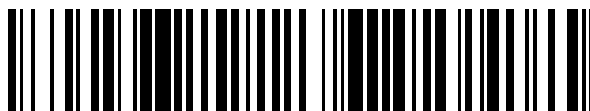


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 755**

51 Int. Cl.:

C10L 1/02 (2006.01)

C10L 1/06 (2006.01)

C10L 1/18 (2006.01)

C10L 1/182 (2006.01)

G01N 33/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2011 PCT/US2011/040716**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2011 WO11159908**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2011 E 11729512 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 2582775**

54 Título: **Procedimiento para producir una composición de gasolina de butanol oxigenada que tenga buen rendimiento de la manejabilidad**

30 Prioridad:

16.06.2010 US 355222 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

25.02.2019

73 Titular/es:

**BUTAMAX(TM) ADVANCED BIOFUELS LLC
(100.0%)
Experimental Station Building 268 200 Powder
Mill Road
Wilmington, Delaware 19880-0268, US**

72 Inventor/es:

**TORRES-ORDONEZ, ROWENA, JUSTO;
KUBERKA, MELANIE;
PLACZEK, PETER;
WOLF, LESLIE, R. y
BAUSTIAN, JAMES, J.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 701 755 T3

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).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para producir una composición de gasolina de butanol oxigenada que tenga buen rendimiento de la manejabilidad

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a combustibles, más particularmente a gasolinas oxigenadas, incluyendo gasolinas que contienen butanol. La presente invención proporciona una gasolina de butanol oxigenada que tiene un buen rendimiento de la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento.

10 Las gasolinas son combustibles que son adecuados para su uso en un motor de encendido por chispa y que, en general, contienen como componente primario una mezcla de numerosos hidrocarburos que tienen diferentes puntos de ebullición y que típicamente hierven a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 79°F [26°C] hasta aproximadamente 437°F [225°C] bajo presión atmosférica. Este intervalo es aproximado y puede variar dependiendo de la mezcla real de moléculas de hidrocarburo presentes, los aditivos u otros compuestos presentes (si los hay) y las condiciones ambientales. Típicamente, el componente de hidrocarburo de las gasolinas contiene hidrocarburos C4 a C10.

15 Las gasolinas se requieren típicamente para cumplir con determinados estándares físicos y de rendimiento. Algunas características se pueden implementar para el funcionamiento apropiado de los motores u otros aparatos de combustión de combustible. Sin embargo, muchas características físicas y de rendimiento están establecidas por las reglamentaciones nacionales o regionales por otros motivos, como la gestión medioambiental. Los ejemplos de características físicas pueden incluir presión de vapor de Reid, contenido de azufre, contenido de oxígeno, contenido de hidrocarburos aromáticos, contenido de benceno, contenido de olefina, la temperatura a la cual se destila el 90 por ciento del combustible (T90), la temperatura a la cual se destila el 50 por ciento del combustible (T50) y otras. Las características de rendimiento pueden incluir octanaje, propiedades de combustión y componentes de emisión.

20 Por ejemplo, las normas para gasolinas para la venta en gran parte de los Estados Unidos se establecen, en general, en el número de especificación del estándar de ASTM D 4814 ("ASTM D 4814"). Los estándares para las gasolinas que la venta en gran parte de Europa se establecen, en general, en el estándar europeo EN228:2008.

25 Las reglamentaciones federales y estatales adicionales complementan este estándar de la ASTM. Las especificaciones para las gasolinas establecidas en ASTM D 4814 varían en base a una serie de parámetros que afectan a la volatilidad y la combustión, tal como el clima, la estación del año, la localización geográfica y la altitud. Por este motivo, las gasolinas producidas de acuerdo con ASTM D 4814 se dividen en las categorías de volatilidad AA, A, B, C, D y E, y las categorías de protección de bloqueo de vapor 1, 2, 3, 4, 5 y 6, teniendo cada categoría un conjunto de especificaciones que describen gasolinas que cumplen con los requisitos de las clases respectivas. Estas especificaciones también establecen procedimientos de prueba para determinar los parámetros en la memoria descriptiva.

30 Por ejemplo, una gasolina de clase AA-2 combinada para su uso durante la temporada de conducción de verano en climas relativamente cálidos debe tener una presión de vapor máxima de 7,8 psi [54 kPa], una temperatura máxima para destilación del 10 por ciento del volumen de sus componentes (la "T10") de 158°F [70°C], un intervalo de temperatura para destilación del 50 por ciento del volumen de sus componentes (la "T50") de entre 170°F [77°C] y 250°F [121°C], una temperatura máxima para destilación del 90 por ciento del volumen de sus componentes (la "T90") de 374°F [190°C], un punto final de destilación de 437°F [225°C], un residuo de destilación máximo de un 2 por ciento en volumen y un "índice de manejabilidad" o "DI" máximo, como se describe a continuación, de 1250.

35 El rendimiento durante el arranque en frío y el calentamiento (CS&W) es un indicador clave de calidad para los combustibles de los motores de gasolina; los combustibles de gasolina apropiadamente formulados permiten que un motor apagado (es decir, un motor que está esencialmente a la misma temperatura que su entorno sin calor residual del funcionamiento anterior) arranque rápidamente y proporciona un rendimiento de conducción suave en todas las condiciones climáticas. El rendimiento de arranque y de conducción debe estar libre de deficiencias tales como un tiempo de arranque prolongado, calados del motor, y retardos o vacilación en la aceleración.

40 El rendimiento durante CS&W de la gasolina está controlado por las propiedades de volatilidad del combustible que tradicionalmente incluyen la presión de vapor y, especialmente, las propiedades de destilación (es decir, la distribución de las temperaturas de ebullición de los componentes en todo el intervalo de ebullición del combustible). Las especificaciones del producto en los EE. UU. (ASTM), Europa (EN) y otras regiones emplean límites en estas propiedades individuales, así como límites en combinaciones de propiedades (por ejemplo, el índice de manejabilidad de ASTM originalmente consistía en una combinación lineal de tres temperaturas de destilación) que se han indexado por el rendimiento observado de la manejabilidad durante CS&W en los vehículos y condiciones predominantes en que se emplean los combustibles.

55 La introducción de biocomponentes en el conjunto de combinaciones de gasolina (especialmente etanol al 10% en volumen en los EE. UU.) precipitó una revisión de las especificaciones de volatilidad de la gasolina para garantizar una manejabilidad aceptable durante CS&W. Específicamente, el índice de manejabilidad de ASTM que se emplea en

los Estados Unidos se modificó para incluir un término para el contenido de etanol como:

$$\text{Índice de manejabilidad (DI) de ASTM} = 1,5T_{10} + 3T_{50} + T_{90} + 2,4 \text{ EtOH} \quad (\text{Ec. 1})$$

5 donde T_{10} , T_{50} y T_{90} son las temperaturas observadas en °F para la destilación de 10, 50 y 90 por ciento en volumen del combustible en una prueba de destilación ASTM D86 estándar y EtOH es la concentración de etanol del combustible en porcentaje en volumen. Se descubrió que la inclusión del término de etanol produce un índice mejorado para el rendimiento observado de los vehículos en pruebas controladas de manejabilidad durante CS&W. Las especificaciones establecen un valor máximo de DI para cada clase de volatilidad estacional; se espera que los combustibles con DI por encima del máximo de la especificación tengan un rendimiento reducido durante CS&W.

10 En solicitudes europeas, la especificación de la gasolina EN228 controla la volatilidad en los valores intermedios del intervalo para una buena manejabilidad durante CS&W especificando un porcentaje de volumen mínimo E100 del combustible que se debe destilar a 100°C en la prueba de destilación estándar.

15 Los experimentos de control previos indican que el rendimiento de la manejabilidad durante CS&W puede ser problemático para combinaciones de gasolina que contienen una alta concentración de un isómero de butanol. También se descubrió que los procedimientos existentes para pronosticar el rendimiento de la manejabilidad durante CS&W a partir de los parámetros de volatilidad del combustible, tal como el índice de manejabilidad antedicho (Ec.1) no son eficaces para combinaciones con alto contenido de butanol. Baustian, solicitud de patente de EE. UU. n.º 12/431.217, presentada el 28 de abril de 2009, divulga un procedimiento para producir una combinación de gasolina que tiene una alta concentración de al menos un isómero de butanol que comprende mantener al menos un 35 por ciento en volumen de la fracción de volumen de la combinación que se destila a temperaturas de hasta aproximadamente 200°F [93°C]. Sin embargo, usando métodos anteriores, no se comprende la combinación de una alta concentración de butanol con gasolina en diversas condiciones de una manera que mejore la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento (CS&W), mientras se maximiza la combinación de componentes de combustible renovables. Por lo tanto, es altamente deseable desarrollar un índice de manejabilidad modificado y un procedimiento que permita la producción de combinaciones de butanol y gasolina que puedan contener altos niveles de al menos un isómero de butanol de origen biológico y, en particular, isobutanol, al mismo tiempo que maximiza tanto la manejabilidad durante CS&W como los componentes renovables de las combinaciones de butanol y gasolina.

25 El documento WO2009/137356 describe un procedimiento para producir combinaciones de gasolina con una alta concentración de un isómero de butanol y que tiene un buen rendimiento de la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento.

30 **Sumario de la invención**

En un aspecto, la presente invención es un procedimiento para producir una combinación de butanol y gasolina que tiene un buen rendimiento de la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento (CS&W) que comprende:

(a) proporcionar al menos un isómero de butanol de origen biológico obtenido a través de producción fermentativa; y

35 (b) combinar dicho isómero con gasolina para formar una combinación de butanol y gasolina, teniendo la combinación de butanol y gasolina una clase específica de presión de vapor/volatilidad según la tabla 1 de ASTM D4814-09b;

(c) determinar un valor del índice de manejabilidad para alto contenido de butanol ($HBDI_a$) para la combinación de butanol y gasolina mediante la combinación lineal $BuOH(A_1 + A_2E200 + A_3RVP)$; en la que

40 BuOH es la concentración en porcentaje en volumen de al menos un isómero de butanol de origen biológico en la combinación de butanol y gasolina;

E200 es el porcentaje en volumen de la combinación de butanol y gasolina que se destila a temperaturas de hasta 200°F (93,3°C);

RVP es la presión de vapor de Reid en psi [o en kPa/6,89]; y

45 A_1 es aproximadamente 100,2;

A_2 es aproximadamente -1,5;

A_3 es aproximadamente -2,4; y

(d) ajustar la cantidad de gasolina y/o la cantidad del al menos un isómero de butanol de origen biológico de modo que el valor de $HBDI_a$ esté por debajo del límite máximo para el índice de manejabilidad (DI) para la clase específica de gasolina como se especifica en la tabla 1 de ASTM

50 D 4814-09b;

cuando la concentración del al menos un isómero de butanol de origen biológico es de hasta un 70 por ciento en volumen y en la que los deméritos totales ponderados de la combinación de butanol y gasolina es de menos de 40.

Breve descripción de los dibujos

5 La figura 1 es una curva de la media corregida (a 40°F [4,4°C]) del logaritmo natural de los deméritos totales ponderados de la manejabilidad de la gasolina con alto contenido de butanol frente al DI de ASTM.

La figura 2 es una curva de la media corregida (a 40°F [4,4°C]) del logaritmo natural de los deméritos totales ponderados de la manejabilidad de la gasolina con alto contenido de butanol frente al HBDI_a.

10 La figura 3 es una nueva curva de los datos representados en la figura 2, excepto que la media corregida (a 40°F [4,4°C]) de los deméritos totales ponderados en lugar de sus transformaciones logarítmicas se representan en el eje y.

La figura 4 es una correlación del LSM In TWD observado, usando el LSM In TWD la ecuación 2c del HBDI_b.

La figura 5 es una correlación del LSM In TWD observado, usando el LSM In TWD la ecuación 2d del DVI.

Descripción detallada de la invención

15 A menos que se defina de otro modo, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por un experto en la técnica a la que pertenece la presente invención. En caso de conflicto, prevalecerá la presente solicitud, incluyendo las definiciones. Además, a menos que por el contexto se requiera de otra modo, los términos singulares incluirán el plural y los términos en plural incluirán el singular.

20 Para definir mejor la presente invención, se proporcionan en el presente documento los siguientes términos y definiciones.

25 Como se usa en el presente documento, los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "tiene", "que tiene", "contiene" o "que contiene", o cualquier otra variación de los mismos, se entenderá que implica la inclusión de un entero o grupo de enteros enunciado, pero no la exclusión de ningún otro entero o grupo de enteros. Por ejemplo, una composición, una mezcla, un proceso, un procedimiento, un artículo o un aparato que comprende una lista de elementos no se limita necesariamente solo a esos elementos, sino que puede incluir otros elementos no expresamente enumerados o inherentes a dicha composición, mezcla, proceso, procedimiento, artículo o aparato. Además, a menos que se indique expresamente lo contrario, "o" se refiere a un o inclusivo y no a un o exclusivo. Por ejemplo, una condición A o B es satisfecha por cualquiera de los siguientes: A es verdadero (o está presente) y B es falso (o no está presente), A es falso (o no está presente) y B es verdadero (o está presente), y tanto A como B son verdaderos (o están presentes).

30 Como se usa en el presente documento, el término "consiste en" o variaciones tales como "consisten en" o "que consiste en", como se usa a lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, indican la inclusión de cualquier entero o grupo de enteros enumerados, pero no se puede añadir un entero o grupo de enteros adicional al procedimiento, estructura o composición especificados.

35 Como se usa en el presente documento, el término "consiste esencialmente en", o variaciones tales como "consisten esencialmente en" o "que consisten esencialmente en", como se usa a lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, indican la inclusión de cualquier entero o grupo de enteros enumerados, y la inclusión opcional de cualquier número entero o grupo de enteros enumerados que no cambien sustancialmente las propiedades básicas o novedosas del procedimiento, estructura o composición especificados.

40 Los términos "invención" o "presente invención", como se usan en el presente documento, son un término no limitativo y no pretenden referirse a un único modo de realización de la invención particular, sino que engloban todos los posibles modos de realización como se describe en la solicitud.

45 Como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" como modificador de la cantidad de un ingrediente o reactivo de la invención empleado se refiere a la variación en la cantidad numérica que se puede producir, por ejemplo, a través de los procedimientos típicos de medición y manipulación de líquidos usados para hacer concentrados o soluciones en el mundo real; por error accidental en estos procedimientos; por diferencias en la fabricación, fuente o pureza de los ingredientes empleados para hacer las composiciones o para llevar a cabo los procedimientos; y similares. El término "aproximadamente" también engloba cantidades que difieren debido a diferentes condiciones de equilibrio para una composición que resulta de una mezcla inicial particular. Con independencia de si se modifica o no por el término "aproximadamente", las reivindicaciones incluyen equivalentes a las cantidades. En un modo de realización, el término "aproximadamente" significa dentro de un 10% del valor numérico informado; en otro modo de realización, dentro de un 5% del valor numérico informado.

50 El término "sustancial" y "sustancialmente", como se usa en el presente documento, significa una desviación de hasta un 10%, preferentemente se permite hasta un 5%.

El término "alcohol", como se usa en el presente documento, se refiere a cualquiera de una serie de compuestos hidroxilo, el más simple de los cuales se deriva de hidrocarburos saturados, que tienen la fórmula general $C_nH_{2n+1}OH$. Ejemplos de alcohol incluyen etanol y butanol.

- 5 El término "butanol", como se usa en el presente documento, se refiere a n-butanol, 2-butanol, isobutanol, alcohol *terc*-butílico, individualmente o cualquier mezcla de los mismos. El butanol puede ser de origen biológico (es decir, biobutanol), por ejemplo. De origen biológico se refiere a producción fermentativa. Véase, por ejemplo, la patente de EE. UU. n.º 7.851.188.

Los términos "componente renovable", como se usan en el presente documento, se refieren a un componente que no se deriva del petróleo o productos del petróleo.

- 10 El término "combustible", como se usa en el presente documento, se refiere a cualquier material que se puede usar para generar energía para producir trabajo mecánico de una manera controlada. Los ejemplos de combustibles incluyen, pero no se limitan a, biocombustibles (es decir, combustibles que de alguna manera se derivan de la biomasa), gasolina, subgrados de gasolina, diesel y carburorreactores. Se entiende que los componentes y tolerancias específicos de los combustibles adecuados pueden variar en base a pautas estacionales y regionales.
- 15 Los términos "combinación de combustible" o "combustible combinado", como se usan en el presente documento, se refieren a una mezcla que contiene al menos un combustible y uno o más alcoholes.

- 20 El término "gasolina", como se usa en el presente documento, se refiere, en general, a una mezcla volátil de hidrocarburos líquidos que puede contener opcionalmente pequeñas cantidades de aditivos. Este término incluye, pero no se limita a, gasolina convencional, gasolina oxigenada, gasolina reformulada, biogasolina (es decir, gasolina que de alguna manera se deriva de la biomasa) y gasolina Fischer-Tropsch, y mezclas de las mismas. Además, el término "gasolina" incluye una combinación de gasolina, combinaciones de gasolina, gasolina combinada, un material de combinación para gasolina, materiales de combinación para gasolina y mezclas de los mismos. Se entiende que los componentes y tolerancias específicos de las gasolinas adecuadas pueden variar en base a pautas estacionales y regionales.

- 25 Los términos "combinación de gasolina" y "gasolina combinada", como se usan en el presente documento, se refieren a una mezcla que contiene al menos una gasolina y/o subgrado de gasolina y/o mezclas de uno o más componentes de combinación de gasolina de refinería (por ejemplo, alquilato, gasolina de reformado, naftas FCC, etc.) y opcionalmente, uno o más alcoholes. Una combinación de gasolina incluye, pero no se limita a, una gasolina sin plomo adecuada para la combustión en un motor de automóvil.

- 30 Los términos "Sociedad Americana para Pruebas y Materiales" y "ASTM", como se usan en el presente documento, se refieren a la organización internacional de estándares que desarrolla y publica estándares técnicos de consenso voluntario para una amplia variedad de materiales, productos, sistemas y servicios, incluyendo combustibles.

- 35 El término "octanaje", como se usa en el presente documento, se refiere a la medición de la resistencia de un combustible al la autoignición en motores de combustión interna de encendido por chispa o a la medida de la tendencia de un combustible a quemarse de manera controlada. Un octanaje puede ser un número de octano de investigación (RON) o un número de octano de motor (MON). El RON se refiere a la medición determinada al hacer funcionar el combustible en un motor de prueba con una proporción de compresión variable en condiciones controladas, y comparando los resultados con los de las mezclas de iso-octano y n-heptano. El MON se refiere a la medición determinada usando una prueba similar a la usada en la prueba del RON, pero con una mezcla de combustible precalentado, una mayor velocidad del motor y un tiempo de encendido ajustado dependiendo de la proporción de compresión. El RON y el MON se determinan por procedimientos de prueba estándar descritos en ASTM D2699 y ASTM D2700, respectivamente.
- 40

- 45 Las clases de combustible descritas en el presente documento se definen por las especificaciones para gasolinas establecidas en ASTM D 4814 y EN228 y varían en base a varios parámetros que afectan a la volatilidad y la combustión, tal como el clima, la estación del año, la localización geográfica y la altitud. Las gasolinas producidas de acuerdo con la norma ASTM D 4814 se dividen en las clases de presión de vapor/destilación AA, A, B, C, D y E, y las clases de protección de bloqueo de vapor 1, 2, 3, 4, 5 y 6, teniendo cada clase un conjunto de especificaciones que describen gasolinas que cumplen los requisitos de las clases respectivas. Las gasolinas producidas de acuerdo con EN228 se dividen en las clases de volatilidad A, B, C/C1, D/D1, E/E1 y F/F1, teniendo cada clase un conjunto de especificaciones que describen gasolinas que cumplen con el requisito de las clases respectivas.
- 50

- 55 Los deméritos totales ponderados de una combinación de gasolina son una medición del rendimiento de la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento de acuerdo con la designación E-28-94 del Consejo de Investigación de Coordinación (CRC, por sus siglas en inglés) para el procedimiento de manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento. En este procedimiento, el vehículo es conducido desde un arranque en frío a través de un conjunto de maniobras de aceleración/desaceleración por parte de un evaluador capacitado que da una calificación de gravedad (insignificante, moderada, considerable, extrema) a cualquier funcionamiento incorrecto de la manejabilidad observado durante las maniobras calados, aspereza en reposo, ignición prematura, vacilaciones, retardos, sobrecargas). Las clasificaciones de gravedad se usan para calcular un demérito total ponderado (TWD)

para el vehículo en la condición de prueba. Cuanto mayor sea el valor del TWD, peor será el rendimiento de la manejabilidad durante CS&W de la combinación de gasolina.

Las gasolinas son bien conocidas en la técnica y, en general, contienen como componente primario una mezcla de hidrocarburos que tienen diferentes puntos de ebullición que típicamente hierven a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 79°F [26°C] hasta aproximadamente 437°F [225°C] bajo presión atmosférica. Este intervalo es aproximado y puede variar dependiendo de la mezcla real de moléculas de hidrocarburo presentes, los aditivos u otros compuestos presentes (si los hay) y las condiciones ambientales. Las gasolinas oxigenadas son combinaciones de uno o más materiales de combinación para gasolina y uno o más oxigenados. Los oxigenados son compuestos o mezclas de compuestos que comprenden aproximadamente un 99 por ciento en peso de los cuales están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno, comprendiendo el oxígeno al menos aproximadamente un 5 por ciento en peso de los mismos. Típicamente los oxigenados son alcoholes, éteres y mezclas de los mismos.

Los materiales de combinación para gasolina se pueden producir a partir de un solo componente, tal como el producto de una unidad de alquilación de refinería u otras corrientes de refinería. Sin embargo, los materiales de combinación para gasolina se combinan más frecuentemente usando más de un componente. Los materiales de combinación para gasolina se combinan para preparar gasolina que cumpla con las características físicas y de rendimiento deseadas y que cumpla con los requisitos reglamentarios, y pueden incluir algunos componentes de combinación. Por ejemplo, un material de combinación para gasolina puede tener de dos a cuatro componentes de combinación, o puede tener numerosos componentes de combinación, tal como más de cuatro componentes.

Las gasolinas y materiales de combinación para gasolina pueden incluir opcionalmente otros productos químicos o aditivos. Por ejemplo, se pueden añadir aditivos u otros productos químicos para ajustar las propiedades de una gasolina para cumplir con los requisitos reglamentarios, añadir o potenciar propiedades deseables, reducir efectos perjudiciales no deseados, ajustar las características de rendimiento o modificar de otro modo las características de la gasolina. Los ejemplos de dichos productos químicos o aditivos incluyen detergentes, antioxidantes, potenciadores de la estabilidad, desemulsionantes, inhibidores de la corrosión, desactivadores de metales y otros. Se puede usar más de un aditivo o producto químico.

El término "ajuste" como se usa en el presente documento incluye cambiar las concentraciones de los componentes, eliminar componentes, añadir componentes o cualquier combinación de los mismos para modificar las características de ebullición/volatilidad.

Los aditivos y productos químicos útiles se describen en Colucci *et al.*, patente de EE. UU. n.º 5.782.937. Dichos aditivos y productos químicos también se describen en Wolf, patente de EE. UU. n.º 6.083.228, e Ishida *et al.*, patente de EE. UU. n.º 5.755.833. Las gasolinas y materiales de combinación para gasolina también pueden contener disolventes o soluciones de vehículos que a menudo se usan para administrar aditivos a un combustible. Los ejemplos de dichos disolventes o soluciones de vehículos incluyen, pero no se limitan a, aceite mineral, alcoholes, naftas aromáticas, aceites sintéticos y muchos otros que son conocidos en la técnica.

Los materiales de combinación para gasolina adecuados para su uso en el procedimiento de la presente invención son materiales de combinación típicamente útiles para preparar gasolinas para consumo en motores de encendido por chispa o en otros motores que queman gasolina. Los materiales de combinación para gasolina adecuados incluyen los materiales de combinación para gasolinas que cumplen con ASTM D 4814 y materiales de combinación para gasolina reformulada. Los materiales de combinación para gasolina adecuados también incluyen materiales de combinación con bajo contenido de azufre que se pueden desear para cumplir con los requisitos regionales, por ejemplo, que tienen menos de aproximadamente 150, menos de aproximadamente 140, menos de aproximadamente 130, menos de aproximadamente 120, menos de aproximadamente 110, menos de aproximadamente 100, menos de aproximadamente 90, menos de aproximadamente 80, menos de aproximadamente 70, menos de aproximadamente 60, menos de aproximadamente 50, menos de aproximadamente 40, o menos de aproximadamente 30 partes por millón de partes en peso de azufre. Dichos materiales de combinación para gasolina adecuados también incluyen materiales de combinación que tienen un bajo contenido de compuestos aromáticos que pueden ser deseables para cumplir con los requisitos reglamentarios, por ejemplo, que tienen menos de aproximadamente 8000, menos de aproximadamente 7750, menos de aproximadamente 7500, menos de aproximadamente 7250 o menos de aproximadamente 7000 partes por millón de partes por volumen de benceno, o, por ejemplo, que tienen menos de aproximadamente 35, menos de aproximadamente 34, menos de aproximadamente 33, menos de aproximadamente 32, menos de aproximadamente 31, menos de aproximadamente 30, menos de aproximadamente 29, menos de aproximadamente 28, menos de aproximadamente 27, menos de aproximadamente 26, o menos de aproximadamente 25 por ciento en volumen del total de todas las especies aromáticas presentes.

Un compuesto oxigenado tal como etanol también se puede combinar con el material de combinación para gasolina. En ese caso, la combinación de gasolina resultante incluye una combinación de uno o más materiales de combinación para gasolina y uno o más de otros oxigenados adecuados. En otro modo de realización, uno o más isómeros de butanol se pueden combinar con uno o más materiales de combinación para gasolina y, opcionalmente, con uno o más oxigenados adecuados, tales como etanol. En dicho modo de realización, uno o más materiales de combinación para gasolina, uno o más isómeros de butanol y opcionalmente uno o más de otros oxigenados adecuados se pueden combinar en cualquier orden. Por ejemplo, se puede añadir un butanol a una mezcla, incluido un material de

combinación para gasolina y otros oxigenados adecuados. Como otro ejemplo, uno o más de otros oxigenados adecuados y un butanol se pueden añadir en varias localizaciones diferentes o en múltiples etapas. Para otros ejemplos, un butanol, tal como isobutanol, n-butanol o *terc*-butanol, se puede añadir con los otros oxigenados adecuados, añadir antes que los otros oxigenados adecuados o combinar con los otros oxigenados adecuados antes de añadirse a un material de combinación para gasolina. En otro modo de realización, se añade un butanol, tal como isobutanol, para oxigenar la gasolina. En otro modo de realización, uno o más de otros oxigenados adecuados y un butanol se pueden combinar en un material de combinación para gasolina al mismo tiempo.

En cualquiera de dichos modos de realización, se pueden añadir uno o más isómeros de butanol y opcionalmente uno o más de otros oxigenados adecuados en cualquier punto dentro de la cadena de distribución. Por ejemplo, un material de combinación para gasolina se puede transportar a un terminal, y a continuación un butanol y opcionalmente uno o más de otros oxigenados adecuados se pueden combinar con el material de combinación para gasolina, individualmente o en combinación, en el terminal. Como otro ejemplo, el uno o más materiales de combinación para gasolina, uno o más isómeros de butanol y opcionalmente uno o más de otros oxigenados adecuados se pueden combinar en una refinería. También se pueden añadir otros componentes o aditivos en cualquier punto en la cadena de distribución. Además, el procedimiento de la presente invención se puede poner en práctica en una refinería, terminal, sitio de venta al por menor o cualquier otro punto adecuado en la cadena de distribución.

En un modo de realización de la invención, los deméritos totales ponderados de la combinación de gasolina están por debajo de aproximadamente 40, por debajo de aproximadamente 35, por debajo de aproximadamente 30, por debajo de aproximadamente 25, por debajo de aproximadamente 20, por debajo de aproximadamente 15 o por debajo de aproximadamente 10.

En un modo de realización de la invención, el valor de HBDI_b de la combinación de gasolina está por debajo de aproximadamente 1400, por debajo de aproximadamente 1350, por debajo de aproximadamente 1300, por debajo de aproximadamente 1250 o por debajo de aproximadamente 1200.

En un modo de realización de la invención, el valor de DVI de la combinación de gasolina está por debajo de aproximadamente 75, por debajo de aproximadamente 70, por debajo de aproximadamente 65, por debajo de aproximadamente 60, por debajo de aproximadamente 55, por debajo de aproximadamente 50, por debajo de aproximadamente 45, por debajo de aproximadamente 40 o por debajo de aproximadamente 35.

Cuando el butanol se incluye en cantidades altas en muchas combinaciones probables de gasolina/butanol que, por lo demás, parecen cumplir con los límites actuales de las especificaciones de volatilidad de la ASTM y la UE, el rendimiento de la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento (CS&W) se puede deteriorar significativamente. Sin embargo, se ha descubierto de forma sorprendente e inesperada que, cuando se incluye butanol en combinaciones de gasolina/butanol en altas cantidades, el deterioro negativo asociado con el rendimiento de la manejabilidad durante CS&W se evita mediante los procedimientos descritos en el presente documento.

En particular, se sometieron a prueba las propiedades de volatilidad y el rendimiento durante CS&W de 29 combustibles con concentraciones de isobutanol que variaban entre un 20 y un 60 por ciento en volumen usando los procedimientos estándar de la industria (por ejemplo, pruebas de inspección en combustibles de la destilación y presión de vapor según el estándar ASTM, pruebas de manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento según el estándar E28 del CRC). Los combustibles se dividieron en tres flotas de vehículos, que incluían vehículos de combustible convencional y flexible (FFV). El número y la clase de volatilidad de los combustibles sometidos a prueba para el rendimiento durante CS&W, el contenido de butanol de los combustibles en porcentaje en volumen, el número, tipo y años del modelo de los vehículos ligeros empleados en las pruebas, y las temperaturas a las que se realizaron las pruebas se presentan en la tabla 1. La tabla 1 también muestra el número de pruebas que se duplicaron para obtener poder estadístico. Se realizaron un total de 364 evaluaciones de CS&W. Las combinaciones de combustible sometidas a prueba en las flotas de vehículos convencionales se formularon para cumplir con la especificación de presión de vapor de gasolina ASTM D 4814-09b. Las combinaciones de combustible sometidas a prueba en la flota de FFV se formularon para cumplir con las especificaciones de presión de vapor bien de ASTM D 4814-09b o ASTM D 5798-09b etanol combustible (Ed75-Ed85). Los estándares para el etanol combustible (también conocido como "E85" en el verano y "E70" en el invierno) para la venta dentro de los Estados Unidos se establecen, en general, en el número de especificación del estándar de ASTM D 5798-09b ("ASTM D 5798"). En Europa, actualmente no existe ninguna especificación para los combustibles E85. Sin embargo, la especificación alemana DIN 51625 publicada en 2008: "Kraftstoffe für Fahrzeuge - Ethanolkraftstoff - Anforderungen und Prüfverfahren" ("Combustibles para automóviles - combustible de etanol - Requisitos y procedimientos de prueba") y define diferentes grados estacionales que contienen de un 70 a un 85% en volumen de etanol con una presión de vapor de Clase A (verano) de 35,0-60,0 kPa y Clase B (invierno) de 50,0-90,0 kPa.

ES 2 701 755 T3

Tabla 1

FLOTA	1		2		3	
N.º de vehículos empleados	6		6		6	
Tipo de vehículos	Convencional		Convencional		Vehículos de combustible flexible	
Años de modelo del vehículo (n.º de vehículos)	2005 (1), 2007 (2), 2008 (3)		2005 (1), 2006 (1), 2007 (4)		2006 (2), 2007 (2), 2008 (2)	
N.º de pruebas	82	95	66	49	30	42
N.º de pruebas de repetición	24	35	0	1	0	4
Clases de combustible sometidas a prueba (en base a la especificación de RVP)	ASTM D 4814 Clase AA ("Verano")	ASTM D 4814 Clase D ("Invierno")	ASTM D 4814 Clases AA, A ("Verano")	ASTM D 4814 Clase D ("Invierno")	ASTM D 5798 Clase 1 ("Verano")	ASTM D 5798 Clase 3 o Clase ASTM D 4814 ("Invierno")
% en vol de butanol	30, 40, 50	30, 40, 45, 50	20, 30, 40, 50, 60	20, 30, 40, 50	30, 37, 40, 45, 48, 50	30, 37, 45, 48, 50
N.º de combustibles sometidos a prueba	4	5	5	4	6	5
Temp. de prueba, F:	40, 70	20, 40	20, 30, 40, 50, 60, 70	20, 30, 40, 60	40, 70	5, 23, 40
[°C]	[4,4, 21]	[-6,6, 4,4]	[-6,6, 1-1, 4,4, 10, 15,6]	[-6,6, -1,1, 4,4, 15,6]	[4,4, 21]	[-15, -5, 4,4]
Media de TWD	25,2		35,8		25,1	

Estas pruebas se realizaron en un dinamómetro de chasis para todo tipo de clima (potencia máxima: 315 CV, velocidad máx.: 90 mph [145 kph], velocidad del viento máx.: 90 mph [145 kph]) con control estricto de temperatura y humedad. Las pruebas de manejabilidad en clima frío se realizaron de acuerdo con la designación E-28-94 del Consejo de Investigación de Coordinación (CRC, por sus siglas en inglés) para el procedimiento de manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento, modificada para su implementación en un dinamómetro de chasis. En este procedimiento, el vehículo es conducido desde un arranque en frío a través de un conjunto de maniobras de aceleración/desaceleración por parte de un evaluador capacitado que da una calificación de gravedad (insignificante, moderada, considerable, extrema) a cualquier funcionamiento incorrecto de la manejabilidad observado durante las maniobras calados, aspereza en reposo, ignición prematura, vacilaciones, retardos, sobrecargas). Las clasificaciones de gravedad se usan para calcular un demérito total ponderado (TWD) para el vehículo en la condición de prueba. El análisis de los resultados del TWD siguió el modelo de un programa similar realizado por el Consejo Coordinador de Investigación (Programa CM-138-02 del CRC, documentado como Informe del CRC n.º 638); el objetivo del programa del CRC fue establecer el efecto de la volatilidad/composición de las gasolinas con bajo contenido de etanol (menos de un 10 por ciento en volumen) en la manejabilidad durante CS&W. El programa del CRC en cuestión estableció que la Ecuación 1 anterior, en la que se añadió un término de "compensación" de etanol a la definición anterior del índice de manejabilidad de ASTM, DI, sí describe el rendimiento de la manejabilidad durante CS&W de combinaciones de gasolina que contienen concentraciones tan bajas de etanol. La figura 1 es una curva de la media corregida (a 40°F [4,4°C]) de los logaritmos naturales de los deméritos totales ponderados para las combinaciones de gasolina sometidas a prueba frente a los DI de ASTM para esas combinaciones. La figura 1 presenta los resultados de la manejabilidad para los combustibles con alto contenido de butanol sometidos a prueba e indexados usando la

Ecuación 1. Como es evidente, tanto de forma gráfica como a partir del estadístico de ajuste calculado, R^2 la Ecuación 1 no logra describir el rendimiento de la manejabilidad durante CS&W de los combustibles con alto contenido de butanol.

5 La media corregida (a 40°F [4,4°C]) de los logaritmos naturales de los deméritos totales ponderados (TWD) en las figuras de la solicitud se calcula a partir de los datos de la flota para todas las pruebas de CS&W. Representan un rendimiento promedio sin sesgos de un combustible en la flota de vehículos empleada. Además de las pruebas de todas las combinaciones de combustible y vehículo, también se realizaron pruebas adicionales que fueron repeticiones de algunas de esas combinaciones. Por lo tanto, se realizaron un total de 364 pruebas. La media corregida es la media de mínimos cuadrados de cada combustible que se equilibra como si se realizara el mismo número de pruebas en cada combinación de combustible y vehículo. Esto proporciona un TWD sin sesgos para cada combustible promediado sobre todos los vehículos.

10 El índice de manejabilidad habitual DI presentado como Ecuación 1 se reemplazó por la siguiente ecuación, aplicada tanto a los vehículos convencionales como a los de combustible flexible. Las ecuaciones 2a y 2b a continuación presentan el índice de manejabilidad de alto contenido en butanol o $HBDI_a$, que es una modificación del DI de ASTM y es una combinación lineal de términos.

$$HBDI_a = BuOH (A_1 + A_2E200 + A_3RVP) \quad (Ec. 2a)$$

20 en la que $HBDI_a$ es el índice de manejabilidad modificado; BuOH es el porcentaje en volumen de al menos un isómero de butanol, que preferentemente es de origen biológico, en la combinación; E200 es el porcentaje en volumen de la combinación que se destila a temperaturas de hasta 200°F [93°C]; y A_1 , A_2 y A_3 son coeficientes seleccionados para dar una relación sustancialmente lineal entre los valores de la combinación lineal antedicha para combinaciones de gasolina que contienen el al menos un isómero de butanol de origen biológico y los logaritmos de las medias de mínimos cuadrados medidas corregidas de los deméritos totales ponderados para dichas combinaciones, en la que los deméritos totales ponderados de la combinación de gasolina son de menos de 40, en concentraciones del al menos un isómero de butanol de origen biológico de hasta un 70 por ciento en volumen, hasta un 65 por ciento en volumen, hasta un 60 por ciento en volumen, hasta un 55 por ciento en volumen, hasta un 50 por ciento en volumen, hasta un 45 por ciento en volumen o hasta un 40 por ciento en volumen.

30 En un modo de realización, el índice de manejabilidad para alto contenido de butanol ($HBDI_a$) se puede determinar antes de combinar la gasolina y el al menos un isómero de butanol de origen biológico, para formar la combinación de butanol y gasolina. En otro modo de realización, el índice de manejabilidad para alto contenido de butanol ($HBDI_a$) se puede determinar después de combinar la gasolina y el al menos un isómero de butanol de origen biológico, para formar la combinación de butanol y gasolina. Si el $HBDI_a$ se determina después, la cantidad de gasolina, la cantidad del al menos un isómero de butanol de origen biológico, o cualquier combinación de las mismas, se puede ajustar opcionalmente de modo que el $HBDI_a$ tenga un valor igual a la combinación lineal $BuOH(A_1 + A_2E200 + A_3RVP)$ por debajo del límite máximo del índice de manejabilidad (DI) para la clase específica de gasolina como se especifica en la tabla 1 de ASTM D 4814. En otro modo de realización, el índice de manejabilidad para alto contenido de butanol ($HBDI_a$) se puede determinar durante la combinación de la gasolina y el al menos un isómero de butanol de origen biológico, para formar la combinación de butanol y gasolina. Si se determina el $HBDI_a$ durante la combinación, la cantidad de gasolina y la cantidad del al menos un isómero de butanol de origen biológico, o cualquier combinación de las mismas, se puede ajustar opcionalmente de modo que el $HBDI_a$ tenga un valor igual a la combinación lineal $BuOH(A_1 + A_2E200 + A_3RVP)$ por debajo del límite máximo del índice de manejabilidad (DI) para la clase específica de gasolina como se especifica en la tabla 1 de ASTM D 4814. Por supuesto, el índice de manejabilidad para alto contenido de butanol ($HBDI_a$) se puede determinar una vez o más de una vez, y se puede determinar en diversas etapas de combinar la combinación de butanol y gasolina, que incluyen, pero no se limitan a, antes, durante y después de que se produce la mezcla de gasolina y butanol.

45 Cuando la concentración del al menos un isómero de butanol de origen biológico es de hasta un 70 por ciento en volumen, A_1 , A_2 y A_3 son aproximadamente 100,2, -1,5 y -2,4 respectivamente, y la Ecuación 2a se convierte en:

$$HBDI_a = BuOH (100.2 - 1.5 E200 - 2.4RVP) \quad (Ec. 2b)$$

50 Las Ec. 2a-2b son significativamente más eficaces que la Ec. 1 en la correlación de los resultados de la manejabilidad durante CS&W para los combustibles con alto contenido de butanol como se muestra en las figuras 2 y 3. La figura 2 establece la eficacia de las Ec. 2a-2b en la descripción del rendimiento de la manejabilidad durante CS&W de gasolinas con alto contenido de butanol a partir de las propiedades de volatilidad y composición. Para demostrar que los límites de especificación actuales de ASTM D 4814 son apropiados para el nuevo índice, los datos de la figura 2 se vuelven a representar en una curva sin la transformación logarítmica en la figura 3.

55 El procedimiento general para determinar los coeficientes A_1 , A_2 y A_3 para el intervalo completo de concentraciones de butanol de hasta un 70 por ciento en volumen es similar al usado para determinar la compensación de etanol por el programa del CRC (programa del CRC CM-138-02, Informe del CRC n.º 638) mencionado anteriormente en el presente documento. Brevemente, este procedimiento implica el desarrollo de una ecuación de regresión que relaciona

el logaritmo natural de TWD medido por la prueba durante CS&W del estándar E28 del CRC con las variables de combustible correspondientes. Las variables de combustible E200, RVP e iBuOH se emplearon para derivar una correlación que se ajusta a los datos dentro de la variabilidad del procedimiento de prueba, y los valores de los coeficientes de correlación para estas variables de combustible se calcularon de acuerdo con el procedimiento de mínimos cuadrados usando un modelo estadístico lineal general. En particular, el contenido de iBuOH se añadió como un término lineal, y E200 y RVP se añadieron como términos de interacción (es decir, iBuOH*E200 e iBuOH*RVP). La figura 2 muestra la buena correlación para esta relación semilogarítmica. Los coeficientes para otros isómeros de butanol se pueden derivar realizando pruebas durante CS&W que usen combustibles que contienen el isómero de interés en diversas concentraciones y analizando estadísticamente los resultados (es decir, logaritmo natural de TWD) usando un modelo estadístico lineal general con factores: concentración del isómero de butanol y E200*concentración del isómero de butanol y RVP*concentración del isómero de butanol.

También se ha descubierto que el HBDI_a de una combinación de gasolina con al menos un isómero de butanol de origen biológico se puede mantener por debajo de, o reducirse a un nivel por debajo de, el máximo especificado para esa clase de la gasolina añadiendo un volumen suficiente de un hidrocarburo ligero a la combinación. Dichos hidrocarburos ligeros sirven para modificar la distribución de la temperatura de ebullición de la combinación para mejorar la evaporación/combustibilidad del combustible en un motor frío. Algunas corrientes de refinería que se podrían emplear como dichos hidrocarburos ligeros se enumeran en la tabla 2. En un modo de realización, los hidrocarburos usados forman azeótropos con los oxigenados en la combinación de gasolina, a saber, isómeros de butanol. Dichos azeótropos hierven a temperaturas incluso más bajas que el hidrocarburo específico que se añade a la combinación y que es un componente del azeótropo. Por tanto, el hidrocarburo ligero añadido que forma el azeótropo tiene un mayor efecto de reducción del punto de ebullición de la combinación del que se esperaría del punto de ebullición del propio hidrocarburo añadido. En la tabla 3 se muestran dichos hidrocarburos adecuados y los puntos de ebullición de sus azeótropos con etanol y cada isómero de butanol. La palabra "zeótropo" en la tabla 3 indica que no se formó un azeótropo. En la tabla 3, % en peso es el porcentaje en peso del hidrocarburo en el azeótropo. Preferentemente, los hidrocarburos ligeros adecuados contienen de 5 a 9 átomos de carbono y comprenden bien al menos una corriente de refinería que tiene T90 de menos de 260°F [127°C] y que comprende parafinas, cicloparafinas, olefinas o compuestos aromáticos o mezclas de los mismos o al menos un hidrocarburo que forma azeótropos con butanol o etanol, que hierven a menos de 216°F [102°C] o mezclas de los mismos o ambos de los mismos.

Tabla 2

Nombre de la corriente	Destilación aproximada, °F			Principales tipos químicos
	T10 [°C]	T50 [°C]	T90 [°C]	
Isomerato	116 [47]	130 [54]	160 [71]	Parafinas C5-C6 ramificadas
Nafta virgen ligera	95 [35]	130 [54]	180 [82]	Parafinas C5-C8, cicloparafinas, olefinas, compuestos aromáticos
Nafta ligera de destilación directa	95 [35]	130 [54]	180 [82]	Parafinas C5-C8, cicloparafinas, olefinas, compuestos aromáticos
Nafta ligera de fraccionamiento catalítico	110 [43]	140 [60]	250 [121]	Parafinas C5-C8, cicloparafinas, olefinas, compuestos aromáticos
Nafta ligera hidrocraqueada	110 [43]	130 [54]	175 [79]	Parafinas C5-C8, cicloparafinas, compuestos aromáticos
Nafta ligera de coquizador hidrotratada	115 [46]	140 [60]	200 [93]	Parafinas C5-C8, cicloparafinas, compuestos aromáticos
Nafta ligera hidrotratada	115 [46]	140 [60]	200 [93]	Parafinas C5-C8, cicloparafinas, compuestos aromáticos
Alquilato ligero	165 [74]	215 [102]	230 [110]	Parafinas ramificadas C6-C9

ES 2 701 755 T3

Destilación aproximada, °F

[°C]

Nombre de la corriente	T10	T50	T90	Principales tipos químicos
Reformado ligero	150 [66]	190 [88]	240 [116]	Compuestos aromáticos C7-C8
Refinado	150 [66]	180 [82]	240 [116]	

Tabla 3

Hidrocarburo	Hidrocarburo Pt. ebullición (°C)	Azeótropo con isobutanol Pt. E. (°C) % en peso	Azeótropo con <i>n</i> - butanol Pt. E. (°C) % en peso	Azeótropo con 2- butanol Pt. E. (°C) % en peso	Azeótropo con <i>t</i> - butanol Pt. E. (°C) % en peso	Azeótropo con etanol Pt. E. (°C) % en peso
<i>n</i> -pentano	36,1					34,3 95
ciclopentano	36,15					44,7 92,5
<i>n</i> -hexano	68,9	68,3 97,5	68,2 96,8		63,7 78	58,68 79
metilciclopentano	72	71 95		69,7 88,5	66,6 74	
benceno	80,1	79,3 92,6	zeótropo	78,5 84,6	73,95 63,4	67,9 68,3
ciclohexano	80,75	78,3 86	79,8 90,5	76 82	71,2 65,8	64,8 70,8
ciclohexeno	82,7	80,5 85,8	82 95			
<i>n</i> -heptano	98,45	90,8 73	93,85 82	88,1 63,3	78 38	
2,2,4-trimetilpentano	99,3	92 73		88 66,2		
metilciclohexano	100,8	92,6 68	95,3 80	89,7 61,8	78,8 34	
2,5-dimetilhexano	109,2	98,7 58			81,5 23	
tolueno	110,7	101,2 55	105,5 72,2	95,3 45	zeótropo	76,7 32
cis-1,3-dimetilciclohexano	120,7	102,2 44				
<i>n</i> -octano	125,75		108,45 54,8			77 22
etilbenceno	136,15	107,2 20	115,85 34,9			zeótropo
<i>p</i> -xileno	138,4	107,1 11,4	115,7 32		zeótropo	zeótropo
<i>m</i> -xileno	139		116,5 28,5			
<i>o</i> -xileno	143,6		116,8 25			
<i>n</i> -nonano	150,7		115,9 28,5			

ES 2 701 755 T3

Los datos en las tablas 4 y 5 ilustran el beneficio en la reducción del $HBDI_a$ logrado por la adición de hidrocarburos ligeros a la combinación. En la tabla 4, los $HBDI$ para combinaciones que contienen un 50 por ciento en volumen de i-butanol (iB50, s) bien con una combinación de un 20 por ciento en volumen de n-pentano (Pen) y un 20 por ciento en volumen de alquilato (alk) (iB50 + Pen20 + Alk 20, s) o un 20 por ciento en volumen de solo n-pentano (iB50 + Pen20, s) se reducen sustancialmente de por encima de 2200 a por debajo de 1250, acompañados de una reducción sustancial de TWD a 5°F [-15°C] en un vehículo (EU FFV n.º 2) de por encima de 250 a por debajo de 20. Por el contrario, los datos de la tabla 5 ilustran que la adición de un 26 por ciento en volumen de hidrocarburos (HC) ramificados, que tenían un punto de ebullición más alto que el componente de gasolina de la combinación que se reemplaza, no produjo esencialmente ningún beneficio en la reducción del $HBDI_a$ o TWD. En la tabla 4 y 5, s y S significan un grado de verano, y w y W significan un grado de invierno.

Tabla 4

Combustible	Isobutanol % en vol	E200 % en vol	RVP, psi [kPa]	HBDI _a	EU FFV n.º 1 en			EU FFV n.º 2 en		
					5°F [-15°C]	23°F [-5°C]	41°F [5°C]	5°F [-15°C]	23°F [-5°C]	41°F [5°C]
iB40.w	40	31,5	8,9 [61,4]	1326	27			20		
iB50.w	50	27,3	8,5 [58,6]	2012	22			239, 429	211	117
iB60.w	60	18,8	6,9 [47,6]	3386	144	58	31			
iB70.w	70	15,8	6,1 [42,1]	4396	105	147	125			
iB50, s	50	27,7	6,1 [42,1]	2279	27			259		
iB50+Pen20+Alk20, s	50	36,9	9,7 [66,9]	1177	0			15		
iB50+Pen20, s	50	37,9	10,3 [71,0]	986	0			6		

Tabla 5

Combustible	Isobutanol % en vol	E200 % en vol	Rvp, psi [kPa]	HBDI _a	TWD a 40°F [4,4°C]
S-6	48	30,0	6,46 [44,5]	1984	57
S-7	50+26%HC	28,2	8,3 [56,3]	1978	56
S-9	45	39,7	7,51 [51,8]	1114	19
W-6	48	32,5	9,51 [65,6]	1461	61
W-7	45	44,4	13,37 [92,9]	180	9
W-8	50	44,0	14,31 [98,7]	117	8

En otro experimento, se desarrollaron diez combustibles de prueba únicos para satisfacer los parámetros que se muestran en la tabla 6 a continuación:

Tabla 6

Factor	Alto	Bajo
i-BuOH	30% en vol	50% en vol
Rvp	7,5 psi [52 kPa]	12 psi [85 kPa]
E200	20% en vol	50% en vol

- 5 Cada uno de los diez combustibles fue sometido a prueba para determinar sus características de manejabilidad. Se usaron seis vehículos ligeros que cumplieran con los estándares de emisiones de nivel 2 de EE. UU. para las evaluaciones de la manejabilidad/volatilidad. Los vehículos se seleccionaron para proporcionar una variedad de tipos de tecnología de nivel 2 que incluyen tanto la inducción natural como forzada, la inyección directa y en puerto, y las certificaciones de emisiones de nivel 2 del contenedor 8, contenedor 5 e incluso un PZEV de California (aproximadamente el contenedor 2) . Las descripciones generales de los vehículos sometidos a prueba aparecen en la tabla 7 a continuación.

Tabla 7

ID de vehículo	Año	Marca	Modelo	Motor	FIR	Cert. de emisiones
5-DO-1	2005	Dodge	Neon	2,0 I-4	PFI	T2 B8
7-FO-1	2007	Ford	Edge	3,5 V-6	PFI	T2 B5
7-TO-1	2007	Toyota	Camry	3,5 V-6	PFI	T2 B5
8-CV-3	2008	Chevrolet	HHR	2,0 I-4 TAC	DI	T2 B5
8-FO-1	2008	Ford	Focus	2,0 I-4	PFI	PZEV
8-MA-2	2008	Mazda	CX-7	2,3 I-4 TAC	DI	T2 B5

- 15 Las pruebas de manejabilidad se llevaron a cabo en las instalaciones del dinamómetro de chasis para todo tipo de clima (AWCD) en la planta de Naperville de GFT. Los vehículos estaban equipados con sistemas de adquisición de datos HEM DAWN/SnapMaster OBD-II para monitorizar los parámetros de funcionamiento del motor y del vehículo a aproximadamente 2 Hz/canal durante las pruebas. Todos los vehículos fueron revisados e inspeccionados antes de comenzar el programa de pruebas. Ninguno de los vehículos presentó códigos de problemas de diagnóstico rápidos

o pendientes. En preparación para cada prueba de manejabilidad, el sistema de combustible del vehículo en cuestión se lavó y llenó completamente con combustible de prueba. Después de verificar y borrar los códigos de problemas de ECU establecidos por el procedimiento de lavado de combustible, cada vehículo se acondicionó en la pista de prueba de Naperville durante treinta minutos para permitir que el sistema de administración del motor ajustara el combustible para el contenido de oxígeno variable de los combustibles de prueba.

Las evaluaciones de la manejabilidad se realizaron de acuerdo con el procedimiento de la prueba de manejabilidad durante el arranque el frío y el calentamiento E-28-94 del CRC, adaptado para su uso en una celda de prueba con dinamómetro de chasis para todo tipo de clima. Para explorar el efecto de la temperatura en el rendimiento de la manejabilidad, cada combinación de vehículo/combustible se sometió a prueba a dos temperaturas: los combustibles de invierno (Clase D, 12 psi [83 kPa] Rvp) se sometieron a prueba a 20 [-6,6°C] y 40°F [4,4°C], mientras que los combustibles de verano (Clase AA, 7,5 psi [51,7 kPa] Rvp) se sometieron a prueba a 40 [4,4°C] y 70°F [21°C]. Con dieciséis combustibles (incluidas las repeticiones) sometidos a prueba entre 6 vehículos a dos temperaturas, el total del número de pruebas E28 realizadas para el estudio de manejabilidad/volatilidad alcanzó 192. Las recetas de combustible de prueba se muestran en la tabla 8 a continuación:

Tabla 8

		Componente de combinación, % en vol														
Combustible		DAN	SHN	LUF	HCN	ICN	Alky T	Alky M	HUF	Tolueno	nC ₄	UItS	UItW	UItE	EtOH	i-BuOH
Combustibles de la prueba de manejabilidad/volatilidad	00		15		29					20,5						30
	01	20		15			28,5				1,5					30
	02		28,5	19							2,5					50
	03			35		15										50
	04				42					15	13					30
	05	20		19	10		12				9					30
	06			12,8	19,6		8,8				9,8					49
	07					27					2		26			45
	06	10	15	20			13,5				1,5					40
	09	10		16	15		9,5				9,5					40
	10	10	15	20			13,5				1,5					40
	11	20		15	5		28,5				1,5					30
	12		22,8	15,2							2				20	40
	13	10		16	15		9,5				9,5					40
	14			12,8	19,6		8,8				9,8					49
	15	20		19	10		12				9					30

Las descripciones de los componentes de combinación en la tabla 8 se muestran en la tabla 9, a continuación.

Tabla 9

ID del material de combinación	Nombre completo	Fuente	Descripción
DAN	Nafta con absorbente desbutanizado	Refinería BP Whiting	Nafta ligera FCCU
SHN	Nafta pesada estabilizada	Refinería BP Whiting	Nafta pesada FCCU
HCN	Nafta pesada fraccionada	Refinería BP Carson	Nafta pesada FCCU
ICN	Nafta con isocraqueo	Refinería BP Toledo	Nafta ligera con isocraqueo
LUF	Ultraformado ligero	Refinería BP Whiting	reformado ligero

ID del material de combinación	Nombre completo	Fuente	Descripción
HUF	Ultraformado pesado	Refinería BP Whiting	reformado pesado
Alkv T	Alquilato ligero	Refinería BP Toledo	alquilato redestilado
AlkyM	Alquilato	Refinería Amoco Mandan	alquilato
Tolueno	tolueno	Producto químico del productor	tolueno de grado disolvente
nC ₄	<i>n</i> -butano	Aeropres	<i>n</i> -butano
UltS	Ultimate	Terminal BP Rochelle	Gasolina Ultimate verano
UltW	Ultimate	Terminal BP Rochelle	Gasolina Ultimate invierno
UltE	Ultimate	Terminal BP Rochelle	Gasolina Ultimate L10 - verano

5 Las pruebas E28 del CRC de la manejabilidad durante el arranque en frío y el calentamiento se puntúan en un sistema de demérito. Cuando se arranca el vehículo y se conduce a lo largo del ciclo controlado, el evaluador capacitado que lleva a cabo la prueba observa y puntúa la gravedad de las deficiencias de manejabilidad, como tiempo de arranque prolongado, calados del motor, vacilación, etc. Los deméritos observados se compilan a lo largo de la prueba a través de un sistema de ponderación objetable estándar en una puntuación total de deméritos totales ponderados, o TWD. El evaluador también asigna una calificación subjetiva total que va de 10 (sin deficiencias) a 0 (deficiencias extremas), aunque estas clasificaciones no se usan típicamente ni en el presente documento en el análisis o las conclusiones.

10 De las 192 evaluaciones planificadas de la manejabilidad, 189 se completaron en un período de nueve semanas. Tres pruebas con el Mazda CX-7 se cancelaron debido a problemas extremos de capacidad de arranque. Los resultados de las evaluaciones de la manejabilidad se compilan en la tabla 10 a continuación.

ES 2 701 755 T3

ID del combustible	Temp. de la prueba, °F	ID del vehículo de prueba											
		5-DO-1		7-FO-1		7-TO-1		8-CV-3		8-FO-1		8-MA-2	
		TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación
00	40	39,5	4	62,5	3	38	4	60	3	67	3	35	5
00	70	31,5	5	46	4	43	4	12,5	7	30	5	16	7
01	40	15	7	10,5	9	6	9	8,5	8	7,5	9	32	5
01	70	12	8	7	9	7	9	8	9	7	9	7	9
02	40	40	6	46	4	51,5	4	58,5	4	64	4		
02	70	43,5	4	29	5	38	4	13	8	25	5	116	2
03	40	14	8	16,5	6	15,5	9	24,5	4	14,5	9	139,5	3
03	70	17	7	9	8	9,5	8	9	8	10	9	68	3
04	20	55	3	33,5	4	34	4	105	3	22	6	256	1
04	40	27	5	43	4	23,5	5	30,5	4	19,5	5	23,5	5
05	20	16	8	8	9	7	9	15	8	9	8	46	5
05	40	9,5	8	6,5	9	8,5	9	16	8	6,5	9	11	8
06	20	109	3	196,5	2	278	1	104,5	2	97	3		
06	40	42	5	47,5	4	36,5	5	54,5	4	52,5	5	343	0
07	20	22,5	8	10	8	19	7	11	8	8	9	256,5	1

ID del combustible	Temp. de la prueba, °F	ID del vehículo de prueba											
		5-DO-1		7-FO-1		7-TO-1		8-CV-3		8-FO-1		8-MA-2	
		TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación
07	40	11	8	14	8	8,5	8	9,5	8	7	8	157	1
08	40	12	8	23,5	5	12	7	21,5	5	25	5	206	2
08	70	13	8	8	9	7	9	8	9	9	9	60	4
09	20	20	8	25,5	5	12,5	8	33,5	4	10,5	8	268	1
09	40	9	8	13	8	12	7	11,5	8	7	9	17,5	5

ID del combustible	Temp. de la prueba, °F	ID del vehículo de prueba											
		5-DO-1		7-FO-1		7-TO-1		8-CV-3		8-FO-1		8-MA-2	
		TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación	TWD	Clasificación
10	40	33	6	20,5	6	14,5	8	12	8	36	5	303,5	2
10	70	23	7	9	8	9	8	9,5	8	9	8	12,5	9
11	40	13,5	7	6,5	9	7	9	14	8	12,5	9	7	9
11	70	12	8	7	9	7	9	9,5	8	7,5	9	8	9
12	40	57	5	57,5	4	57,5	3	83	2	92	3		
12	70	48	5	36,5	4	43	4	14,5	8	37	4	269	0
13	20	16	7	13	7	16	8	25	6	10	8	259,5	1
13	40	15	8	12,5	8	7,5	8	9,5	8	6,5	9	110,5	3
14	20	124,5	3	77	3	143	3	93	2	153	2	375	0
14	40	21	7	56,5	3	38	4	44	4	32	4	171,5	0
15	20	14	8	8,5	9	8	9	20,5	6	10	8	21	8
15	40	9,5	8	12,5	8	9,5	8	11,5	8	11,5	8	8	8

El análisis estándar de los resultados de la manejabilidad comienza con el cálculo de la media de mínimos cuadrados (LSM) de las respuestas corregidas de para los deméritos totales ponderados. Esta técnica se usa para eliminar variaciones debidas a factores que no son del combustible, por ejemplo, vehículo, temperatura de la prueba, etc. El resultado es un valor único de la LSM corregida del TWD para cada combustible que a continuación puede modelarse por las variables de combustible. Se emplearon técnicas de regresión lineal estándar para desarrollar modelos que relacionan la manejabilidad con las propiedades del combustible. En cada caso, se realizó una regresión de las propiedades del combustible mediante la transformación logarítmica de la LSM de las respuestas del TWD (en adelante representadas como TWD_{LSM}). Se evaluaron varias formas de modelos, incluyendo regresiones directas que usan las variables de diseño experimental, modelos estándar que emplean propiedades de destilación (por ejemplo, el índice de manejabilidad de ASTM) y variaciones de los modelos estándar.

Se realizaron análisis estadísticos de los datos generados a partir de los experimentos de manejabilidad. El análisis comenzó combinando el factor DI habitual junto con las variables de diseño experimental i-BuOH, E200 y Rvp y todas las posibles interacciones. La mejor correlación se obtuvo incluyendo DI, i-BuOH y las interacciones de dos factores de i-BuOH con E200 y Rvp. El modelo que incorpora estos resultados es:

$$\ln(TWD_{LSM}) = 0.00197 DI + i-BuOH (0.087 - 0.0012 E200 - 0.0016 Rvp) \quad (Ec. 3)$$

Normalizando el lado derecho de la Ec (3) para lograr un coeficiente unitario para los resultados de DI en la siguiente expresión de índice para HBDI_b:

$$HBDI_b = DI + BuOH(44 - 0.61E200 - 0.83Rvp) \quad (Ec. 2c)$$

en la que BuOH es la concentración en porcentaje en volumen del al menos un isómero de butanol de origen biológico en la combinación; E200 es el porcentaje en volumen de la combinación que se destila a temperaturas de hasta aproximadamente 200°F [93°C]; RVP es la presión de vapor de Reid en psi; DI es el índice de manejabilidad para dicha clase de gasolina como se especifica en la tabla 1 de ASTM D 4814-09b; en la que las concentraciones del al menos un isómero de butanol de origen biológico son de hasta aproximadamente un 80 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 75 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 70 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 65 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 60 por ciento en volumen, hasta a

ES 2 701 755 T3

aproximadamente un 55 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 50 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 45 por ciento en volumen o hasta aproximadamente un 40 por ciento en volumen.

- 5 Otro modelo para la manejabilidad se desarrolló simplemente evaluando las variables de diseño experimental de la concentración de isobutanol (*i-BuOH*), la fracción evaporada D86 a 200°F [93°C] (*E200*) y la presión de vapor (*Rvp*) como regresores. Las pruebas de efecto de los factores mostraron que la forma más eficaz de este modelo incluye el isobutanol y su interacción con las otras dos variables. La forma final de este modelo es:

$$\ln(TWD_{LSM}) = 2.275 + i-BuOH(0.0969 - 0.00146 E200 - 0.00212 Rvp) \quad (\text{Ec. 4})$$

- 10 El término final en la Ec (4) forma la base para un "índice" en las propiedades del combustible; dicho índice puede ser útil para diseñar combustibles con buena manejabilidad. Al multiplicar el término final por 100 para mayor comodidad, el índice de variables del diseño (DVI) viene dado por la Ec (2d):

$$(DVI) = i-BuOH(9.69 - 0.146E200 - 0.212 Rvp) \quad (\text{Ec. 2d})$$

- 15 en la que *i-BuOH* es la concentración en porcentaje en volumen del isómero isobutanol en la combinación; *E200* es el porcentaje en volumen de la combinación que se destila a temperaturas de hasta aproximadamente 200°F [93°C]; *RVP* es la presión de vapor de Reid en psi; en la que las concentraciones del al menos un isómero de butanol de origen biológico son de hasta aproximadamente un 80 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 75 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 70 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 65 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 60 por ciento en volumen, hasta a aproximadamente un 55 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 50 por ciento en volumen, hasta aproximadamente un 45 por ciento en volumen o hasta aproximadamente un 40 por ciento en volumen.

- 20 El índice $HBDI_b$ o DVI se emplea insertando los datos de prueba de destilación y presión de vapor para un combustible en cuestión en la ecuación y calculando el valor del nuevo índice. El valor resultante calculado a partir de las Ec. 2c o 2d se compara a continuación con el valor máximo de aproximadamente 1400 para $HBDI_b$, o aproximadamente 75 para DVI . Si el $HBDI_b$ o el DVI calculados están por debajo de estos niveles, el combustible tendrá un rendimiento durante CS&W aceptable.

- 25 Los modelos de $HBDI$ y DVI se validaron utilizando un nuevo conjunto de combustibles de alto contenido en butanol combinados mediante *splash blending*. Las propiedades de los combustibles en los datos de validación se usaron para calcular el TWD teórico utilizando los modelos de $HBDI$ y DVI ; los resultados de estos cálculos se enumeran en la tabla 11 a continuación y se presentan gráficamente en las figuras 4 y 5.

Tabla 11

Combustible	Manejabilidad observada, LSM corregida a 40°F		Propiedades del combustible				Modelo de variables de diseño, LSM teóricas a 40°F			Modelo de $HBDI_b$, LSM teóricas a 40°F		
	In TWD	TWD	<i>i-BuOH</i> , % en vol	DI	<i>E200</i> , % en vol	<i>Rvp</i> , psi	DVI	In TWD	TWD	$HBDI$	In TWD	TWD
S1230	2,66	14,3	0	1228	39,2	8,63	0	2,275	9,7	1228	2,420	11,2
S00	2,16	8,6	0	1167	44,8	8,77	0	2,275	9,7	1167	2,299	100
S20	2,25	9,4	20	1159	44,3	7,86	31	2,587	13,3	1369	2,710	15,0
S30	2,82	16,8	30	1179	38,5	7,43	75	2,021	20,0	1609	3,189	24,3
S40	3,37	29,1	40	1197	33,0	6,92	136	3,637	38,0	1922	3,812	45,2
S50	4,43	84,2	50	1137	26,0	6,37	227	4,548	94,4	2280	4,521	91,9
S60	4,96	142,6	60	1154	21,0	5,83	323	5,508	246,6	2735	5,422	226,3

Combustible	Manejabilidad observada, LSM corregida a 40°F		Propiedades del combustible				Modelo de variables de diseño, LSM teóricas a 40°F			Modelo de HBDI _b , LSM teóricas a 40°F		
	In TWD	TWD	i-BuOH % en vol	DI	E200, % en vol	Rvp, psi	DVI	In TWD	TWD	HBDI	In TWD	TWD
W122	2,68	14,5	0	1213	40,5	12,3	0	2,275	9,7	1213	2,391	10,9
W00	2,11	8,2	0	1093	50,0	13,53	0	2,275	9,7	1093	2,154	8,6
W20	1,91	6,8	20	1124	46,2	12,02	8	2,353	10,5	1240	2,459	11,7
W30	2,62	13,7	30	1151	40,6	11,18	42	2,692	14,8	1449	2,879	17,8
W40	3,31	27,4	40	1175	34,0	10,27	102	3,296	21,0	1766	3,508	33,4
W50	4,24	69,3	50	1120	27,4	9,27	186	4,138	62,7	2100	4,171	64,8
W60	5,03	153,6	60	1144	20,6	8,46	294	5,212	183,5	2610	5,180	177,8

Como se ve en la tabla 11, los modelos de HBDI_b y DVI son buenos valores predictivos de In TWD de las combinaciones de combustible.

El valor predictivo de los modelos de HBDI_b y DVI también se muestra en la figura 4 y la figura 5. La figura 4 demuestra la eficacia de la Ecuación 2c para pronosticar los TWD para combustibles con alto contenido de butanol utilizando sus valores de HBDI_b. La figura 5 demuestra la eficacia de la Ecuación 2d para pronosticar los TWD para combustibles con alto contenido de butanol utilizando sus valores de DVI.

Los datos de la tabla 11, figuras 4 y 5, abarcan combustibles para vehículos convencionales con concentraciones de isobutanol de hasta aproximadamente un 60 por ciento en volumen, y también abarcan el intervalo del rendimiento de la manejabilidad de aceptable a inaceptable. En base a los resultados, se puede concluir que un límite de HBDI_b máximo de 1400 para combustibles de clase A es apropiado para combustibles que contienen hasta un 60 por ciento en volumen de isobutanol, siendo el isobutanol preferentemente de origen biológico. También es fácilmente evidente que los combustibles que contienen hasta un 60 por ciento en volumen de isobutanol, que preferentemente es de origen biológico, se pueden formular usando un DVI de 75 como límite y alcanzar el mismo nivel de demérito que los combustibles convencionales sin butanol indexados a un DI de 1250.

Los expertos en la materia apreciarían fácilmente que, si se emplearan otras medidas de la volatilidad o el perfil del punto de ebullición, tal como E158, de una combinación de gasolina en lugar de E200, esto daría como resultado variaciones relativamente menores de las ecuaciones 2a-2b, pero el procedimiento reivindicado y la combinación de gasolina de la presente invención se extenderían a e incluirían dichas variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una combinación de gasolina y butanol que tenga un buen rendimiento de manejabilidad durante el arranque en frío y calentamiento (CS&W) que comprende:
- 5 (a) proporcionar al menos un isómero de butanol de origen biológico obtenido a través de producción fermentativa; y
- (b) combinar dicho isómero con gasolina para formar una combinación de butanol y gasolina, teniendo la combinación de butanol y gasolina una clase específica de presión de vapor/volatilidad según la tabla 1 de ASTM D4814-09b;
- 10 (c) determinar un valor del índice de manejabilidad para alto contenido de butanol (HBDI_a) para la combinación de butanol y gasolina mediante la combinación lineal $BuOH\ BuOH(A_1 + A_2E200 + A_3RVP)$; en la que
- BuOH es la concentración en porcentaje en volumen de al menos un isómero de butanol de origen biológico en la combinación de butanol y gasolina;
- E200 es el porcentaje en volumen de la combinación de butanol y gasolina que se destila a temperaturas de hasta 200°F [93,3°C];
- 15 RVP es la presión de vapor de Reid en psi [o en kPa/6,89]; y
- A₁ es aproximadamente 100,2;
- A₂ es aproximadamente -1,5; y
- A₃ es aproximadamente -2,4; cuando la concentración del al menos uno isómero de butanol de origen biológico es de hasta un 70 por ciento en volumen y en el que los deméritos ponderados totales de la combinación de butanol y gasolina es de menos de 40; y
- 20 (d) ajustar la cantidad de gasolina y/o la cantidad del al menos un isómero de butanol de origen biológico de modo que el valor de HBDI_a esté por debajo del límite máximo para el índice de manejabilidad (DI) para la clase específica de gasolina como se especifica en la tabla 1 de ASTM D 4814-09b.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la combinación de butanol y gasolina comprende hasta un 60 por ciento en volumen del al menos un isómero de butanol de origen biológico, y en el que los componentes renovables de la combinación de butanol y gasolina se maximizan mientras se mantiene un buen rendimiento de la manejabilidad durante CS&W, preferentemente en el que la combinación comprende hasta un 40 por ciento en volumen del al menos un isómero de butanol de origen biológico.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además combinar un volumen suficiente de hidrocarburos ligeros para ajustar el valor de HBDI_a por debajo de dicho límite máximo para DI.
- 30 4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el al menos un isómero de butanol de origen biológico es isobutanol.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además añadir uno o más aditivos a la combinación de gasolina.
- 35 6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que el uno o más aditivos incluyen detergentes, antioxidantes, potenciadores de la estabilidad, desemulsionantes, inhibidores de la corrosión y desactivadores de metales.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el al menos un isómero de butanol de origen biológico y la gasolina se combinan en un terminal.
- 40 8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el al menos un isómero de butanol de origen biológico y la gasolina se combinan en una refinería.
9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el HBDI_a se determina antes de combinar la gasolina y el al menos un isómero de butanol de origen biológico, después de combinar la gasolina y el al menos un isómero de butanol de origen biológico, o durante la combinación de la gasolina y el al menos un isómero de butanol de origen biológico.

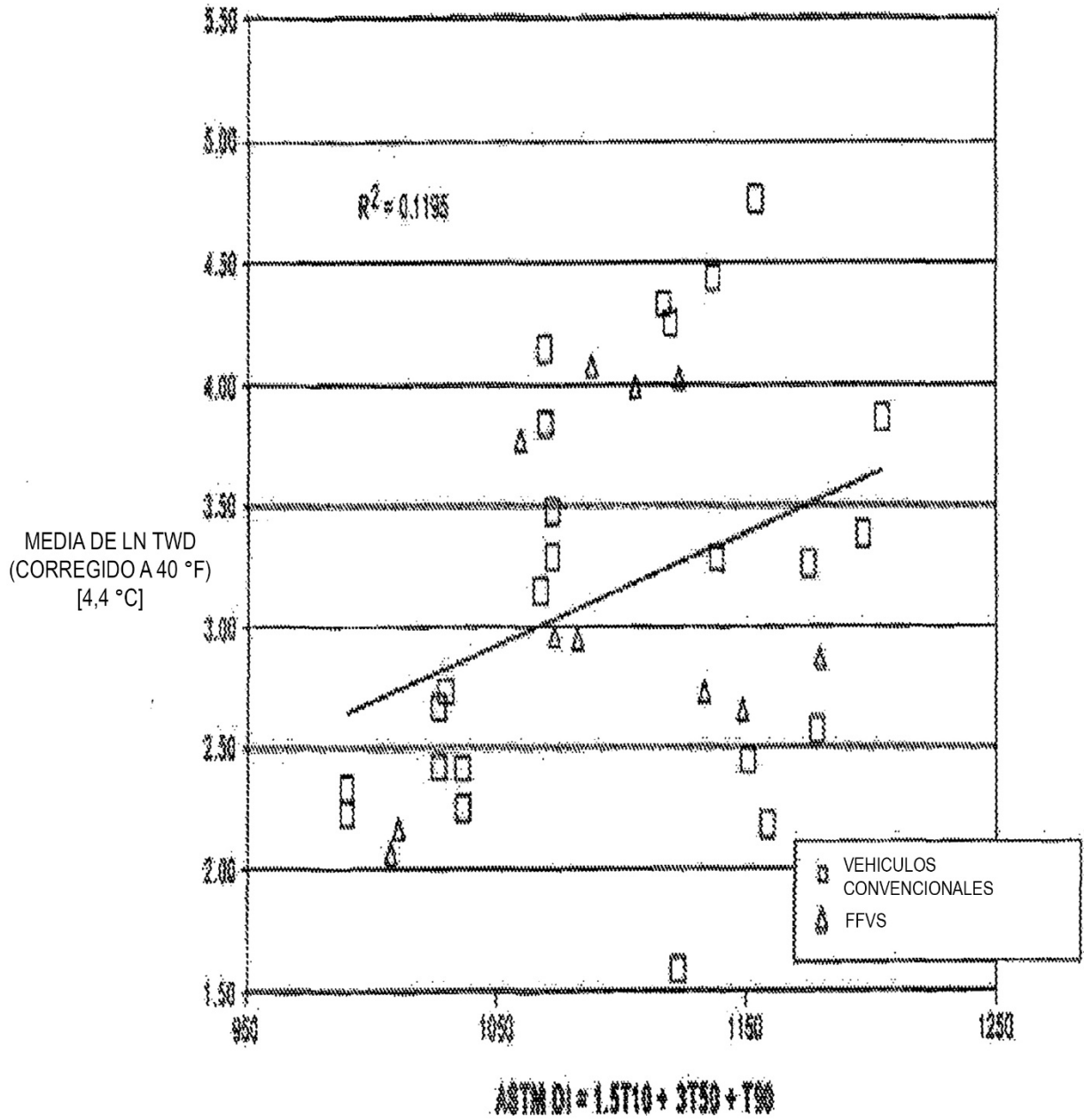


FIG. 1

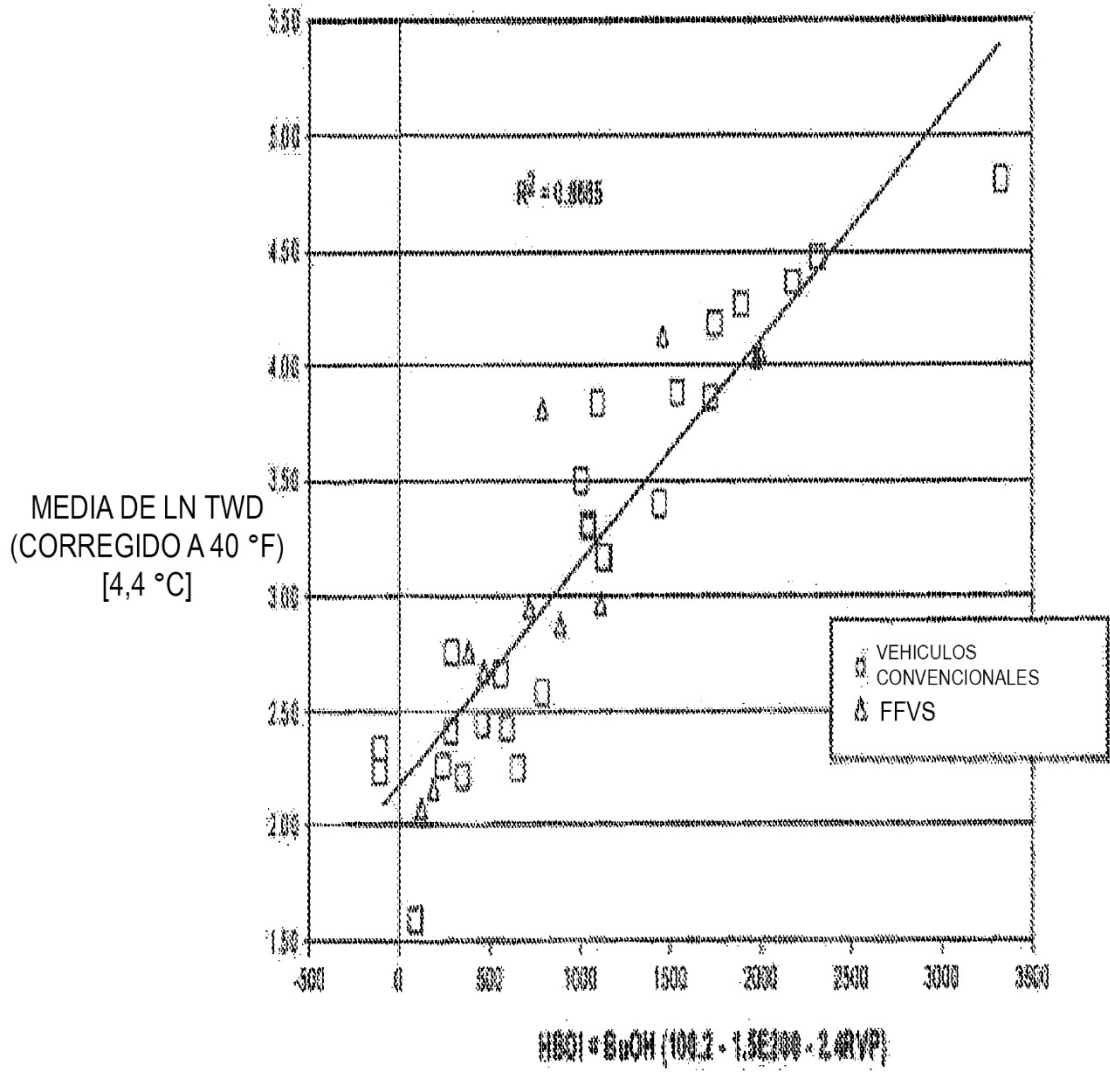


FIG. 2

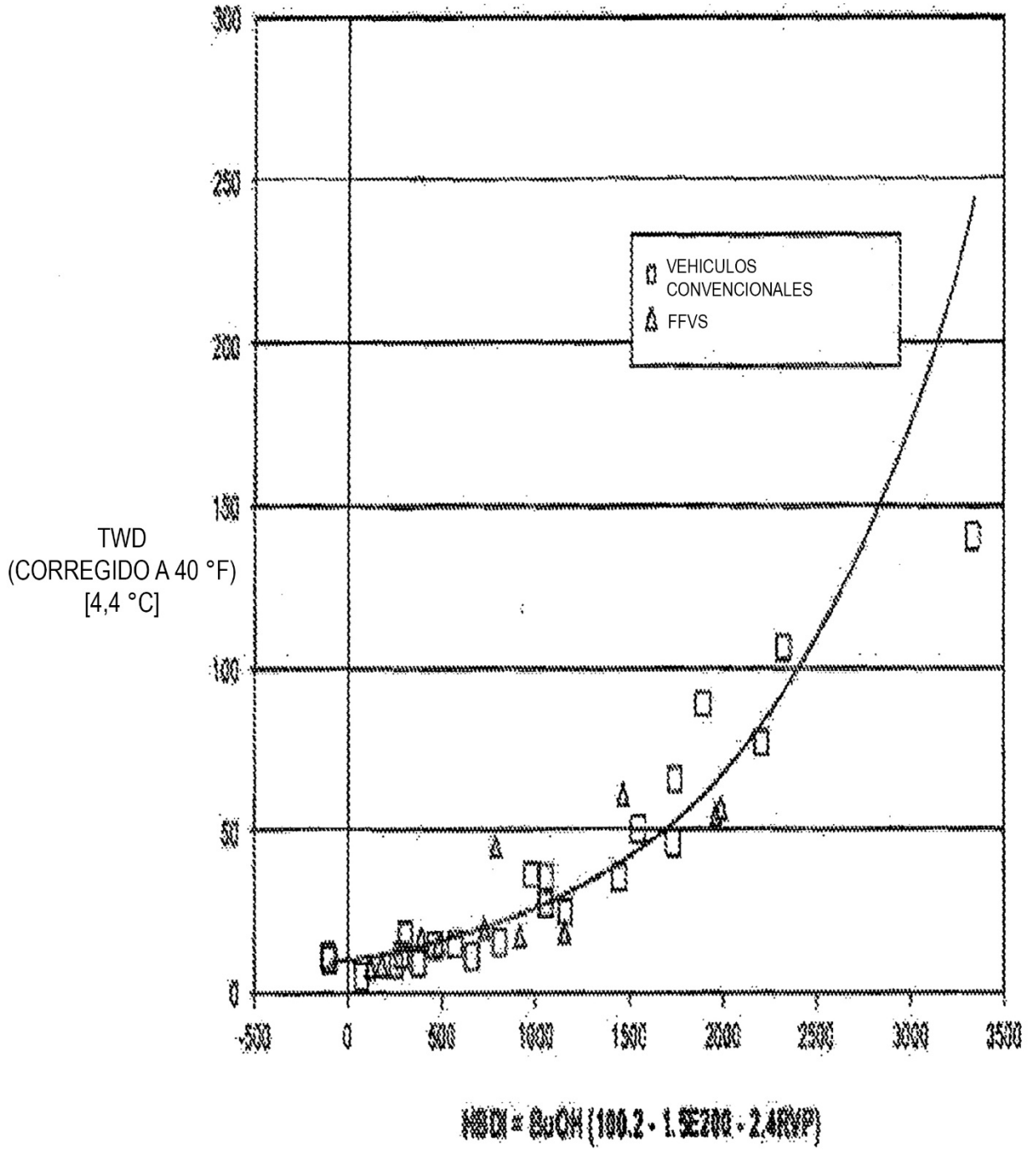


FIG. 3

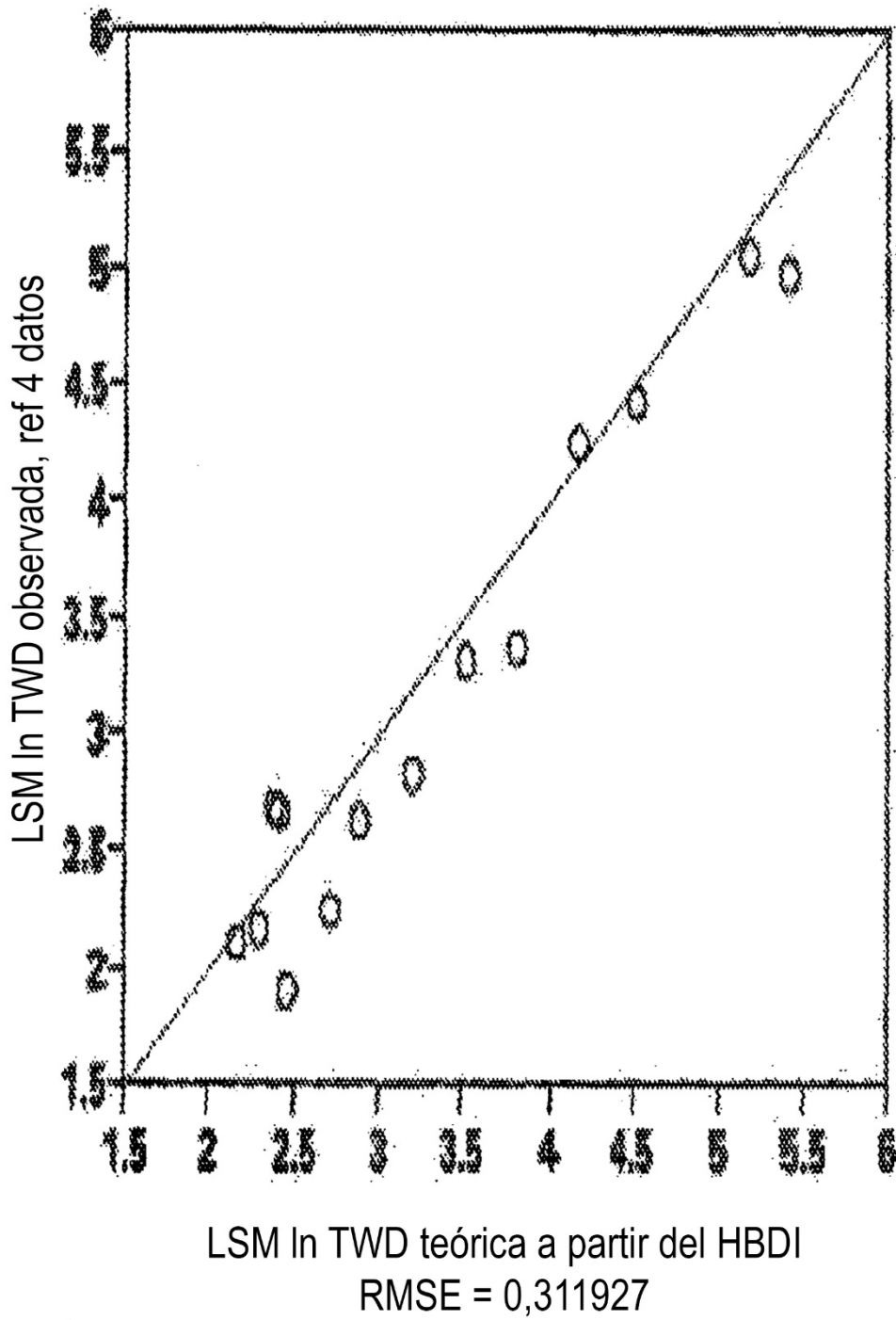


FIG. 4

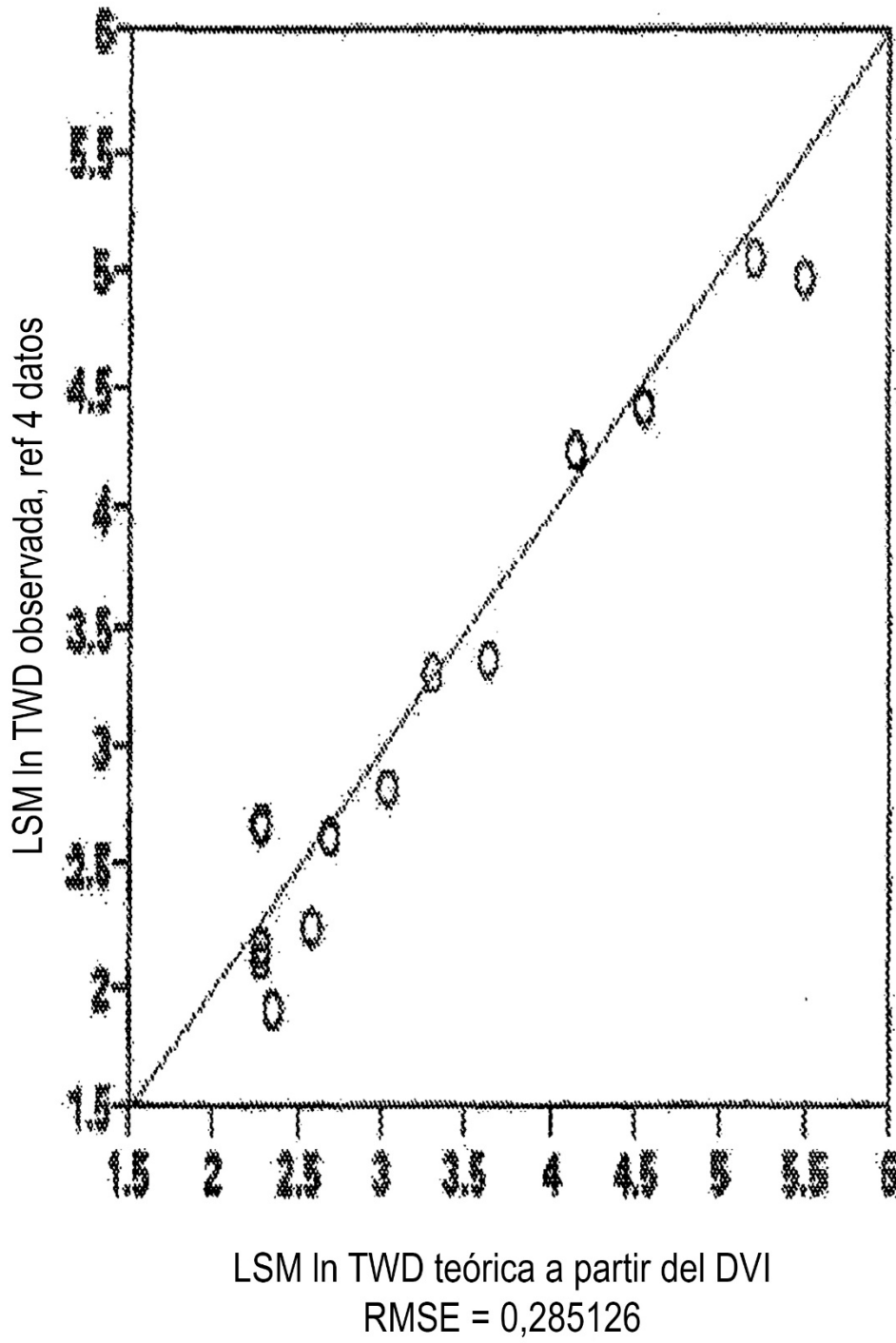


FIG. 5