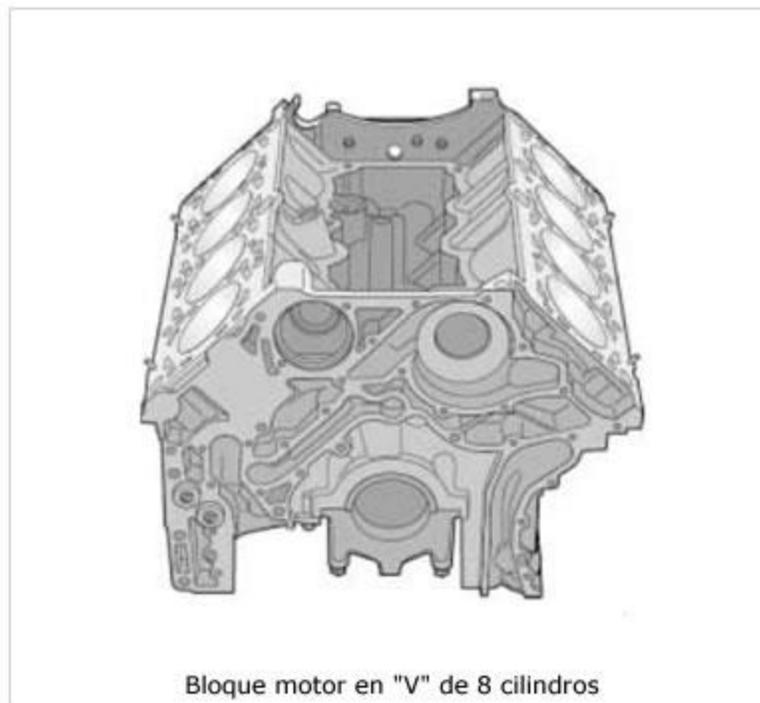
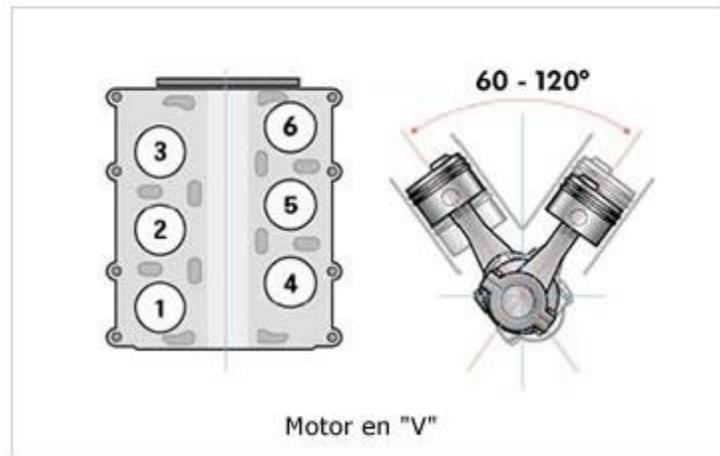


Bloque motor de 6 cilindros en linea

Motores con cilindros en "V"

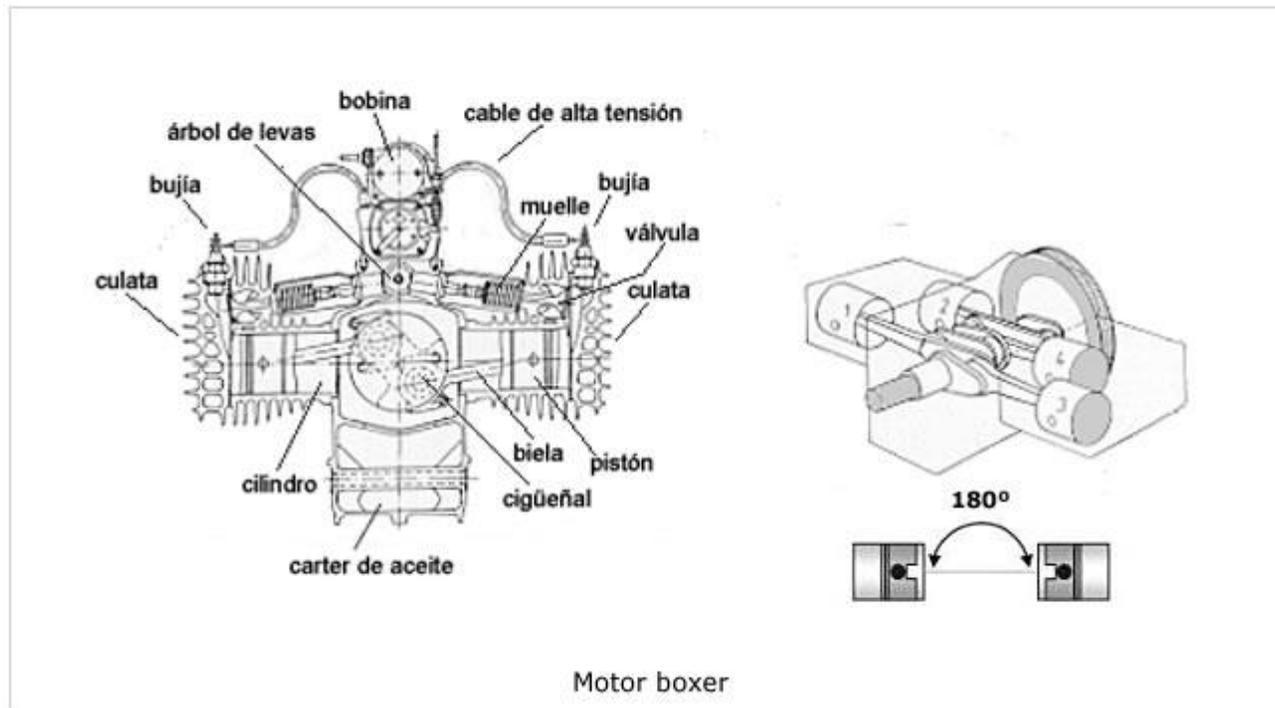
Estos motores llevan los cilindros repartidos en dos bloques unidos por una base o bancada y formando un cierto ángulo. Cada bloque lleva igual número de cilindros y todos ellos atacan un cigüeñal único.

Esta forma constructiva es ventajosa para un número de cilindros igual o mayor que 6, ya que es más compacta, con lo cual el cigüeñal, al ser más corto, trabaja en mejores condiciones, evitándose deformaciones por flexión y vibraciones torsionales.



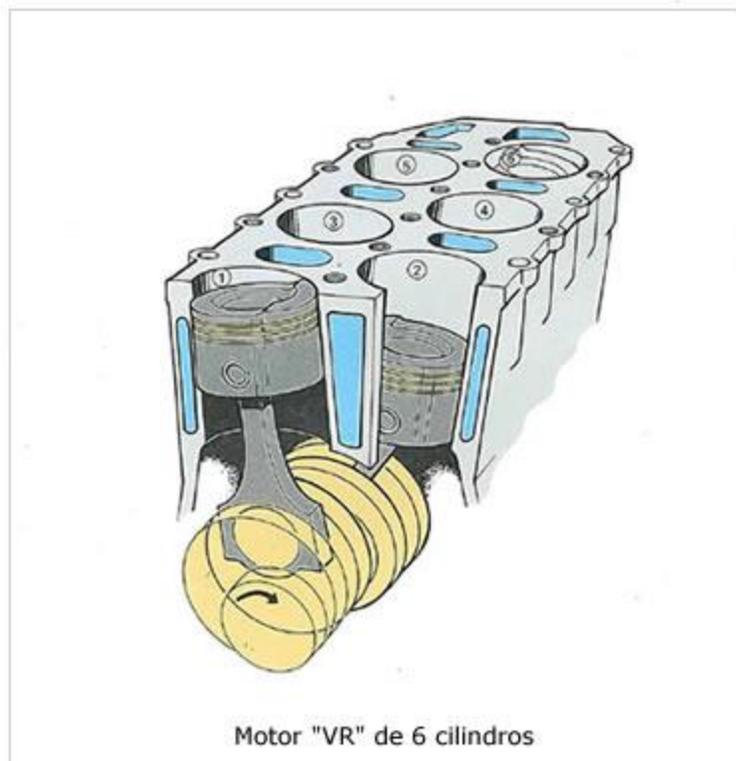
Motores con cilindros horizontales opuestos (boxer)

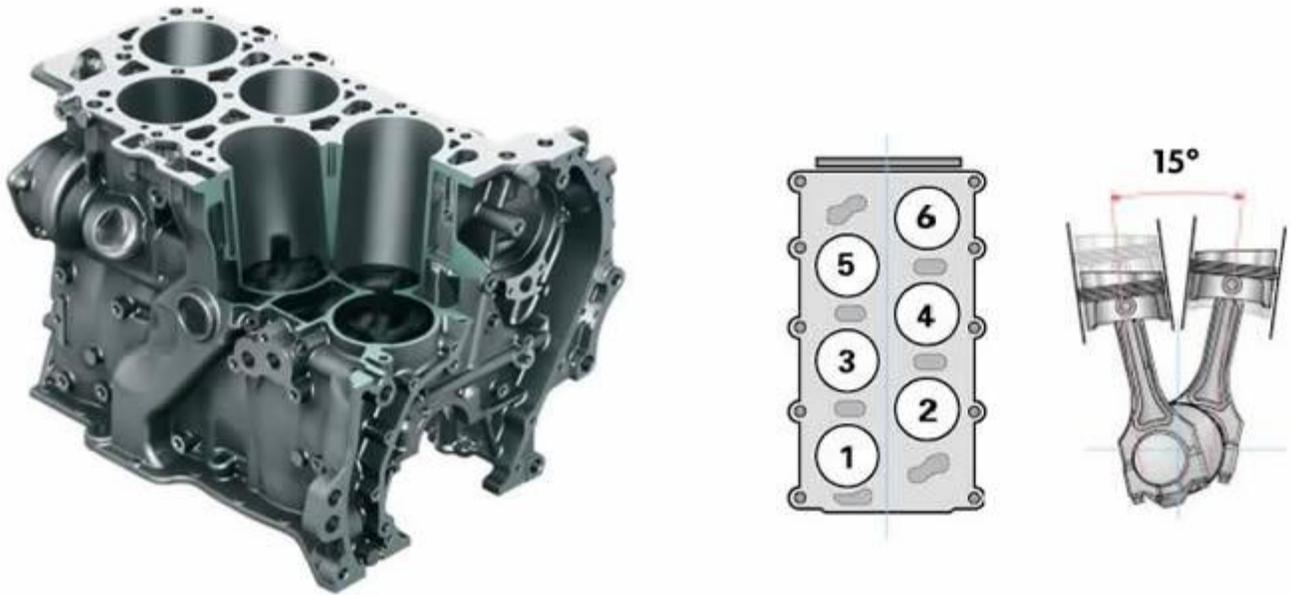
Estos motores son una variante particular de los motores en "V". Llevan sus cilindros dispuestos en dos bloques que forman un ángulo de 180° colocados en posición horizontal y en sentidos opuestos que se unen por una base o bancada. Las bielas de cada cilindro atacan a un solo cigüeñal central. Esta disposición tiene la ventaja de reducir la altura de motor. Por eso se aplica a vehículos con espacio lateral suficiente y poca altura disponible, como es el caso de motocicletas de gran potencia, donde se utilizan motores de este tipo de 2 y 4 cilindros. Los de 4 y 6 cilindros se emplean en turismos y los de 8 cilindros en autocares donde, debido a la poca altura que ocupan, se aprovecha al máximo la longitud del chasis, obteniéndose así mayor espacio útil de la carrocería.



Motores con cilindros en "V" pequeña (VR)

En estos motores los cilindros se entrecruzan en una "V" estrecha a 15°, dando por resultado un bloque motor mas corto que un motor en línea y de construcción mas sencilla que un motor en "V". Estos motores solo tienen una culata. Existen motores "VR" de 5 y 6 cilindros.

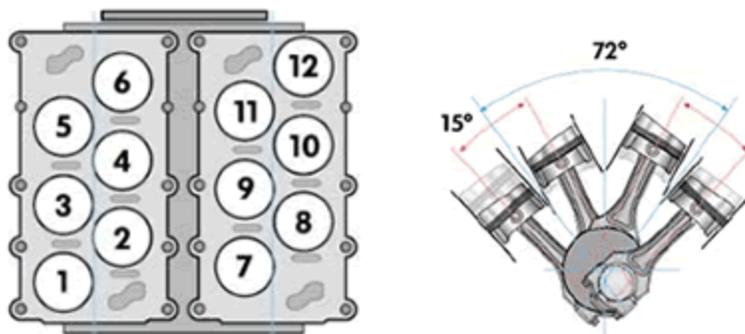




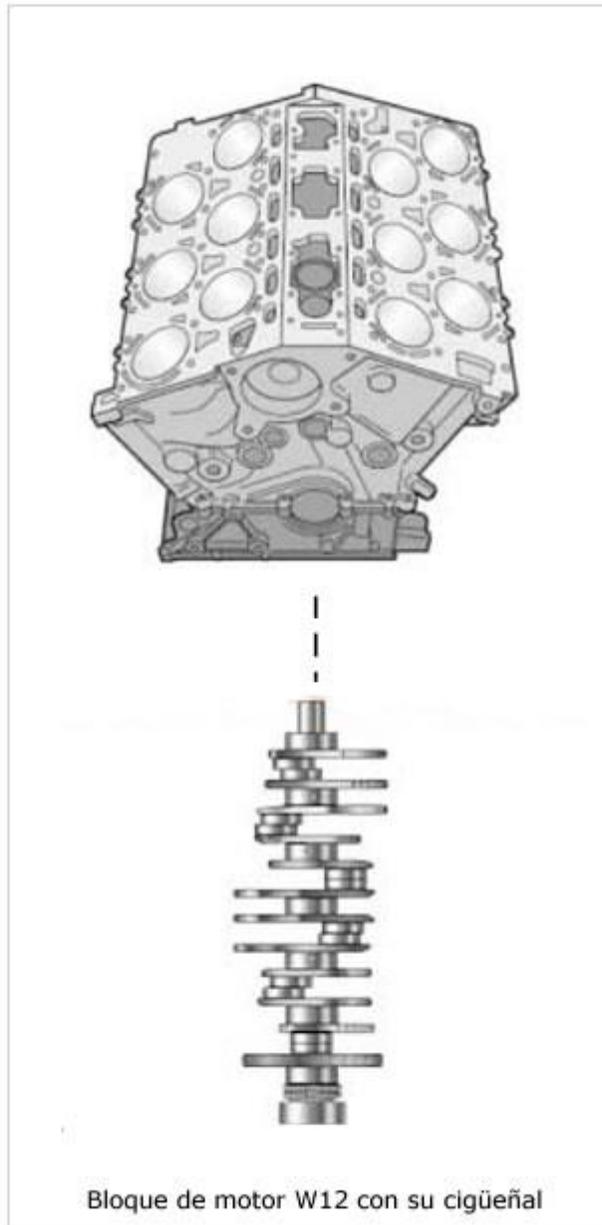
Bloque motor y disposición de los cilindros

Motores con cilindros en "W"

En estos motores los cilindros se disponen en dos bloques de cilindros "VR" que se unen en una sola bancada inferior donde atacan a un solo cigüeñal. Los cilindros de una fila guardan un ángulo de 15° entre sí, mientras que las dos filas VR se encuentran en un ángulo de la V de 72°.

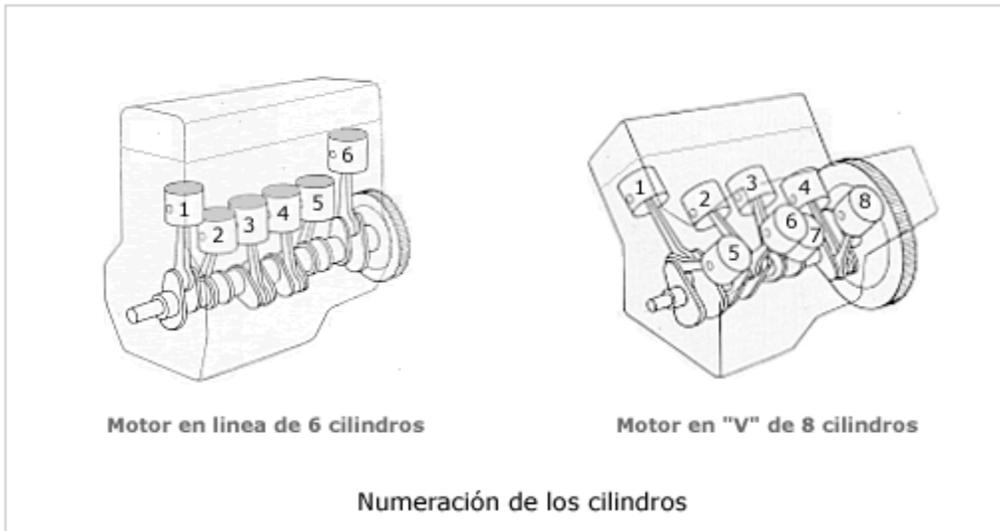


Bloque motor de 12 cilindros en "W"



Numeración de los cilindros

La numeración de los cilindros en todos los casos constructivos viene determinado según la normativa UNE 10 052-72 y la DIN 73 021. Se empieza la numeración de los cilindros del motor por el lado opuesto a la toma de fuerza, es decir al lado contrario del volante motor. En los motores en "V" y en los horizontales (boxer), la numeración de los cilindros comienza también por el lado opuesto del volante de inercia y por el bloque de cilindros situado a la izquierda, enumerando a continuación los cilindros situados en el bloque de la derecha y también en el mismo sentido.



Sentido de giro del motor

Según la normativa DIN 73021 el motor puede girar

- Giro a la derecha: en el sentido de las agujas del reloj, visto en el lado opuesto al de entrega de fuerza. En inglés: clockwise (cw).
- Giro a la izquierda: en el sentido contrario a las agujas del reloj, visto en el lado opuesto al de entrega de fuerza. En inglés: counter clockwise (ccw).

Disposición del cigüeñal y orden de encendido en los motores policilíndricos

La disposición de las muñequillas del cigüeñal, o codos de unión de las bielas de cada cilindro con el mismo, está en función del número de cilindros del motor, ya que para cada ciclo de funcionamiento se realizan tantos impulsos motrices (explosiones) como número de cilindros haya. Por tanto, la muñequillas tienen que estar dispuestas de forma tal que los impulsos motrices se equilibren con respecto al círculo de rotación que describe el cigüeñal.

En motores de 4 tiempos, como cada ciclo de funcionamiento se realiza en 2 vueltas del cigüeñal que equivale a 720° , la separación de los codos de cigüeñal o distancia entre encendidos, corresponderá a un ángulo de giro determinado por la división de 720° entre el número de cilindros.

$$\text{ángulo de encendido} = \frac{720^\circ}{\text{número de cilindros (N)}}$$

Igualmente, para motores de dos tiempos, donde cada ciclo de funcionamiento se realiza durante una vuelta de cigüeñal que equivale a 360° , las muñequillas deben estar situadas de forma que los encendidos se sucedan con un ángulo o desfase de:

$$\text{ángulo de encendido} = \frac{360^\circ}{\text{número de cilindros (N)}}$$

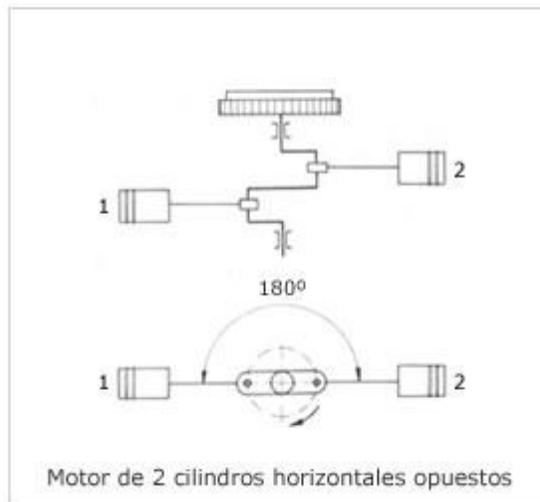
Motor de dos cilindros horizontales opuestos

Este tipo de motor esta formado por dos cilindros en oposición. Las bielas atacan a un cigüeñal central que tiene dos puntos de apoyo con las muñequillas dispuestas a 180° , de forma que los dos pistones suben y bajan a la vez y se encuentran sucesivamente ambos en el PMS o en el PMI.

Debido a la disposición de los codos del cigüeñal, los bloques se encuentran un poco desplazados, como ocurre en todos los motores con cilindros en "V" y horizontales.

El orden de explosiones es (1 - 2), con un desfase entre los impulsos motrices de 180° ó 360° , según que el motor sea de dos o cuatro tiempos.

- ángulo de encendido = $720^\circ/2 = 360^\circ$ (cuatro tiempos).
- ángulo de encendido = $360^\circ/2 = 180^\circ$ (dos tiempos).



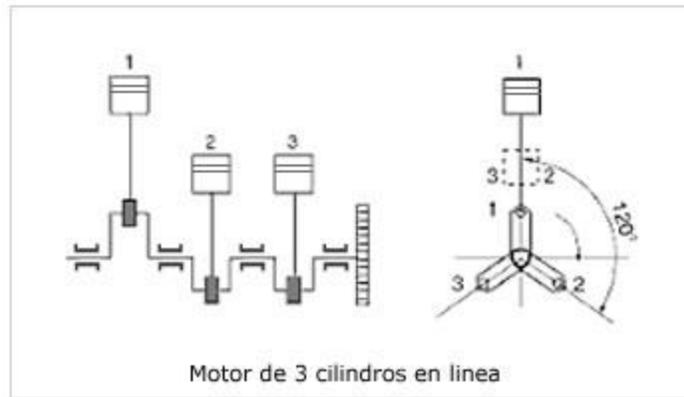
Orden de encendido:

- 1 - 2.

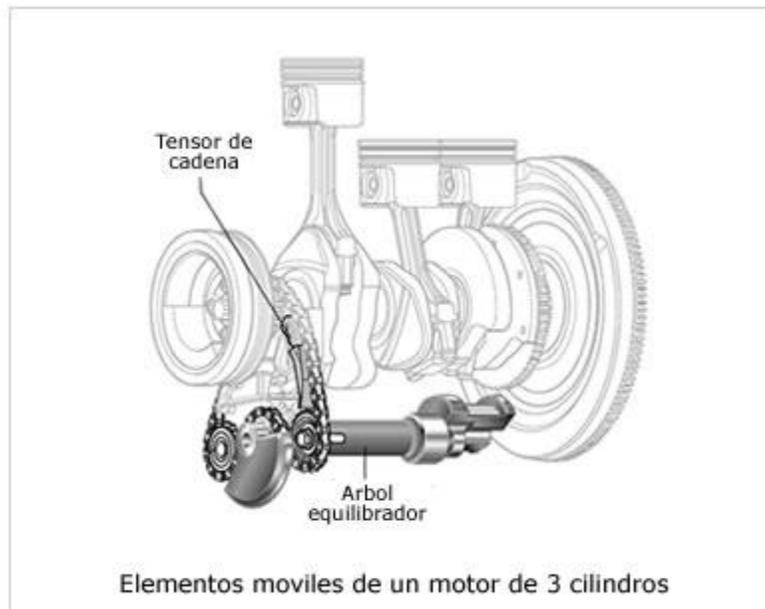


Motor de 3 cilindros en linea

Este tipo de motor esta formado por tres cilindros en linea. Está formado por un solo bloque vertical. Sus tres cilindros, situados uno a continuación del otro, las bielas atacan a un cigüeñal que tiene cuatro puntos de apoyo y las muñequillas dispuestas a 240° .



La configuración específica de los muñequillas del cigüeñal en un motor de 3 cilindros provoca una serie de oscilaciones en su funcionamiento. Para contrarrestar estas oscilaciones y conseguir una marcha suave del motor se utiliza un árbol equilibrador. El árbol equilibrador gira en sentido opuesto al del motor. Se acciona a través de una cadena impulsada por el cigüeñal.



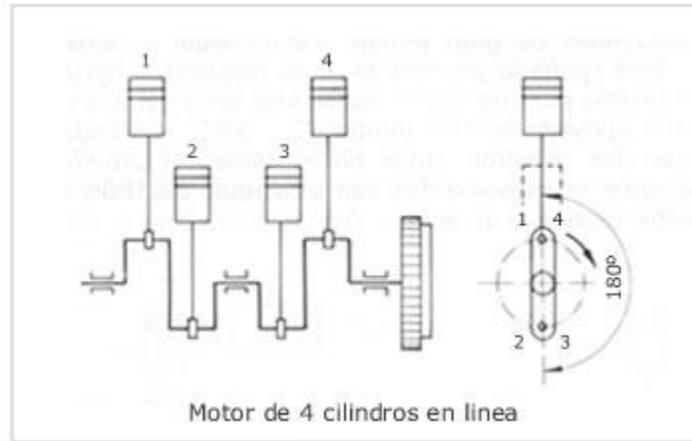
Orden de encendido:

- 1 - 3 - 2.

1	EX	E	A	C
2	E	A	C	EX
3	C	EX	E	A
240°				

Motor de 4 cilindros en linea

El motor de 4 cilindros en linea y 4 tiempos es el más utilizado actualmente en vehículos de turismo. Está formado por un solo bloque vertical. Sus cuatro cilindros, situados uno a continuación del otro, atacan a un cigüeñal que tiene 3 o 5 puntos de apoyo. Las muñequillas están dispuestas en un ángulo $= 720^\circ / 4 = 180^\circ$, de forma que cuando los émbolos 1 y 4 se encuentran en el PMS, los otros dos émbolos 2 y 3 se hallan situados en el PMI.



Orden de encendido

En su desplazamiento, cada uno de los émbolos realiza una carrera completa con un desfase de encendido de 180° ; por tanto, en cada ciclo de funcionamiento para que los impulsos sean regulares y equilibrados, debe producirse una explosión por cada media vuelta del cigüeñal. Para que esto ocurra, cada uno de los cilindros debe estar en un tiempo diferente del ciclo.

Como los émbolos 1 y 4 bajan simultáneamente, cuando el cilindro numero 1 hace explosión, el numero 4 debe hacer la admisión. A su vez, los émbolos 2 y 3 -que suben también simultáneamente- mientras uno hace el escape el otro debe hacer la compresión. Como se ve cada uno de los cilindros realiza un tiempo diferente cada 180° del ciclo.

Según esto para cada uno de los cilindros se obtiene un orden de encendido:

- 1 - 3 - 4 - 2

	0°	180°	360°	540°	720°
1	Ex	E	A	C	
2	E	A	C	Ex	
3	C	Ex	E	A	
4	A	C	Ex	E	

un ciclo

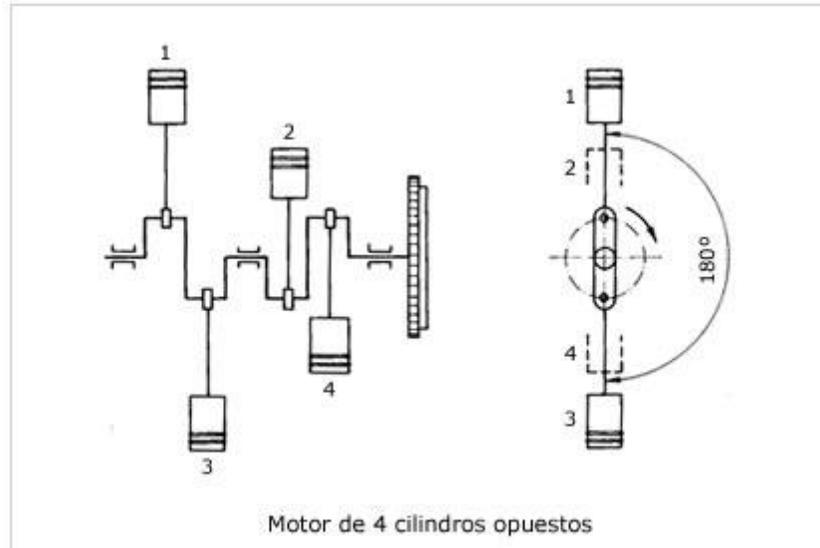
- 1 - 2 - 4 - 3

	0°	180°	360°	540°	720°
1	Ex	E	A	C	
2	C	Ex	E	A	
3	E	A	C	Ex	
4	A	C	Ex	E	

Motor de 4 cilindros horizontales opuestos

Este tipo de motor en que el ciclo se realiza en 4 tiempos, es el más generalizado entre los de disposición horizontal. Esta formado por dos bloques dispuestos horizontalmente y cuyos cárteres van unidos por sus bases. Sobre esta base común va situado el cigüeñal, apoyado en tres puntos. En cada uno de los dos bloques se alojan dos cilindros, cuyas

bielas atacan el cigüeñal en cuatro puntos de empuje dispuestos dos a dos con un ángulo de 180°, en forma análoga al cigüeñal de los motores en línea.



Orden de encendido

El orden de explosiones se sucede con un desfase ángulo = $720^\circ / 4 = 180^\circ$. Según esto para cada uno los cilindros se obtiene un orden de encendido:

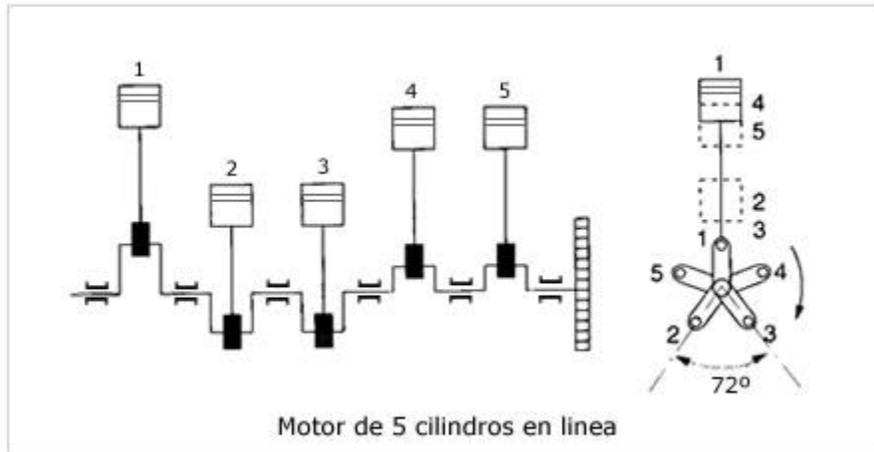
- 1 - 4 - 3 - 2

	0°	180°	360°	540°	720°
1	Ex	E	A	C	
2	E	A	C	Ex	
3	A	C	Ex	E	
4	C	Ex	E	A	

un ciclo

Motor de 5 cilindros en línea

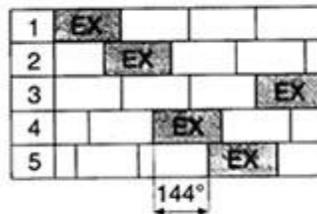
Este motor esta formado por un solo bloque con sus cilindros situados en línea que atacan a un cigüeñal que tiene 6 puntos de apoyo. El cigüeñal lleva sus muñequillas dispuestas en un ángulo = $720^\circ / 5 = 144^\circ$ y produce en cada ciclo de funcionamiento cinco impulsos motrices simétricos con respecto al giro del cigüeñal.



Orden de encendido

Por tanto, teniendo en cuenta el posicionado de los cilindros y sus desplazamientos, el orden de encendido en este motor es:

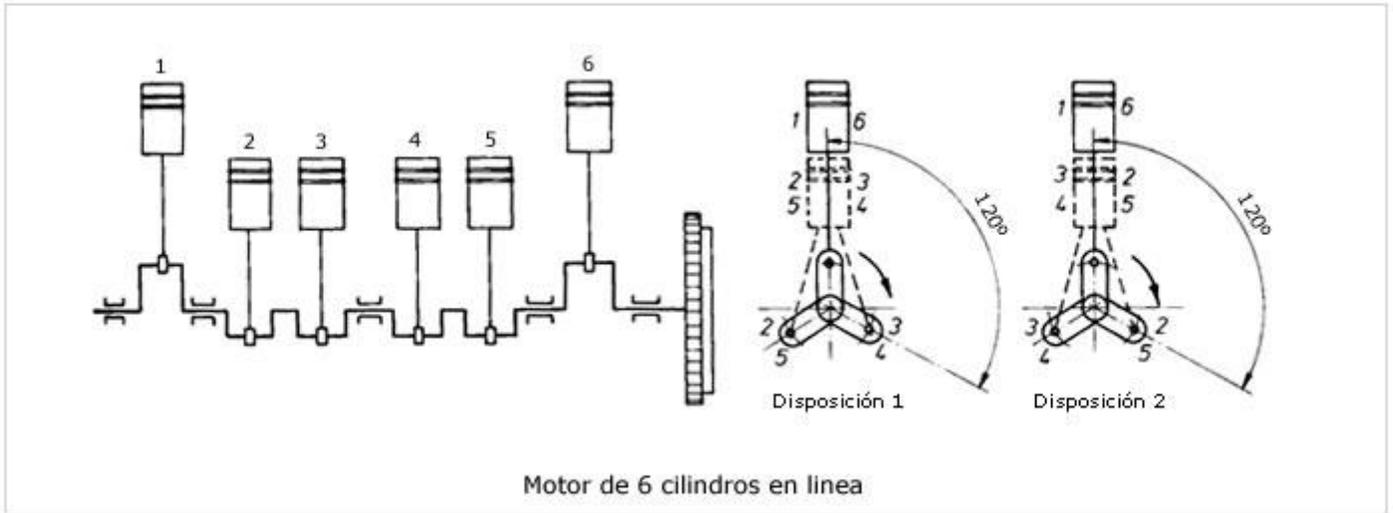
- 1 - 2 - 4 - 5 - 3



Motor de 6 cilindros en linea

Este motor esta formado por un solo bloque con sus cilindros situados en linea que atacan a un cigüeñal que tiene 5 o 7 puntos de apoyo. El cigüeñal lleva sus muñequillas dispuestas en un ángulo $= 720^\circ / 6 = 120^\circ$ y produce en cada ciclo de funcionamiento seis impulsos motrices simétricos con respecto al giro del cigüeñal.

La distribución por parejas, en cuanto al posicionado de los émbolos, se realiza a partir de los extremos hacia el centro (1-6; 2-5; 3-4). Esta disposición la adoptan todos los motores policilindricos porque garantiza el equilibrio dinámico del cigüeñal con respecto a sus puntos de apoyo.

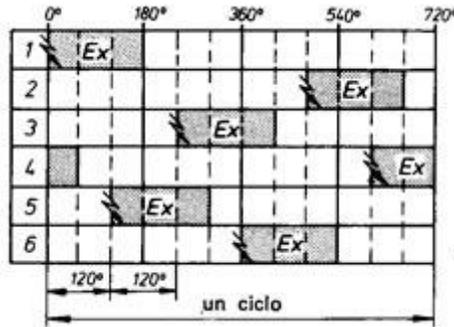


Motor de 6 cilindros en línea

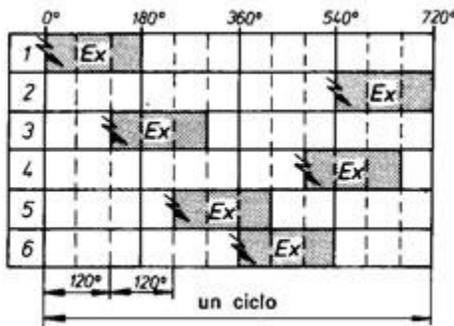
Orden de encendido

Considerando los émbolos 1 y 6 situados en el PMS y según la distribución adoptada por las munequillas del cigüeñal como se ve en la figura anterior, podemos obtener un orden de encendido:

- 1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4 (disposición 1).



- 1 - 3 - 5 - 6 - 4 - 2 (disposición 2).

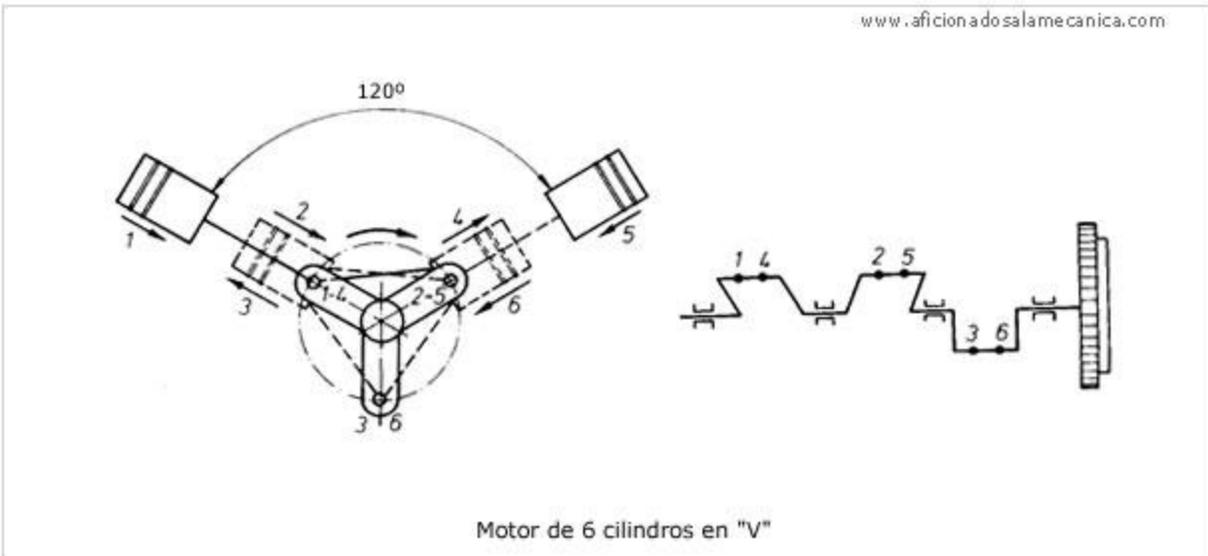


Motor de 6 cilindros en "V"

Este motor tiene seis cilindros repartidos en dos bloques que forman un ángulo de 120°. El ataque al cigüeñal lo realiza conjuntamente una biela de cada bloque por cada muñequilla. El cigüeñal va dispuesto en un cárter común sobre cuatro

puntos de apoyo; por tanto, lleva tres muñequillas o puntos de empuje, situados con un ángulo = $720^\circ / 6 = 120^\circ$. Según la posición de ataque sobre las muñequillas del cigüeñal los émbolos de cada bloque se encuentran en la posición siguiente:

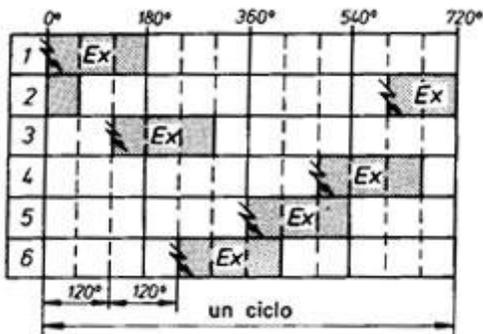
- 1 y 5 en el PMS
- 2 y 6 en posición intermedia bajando
- 3 y 4 en posición intermedia subiendo



Orden de encendido

Por tanto, teniendo en cuenta el posicionado de los cilindros y sus desplazamientos, el orden de encendido en este motor es:

- 1 - 3- 6 - 5 - 4 - 2



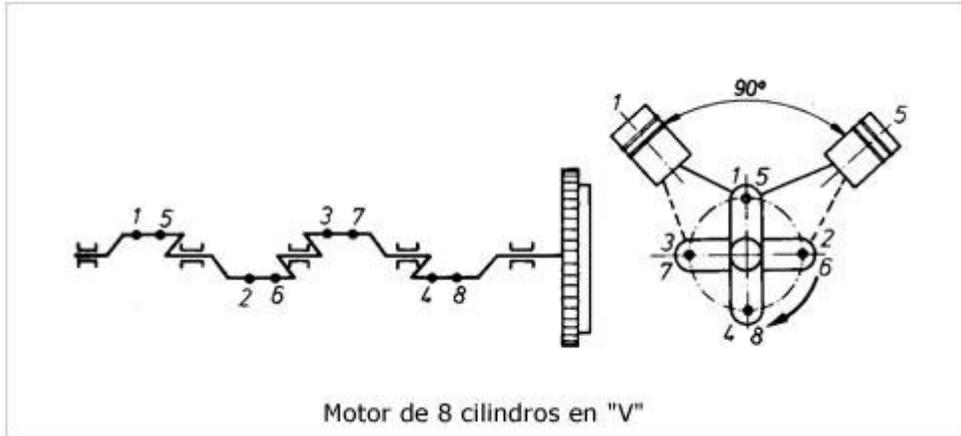
Motor de 8 cilindros en "V".

Igual que el anterior, este motor tiene los cilindros repartidos en dos bloques, formando entre si un ángulo de 90° . Las bielas atacan a un cigüeñal común que tiene cinco apoyos y cuatro muñequillas distribuidas con un ángulo = $720^\circ / 8 = 90^\circ$. Con este sistema se obtiene también dos impulsos motrices para cada media vuelta del cigüeñal.

Según la posición de las muñequillas del cigüeñal, representadas en la figura inferior, la posición de los émbolos, en sus respectivos bloques será la siguiente:

- 1 - 6 en el PMS
- 4 - 7 en el PMI
- 3 - 5 subiendo

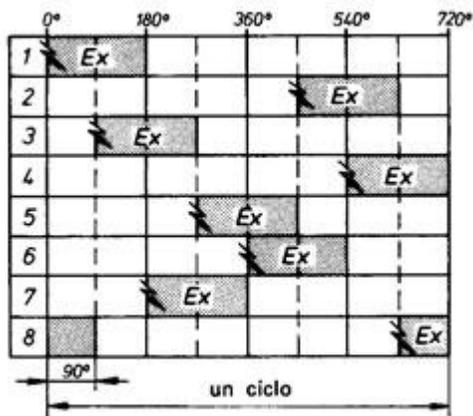
- 2 - 8 bajando



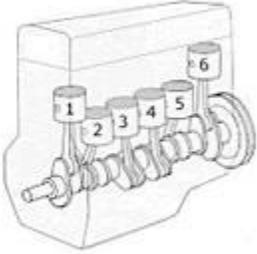
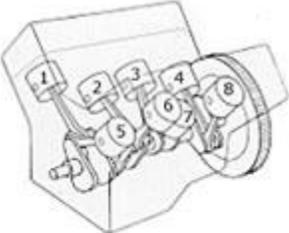
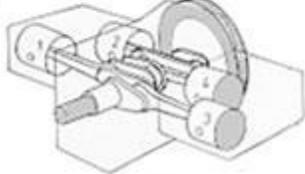
Orden de encendido

Por tanto, teniendo en cuenta el posicionado de los cilindros y sus desplazamientos, el orden de encendido en este motor es:

- 1 - 3 - 7 - 5 - 6 - 2 - 4 - 8



En la figura inferior tenemos una lista con el orden de encendido mas habitual en los diferentes tipos de motores.

Forma constructiva	Número de cilindros	Orden de encendido habitual
	4	1 3 4 2 o 1 2 4 3
	5	1 2 4 5 3
	6	1 5 3 6 2 4
		1 2 4 6 5 3
1 4 2 6 3 5 1 4 5 6 3 2		
8	1 6 2 5 8 3 7 4	
	1 3 6 8 4 2 7 5	
	1 4 7 3 8 5 2 6	
	1 3 2 5 8 6 7 4	
	4	1 3 2 4
	6	1 2 5 6 4 3
		1 4 5 6 2 3
8	1 6 3 5 4 7 2 8	
	1 5 4 8 6 3 7 2	
	1 8 3 6 4 5 2 7	
	4	1 4 3 2 <small>www.aficionadosalamecnica.com</small>

Nota: como podemos ver en el gráfico inferior, la numeración de los cilindros no siempre es igual para todos los fabricantes y países, por lo tanto, siempre que se quiera hacer trabajos sobre un motor hay que tener a mano las especificaciones técnicas que nos proporciona el fabricante para cada marca y modelo de vehículo.

Ford Firing Orders

Rear-Wheel Drive Cars & Trucks

289,302, 5.0L Carb
390, 406, 427, 428
400, 460



1-5-4-2-6-3-7-8

5.0L EFI
351, 5.4L & 5.8L



1-3-7-2-6-5-4-8

6.8L V10



1-6-5-10-2-7-3-8-4-9

3.0L
3.8L & 4.0 V6



1-4-2-5-3-6

1.6L & 2.3L



1-3-4-2

Front-Wheel Drive (FWD) Cars & Minivans with Transverse Engines

2.5L, 3.0L 3.8L V6



1-4-2-5-3-6

Front of Vehicle

Probe 2.5L
Villager 3.0L & 3.3L



1-2-3-4-5-6

Front of Vehicle

1.8L, 1.9L & 2.0L



1-3-4-2

Front of Vehicle