



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 158 889**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>: F02B 75/12

F02M 25/00

⑫

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **94901660.4**

⑧⑥ Fecha de presentación : **22.11.1993**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **0 774 058**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **21.05.1997**

⑤④ Título: **Sistema de inyección de ferroceno.**

③⑩ Prioridad: **04.12.1992 US 986868**

④⑤ Fecha de la publicación de la mención BOPI:  
**16.09.2001**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de patente:  
**16.09.2001**

⑦③ Titular/es: **John J. Kracklauer**  
**2995 Wilderness Place**  
**Boulder, Colorado 80301, US**

⑦② Inventor/es: **Kracklauer, John J.**

⑦④ Agente: **Díez de Rivera de Elzaburu, Alfonso**

**Aviso:** En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCION

Sistema de inyección de ferroceno.

**Campo técnico**

La invención se refiere de forma general a motores de combustión interna. Más específicamente, la invención se refiere a combustibles, lubricantes y aditivos. Otro aspecto de la invención generalmente se refiere a la combustión y, más específicamente, a los procesos de combustión o al funcionamiento del quemador, especialmente a la alimentación de un aditivo modificador de la llama. Se describe específicamente un sistema de inyección de ferroceno para mejorar la combustión de equipos alimentados con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquier proceso de combustión que emplee aire u oxígeno.

**Técnica anterior**

El dicitopentadienil-hierro también conocido como ferroceno, tiene eficacia cuando se emplea como aditivo del combustible para mejorar la calidad de la combustión, reducir las emisiones contaminantes y aumentar el rendimiento de los sistemas de combustión de combustible, incluyendo motores, calderas y turbinas. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos n° 2.867.516 concedida a Pedersen, describe que el ferroceno puede emplearse como ayuda a la combustión en fase vapor como adición al combustible de hidrocarburo gaseoso, o como adición al aire o al oxígeno empleados como soporte de la combustión. De acuerdo con la patente de Pedersen, se puede hacer pasar combustible, aire u oxígeno calentados a través de un lecho de cristales de ferroceno para vaporizar el ferroceno y arrastrarlo en la mezcla combustible. Este tipo de sublimador está destinado a alimentar el ferroceno y el combustible en una relación predefinida, tal como 1:20 hasta 1:2000 partes en peso de combustible. La patente describe que cuando se alimenta ferroceno en una concentración adecuada, se mejora la calidad del proceso de combustión, con lo que se obtienen productos de combustión más limpios.

Otro uso conocido del ferroceno es como aditivo de combustible, que sirve como acondicionador del motor. La patente de Estados Unidos n° 4.389.220 concedida a Kracklauer describe un método de dos etapas para acondicionar un motor diesel, que trae como resultado el reducir las emisiones contaminantes y aumentar el rendimiento de la combustión del combustible. Una dosis inicial alta de ferroceno, tal como de 20-30 ppm, en el combustible diesel elimina los depósitos de carbón de las cámaras de combustión y deposita una capa de óxido de hierro catalítico sobre las superficies de la zona de combustión. A continuación, una dosis más baja de ferroceno, tal como de 10 a 15 ppm, mantiene el recubrimiento del óxido de hierro catalítico. No es deseable mantener la dosis inicial alta de ferroceno en el combustible diesel, ya que esto llevaría a modificaciones perjudiciales de la combustión, minimizando o eliminando los efectos beneficiosos del recubrimiento de óxido de hierro catalítico de la pared. Por tanto, la simple adición de ferroceno al combustible no es totalmente satisfactoria como sistema de suministro.

También se sabe que la adición de ferroceno al combustible mejora el octanaje de la gasolina. Además, se sabe que el ferroceno reduce ciertas emisiones en el escape y disminuye el consumo de combustible en vehículos que consumen gasolina. Schug, K. P., Guttann, H.j., Preuss, A.W., y Schadlich, K, *Efectos del ferroceno como aditivo de la gasolina sobre las emisiones en el escape y sobre el consumo de combustible en vehículos dotados de catalizador*. Serie de artículos técnicos del SAE, 1990, número del artículo 900154.

Aunque el ferroceno, típicamente, se disuelve en combustible líquido, se han diseñado sistemas para suministrar otras ayudas catalíticas a la combustión, a través de la corriente de aire, a la cámara de combustión de un motor. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos n° 5.113.804 concedida a Krauss, describe un sistema para el manejo de un catalizador en fase sólida que consiste en un compuesto de platino. Una cantidad dosificada del compuesto se suministra de forma mecánica sobre una placa calentada, donde sufre una sublimación y se une a la corriente de aire de combustión. El aparato dosificador responde a varios parámetros, tales como el régimen de consumo de combustible o la tasa de emisiones del proceso de combustión de ciertos compuestos. La adición de una concentración adecuada del catalizador mediante este sistema disminuyó las emisiones de hidrocarburos en el escape y produjo un color más claro del humo de escape del motor.

Como se muestra, se ha dedicado un esfuerzo considerable al suministro de ferroceno u otros catalizadores en la mezcla de combustión, en una proporción adecuada para reducir las emisiones y acondicionar el motor. A la vista de las crecientes exigencias de control de la contaminación aplicables a los equipos de combustión, sería deseable disponer de un método y un aparato sencillos y fiables para suministrar ferroceno en una cantidad definida. Por ejemplo, sería deseable la inyección de una solución de ferroceno líquido en el sistema de combustión de un motor. Sin embargo, la solubilidad del ferroceno en un di-

solvente queda limitada a un diez por ciento en peso, aproximadamente. Con esta solubilidad limitada, sería difícil incorporar un depósito de suficiente capacidad para la solución de ferroceno en un vehículo a motor para inyección durante un tiempo prolongado.

5 De igual forma, la solución directa de ferroceno en gasolina o en combustible diesel no es totalmente satisfactoria, dado que no es correcta una concentración única en todos los casos. Además, el tratamiento de cada depósito de combustible durante el llenado del vehículo es difícil y engorroso.

10 Por todo ello, sería deseable disponer de un método y de un aparato para suministrar ferroceno a un motor que no sea como aditivo al combustible o al aceite de lubricación.

De igual forma, sería deseable disponer de un método y de un aparato para suministrar ferroceno en la cantidad adecuada sin que se requieran sensores y otros equipos de vigilancia de la combustión costosos y complicados para dosificar y regular el proceso.

15 Además, sería deseable disponer de un método y de un aparato para suministrar ferroceno a un sistema de combustión de forma que se consiga una mayor eficacia.

20 Para conseguir los anteriores y otros objetos y de acuerdo con el propósito del presente invento, tal como se describe y explica en esta memoria en líneas generales, el método y el aparato de esta invención pueden comprender lo siguiente:

### Descripción de la invención

25 De acuerdo con esta invención se ofrece un aparato pasivo para la inyección de ferroceno a un dispositivo de combustión de régimen variable alimentado por una corriente de aire de admisión con una velocidad que varía con el régimen de combustión, dosificando, en uso, dicho aparato pasivo de inyección, vapor de ferroceno en la corriente de admisión del dispositivo de combustión y alimentando dicho vapor de ferroceno a un régimen proporcional a dicho régimen de combustión, y que comprende:

30 un recipiente que define un depósito para contener ferroceno en fase sólida y que está sustancialmente cerrado con respecto a la corriente de admisión, en el que el depósito sustancialmente cerrado define un orificio dosificador que comunica con el recipiente y con la corriente de admisión al dispositivo de combustión de régimen variable y que los conecta y para, en uso, entregar vapor de ferroceno, como mínimo por difusión, en la corriente de admisión, medios de calentamiento para calentar dicho depósito a temperatura elevada, con respecto a la temperatura ambiente, suficiente para mantener dicho volumen de vapor de ferroceno a una presión de vapor repetible del ferroceno,

40 estándolo posicionado dicho orificio dosificador con respecto a la corriente de admisión para incrementar el transporte por difusión de vapor de ferroceno en la corriente de admisión al aumentar el caudal de dicha corriente de admisión, por lo que se inyecta vapor de ferroceno del depósito en la corriente de admisión a un régimen proporcional al régimen de combustión del dispositivo de combustión.

45 Un aparato tal como el descrito permite el suministro de vapor de ferroceno en la corriente de aire de admisión de un dispositivo de combustión, tal como un motor, una caldera o una turbina.

50 De preferencia el orificio dosificador está situado entre el depósito y la corriente de aire de admisión del dispositivo de combustión, está dimensionado para proporcionar una dosis media de ferroceno con relación al consumo medio de combustible del dispositivo de combustión, y dosifica el vapor de ferroceno que pasa a la corriente de aire. Tal aparato es pasivo, aunque es capaz de suministrar vapor de ferroceno en una dosis media con relación al consumo medio de combustible del dispositivo de combustión.

55 Todavía otra ventaja consiste en que tal aparato puede suministrar ferroceno fundamentalmente gracias a técnicas de dosificación por convección y por difusión, a través de un orificio de paso. Tal orificio puede proporcionar una variación en el régimen de entrega de acuerdo con variaciones en el mecanismo de transporte por convección pero no necesita sensores ni controles sofisticados.

60 De preferencia, una barrera divide el recipiente en un primero y un segundo depósitos y dichos medios de conexión definen orificios separados que conectan cada depósito, durante el uso, con el sistema de admisión de aire de un dispositivo de combustión. Esta disposición puede proporcionar un inyector de ferroceno que pueda, primero, acondicionar un motor al suministrar una dosis relativamente superior de vapor de ferroceno, y, a continuación, mantener el acondicionamiento del motor al entregar una dosis

relativamente menor.

Una realización de la invención proporciona un método pasivo para entregar ferroceno a la zona de combustión de un dispositivo de combustión que tiene una corriente de aire de admisión. En primer lugar, se proporciona un depósito, que contiene una cantidad de ferroceno en fase sólida. Este depósito se mantiene a una temperatura que produzca una presión de vapor de ferroceno específica y repetible. Se dosifica el vapor por medio de un orificio de paso entre el depósito y la corriente de aire de admisión de un dispositivo de combustión. El orificio está dimensionado para suministrar una dosis media de ferroceno relacionada con el caudal medio de combustible del dispositivo de combustión.

Se describirán realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

### Descripción breve de los dibujos

La figura 1 es una vista lateral en corte transversal, que muestra una primera realización del sistema de inyección.

La figura 2 es una vista lateral en corte transversal, que muestra una segunda realización del sistema de inyección.

La figura 3 es una vista desde arriba del inyector de la Figura 2.

La Figura 4 es una vista desde arriba de la placa de cubierta que incorpora orificios de paso.

La Figura 5 es una vista lateral, en corte transversal, que muestra una tercera realización del sistema de inyección.

### Modo óptimo de llevar a cabo la invención

La invención consiste en un sistema de inyección de ferroceno y un método de funcionamiento, adecuados para su empleo en combinación con sistemas de combustión tales como motores, calderas y turbinas. El ferroceno, conocido también como dicitlopentadienil-hierro, aumenta el rendimiento de los sistemas de combustión, especialmente como aditivo del combustible. El nuevo aparato y el nuevo método suponen mejoras basándose en las propiedades conocidas del ferroceno al suministrar este compuesto de forma simplificada y con una mejora inesperada del comportamiento.

Esta invención se basa en parte en el descubrimiento de que el ferroceno funciona de forma mejorada como modificador de la combustión cuando se mezcla previamente en forma de vapor con la corriente de aire de admisión, en lugar de mezclarlo con el combustible. Además, el ferroceno funciona de manera mejorada y a largo plazo cuando forma un recubrimiento de óxido de hierro catalítico sobre las superficies de una zona de combustión. Así pues, esta invención se basa en la teoría de que no es necesario variar la dosis de ferroceno que se suministra en respuesta a cambios instantáneos del flujo de combustible o del régimen de la combustión. En lugar de ello, puede suministrarse el ferroceno sobre una base a largo plazo en una dosis media que se base en el consumo medio de combustible de un motor. Así pues, la invención ofrece un comportamiento mejorado del método y del primer aparato totalmente pasivo para suministrar ferroceno a un motor ya que no se requieren mecanismos de control sofisticados.

Se ha descubierto que el método por el que el ferroceno se entrega a una llama puede influir de forma importante en su efectividad como catalizador de la combustión. Por ejemplo, la adición directa de ferroceno a un combustible aromático 100% tal como el benceno da como resultado una reducción escasamente perceptible de la emisión de partículas cuando el benceno así tratado se quema en una llama del tipo de mecha. En otro ejemplo, puede ponerse polvo de ferroceno en un tubo horizontal que lleve de un borboteador a una tobera. El aire que pasa a través del borboteador queda saturado con benceno y, luego, se envía a través del tubo a la tobera, donde se produce la ignición de la mezcla aire saturado/benceno. Esta llama se quemará genciando abundante humo negro durante el tiempo en que los cristales de ferroceno en la corriente de aire saturada de benceno se mantengan a temperatura ambiente, lo cual origina una baja concentración efectiva de ferroceno en la mezcla aire/combustible. Sin embargo, si se coloca un mechero Bunsen bajo los cristales de ferroceno en el tubo para aumentar la velocidad de vaporización del ferroceno en la mezcla aire/combustible, la llama será modificada de forma catalítica, de modo que esté totalmente libre de humo. Estos ejemplos demuestran que el ferroceno es un catalizador más efectivo de la combustión cuando se mezcla previamente con el aire en un ambiente de combustión

## ES 2 158 889 T3

de combustible que cuando se mezcla previamente con el combustible. Este descubrimiento es uno de los fundamentos que hacen posible el nuevo método y el nuevo inyector de ferroceno.

El segundo fundamento es que el ferroceno es estable hasta 500°C desde el punto de vista térmico y de oxidación. Además, muestra una presión de vapor del componente puro que se puede expresar por medio de las dos ecuaciones siguientes:

$$\text{Para sólidos: } \log P \text{ (mm Hg)} = 10,27 - 3680/T \text{ (}^\circ\text{K)}$$

$$\text{Para líquidos: } \log P \text{ (mm Hg)} = 7,615 - 2470/T \text{ (}^\circ\text{K)}$$

10

Como consecuencia, el ferroceno es único entre los materiales organometálicos en el sentido de que puede añadirse a una corriente de aire simplemente manteniendo un depósito que contenga ferroceno sólido a una temperatura elevada, relativamente constante, por sublimación. Esto generará una concentración fija de vapor de ferroceno en el depósito, lo cual permitirá utilizar una combinación de difusión térmica y convección de corriente de aire para dosificar el ferroceno en fase vapor a la corriente de aire. este es el segundo fundamento en que se basa el nuevo método y el nuevo inyector de ferroceno.

15

Las propiedades físicas del ferroceno son las siguientes:

20

TABLA 1

*Propiedades físicas del ferroceno*

25

Fórmula	(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Fe
Peso molecular	186,04
Punto de fusión	173°C
Punto de ebullición	249°C
Presión de vapor a 40°C	0,03 mm Hg
a 100°C	2,6 mm Hg
Susceptibilidad magnética:	Diamagnético
Calor de formación:	$\Delta H_f$ a 25°C = 33,8 Kcal/g - mol
Calor de fusión:	5,5 Kcal/g - mol
Calor de vaporización:	11,3 Kcal/g - mol
Calor de sublimación:	16,8 Kcal/g - mol
Solubilidad:	
Disolvente	g/100 g de disolvente a 25°C
Benceno:	19
Xileno:	11
Amilbenceno	11

50

55

60

# ES 2 158 889 T3

TABLA 1 (Continuación)

5	Gasolina de cracking catalítico	10
	Gasolina de destilación directa	9
10	Mezcla de gasolinas:	
	Solubilidad:	
	Disolvente:	g/110 g de disolvente a 25°C
15	70 % crack cat/30 % dest. direc.	7
	Combustible para reactores (JP-4)	7
20	n-Heptano	6
	Combustible Diesel	5
25	Queroseno	5

La figura 1 de los dibujos muestra un aparato 10 de inyección que ha sido desarrollado para entregar ferroceno en una corriente de aire de admisión de un motor de acuerdo con el método de la invención. El cuerpo del inyector 10 es un receptáculo 12 o recipiente similar el cual contiene una cantidad de ferroceno 14 en fase sólida en un depósito definido en él. La forma preferida del ferroceno es en polvo, en cristales, sólido o solidificado en su lugar a partir de una masa fundida. El ferroceno se puede obtener con pureza alta o baja. Para un mejor aprovechamiento del volumen, se prefiere que el ferroceno sea como mínimo de una pureza de, al menos, el 95%. Sin embargo, se puede emplear una pureza mucho menor sin pérdida de rendimiento, dado que el ferroceno de menor pureza se vaporizará para producir la misma presión parcial en el depósito de ferroceno.

El recipiente 12 va provisto de medios de calentamiento para mantener una temperatura elevada en el depósito, suficiente para generar una presión de vapor de ferroceno en el depósito específica y repetible. Se consigue una presión de vapor específica y repetible en función de la temperatura. Por tanto, debe mantenerse el ferroceno a una temperatura por encima de la ambiente para producir una presión de vapor repetible y específica. Como ejemplo, el recipiente puede estar dotado de una camisa 16 que rodee los laterales y el fondo del depósito y destinada a recibir y contener un fluido caliente, tal como refrigerante del motor o aceite de lubricación del motor. El fluido caliente mantendrá una temperatura razonablemente constante en el depósito 18 definido dentro del recipiente 12 y que contiene el ferroceno. De forma específica, el refrigerante del motor se calienta, con frecuencia, hasta unos 77°C-93°C, que es un margen de temperatura deseable para el calentamiento del depósito. El aceite del motor puede estar algo más caliente. Sin embargo, los fluidos del motor trabajan, de forma típica, a temperaturas por debajo del punto de fusión del ferroceno, que es de 173°C. Una entrada 20 y una salida 22 para fluido permiten una circulación constante del líquido entre la camisa y el motor mientras esté funcionando el motor. Debe entenderse que las menciones de temperaturas elevadas y fluidos calientes se refieren a temperaturas por encima de la temperatura ambiente, tal como por encima de 38°C y, con preferencia, en un margen aproximado de 77°C a 93°C y superiores, pero por debajo del punto de descomposición de 500°C y, de preferencia, por debajo del punto de ebullición del ferroceno, que es de 249°C.

El depósito 18 conecta directamente con el sistema de admisión de aire al motor a través de un orificio 24 de paso dimensionado de forma adecuada. El proceso de dosificación para entregar o inyectar ferroceno en fase vapor al motor se basa en una combinación de mecanismos de difusión y de convección. El mecanismo de difusión mantiene la concentración de vapor de ferroceno en el lado del depósito del orificio. Ha de controlarse un mecanismo acoplado de difusión y de convección que funciona a través del orificio dosificador, lo cual presenta dificultades especiales y puede limitar la forma física utilizable del ferroceno a gránulos. Sin embargo, en la presente invención una ventaja fundamental consiste en que el lecho o depósito de ferroceno puede mantenerse a temperatura constante durante todas las fases del

funcionamiento. Por ejemplo, el presente inyector no tiene necesidad de compensar un área variable e incontrolable de la fuente de ferroceno, que puede presentarse en forma de cristales, gránulos, barras, o como una masa o bloque solidificado formado en el depósito a partir de una masa fundida. Es muy deseable el empleo de una masa sólida desde el punto de vista del empleo eficiente del volumen del depósito.

5 Además, no es necesario controlar la temperatura del aire, del combustible o del gas motriz que pasa a través de un lecho de ferroceno, como sería el caso si se empleara un sublimador. La invención permite un aumento en el transporte del ferroceno a través de los orificios 24 de la placa de cubierta 26 del depósito 18 de ferroceno cuando aumente el flujo de aire en la corriente de admisión, debido a la componente convectiva del mecanismo de transporte de masa difusivo/convectivo. Así pues, el inyector es un verdadero  
10 dispositivo dosificador de ferroceno sin que sean necesarios complejos controles por ordenador y sensores de flujo.

Aun cuando la realización del inyector 10 que se muestra en la figura 1 es extremadamente sencilla, las pruebas han mostrado que es efectiva. Son posibles muchas variaciones de este inyector, y la realización  
15 de las figuras 2 a 4 incorpora numerosos ejemplos de características adicionales. Algunas o todas ellas podrían usarse de forma selectiva en combinación con la realización de la figura 1.

De acuerdo con la realización de las Figuras 2 a 4, el recipiente o receptáculo 12 del inyector está formado para definir dos depósitos de modo que el inyector 10 pueda realizar tanto una función de acondicionamiento como una de mantenimiento, como ya se conoce en la técnica por la descripción de la  
20 patente de Estados Unidos n° 4.389.220, expedida el 21 de junio de 1983. El recipiente está formado en parte por una primera pared cilíndrica 34 que define la pared lateral exterior del recipiente y por un primer depósito anular 36. Una segunda pared cilíndrica 38, de menor diámetro que la primera pared 34, está situada concéntricamente con la primera pared. Esta segunda pared define la pared lateral exterior  
25 de un segundo depósito central 40. Las dos paredes cilíndricas pueden estar conectadas entre sí y ser mantenidas en relación de separadas por medio de puentes radiales 42 que ocupan sólo una parte menor de la zona comprendida entre las dos paredes, de forma que el ferroceno contenido en el primer depósito quede expuesto de forma sustancial a la parte superior del primer depósito. Así, pues, el segundo depósito está situado en el interior del primero.

30 El recipiente 12 está cerrado por su cara inferior por una primera base 44. Esta base puede tener una abertura central, con el resultado de que cierre sólo el lado inferior del primer depósito. Una pestaña anular o tubo 46 dirigido hacia arriba está conectado a esta base en la periferia de la abertura y se extiende hacia arriba, hacia el segundo depósito 40. Una segunda base 48 cierra el fondo del segundo depósito y  
35 está separada de la primera base, excepto porque el tubo 46 cierra la cara inferior del recipiente contra la segunda base. La posición del segundo depósito alojado dentro del primero permite que ambos depósitos estén en comunicación operativa con un solo termostato para regular su temperatura.

En esta realización, los medios de calentamiento para mantener una temperatura elevada en el depósito  
40 pueden incluir una camisa o envuelta exterior 50. La camisa incluye una pared lateral cilíndrica 52 de mayor diámetro que la pared 34 y concéntrica con ella, de forma que se defina un espacio entre la pared de la camisa y la pared lateral 52. La camisa incluye, también, una pared 54 de base que está separada de la pared inferior 44 y cierra el fondo de la envuelta. Sin embargo, la pared de fondo 54 puede estar provista de aberturas de acceso 56 y 58, adecuadas para el paso de fluidos o de cables. Así pues, los  
45 depósitos pueden calentarse con un fluido del motor o mediante un calentador eléctrico 60 situado en el espacio comprendido entre la envuelta 50 y la pared lateral del recipiente 12. Por ejemplo, el calentador 50 puede ser de un tipo que disponga de bobinas devanadas de cable resistivo, envueltas alrededor de la pared 34.

50 Otra parte del calentador puede ser un termostato 62 situado en el tubo 46, donde el termostato está en contacto de percepción con ambos depósitos. Al medir la temperatura de uno o de ambos depósitos, el termostato puede controlar el funcionamiento del calentador eléctrico y mantener una temperatura constante o variable. El funcionamiento a temperatura constante del calentador exige simplemente que el cable esté conectado a una fuente de alimentación de corriente eléctrica que esté activa cuando el motor  
55 esté en funcionamiento. Se podría emplear opcionalmente un control de temperatura variable que podría ser apropiado en situaciones en que sea importante un mejor comportamiento del inyector en respuesta a la carga. El aumento o la disminución de la temperatura afectaría al mecanismo de transporte de masas al aumentar o disminuir de forma correspondiente la presión vapor del ferroceno en el depósito. Así pues, por ejemplo, podría conseguirse un acondicionamiento del motor empleando una temperatura más alta  
60 en el depósito durante un periodo de tiempo limitado, en vez de emplear un segundo depósito.

Como en la realización de la figura 1, la cara superior o abierta del recipiente está conectada operati-

vamente con el sistema de admisión de aire de un motor. Esta conexión se realiza por medio de una placa de cubierta 64 que cierra la cara superior del depósito excepto por los orificios para fluido. La placa de cubierta se mantiene en su lugar por medio de un collarín de retención 66 unido al borde superior de la envuelta exterior, por ejemplo por medio de una conexión roscada. El collarín de retención cubre como  
5 mínimo de forma parcial la cara superior del recipiente y una parte de la periferia de la placa de cubierta.

El inyector de las figuras 2 a 4 puede ser bastante pequeño, como por ejemplo de unos 3,18 cm de altura y 6,03 cm de diámetro. El primer depósito anular puede tener un volumen de unos 20,4 cm<sup>3</sup> y una superficie de unos 6,26 cm<sup>2</sup>. El segundo depósito central puede tener un volumen de unos 10,5 cm<sup>3</sup> y una  
10 superficie de unos 8,06 cm<sup>2</sup>. Debido a este pequeño tamaño del inyector, la conexión de este inyector con la corriente de aire de admisión de un motor u otro dispositivo de combustión puede realizarse situando el inyector entero en el paso o conducto 32.

Debido a que los depósitos de la realización de las figuras 2 a 4 están separados por una barrera, tal  
15 como la pared 38, la placa de cubierta dispone, como mínimo, de un orificio 68 para fluido, independiente, para cada uno de los depósitos. Puede variarse el número y el tamaño de los orificios 68 de acuerdo con los requisitos de cada aplicación y de acuerdo con las características funcionales difusivas y convectivas.

Con dos depósitos y dos sistemas dosificadores, el inyector de las figuras 2 a 4 puede, en primer lugar, acondicionar un motor alimentando una dosis alta de ferroceno durante un período inicial, tal como  
20 desde el primero y el segundo depósitos combinados, para establecer un recubrimiento catalítico sobre las superficies de la zona de combustión. Una vez agotado el depósito central, se alimenta una dosis relativamente más baja sobre una base a largo plazo desde el depósito lateral, anular, de mayor tamaño, para mantener el recubrimiento establecido. Típicamente la dosis de acondicionamiento que se alimenta  
25 es de desde unas 50 hasta unas 200 ppm, siendo preferida una dosis de 100 ppm. El recubrimiento de mantenimiento se suministra a una concentración muy inferior, siendo preferida la dosis de unas 20 ppm.

Dado que tanto la difusión como la convección afectan a la entrega dosificada de vapor de ferroceno, un estudio empírico determinará mejor si los orificios para el flujo están dimensionados adecuadamente  
30 para entregar la dosis deseada. Puede calcularse que el transporte por difusión sigue la relación siguiente entre el diámetro total de los orificios de difusión requeridos para medir 25 ppm y los demás parámetros de funcionamiento:

$$\text{Superficie total} = (3,58 \times 10^{-10}) \times (10^{1840/T}) \left(\frac{V}{Y}\right) \left(\frac{T \Delta Z}{D_{Fa.N2}}\right) \left(\frac{P}{P_T} N_2\right)$$

35 donde  $D_{Fa.N2}$  = difusividad del ferroceno en aire (nitrógeno);  $P_{N2}$  = presión parcial del aire (nitrógeno);  $P_T$  = presión total del sistema;  $T$  = temperatura del depósito de ferroceno;  $V$  = velocidad del vehículo en mph;  $Y$  = mpg;  $\Delta Z$  = espesor de la placa de cubierta. Sin embargo, en el funcionamiento real la contribución principal procede del transporte por convección, además del transporte por difusión. Generalmente, los detalles del ambiente convectivo no se conocen hasta que se instala el inyector. En ese  
40 momento, generalmente será deseable disminuir el tamaño del orificio para flujo con respecto al calculado sólo para la difusión.

Con referencia a la figura 5 el depósito 70 de inyector pasivo está incorporado en el diseño original de un motor o de cualquier otro aparato de combustión y proporciona una aplicación efectiva y eficiente  
45 de la invención. El bloque 72 del motor está formado para definir una cavidad en el cuerpo del bloque. Por ejemplo, la cavidad puede formarse durante la fundición original del bloque, o bien puede crearse más tarde por taladrado. Así pues, el propio bloque es el recipiente y la cavidad se llena con una masa fundida de ferroceno, que solidifica en el sitio. Se instala una placa de cubierta 74 sobre la parte superior de la cavidad, por ejemplo introduciéndola a presión en la boca de la cavidad placa de cubierta. La define  
50 uno o más orificios 75 dimensionados adecuadamente, que quedan expuestos a, y en comunicación con, la corriente de aire dentro del conducto de admisión 78, que podría ser un colector de admisión.

El sistema de inyección de la figura 5 es especialmente deseable, dado que el bloque del motor también sirve para transmitir el calor generado normalmente por el funcionamiento del motor para elevar la temperatura del depósito y no requiere conexiones especiales eléctricas o para fluidos. El termostato para  
55 el sistema de refrigeración del motor mantiene constante la temperatura deseada del depósito. Además, dado que el inyector está situado en una posición predeterminada en todos los motores del mismo diseño, las características del flujo de convección aplicables al inyector en este sistema de admisión de aire pueden predeterminarse de forma precisa para la línea completa de motores y sistemas de admisión de aire.  
60 Como resultado puede determinarse adecuadamente el tamaño del orificio para todos estos motores con respecto a los mecanismos combinados de difusión y de convección.

## ES 2 158 889 T3

Aunque la realización de la figura 5 se ha descrito como de aplicación a motores, los mismos conceptos se pueden extender a calderas y otros equipos de combustión. Por ejemplo, el depósito podría formarse en una envuelta de quemador, en un punto en el que se sabe que se alcanza la temperatura deseada durante el funcionamiento normal.

5

Los siguientes ejemplos muestran el comportamiento del inyector.

### Ejemplo 1

10

Este ejemplo valoró el comportamiento del inyector en condiciones de velocidad y carga uniformes de un motor. Sustancialmente, se realizó una conducción por autopista en una prueba de carga a velocidad fija.

15

Se empleó un Cadillac Sedán De Ville de 1992 con un motor de inyección de combustible de 4,9 litros con 37 km en el cuenta-kilómetros al principio de la prueba de conducción para demostrar el comportamiento del inyector. La prueba se realizó a velocidades de autopista en la zona de Denver, Colorado, EE.UU. Antes de la instalación del inyector en la admisión de aire del vehículo, la economía de combustible inicial del vehículo se midió de la forma siguiente:

20

### *Resultados de la prueba en la Fase A*

25

Km recorridos	L/100 Km obtenidos	Media L/100 Km
305,1	11,05	11,42 ± ,37
277,7	11,47	
284,9	11,79	

30

Un prototipo del inyector era similar al de las figuras 2 a 4, cada uno con 10 orificios de 0,24 cm más medio orificio de 1,1 cm en la placa de cubierta sobre la cámara interior (central) y cada uno con 10 orificios de 0,28 cm en la placa sobre la cámara exterior. Se midió el comportamiento del vehículo con el inyector instalado sobre el filtro en el purificador de aire del motor, en la zona del aire limpio que lleva al motor, y con los conductores eléctricos conectados a un cable de 12 voltios conectado con el encendido, que alimentaba 12 voltios al calentador sólo cuando el interruptor del encendido estaba en la posición de "conectado". Se hizo funcionar el calentador en el margen aproximado de temperatura de 77° a 82°C. Los resultados del consumo en L/100 Km fueron:

35

### *Resultados de la prueba en la Fase B*

40

45

Km recorridos	L/100 Km obtenidos	Media L/100 Km
183,6	9,98	9,90 ± ,29
188,9	9,60	
203,4	10,15	

50

Se instaló una placa de cubierta sin orificios, cortando el flujo de ferroceno, aunque el calentador eléctrico continuó funcionando y las prueba continuaron:

### *Resultados de la prueba en la Fase C*

55

60

Km recorridos	L/100 Km obtenidos	Media L/100 Km
155,1	10,72	10,48 ± ,24
112,3	10,50	
255,6	10,22	

## ES 2 158 889 T3

No existe una diferencia significativa entre los dos últimos conjuntos de resultados, lo que confirma que el recubrimiento catalítico del motor es el responsable de la mejora en la economía de combustible debida al ferroceno.

5 Para confirmar que la mejora en la economía del combustible se debía realmente al recubrimiento catalítico del ferroceno realizado en el periodo inicial de la inyección, se realizó una eliminación química del recubrimiento catalítico de la cámara de combustión añadiendo una pequeña cantidad de 1,1,1 trichloroetileno en la admisión de aire del motor mientras se funcionaba sin carga y a 2000 rpm durante 30 segundos. Esto genera HCl en la cámara de combustión y pasiva el recubrimiento catalítico de hierro.  
10 El vehículo, con el inyector con la placa ciega instalada y todavía conectada al sistema eléctrico, realizó luego dos circuitos más de prueba con los siguientes resultados;

### *Resultados de la prueba en la Fase D*

Km recorridos	L/100 Km obtenidos	Media L/100 Km
120,7	11,82	11,62 ± ,28
119,9	11,43	

15 Dado que la economía de combustible volvió a los valores iniciales de partida, la mejora en la economía de combustible fue un resultado directo del empleo del inyector. La configuración de la placa de orificios de difusión/convección para esta prueba originó la adición de 1,475 g desde la cámara interior (central) y de 2,60 g desde la cámara exterior, proporcionando una dosis de 42 ppm de ferroceno durante la Fase B de la prueba. Se observó un cambio de peso de sólo 0,1 g durante la Fase C, con la placa no perforada instalada.  
25

### *Ejemplo 2*

30 Esta prueba valoró el comportamiento del inyector en condiciones de carga y de velocidad variables del motor. La prueba se realizó en su mayor parte en carreteras de dos direcciones, en una ruta sin autopista y pasando por muchas ciudades. Por tanto, el motor funcionó en condiciones de velocidad y carga variables, con frecuentes aceleraciones o deceleraciones. Uno de los objetivos de la prueba era valorar la exactitud de la teoría de que el inyector no tiene por qué ser un dispositivo de respuesta inmediata.  
35 Por el contrario, el inyector debe funcionar muy bien proporcionando ferroceno al motor basándose en necesidades medias a largo plazo.

40 Se empleó para la segunda demostración de comportamiento un segundo Cadillac, sustancialmente idéntico al descrito en el ejemplo 1 y con sólo 9,66 Km en el cuenta-kilómetros. El área de los orificios dosificadores se modificó para esta prueba, para aproximarse más a la dosis continua, deseada, de 25 ppm desde la cámara exterior. El área total de la cámara exterior se aumentó hasta  $54,8 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$  empleando 9 orificios de 0,28 cm de diámetro. Se empleó la cámara central para la dosis de acondicionamiento poniendo 9,96 g de ferroceno en el depósito central y empleando 14 orificios de 0,28 cm de tamaño y 3 orificios de 0,24 cm de tamaño. El protocolo de prueba era de diseño cruzado que se llevó a cabo en un circuito de 2870 Km en la autopista US 36 entre Denver, Colorado, EE.UU. y Springfield, Illinois, EE.UU.  
45 Toda la prueba se realizó con el inyector situado encima del filtro de aire, en la admisión de aire. Los conductores eléctricos estuvieron conectados sólo la mitad del tiempo y se descondicionó químicamente el motor después del primer período de activación del inyector para devolver el consumo al valor inicial de partida para la parte de retorno y de cruce de la prueba de conducción. El vehículo se condujo a una velocidad media de unos 88,5 Km/h. Se empleó un control automático de la velocidad siempre que el tráfico lo permitió. Los resultados fueron los siguientes:  
50

55

60

## ES 2 158 889 T3

5	Segmento de la prueba	Consumo (L/100 Km)	Km	Temp. Amb. °C	Velocidad en segmento Km/h.	Sentido	Inyector conectado
	1.	12,5	204	13	121	E	NO
	2.	10,4	163	16	69	E	NO
10	3.	11,8	150	19	109	E	NO
	4.	12,9	146	24	89	E	NO
	5.	10,2	179	27	105	E	Sí
	6.	13,0	187	26	74	E	Sí
	7.	12,9	192	28	111	E	Sí
15	8.	9,3	210	28	79	E	Sí
	9.	12,0	212	21	126	O	No
	10.	11,9	192	24	106	O	No
	11.	11,8	179	27	74	O	No
20	12.	13,1	182	26	93	O	No
	13.	11,1	150	24	89	O	Sí
	14.	11,1	150	23	109	O	Sí
	15.	11,9	164	21	113	O	Sí
25	16.	10,4	208	28	51	O	Sí

Se analizaron los resultados por medio de un modelo de resultados de regresión lineal:

$$L/100 \text{ Km} = (-17,7 + 2,6 \text{ inyector} + 0,49 \text{ hora del día} - 0,15 \text{ temperatura}) \times (-1,9)^{-1}$$

30  $L/100 \text{ Km sin inyector} = 12,3$

$L/100 \text{ Km con inyector} = 10,8$

35  $\text{Coeficiente de correlación} = 0,557$

Nivel de confianza > 95 %

40 Dentro del nivel de confianza del 95 %, este ejemplo mostró una mejora de un 13,6 % del consumo en L/100 Km mientras se usaba el inyector, y cuando la dosis real de ferroceno procedente de la cámara exterior era de 24 ppm.

45 Una comparación de los resultados de los ejemplos 1 y 2 demuestra que el inyector funciona de la forma prevista. Los ejemplos 1 y 2 se diferencian, principalmente, en la forma de conducir en dos tipos diferentes de carreteras. El ejemplo 1 ofrecía un funcionamiento uniforme, a alta velocidad, en autopistas, mientras que el ejemplo 2 ofrecía una velocidad media inferior y el patrón de conducción en vías de dos direcciones, con paradas y aceleraciones mucho más frecuentes. A pesar de esta diferencia sustancial en el perfil de carga y velocidad, el sistema de inyección de ferroceno es igualmente efectivo para ambas demostraciones, confirmando que el régimen de adición medio de ferroceno en relación con el consumo 50 medio de combustible es completamente efectivo.

Lo anterior se considera sólo como ilustrativo de los principios de la invención. Además, dado que a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente numerosas modificaciones y cambios, no se desea 55 limitar la invención a la construcción y al funcionamiento exactos que se han mostrado y descrito.

60

## REIVINDICACIONES

1. Aparato pasivo de inyección de ferroceno para un dispositivo de combustión de régimen variable alimentado por una corriente de aire de admisión cuya velocidad varía con el régimen de combustión, dosificando dicho aparato inyector pasivo, durante el uso, el vapor de ferroceno que se introduce en la corriente de admisión del dispositivo de combustión y, alimentando dicho vapor de ferroceno a un régimen proporcional a dicho régimen de combustión, y que comprende:

un recipiente, que define un depósito para contener ferroceno en fase sólida y que está cerrado sustancialmente con respecto a la corriente de admisión en el que el depósito sustancialmente cerrado define un orificio dosificador que se comunica y conecta con el recipiente y la corriente de admisión del dispositivo de combustión de régimen variable y para, en uso, entregar el vapor de ferroceno, como mínimo por difusión, a la corriente de admisión;

medios de calentamiento para calentar dicho depósito a una temperatura elevada con respecto a la temperatura ambiente, suficiente para mantener dicho volumen de vapor de ferroceno a una presión de vapor de ferroceno repetible;

estando dicho orificio dosificador posicionado con respecto a la corriente de admisión para aumentar el transporte por difusión de vapor de ferroceno en la corriente de admisión al aumentar el caudal de la corriente de admisión, por lo que el vapor de ferroceno del depósito es inyectado en la corriente de admisión a un régimen proporcional al régimen de combustión del dispositivo de combustión.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho orificio dosificador está situado entre el depósito y la corriente de aire de admisión del dispositivo de combustión, está dimensionado para suministrar una dosis media de ferroceno con relación al consumo medio de combustible del dispositivo de combustión, y dosifica el vapor de ferroceno que se incorpora a la corriente de aire.

3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o con la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho orificio dosificador está dimensionado para dosificar el vapor de ferroceno tanto por difusión como por convección.

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o con la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho depósito contiene el ferroceno en fase sólida, en todos sus lados excepto por una cara abierta, cuya cara está cerrada por una placa de cubierta;

dichos medios de calentamiento incluyen una envuelta exterior que rodea el depósito excepto por la cara abierta, y porque un collarín de retención está conectado al borde superior de dicha envuelta exterior y que cubre, como mínimo parcialmente, la cara del depósito y parte de la periferia de dicha placa de cubierta.

5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichos medios de calentamiento comprenden una camisa en dicho recipiente, cerca del depósito, teniendo dicha camisa una entrada y una salida para recibir, en uso, un suministro en circulación de un fluido caliente.

6. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado** porque dichos medios de calentamiento comprenden un calentador eléctrico.

7. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque una barrera divide el recipiente en depósitos primero y segundo, cada depósito contiene, en uso, ferroceno sólido y vapor en porciones respectivas separadas,

y porque orificios dosificadores separados conectan cada depósito, en uso, con la corriente de aire de admisión del dispositivo de combustión.

8. Aparato de acuerdo con la reivindicación 7 **caracterizado** porque dicho segundo depósito está alojado dentro de dicho primer depósito, y porque dichos medios de calentamiento incluyen un termostato situado en contacto de percepción con ambos depósitos.

9. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho recipiente lo proporciona el bloque del motor, y dichos medios de calentamiento comprenden un termostato dentro de un sistema de refrigeración de dicho bloque del motor.

5 10. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque un conducto de admisión de corriente de aire proporciona aire de combustión a dicho dispositivo de combustión, y dicho orificio dosificador está situado dentro de dicho conducto de admisión para suministrar vapor de ferroceno al conducto de admisión por convección inducida por la corriente de aire.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

---

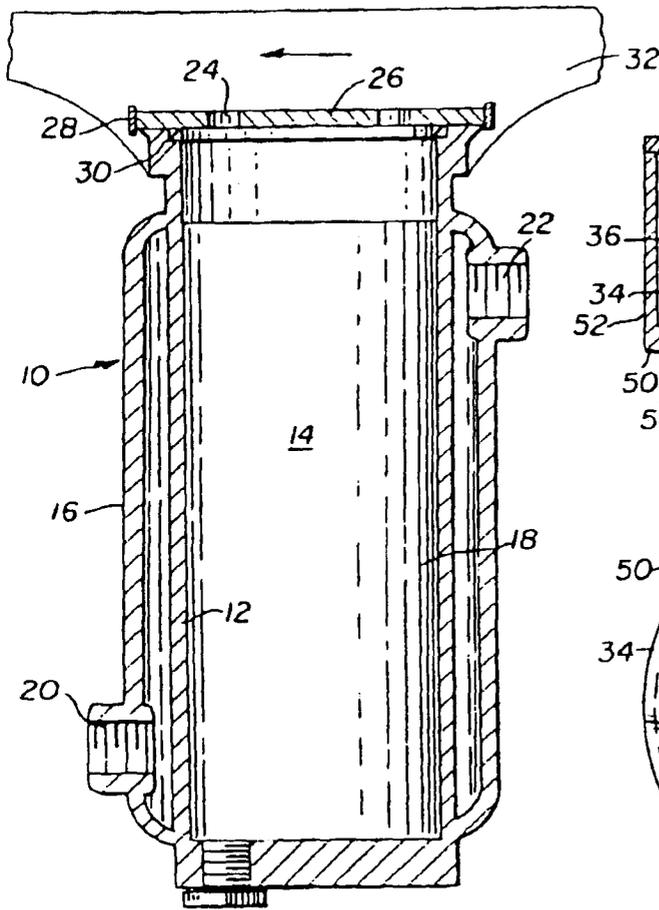
**NOTA INFORMATIVA:** Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

55

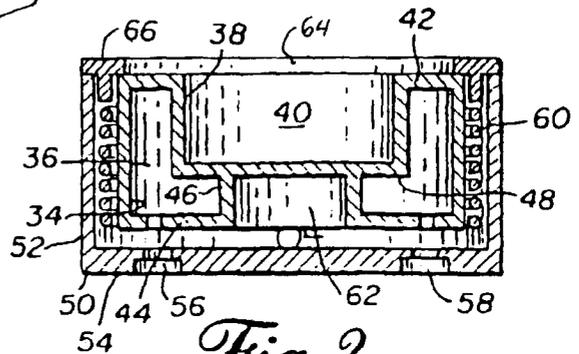
60

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

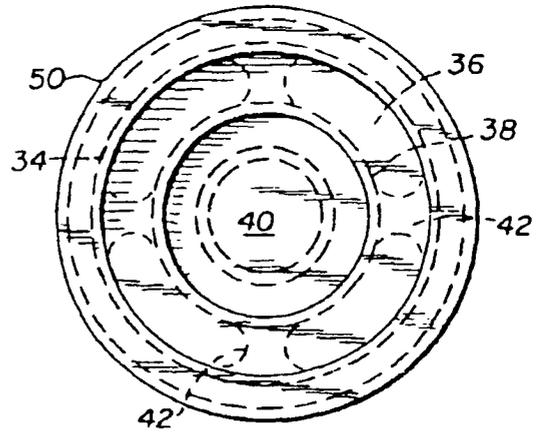
---



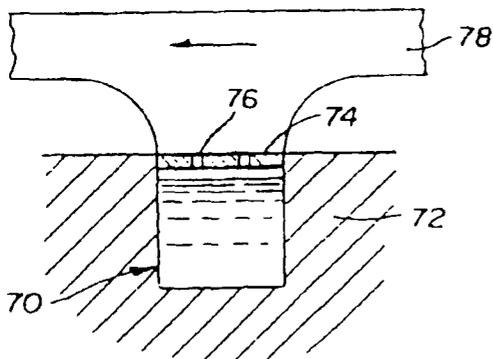
*Fig. 1*



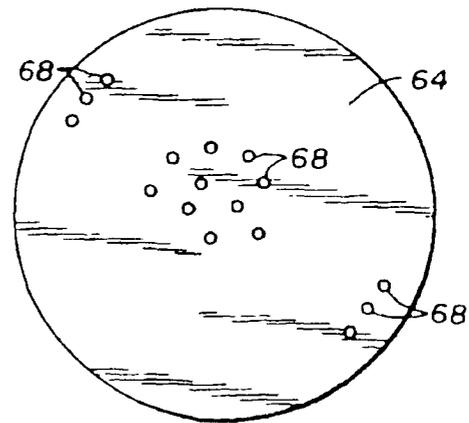
*Fig. 2*



*Fig. 3*



*Fig. 5*



*Fig. 4*