

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 039**

51 Int. Cl.:

**C10L 1/08** (2006.01)

**F02B 3/08** (2006.01)

**F02B 51/00** (2006.01)

**C10L 1/10** (2006.01)

**F02B 49/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2011 PCT/AU2011/001530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2012 WO12068633**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2011 E 11843896 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2643438**

54 Título: **Proceso para energizar un motor de encendido por compresión**

30 Prioridad:

**25.11.2010 AU 2010905225**

**25.11.2010 AU 2010905226**

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

**21.11.2017**

73 Titular/es:

**GANE ENERGY & RESOURCES PTY LTD**

**(100.0%)**

**Riverwalk, Level 2 649 Bridge Road**

**Richmond, Victoria 3121, AU**

72 Inventor/es:

**MORRIS, GREG;**

**BREAR, MICHAEL JOHN y**

**SLOCOMBE, RONALD ANDREW**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 643 039 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**

5 Proceso para energizar un motor de encendido por compresión

La presente invención se relaciona con una nueva composición de combustible y con un proceso para energizar un tipo de encendido por compresión de motor de combustión interna.

10 Esta solicitud reivindica prioridad de las solicitudes de patente australiana AU2010905226 y AU2010905225. Esta solicitud está también relacionada con una solicitud internacional titulada "Procedimiento para alimentar un motor de encendido por compresión y combustible para el mismo" presentada por el mismo Solicitante en este día con una reivindicación de prioridad común

15 Antecedentes de la invención

La persecución de combustibles alternativos a los combustibles fósiles convencionales se motiva principalmente por la necesidad de un combustible de emisiones 'limpias' acoplado con bajos costes de producción y amplia disponibilidad. Se presta mucha atención al impacto ambiental de las emisiones de combustibles. La investigación en combustibles alternativos se enfoca en combustibles que reducirán la cantidad de materia en partículas y óxidos producidos por la combustión de combustible, así como combustibles que reducen el combustible no consumido y emisiones de CO<sub>2</sub> y otros productos de la combustión.

20 El estímulo por composiciones de combustibles ambientalmente favorables para aplicaciones de transporte se ha enfocado en el etanol. Biomateriales tales como materia vegetal orgánica pueden convertirse a etanol, y el etanol producido por tales procesos se ha utilizado como reemplazo parcial de combustibles para motores de encendido por chispa. En tanto que esto reduce la dependencia de recursos no renovables para los combustibles, las consecuencias ambientales que surgen del uso de estos combustibles en los motores no se ha mejorado sustancialmente en un sentido general, y una combustión más limpia que se contrarresta por el uso continuo de tales combustibles en los motores de encendido por chispa de menor eficiencia, y el impacto ambiental negativo asociado con el uso de energía, tierra arable, fertilizantes y agua de riego para crear combustible.

25 Otras alternativas de combustibles para el reemplazo completo o parcial de los combustibles tradicionales no se han llegado a utilizar ampliamente.

30 El documento US4603662 divulga un método para energizar un motor de encendido por compresión con metanol, dimetil éter y un aditivo lubricante. Una desventaja principal con el reemplazo completo de los combustibles tradicionales, y en particular combustibles para motores de encendido por compresión (combustibles diésel), con un combustible de reemplazo renovable, se relaciona con los problemas percibidos asociado con el bajo índice de cetano de tales combustibles. Tales combustibles presentan problemas para lograr el encendido en la manera requerida para una operación eficiente del motor.

35 Los presentes solicitantes también han reconocido que, en algunas ubicaciones o ambientes alejados, el agua es un recurso escaso y, en tales ubicaciones, puede haber una demanda de generación de energía (tal como a través de generación de electricidad por motores diésel) acoplada con captura de subproductos del agua para su reutilización en la comunidad local. Además, mover la energía a granel mediante un oleoducto es una técnica de mucho tiempo y rentable para mover grandes cantidades de energía a través de largas distancias con mínimo impacto visual, en comparación con las líneas de transmisión aéreas.

40 Los presentes solicitantes también han reconocido la necesidad, en algunas ubicaciones, de calor generado en tales procesos industriales, para capturarse y reutilizarse en la comunidad local. En algunos casos esta necesidad se acopla a la necesidad de captura de agua para su reutilización, referida anteriormente.

45 En resumen, hay una necesidad continua de combustibles alternativos para su uso en motores de combustión interna. Los combustibles que pueden reducir emisiones son de interés, particularmente en casos donde el perfil mejorado de emisiones se obtiene sin un impacto adverso mayor en la eficiencia del combustible y/o rendimiento del motor. Hay también una necesidad de métodos para energizar motores de encendido por compresión, que haga posible que tales motores operen con combustibles de reemplazo de diésel que contienen componentes no considerados tradicionalmente como adecuados para su uso en tales aplicaciones. Adicionalmente hay una necesidad de combustibles para motores a diésel y métodos de operación de motores que se adecúen para utilizarse en ubicaciones alejadas, o en entornos ambientalmente sensibles (tal como en ambientes marinos de altas latitudes, particularmente en áreas portuarias desde el punto de vista de las emisiones) u otras áreas tales como áreas tierra dentro secas pero frías alejadas, que pueden aprovechar al máximo todos los subproductos de la operación de motores, incluyendo, por ejemplo, el calor y subproductos del agua. Estos objetivos preferiblemente se abordan con el menor perjuicio para la eficiencia del combustible y rendimiento del motor.

50 Resumen de la invención

Aspectos de la invención se establecen en las reivindicaciones acompañantes.

5 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un proceso para energizar un motor de encendido por compresión que utiliza un combustible principal que comprende metanol y agua, que incluye:

fumigar una corriente de aire de admisión con un fumigante que comprende un potenciador de la ignición;

10 introducir el aire de admisión fumigado en una cámara de combustión del motor y comprimir el aire de admisión;

introducir el combustible principal que comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y no más de 20% en peso de éter dimetílico en la cámara de combustión; y

15 encender la mezcla principal de combustible/aire para así accionar el motor.

De acuerdo con la presente invención, también se proporciona combustible para motores diésel para uso en un motor de encendido por compresión como reemplazo completo de combustible diesel tradicional en un motor de encendido por compresión que es fumigado con un fumigante que comprende un potenciador de encendido en una entrada de aire del motor, el combustible que comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y uno o más aditivos seleccionados del grupo que consiste en: potenciadores de encendido, diluyentes de combustible, potenciadores de combustión, aceite absorbente de oxígeno, aditivos lubricantes, aditivos de coloración de productos, aditivos anti-corrosión, biocidas, depósitos de punto de congelación, reductores de depósitos, desnaturalizantes, agentes de control del pH y mezclas de los mismos, en los que el combustible comprende no más de 20% en peso de éter dimetílico

20 La invención puede resultar en simplificación y un menor coste de la fabricación de combustibles e impacto ambiental reducido por la eliminación de la necesidad de producción de componentes de alta pureza y componentes de subproductos, por la aceptación de una combinación de tales componentes en un combustible, de acuerdo con los métodos descritos en este documento. El beneficio en costes y ambiental también puede surgir del uso de combustible en climas fríos, dado que el punto de congelación del combustible puede vérselas fácilmente con cualquier ambiente de baja temperatura que probablemente se encontrará.

25 Los gases de escape que resultan de la combustión de combustible pueden tener bajo contenido de impurezas, lo que los hacen ideales para el procesamiento subsecuente. Como ejemplo, el CO<sub>2</sub> puede convertirse de nuevo a metanol para reducir directamente el gas CO<sub>2</sub> de invernadero, o puede utilizarse CO<sub>2</sub> de alta pureza para crecimiento orgánico tales como algas para múltiples usos finales incluyendo fabricación de metanol, al utilizar fuentes de energía que pueden incluir fuentes renovables, incluyendo la solar.

30 En algunas realizaciones, el agua generada durante la combustión de combustible puede recuperarse, lo cual es una ventaja importante para áreas alejadas donde el agua es escasa. En otros casos, el calor generado en la operación del motor a diésel puede utilizarse para requerimientos de calentamiento del área local. De acuerdo con lo anterior, algunas realizaciones proporcionan sistemas para la generación de energía a través de la operación de un motor a diésel que utiliza la producción de agua y/o calor del motor en una forma adecuada.

35 De acuerdo con un aspecto, se proporciona un método para suministrar combustible a un motor de encendido por compresión, el método comprende:

40 - suministrar una composición de combustible principal que comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y no más de 20% en peso de éter dimetílico a un primer tanque que está en conexión de fluido con una cámara de combustión del motor de encendido por compresión y

45 - suministrar un componente de combustible secundario que comprende un potenciador de encendido a un segundo tanque que está en conexión de fluido con una entrada de aire del motor de encendido por compresión.

Breve descripción de los dibujos

50 Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

55 La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para energizar un motor de encendido por compresión, de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

60 La Figura 2 es una gráfica del % en peso del dimetil éter (DME), como potenciador de encendido, para fumigarse en un motor (en comparación con el peso del combustible), graficado contra el cambio en temperatura de la mezcla comprimida combustible/fumigante/aire, para tres composiciones de combustibles (100% metanol, 70% metanol:30% agua y 40% metanol:60% agua). La gráfica se relaciona a la situación en la ausencia de las técnicas de potenciación de encendido;

La Figura 3A es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para energizar un motor de encendido por compresión y tratar el gas de escape del motor, con el calor residual utilizado como fuente separada de calentamiento a través de un circuito de agua caliente;

5

La Figure 3B es un diagrama de flujo similar al de la Figura 3A pero excluyendo la etapa de fumigar el aire de admisión del motor;

10

La Figura 4A es una vista más detallada en el diagrama de flujo de las Figuras 3A y 3B del tratamiento de gas de escape;

La Figura 4B es una vista similar a la de la Figura 4A, pero sin un condensador de intercambio de aire de gas de escape final;

15

La Figura 5A es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para energizar un motor de encendido por compresión para impulsar un vehículo sobre rieles y tratar el gas de escape del motor;

La Figure 5B es un diagrama de flujo similar al de la Figura 5A pero excluyendo la etapa de fumigar el aire de admisión del motor;

20

La Figura 6A es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para energizar un motor de encendido por compresión para impulsar un vehículo marino y tratar el gas de escape del motor;

La Figure 6B es un diagrama de flujo similar al de la Figura 6A pero excluyendo la etapa de fumigar el aire de admisión del motor;

25

La Figura 7 es una gráfica que ilustra la Eficiencia Térmica del Freno de un motor de encendido por compresión con la fumigación de DME al utilizar combustibles que contienen cantidades variables de agua y cantidades de metanol, DME y DEE en la fase líquida;

30

La Figura 8 es una gráfica que ilustra la Eficiencia Térmica del Freno de un motor de encendido por compresión al utilizar combustibles que contienen cantidades variables de éter como potenciador de encendido, y utilizar DME como fumigante;

35

La Figura 9 es una gráfica que ilustra la producción de gases de escape de NO de un motor de encendido por compresión al utilizar combustibles que contienen cantidades variables de agua y utilizar DME como fumigante;

La Figura 10 es un diagrama esquemático del proceso e instrumentación de la instalación de pruebas utilizada para obtener los resultados del Ejemplo 1;

40

La Figura 11 es una gráfica que ilustra la reducción en la producción de gases de escape de NO de un motor de encendido por compresión al incrementar la cantidad de agua en el combustible de metanol agua.

Descripción detallada de la invención

45

El combustible y proceso descritos en este documento son adecuados para energizar motores de encendido por compresión (CI). En particular el combustible y proceso es más adecuado, pero sin limitarse a, motores CI que operan a bajas velocidades tales como 1000 rpm o menos. La velocidad del motor puede incluso ser de 800 rpm o menos, por ejemplo, 500 rpm o menos. La velocidad del motor puede incluso ser de 300 rpm o menos, por ejemplo, 150 rpm o menos. El combustible por lo tanto es adecuado para motores a diésel más grandes tales como los que operan en embarcaciones y trenes, y en plantas generadoras de energía eléctrica. Las velocidades inferiores en motores CI más grandes permiten suficiente tiempo para que la combustión de la composición de combustible seleccionada se complete y para que un porcentaje suficientemente alto del combustible se vaporice para lograr una operación eficiente.

50

Sin embargo, se entiende que el combustible y proceso descritos en este documento pueden operar con motores CI más pequeños que operan a velocidades superiores. De hecho, el trabajo de prueba preliminar se condujo en un motor CI pequeño que opera a 2000 rpm y 1000 rpm, lo que demuestra que el combustible también es capaz de energizar tales motores de velocidades superiores. En algunos casos, los ajustes pueden ayudar al uso del combustible y proceso en motores CI más pequeños (rpm superiores), y algunos de estos se aclaran a continuación.

55

60

Composición de Combustible

La composición de combustible para el proceso comprende metanol y agua. El combustible es un combustible de motor de encendido por compresión; es decir, un combustible de motor a diésel.

65

A la fecha, el metanol no ha encontrado aplicación comercial en los motores de encendido por compresión. Las desventajas con el uso de metanol como combustible de motor, ya sea puro o combinado, se destaca por su bajo índice de cetano, el cual se encuentran en el intervalo de 3 a 5. Este bajo índice de cetano hace al metanol difícil de encender en un motor CI. Combinar agua con metanol además reduce el índice de cetano del combustible, lo que hace a la combustión del combustible combinado metanol/agua incluso más difícil y, de esta manera, no podría haberse considerado lógico combinar agua con metanol para su uso en motores CI. El efecto del agua después de la inyección de combustible es uno del enfriamiento a medida que el agua se calienta y evapora, además de reducir el cetano efectivo. Sin embargo, se ha encontrado que una combinación de combustible de metanol-agua puede utilizarse en un motor de encendido por compresión de manera eficiente y con emisiones de gases de escape más limpias, con la condición de que la corriente de aire de admisión introducida en la cámara de combustión del motor se precaliente de manera suficiente. Los factores adicionales esclarecidos a continuación también contribuyen a maximizar la operación efectiva de un motor CI con este combustible.

El metanol ha sido descrito previamente para su uso como combustible de calentamiento o cocción, en el que el combustible se quema para generar calor. Los principios que se aplican a los combustibles de motores a diésel son muy diferentes, dado que el combustible debe encender bajo compresión en el motor de encendido por compresión. Muy poco, si acaso, puede recabarse de las referencias al uso de metanol y otros componentes en los combustibles de cocción/calentamiento.

El combustible puede ser un combustible homogéneo, o un combustible de una sola fase. El combustible típicamente no es un combustible en emulsión que comprende fases orgánica y acuosa separadas, emulsionadas en conjunto. El combustible por lo tanto puede estar libre de emulsionante. La adaptación de componentes aditivos en el combustible se ayuda por las dobles propiedades de solvencia del metanol y agua, lo cual hará posible la disolución de una variedad más amplia de materiales a lo largo de las diversas relaciones agua:metanol que se pueden utilizar.

Todas las cantidades referidas en este documento son en referencia en peso, a menos que se especifique de otra manera. En casos donde se describe una cantidad porcentual de un componente en la composición de combustible principal, esto es una referencia al porcentaje de ese componente en peso de la composición de combustible principal.

En general, la cantidad relativa de agua a metanol en la composición de combustible puede estar en el intervalo de 0.2:99.8 a 80:20 en peso. De acuerdo con algunas realizaciones, el nivel mínimo de agua (en relación con metanol) es 1:99, tal como una relación mínima de 2:98, 3:97, 5:95, 7:93, 10:90, 15:95, 19:81; 21:79. El límite superior de agua (en relación con metanol) en la composición de acuerdo con algunas realizaciones es 80:20, tales como 75:25, 70:30, 60:40, 50:50 o 40:60. Puede considerarse que la cantidad relativa de agua en la composición está en el intervalo de nivel de "agua bajo a medio", o un intervalo de nivel de "agua medio a alto". El intervalo de nivel de "agua bajo a medio" cubre el intervalo de cualquiera de los niveles mínimos indicados antes a un máximo de 18:82, 20:80, 25:75, 30:70, 40:60, 50:50 o 60:40. El intervalo de nivel de "agua medio a alto" cubre el intervalo de 20:80, 21:79, 25:75, 30:70, 40:60, 50:50, 56:44 o 60:40 a un máximo de uno de los límites superiores indicados antes. Un intervalo de nivel de agua bajo/medio típico es 2:98 a 50:50, y un intervalo de nivel de agua medio/alto típico es de 50:50 a 80:20. Un intervalo de nivel bajo de agua típico es de 5:95 a 35:65. Un intervalo de nivel medio de agua típico es de 35:65 a 55:45. Un intervalo de nivel alto de agua típico es de 55:45 a 80:20.

Considerado desde el punto de vista del porcentaje de agua en toda la composición de combustible principal en peso, la cantidad relativa de agua en la composición de combustible principal puede ser un mínimo de 0.2%, o 0.5%, o 1%, o 3%, o 5%, o 10%, o 12%, o 15%, o 20%, o 22% en peso. La cantidad máxima de agua en la composición de combustible principal completa puede ser de 68%, 60%, 55%, 50%, 40%, 35%, 32%, 30%, 25%, 23%, 20%, 15% o 10% en peso. Cualquiera de los niveles mínimos se puede combinar con un nivel máximo sin limitación, excepto por el requerimiento de que el nivel mínimo esté por debajo del nivel máximo de agua.

Con base en los resultados de prueba reportados en los Ejemplos, para una eficiencia térmica al freno (BTE) deseable, la cantidad de agua en la composición de combustible en algunas realizaciones se encuentra entre 0.2% y 32% en peso. La zona óptima para un pico en la eficiencia térmica al freno para un combustible de motor de encendido por compresión de metanol-agua se encuentra entre 12% y 23% de agua en la composición de combustible principal, en peso. El intervalo puede estrecharse de manera gradual desde el más amplio hasta el más estrecho de estos dos intervalos. En algunas realizaciones, esto se combina con una cantidad de potenciador de encendido en la composición de combustible que es de no más de 15% en peso de la composición de combustible principal. Los detalles de los potenciadores de encendido se exponen a continuación.

Con base en otros resultados de prueba reportados en los Ejemplos, para una reducción máxima en las emisiones de NOx, la cantidad de agua en la composición de combustible en algunas realizaciones se encuentra entre 22% y 68% en peso. La zona óptima para una reducción máxima en las emisiones de NOx se encuentra entre 30% y 60% de agua en peso de la composición de combustible principal. El intervalo puede estrecharse de manera gradual desde el más amplio hasta el más estrecho de estos dos intervalos. Dado que el NO es el principal componente de las emisiones de NOx, puede hacerse referencia a que las emisiones de NO están en la mayor proporción de, o son indicadoras de, la magnitud global de las emisiones de NOx.

En algunas realizaciones, para un equilibrio deseable de las propiedades y emisiones del combustible, la composición de combustible comprende entre 5% y 40% de agua en peso de la composición de combustible principal, tal como entre 5% y 25% de agua, entre 5% y 22% de agua. Estos niveles se basan en la combinación de los resultados de prueba reportados en los Ejemplos.

5

Para la operación del motor de ignición de compresión con la fumigación y composición de combustible principal metanol/agua, pero son otras técnicas de mejoramiento de ignición tal como soplar o precalentar la entrada de aire, el contenido de agua en el combustible puede estar en el nivel bajo a medio, preferiblemente en el nivel de agua bajo. En el que el nivel de agua está en el extremo superior, el proceso se beneficia en general del precalentamiento de combustible principal y/o aire de entrada, para superar el aumento del efecto de enfriamiento del aumento de nivel de agua en la composición de combustible principal. El precalentamiento se puede alcanzar mediante una variedad de técnicas, discutidas en más detalle adelante.

10

La cantidad de metanol en la composición de combustible principal total preferiblemente es de por lo menos 20% en peso de la composición de combustible. De acuerdo con algunas realizaciones la cantidad de metanol en la composición de combustible es de por lo menos 30%, por lo menos 40%, por lo menos 50%, por lo menos 60% o por lo menos 70% de la composición de combustible. La cantidad de agua en la composición de combustible principal total puede ser de 0.2%, por lo menos 0.5%, por lo menos 1%, por lo menos 2%, por lo menos 3%, por lo menos 4%, por lo menos 5%, por lo menos 6%, por lo menos 7%, por lo menos 8%, por lo menos 9%, por lo menos 10%, por lo menos 11%, por lo menos 12%, por lo menos 13%, por lo menos 14%, por lo menos 15%, por lo menos 16%, por lo menos 17%, por lo menos 18%, o por lo menos 19%, por lo menos 20%, por lo menos 25%, por lo menos 30%, por lo menos 35%, por lo menos 40%, por lo menos 45%, por lo menos 50%, por lo menos 55%, por lo menos 60%, por lo menos 65% y por lo menos 70%. A medida que el peso de agua en la composición de combustible principal se incrementa, es cada vez más sorprendente que la fumigación del aire de admisión con un fumigante supere el perjuicio del agua en el combustible desde el punto de vista del encendido, con una operación refinada desde el punto de vista de COV de IMEP y producción de energía neta.

15

20

25

La cantidad combinada de metanol y agua en la composición de combustible principal total puede ser de por lo menos 75%, tal como por lo menos 80%, por lo menos 85%, o por lo menos 90% en peso de la composición de combustible. La composición de combustible principal puede comprender uno o más aditivos, en una cantidad combinada de hasta 25%, o hasta 20% o hasta 15% o hasta 10% en peso de la composición de combustible principal. En algunas realizaciones, el nivel total o combinado de aditivos no es de más de 5% de la composición de combustible.

30

El metanol para su uso en la producción de la composición de combustible puede provenir de cualquier fuente. Como ejemplo, el metanol puede ser un metanol fabricado o de desecho, o un metanol crudo o semi-refinado, o un metanol sin refinar. El metanol crudo o de desecho o semi-refinado típicamente puede contener principalmente metanol, con el equilibrio de agua y cantidades de alcoholes superiores, aldehídos, cetonas u otras moléculas de carbono, hidrógeno y oxígeno que surgen durante el curso normal de la fabricación de metanol. El metanol de desecho puede o puede no ser adecuado, lo que depende de los grados y tipos de contaminación. Las referencias en las secciones anteriores a relaciones de metanol y agua, o cantidades de metanol en la composición de combustible en peso, se refieren a la cantidad de metanol en sí en la fuente de metanol. De esta manera, en casos donde la fuente de metanol es un metanol sin purificar que contiene 90% de metanol y otros componentes, y la cantidad de este metanol sin purificar en la composición de combustible es 50%, entonces la cantidad real de metanol se considera de 45% de metanol. El componente de agua en la fuente de metanol se toma en cuenta cuando se determina la cantidad de agua en la composición de combustible, y las otras impurezas se tratan como aditivos cuando se valoran las cantidades relativas de los componentes en los productos, a menos que se especifique de otra manera. Los alcoholes superiores, aldehídos y cetonas que pueden presentarse en el metanol sin purificar pueden funcionar como aditivos solubles extensores de combustible.

35

40

45

De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible comprende un metanol sin purificar. El término "metanol sin purificar" abarca fuentes de metanol de baja pureza, tales como fuentes de metanol que contienen metanol, agua y pueden tener hasta 35% de impurezas que no son de agua. El contenido de metanol del metanol sin purificar puede ser de 95% o menos. El metanol sin purificar puede utilizarse directamente en el combustible sin refinación adicional. Las impurezas que no son de agua típicas incluyen alcoholes superiores, aldehídos, cetonas. El término "metanol sin purificar" incluye metanol de desecho, metanol crudo y metanol semi-refinado. Es una ventaja particular de esta modalidad que el metanol sin purificar que contiene impurezas a niveles superiores puede utilizarse directamente en el combustible para un motor CI sin una costosa refinación. En este caso, los niveles de aditivos (es decir, impurezas de metanol sin purificar y otros aditivos de la composición de combustible excluyendo agua) pueden ser de hasta 60% de la composición de combustible principal (que incluye impurezas en el metanol sin purificar). Para composiciones de combustibles que utilizan un metanol de alta pureza (tal como 98% en peso o metanol puro de % superior) como la fuente, el nivel de aditivos total puede ser inferior, tal como no más de 25%, no más de 20%, no más de 15% o no más de 10%.

50

55

60

Cualquier agua de una calidad adecuada puede utilizarse como la fuente de agua para la producción de la composición de combustible principal. La fuente de agua puede ser agua incluida como parte de metanol crudo sin destilar, o agua reciclada, o un agua cruda o contaminada (por ejemplo, agua de mar que contiene sales) purificada por ósmosis

65

inversa, purificada por sustancias activadas tal como carbón activado, o tratamiento químico adicional, desionización, destilación o técnicas de evaporación. El agua puede provenir de una combinación de estas fuentes. Como ejemplo, la fuente de agua puede ser agua recuperada de los gases de escape ricos en agua del motor de encendido por combustión. Esta agua puede recuperarse mediante intercambiadores térmicos y cámaras de aspersión u otras operaciones similares. Esta técnica de recuperación y reutilización hace posible la limpieza de las emisiones de gases de escape. El agua en este caso se recicla nuevamente al motor con o sin combustible capturado sin quemar. Los hidrocarburos o partículas u otros productos de combustión que se devuelven al motor y se reciclan hasta extinción mediante etapas de combustión en bucles, o se tratan por medios conocidos de purificación. El agua, en algunas realizaciones, puede ser agua salada, tal como agua de mar, la cual se ha purificado para retirar la sal de la misma. Esta modalidad es idónea para aplicaciones marinas, tal como en motores CI marinos, o para la operación de motores CI en ubicaciones de islas alejadas.

La calidad del agua impactará en la corrosión a través de la cadena de suministros hasta el punto de inyección en el motor y en las características de deposición del motor, y el tratamiento adecuado de combustible principal con aditivos anticorrosión u otros métodos puede requerirse en estas circunstancias.

La cantidad de aditivos incluidos en el combustible puede tener en cuenta cualquier efecto de dilución más adelante ocasionado por la adición de agua (por ejemplo) al combustible.

Los aditivos que pueden presentarse en la composición de combustible principal pueden seleccionarse de una o más de las siguientes categorías, pero no exclusivamente:

1. Aditivos potenciadores del encendido. Estos también pueden referirse como potenciadores de encendido. Un potenciador de encendido es un componente que promueve el comienzo de la combustión. Las moléculas de este tipo son inestables de manera inherente, y esta inestabilidad conduce a una reacción de "auto inicio", lo que conduce a la combustión de los otros componentes de combustible (por ejemplo, metanol). El potenciador de encendido puede seleccionarse de materiales conocidos en la técnica que tengan propiedades potenciadoras del encendido, tales como, éteres (incluyendo éteres C1-C6 tal como el dimetil éter), nitratos de alquilo, peróxidos de alquilo, hidrocarburos volátiles, hidrocarburos oxigenados, y mezclas de los mismos.

Además de los potenciadores de encendido típicos, las partículas de carbohidratos finamente dispersos presentes en la zona de combustión después de la evaporación de los componentes de combustible líquido antes del encendido pueden o pueden no tener una función como iniciadores de la combustión, sin embargo, tales especies presentes pueden contribuir a una combustión más completa y rápida de la mezcla aire/combustible total.

Aunque pueden incorporarse potenciadores de encendido adicionales en el combustible, las técnicas descritas en este documento facilitan el encendido en todo el intervalo de funcionamiento del motor sin tales adiciones. De esta manera, de acuerdo con algunas realizaciones, el combustible se encuentra libre de aditivos potenciadores de encendido. En otras realizaciones, el combustible se encuentra libre de DME (aunque puede contener otros potenciadores de encendido). En el caso del dimetil éter como potenciador de encendido, de acuerdo con algunas realizaciones, menos de 20%, menos de 15%, menos de 10%, menos de 5%, menos de 3%, menos de 1%, o nada de dimetil éter se presenta en la composición de combustible. En algunas realizaciones, la cantidad de éter (de cualquier tipo, tal como el dimetil o dietil éter) en la composición de combustible principal es menor a 20%, menor a 15%, menor a 10%, menor a 5%.

En algunas realizaciones, por lo menos 80% del potenciador de encendido presente en la composición de combustible se proporciona por uno o como máximo dos productos químicos específicos, ejemplos de lo cual son dimetil éter y dietil éter. En una realización, un potenciador de encendido de una sola identidad química se presenta en la composición de combustible principal. En una realización, por lo menos 80% del potenciador de encendido en la composición de combustible principal se constituye por un potenciador de encendido de una sola identidad química. En cada caso, el único potenciador de encendido que constituye el potenciador de encendido, o el componente de potenciador de encendido al >80% puede ser dimetil éter. En otras realizaciones, el potenciador de encendido comprende una mezcla de tres o más potenciadores de encendido.

La cantidad de potenciador de encendido en la composición de combustible principal en algunas realizaciones no es de más de 20%, tal como no más de 10% o no más de 5% de la composición de combustible.

2. Extensor de combustible. Un extensor de combustible es un material que proporciona energía calórica para impulsar el motor. Los materiales utilizados como extensores de combustible pueden tener este propósito como el principal propósito para su inclusión en la composición de combustible principal, o un material aditivo puede proporcionar esta función y otra función.

Ejemplos de tales Extensores de combustible son:

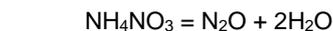
a) Carbohidratos. Los carbohidratos incluyen azúcares y almidón. El carbohidrato puede incluirse para propósitos de extensor de combustible, aunque también puede funcionar como potenciador de encendido, y/o un potenciador de combustión. El carbohidrato preferiblemente es soluble en agua/metanol, con niveles superiores de agua que incorporan

una mayor disolución del azúcar en el combustible. Una composición de combustible principal de agua enriquecida (una sola fase) hace posible la disolución del carbohidrato, tal como el azúcar, sin embargo, a medida que el solvente líquido (agua/metanol) en la composición de combustible se evapora en el motor, el soluto de carbohidrato puede formar partículas suspendidas microfinas de elevada área de superficie de una composición de bajo LEL (límite explosivo inferior), las cuales se descompondrán/reaccionarán bajo las condiciones del motor, lo que mejora la capacidad de encendido de la mezcla de combustible. Para lograr una mejora en la capacidad de combustión de la mezcla, se prefiere una cantidad de por lo menos 1%, preferiblemente por lo menos 1.5% y más preferiblemente por lo menos 5% de este aditivo de carbohidrato.

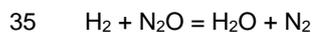
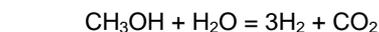
b) Aditivos Solubles Extensores de Combustible. Los aditivos extensores de combustible son materiales inflamables. Estos aditivos pueden agregarse como componentes separados o pueden ser parte de un metanol sin destilar utilizado para producir la composición de combustible principal. Tales aditivos incluyen alcoholes C2-C8, éteres, cetonas, aldehídos, ésteres de ácidos grasos y mezclas de los mismos. Los ésteres de ácidos grasos, tales como metil ésteres de ácidos grasos, pueden tener un origen de biocombustible. Estos pueden originarse a través de cualquier fuente o proceso de biocombustibles. Los procesos típicos para su producción implican la transesterificación de aceites derivados de plantas, tales como semilla de colza, aceite de palma o soya, entre otros.

Puede haber oportunidad para incrementar económicamente el nivel de extensor de combustible en la composición de combustible principal en sí para mercados particulares donde tal aditivo puede producirse o cultivarse y consumirse en forma local, lo que reduce la necesidad de importación de combustible y/o aditivos base. Bajo tales condiciones, se prefiere una cantidad, o tasa de tratamiento, de hasta 30%, o hasta 40%, o hasta 50% de la composición de combustible principal, aunque concentraciones de hasta 60% de aditivos totales, incluyendo tales aditivos extensores de combustible, pueden considerarse particularmente donde la fuente de metanol es metanol sin purificar.

3. Potenciadores de combustión. Estos también pueden referirse como potenciadores de combustión. Un ejemplo de un potenciador de combustión es un compuesto de amonio nitrado, por ejemplo, nitrato de amonio. A 200°C el nitrato de amonio se descompone a óxido nitroso de acuerdo con la siguiente reacción:



El óxido nitroso formado reacciona con combustible en presencia de agua de forma similar al oxígeno, por ejemplo,



Otros compuestos de amonio nitrado que se pueden utilizar incluyen nitrato de etilamonio y nitrato de trietilamonio como ejemplos, aunque estos nitratos también pueden considerarse como potenciadores de encendido (cetano) en lugar de potenciadores de combustión dado que su principal función en el combustible es la potenciación de encendido.

Otros potenciadores de combustión pueden incluir especies metálicas o iónicas, las últimas formadas por disociación bajo ambientes de pre o post combustión.

4. Aceite absorbente de oxígeno. El aceite absorbente de oxígeno preferiblemente es uno que es soluble en mezclas de agua metanol. Los aceites absorbentes de oxígeno tienen un bajo punto de autoencendido y también tienen la capacidad para absorber directamente el oxígeno antes de la combustión, en cantidades de, por ejemplo, 30% en peso del aceite. Esta rápida condensación del oxígeno a partir de una fase gaseosa caliente a la fase oleosa/sólida después de la evaporación del agua circundante calentará más rápidamente las partículas de aceite, lo que ocasiona el encendido del metanol evaporado y supercalentado circundante. Un aceite idealmente idóneo para esta función es el aceite de linaza, en una concentración de alrededor de 1-5% en la mezcla de combustible. Si este aditivo se utiliza en la composición de combustible principal, la mezcla de combustible debe almacenarse bajo una manta de gas inerte para minimizar la descomposición del aceite por el oxígeno. El aceite de linaza es un aceite que contiene ácidos grasos.

Otros aceites que contienen ácidos grasos se pueden utilizar en lugar de o además del aceite de linaza. Los aceites preferidos son los que se disuelven en la fase de metanol o son miscibles en metanol, para producir una composición homogénea de una sola fase. Sin embargo, en algunas realizaciones los aceites que no son miscibles en agua/metanol se pueden utilizar, particularmente si un aditivo de proceso de emulsión también se presenta en la composición de combustible.

5. Aditivos lubricantes. Ejemplos de aditivos lubricantes incluyen derivados de dietanolamina, fluorosurfactantes, y ésteres de ácidos grasos, tales como biocombustibles los cuales son solubles hasta cierto punto en mezclas de agua/metanol, en las cuales se basa la composición de combustible.

6. Aditivos de coloración de producto. Los aditivos de coloración ayudan a asegurar que la composición de combustible principal no pueda confundirse con una bebida líquida, tal como agua. Cualquier colorante soluble en agua puede

utilizarse, tal como un colorante amarillo, rojo, azul o una combinación de estos colorantes. El colorante puede ser un colorante líquido industrial estándar aceptado.

5 7. Aditivos de color de llama. Ejemplos no limitantes incluyen carbonatos o acetatos de sodio, litio, calcio o estroncio. Los aditivos de color de llama pueden seleccionarse para lograr el color de producto preferido y estabilidad en el pH del producto final. Consideraciones de deposición de motor, si es el caso, pueden tomarse en cuenta para seleccionar el aditivo que se va a utilizar.

10 8. Aditivos anticorrosión. Ejemplos no limitantes de aditivos anticorrosión incluyen aminas y derivados de amonio.

9. Biocidas. Aunque pueden agregarse biocidas, estos generalmente no se requieren dado que el alto contenido de alcohol (metanol) en el combustible evita el crecimiento biológico o contaminación biológica. De esta manera, de acuerdo con algunas realizaciones, el combustible se encuentra libre de biocidas.

15 10. Depresor del punto de congelación. Aunque los depresores del punto de congelación pueden incorporarse en el combustible, el metanol (y aditivos opcionales tal como el azúcar, agregada para otros propósitos) deprime el punto de congelación del agua. De esta manera, de acuerdo con algunas realizaciones, el combustible se encuentra libre de un depresor del punto de congelación dedicado adicional.

20 11. Reductor de depósitos. Ejemplos no limitantes incluyen polioléter y trietanolamina.

12. Desnaturalizante si se requiere.

25 13. Agente de control de pH. Puede utilizarse un agente que eleva o aminora el pH a un pH adecuado, el cual es compatible con el combustible.

30 Los aditivos y particularmente los identificados bajo los puntos 1 y 2 anteriormente, pueden agregarse al combustible como producto comercial industrial estándar (es decir, en forma refinada) o como solución acuosa semi-procesada (es decir, en forma no refinada, forma semi-refinada, o forma sin purificar). La última opción reduce potencialmente el coste del aditivo. Una condición del uso de tales fuentes de aditivos sin purificar es que las impurezas en las formas sin purificar de tales aditivos, tal como la solución de azúcar sin purificar, o jarabe de azúcar, como ejemplo, no afectan en forma adversa los inyectores de combustible o el rendimiento del motor.

35 De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible comprende por lo menos un aditivo. De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible comprende por lo menos dos aditivos diferentes.

40 Los éteres se indican anteriormente como ejemplos de potenciadores de encendido y aditivos solubles extensores de combustible. Sin tener en cuenta la función pretendida, en algunas realizaciones, el éter puede presentarse en total a un nivel de menos de 20%, menos de 15%, menos de 10%, menos de 5%, menos de 3%, o menos de 1% de la composición de combustible. La cantidad puede ser mayor a 0.2%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 12%. Los límites inferior y superior pueden combinarse sin limitación, con la condición de que el límite inferior esté por debajo del límite superior seleccionado.

45 En algunas realizaciones, la composición de combustible principal comprende un éter en una cantidad de entre 0.2% y 10% en peso de la composición de combustible principal. El éter preferiblemente es un solo éter o una combinación de dos éteres.

50 A través de la utilización de un éter, ya sea como potenciador de encendido y/o extensor soluble de combustible, en un combustible basado en metanol, se ha desarrollado un proceso completo para la producción, transporte y utilización de una composición de combustible principal. El combustible basado en metanol puede ser un combustible libre de agua o un combustible de metanol-agua en este caso. Esto se describe con mayor detalle posteriormente.

Potenciador de Encendido como Fumigante

55 El fumigante utilizado en el método de realizaciones de la invención que depende de la fumigación comprende un potenciador de la ignición. El fumigante puede comprender además otros componentes, tales como uno o más de metanol, agua y cualquiera de los aditivos descritos anteriormente en el contexto del combustible principal.

60 Como se describió anteriormente, un potenciador de encendido es un material que potencia el encendido de un material inflamable. Uno de los desafíos al uso de metanol como el componente de combustible central en la composición de combustible principal para un motor de encendido por compresión es el hecho de que el metanol no enciende tan fácilmente como otros combustibles. Un potenciador de encendido es un material que tiene buenas propiedades de encendido y puede utilizarse para crear el encendido, después de lo cual el metanol en la composición de combustible principal (y otros materiales inflamables) se quemará. Las características de encendido de un componente de combustible potencial se describen por la cantidad de cetano (o, alternativamente, índice de cetano) de ese componente. La cantidad de cetano es una medida de un retardo de encendido de materiales, y es el espacio de tiempo

entre el inicio de la inyección e inicio de la combustión, es decir, encendido, del combustible. Los potenciadores de encendido adecuados pueden tener un cetano por arriba de 40 (tal como el DME el cual tiene un cetano de 55-57). Las cantidades de cetano del o los potenciadores de encendido presentes en el fumigante deben tomarse en cuenta cuando se determinan las cantidades relativas de potenciadores de encendido a otros componentes en el fumigante, y también la cantidad de fumigante en comparación con la composición de combustible principal, carga y velocidad de motor. El cetano global del fumigante se basará en una combinación de la contribución proporcional, y la propiedad de cetano, de cada componente, y la relación no es necesariamente lineal.

Algunos ejemplos no limitantes de potenciadores de encendido que pueden incluirse en el fumigante incluyen:

- éteres, tal como el alquilo inferior (que es los éteres C1-C6), en especial dimetil éter y dietil éter,
  - nitratos de alquilo,
  - peróxidos de alquilo,
- y mezclas de los mismos.

El dimetil éter es un potenciador de encendido característico de alto encendido preferido, adecuado para su uso en el fumigante. El dietil éter es otro ejemplo de un potenciador de encendido adecuado.

El metanol en el combustible principal puede convertirse catalíticamente a dimetil éter. El dimetil éter por lo tanto puede generarse catalíticamente a partir de una corriente de la composición de combustible principal, el cual entonces se fumiga al motor de manera separada a la composición de combustible principal (con el aire de admisión). En la alternativa, una composición fumigante que comprende dimetil éter puede proporcionarse por el proveedor de combustible al propietario del motor como composición fumigante lista para usarse. En otra realización, una composición de precombustible que comprende metanol y hasta 15% en peso de un potenciador de encendido de éter (tal como el dimetil éter), puede producirse en una ubicación y transportarse (por ejemplo, a través de un oleoducto) a otra ubicación para su uso en abastecer un motor de encendido por compresión. En algunas realizaciones, la composición de precombustible además puede comprender agua. En el extremo del oleoducto, parte o todo el componente de potenciador de encendido de éter en el precombustible puede separarse de los otros componentes de la composición de precombustible (en especial el metanol, pero también otros componentes que tienen un punto de ebullición superior al del éter). El componente de éter separado entonces puede fumigarse al motor de encendido por compresión como fumigante, de manera separada a la parte restante de la composición de precombustible, la cual se utiliza como la composición de combustible principal, ya sea directa (si contiene algo de agua), o con ajuste adicional en la composición (por ejemplo, para ajustar el contenido de agua) antes de utilizarse. La cantidad de potenciador de encendido de éter en el precombustible puede ser de hasta 10% en peso, o hasta 9% en peso. El límite superior dependerá de la elección de éter y las condiciones de temperatura. Detalles adicionales se exponen en la sección a continuación que detalla los sistemas de generación de energía de motores CI.

El potenciador de encendido, tal como el dimetil éter, adecuadamente comprende un mínimo de 5% del fumigante o un mínimo de 10% del fumigante, tal como un mínimo de 15%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 82%, 84%, 86%, 88% o 90% del fumigante. Hay generalmente una preferencia por el contenido de potenciador de encendido del fumigante para estar en el extremo superior del intervalo, así que, en algunas realizaciones, el contenido de potenciador de encendido se encuentra por arriba 70% o más. El potenciador de encendido puede comprender hasta 100% del fumigante, por ejemplo, en el caso de introducir un componente puro desde el almacenamiento o desde potenciador de encendido separado recuperado, originado de una composición de precombustible. Cuando se convierte a partir del combustible principal a través de reacción catalítica del combustible principal (el cual comprende componentes además del metanol, a partir del cual se forma el DME) o si se produce o extrae el componente característico de alto encendido impuro desde el almacenamiento, el límite superior para tal componente se reducirá en consecuencia.

Las cantidades relativas de cada componente en el fumigante pueden mantenerse constantes, o pueden variarse a través del espacio de tiempo de operación del motor. Los factores que impactan en las cantidades relativas de componentes en el fumigante incluyen velocidad de motor (rpm), nivel y variabilidad de carga, configuración de motor, y las propiedades específicas de los componentes individuales del fumigante. En otras realizaciones, la composición fumigante puede mantenerse relativamente constante y, en lugar de la cantidad relativa de fumigante (gramos por segundo fumigado en el motor) en comparación con la composición de combustible principal inyectada en el motor (gramos por segundo) se ajusta durante las diferentes etapas de operación del motor.

Cuando se desea operar el motor CI con diferentes composiciones fumigantes para diferentes condiciones de operación de motor (velocidad, carga, configuración), la composición fumigante puede variarse para ajustarse por control computacional de la composición fumigante, o por cualquier otra forma de control. Los ajustes pueden ser ajustes deslizables con base en un algoritmo que calcula la composición fumigante deseada para coincidir con las condiciones de operación de motor prevalentes, o pueden ser ajustes graduales. Por ejemplo, un fumigante de índice de cetano global superior (tal como 100% de DME) puede fumigarse en el motor a un % en peso alto con respecto al combustible

para la operación en algunas condiciones, y luego el fumigante puede conmutarse a una segunda composición que contiene un % inferior de DME y ciertos componentes de índice de cetano inferior. En otra realización, la composición puede ser estable, y la relación aire/fumigante variada.

5 El % objetivo de componentes que no son de agua, diferentes al potenciador o potenciadores de encendido y agua en el fumigante, adecuadamente es no más de 40%, tal como entre 5-40% o 10-40% o 20-40% o 30-40%. Pueden hacerse ajustes a estos porcentajes con base en la cantidad de cetano de otros potenciadores de encendido y componentes inflamables, y la configuración específica del motor. Adicionalmente, en algunas realizaciones, puede presentarse agua en el fumigante como producto de una reacción de conversión (por ejemplo, metanol a DME) o como ruta a través de un suministro de reactor que contiene agua, o agregarse como corriente separada o en combinación con un aditivo.

10 Ejemplos de componentes que pueden presentarse en el fumigante, además del potenciador de encendido, incluyen metanol, agua, los aditivos detallados anteriormente (en el contexto de la composición de combustible), y gases de alcanos (típicamente alcanos de cadena lineal, incluyendo alcanos inferiores tales como los alcanos C1-C6, en especial metano, etano, propano o butano, y alcanos de cadena más larga (C6 y superior).

15 En algunas realizaciones, el fumigante comprende por lo menos 60% de un solo componente, y un ejemplo es dimetil éter. La cantidad del único componente principal del fumigante puede ser por arriba de 62%, 65%, 68%, 70%, 72%, 75%, 78% u 80%.

20 El fumigante, o combustible secundario, se puede obtener directamente del almacenamiento, o puede suministrarse como fumigante al motor en forma pura después de procesar el combustible principal (a través de conversión catalítica de metanol a DME, seguida por purificación para producir un fumigante que consiste en DME). Alternativamente, el fumigante puede comprender un potenciador de encendido y otros componentes (es decir, el fumigante no se encuentra en forma pura) después de procesar el combustible principal o desde el almacenamiento. En este caso, las impurezas aún son compatibles con el resultado deseado de fumigación, es decir, el fumigante también puede incluir agua y metanol, o puede contener otros materiales (tales como alcoholes C1-C8) los cuales son compatibles con la aplicación.

25 La composición de combustible principal y el fumigante pueden suministrarse como combustible en dos partes, o pueden suministrarse como "kit" de dos partes de combustible. En este contexto, el fumigante puede describirse como "componente de combustible secundario" del combustible en dos partes y, de esta manera, la descripción del fumigante anterior también se aplica al segundo componente de combustible. La composición de combustible principal y el componente de combustible secundario pueden bombearse a tanques de almacenamiento separados asociados con el motor de encendido por compresión.

30 De esta manera, con un combustible en dos partes para su uso en la operación de un motor de encendido por compresión, la composición de combustible principal comprende:

- 35 – una composición de combustible principal que comprende metanol y agua, y
- 40 – un componente de combustible secundario que comprende un potenciador de encendido

45 En el uso de este combustible en dos partes, el combustible principal se introduce en la cámara de combustión del motor de encendido por compresión, y el combustible secundario se fumiga a la admisión de aire del motor de encendido por compresión.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un método para suministrar combustible a un motor de encendido por compresión, comprendiendo el método:

- 50 – suministrar una composición de combustible principal que comprende metanol y agua a un primer tanque que se encuentra en conexión fluida con una cámara de combustión del motor de encendido por compresión, y
- 55 – suministrar un componente de combustible secundario que comprende un potenciador de encendido a un segundo tanque que se encuentra en conexión fluida con una admisión de aire del motor de encendido por compresión.

Como se describió anteriormente, el combustible secundario puede prepararse completa o parcialmente in situ a través de conversión catalítica de una porción del combustible principal al potenciador de encendido. Esto es particularmente idóneo para situaciones donde el dimetiléter es el potenciador de encendido.

60 La presente invención proporciona el uso de un combustible en dos partes en la operación de un motor de encendido por combustión, en el que el combustible en dos partes comprende:

- 65 – una composición de combustible principal que comprende metanol y agua, y
- un componente de combustible secundario que comprende un potenciador de encendido.

La presente invención además proporciona una composición de precombustible que comprende metanol y hasta 10% en peso de un éter. El éter puede ser dimetil éter. En algunas realizaciones, el precombustible puede comprender adicionalmente agua. Como se indicó anteriormente, el componente de éter puede separarse del resto de la composición de precombustible para su uso como el componente de combustible secundario, y el equilibrio de la composición de precombustible puede utilizarse como la composición de combustible principal. Este equilibrio puede utilizarse directo como toda la composición de combustible principal (particularmente si contiene agua), o la composición puede ajustarse para producir la composición de combustible principal, por ejemplo, a través de la adición de agua. En esta realización, por lo tanto, el precombustible podría no contener agua, y puede agregarse agua para generar la composición de combustible principal después de la remoción del éter. En algunas realizaciones, el agua puede no requerirse para su uso en la composición de combustible principal, cuando el combustible se utiliza en uno de los sistemas de generación de energía descritos además posteriormente.

La presente invención también proporciona un método para transportar una composición de combustible en dos partes que comprende metanol en la primera parte, y un éter en la segunda parte, de una ubicación a otra ubicación, que comprende transportar una composición de precombustible que comprende metanol y éter de una ubicación a una segunda ubicación, y separar el éter del metanol para producir una primera parte de combustible que comprende metanol, y una segunda parte de combustible que comprende éter. El transporte puede ser por medio de tubería a través de un oleoducto. La primera ubicación puede ser una ubicación de planta de producción de metanol, y la otra ubicación (la segunda ubicación) es una ubicación alejada de la primera ubicación. La ubicación alejada típicamente puede estar por lo menos 1 kilómetro lejos, y quizás muchos kilómetros lejos. La ubicación alejada puede ser la ubicación de un motor de encendido por compresión para la generación de electricidad, o un puerto de embarque, o una vía de tren o cualquier otra ubicación adecuada donde se requiere el combustible en dos partes.

#### 25 Detalles de la operación del motor

La figura 1 ilustra un diagrama de flujo que describe el proceso de utilizar un combustible principal de mezcla de metanol/agua en un motor 10 de CI. El proceso incluye fumigar una corriente 12 de aire de admisión con un potenciador 14 de encendido e introducir luego el aire fumigado, un control de encendido 30, en la cámara de combustión del motor 10 antes de introducir el combustible principal en la cámara de combustión y encender la mezcla de combustible principal / aire fumigado por encendido por compresión para accionar el motor.

El aire 12 de admisión es fumigado con un fumigante 17 que comprende el potenciador 14 de encendido. El aire 12 de admisión fumigado se inyecta entonces en la cámara de combustión antes o durante la etapa inicial de la carrera de compresión del motor para comprimir el aire antes de inyectar el combustible principal en la cámara de combustión. La compresión del aire eleva la temperatura en la cámara de combustión para proporcionar condiciones de ignición favorables para el combustible principal cuando se pulveriza en la cámara durante la última etapa de compresión.

La fumigación del aire 12 de admisión con un potenciador 14 de encendido alienta un aumento adicional de temperatura del aire de compresión haciéndolo aún más inflamable en el punto de inyección de combustible debido a la precombustión de material fumigante y la presencia de especies de descomposición que ayuda el inicio de la combustión del metanol.

La fumigación permite que la pre-combustión ocurra en la cámara de combustión del motor antes de la inyección de combustible. Este proceso de encendido en dos etapas, u operación 'avivada', depende de la carrera de compresión del pistón del motor para elevar la temperatura del aire fumigado al punto de encendido. A su vez, esto potencia las condiciones de encendido en la cámara de combustión para proporcionar un ambiente suficientemente caliente para el combustible de metanol y agua, cuando se inyecta hacia el extremo de la carrera de compresión, para someterse a encendido acelerado bajo condiciones de temperatura incrementada, lo que vaporiza rápidamente el metanol y evapora el agua en el combustible, y produce alta eficiencia térmica.

La contribución a la temperatura por el fumigante para una operación de motor estable a bajos niveles de agua es 50 a 100°C. En el punto de la inyección de combustible para combustibles de bajo nivel de agua, esta contribución resulta en una temperatura de cámara de combustión comparable con la temperatura en los motores de encendido por combustión conocidos. A medida que los niveles de agua se incrementan en el combustible, la cantidad de fumigante puede ajustarse para compensar el efecto de enfriamiento del agua. Las eficiencias térmicas de freno resultantes son comparables con las de los combustibles diésel, con resultados de eficiencia neta dependientes de diversos factores tales como el tamaño del motor y su configuración.

La combustión eficiente y completa del combustible de metanol y agua en esta forma minimiza los hidrocarburos y partículas sin quemar o modificados en las emisiones de gases de escape, lo que resulta en emisiones más limpias. Esto es particularmente evidente en motores CI más grandes con velocidades inferiores donde la eficiencia del proceso de combustión se maximiza dado que se permite suficiente tiempo para el comienzo y finalización de las dos etapas en una operación avivada.

65

El término “fumigación” en relación con el aire de admisión, se refiere a la introducción de un material o mezcla, en este caso un fumigante, que comprende un potenciador de encendido, en la corriente de aire de admisión para formar un vapor o gas a través del cual el potenciador de encendido se distribuye bien. En algunas realizaciones, el material se introduce en una pequeña cantidad, generalmente a través de rociar una fina aspersión del material en la corriente de

5

La operación avivada tiene el efecto de precalentar el aire de admisión durante la carrera de compresión. La naturaleza de una mezcla agua metanol es que se genera calor menos sensible en los productos de reacción después de la combustión, calor que se requiere para evaporar el agua presente. Esto significa que, en comparación con un motor a diésel que opera con combustibles de hidrocarburos, condiciones del motor más severas pueden incorporarse en el punto de inyección mientras se mantiene dentro de las limitaciones de diseño del motor. Estas condiciones más severas surgen a través de la combustión de fumigante o temperatura de aire incrementada (a través de calentar directamente el aire) y/o presión y temperatura incrementadas a través del uso de configuraciones de motor modificadas, tales como turbo cargada o súper cargada.

10

15

La cantidad del o los potenciadores de encendido puede controlarse en relación con la mezcla de metanol a agua contenida en el combustible con el fin de producir condiciones dentro de la cámara de combustión donde el encendido del combustible se logre de manera oportuna y, en consecuencia, suministrar la mejor eficiencia térmica posible desde el motor. En casos donde la relación de potenciador de encendido a mezcla de combustible no se controle, la combustión puede iniciar significativamente antes de TDC, tales como 25-30° antes de TDC y, como tal, el uso de un potenciador de encendido puede tener un efecto neutro y hacer una contribución mínima o nula a la eficiencia térmica del motor. En una operación preferida del motor, la sincronización del encendido de la mezcla fumigante/aire es para retardar la combustión de este combustible tanto como sea posible (para evitar innecesariamente el trabajo contra el tiempo de explosión del motor) y para ser consistente con la eficiente combustión del combustible después de la inyección. Esto significa que el fumigante, el cual puede referirse como combustible secundario, debe encender antes de que la inyección de combustible comience, pero no mucho antes de que la energía contenida en el fumigante haga una contribución mínima o nula a la eficiencia térmica del motor.

20

25

El encendido del combustible puede controlarse, en el control 30 ilustrado en la figura 1, para acercarse tanto como sea posible a la sincronización ideal al utilizar uno o una combinación de los siguientes controles de encendido:

30

1. Controlar la cantidad de fumigante introducido en la admisión de aire en relación con el combustible principal;
2. Controlar los porcentajes de potenciador de encendido para otros componentes en el fumigante (reconociendo que el agua y otros componentes tales como metanol también pueden presentarse);
3. Controlar 1 y 2 anteriores, lo que depende de la operación del motor a altas cargas (50% a 100%) o bajas cargas (por debajo de 50%) a lo largo del intervalo de funcionamiento de rpm del motor.

35

Aunque las cantidades relativas de fumigante a combustible principal introducidas en el motor (ya sea a través de la admisión de aire, o hacia la cámara de combustión, respectivamente), variarán dependiendo de las condiciones de operación del motor que apliquen, generalmente se desea que la cantidad de potenciador de encendido en el fumigante durante la operación en estado de equilibrio a carga media o alta, sea un porcentaje relativamente bajo en peso de la composición de combustible principal. Para un fumigante que comprende 100% de potenciador de encendido (tal como DME), las cantidades relativas de fumigante a combustible principal en peso de ser posible son de hasta 20% en peso, hasta 18%, hasta 15%, hasta 13%, hasta 10%, hasta 8%, hasta 7%, hasta 6%, hasta 5%. El nivel de fumigante preferiblemente es de por lo menos 0.2%, por lo menos 0.5%, por lo menos 1% o por lo menos 2% en peso de la composición de combustible principal. Estas cifras se basan en peso, asumiendo que el fumigante comprende 100% de potenciador de encendido, y pueden ajustarse proporcionalmente para un contenido reducido de potenciador de encendido en el fumigante en peso. Estos pueden medirse por referencia a la cantidad introducida en el motor en gramos por segundo, o cualquier otra medida correspondiente adecuada para el tamaño de motor. Un límite superior de alrededor de 10% o menos (tal como 8% o 7%) es adicionalmente favorable, como composición de precombustible que contiene hasta la cantidad requerida de éter como potenciador de encendido (tal como 10%, 8% o 7% de potenciador de encendido, respectivamente) puede suministrarse a la ubicación del motor de encendido por compresión, y el potenciador de encendido puede vaporizarse y recuperarse en una cantidad que corresponde a las necesidades del motor que opera con fumigación al mismo nivel objetivo. En otras realizaciones, puede haber reposición del nivel de fumigante a un nivel superior en la ubicación del motor (por ejemplo, a través de la reposición desde un almacenamiento separado de potenciador de encendido, tal como éter).

40

45

50

55

El control de encendido 30 controla las relaciones anteriores para controlar la naturaleza del aire de admisión que entra en el motor 10. Específicamente, y con referencia a la figura 1, el control de encendido 30 controla la cantidad y proporciones relativas de aire 12, fumigante 17 incluyendo la concentración del potenciador de encendido 14 en el fumigante 17, y otros componentes 19 en el fumigante 17.

60

En relación con el párrafo 2 anterior, el % objetivo de componentes que no son de agua diferentes al potenciador de encendido en el fumigante/flujo de aire total puede ser de no más de 40%, tal como entre 5-40% o 10-40%, o 20-40% o

65

30-40% y el equilibrio es el potenciador de encendido, por ejemplo, DME (el cual tiene un cetano de 55-57). Pueden hacerse ajustes a estos porcentajes con base en la cantidad de cetano de otros potenciadores de encendido y configuración específica del motor. Todos los porcentajes son en peso. El agua puede presentarse en cualquier cantidad consistente con la operación refinada del motor, tal agua puede surgir del fumigante, por ejemplo, si se hace catalíticamente a partir del combustible, o como parte del flujo de entrada de aire ambiental al motor, o se puede agregar por otros medios.

La Figura 1 ilustra una porción 13 del combustible principal 11 que se desvía alejándose del motor 11 y hacia un reactor catalítico 20 en el que se efectúa la deshidratación catalítica de metanol a DME. El DME producido se utiliza como potenciador de la ignición en el fumigante 17 para fumigar el aire 12 de admisión. Otras realizaciones descritas aquí utilizan otras técnicas para generar el éter dimetilico, cuando se usan como potenciador de la ignición del fumigante. En algunas de tales realizaciones, el DME puede ser generado en la ubicación de la generación de metanol, y suministrado como una parte de una composición precombustible al sitio del motor.

El reactor catalítico 20 funciona bajo condiciones estándar de la industria como son conocidas por los expertos en la técnica con el fin de efectuar la deshidratación del metanol en el combustible metanol/agua. Como se ilustra en la Figura 1, la fuente de calor para hacer funcionar el reactor catalítico 20 es el gas de escape 22 del motor 10 que se transfiere a través de un intercambiador de calor (no mostrado) para calentar la parte desviada del combustible principal en el reactor catalítico 20. Las temperaturas del gas de escape pueden oscilar entre 200°C y más de 500°C y normalmente dependen de la carga del motor, es decir, una mayor carga del motor producirá temperaturas de escape más altas.

La figura 1 muestra que después de aprovechar el calor de los gases de escape u otras fuentes de calor según se requiera para alimentar el reactor catalítico, el gas 22 de escape del motor se enfría después de transferirse a través del intercambiador de calor en el reactor catalítico escapa a la atmósfera 28. Alternativamente o adicionalmente, como se ilustra en la figura 1, el gas de escape puede ser tratado con una parte condensada y reciclada de nuevo al combustible principal como combustible 32 reciclado que ha sido tratado a través de un condensador 25 (donde puede usarse cualquier medio de enfriamiento) que en la realización ilustrada incluye un disipador de calor agua salada/agua 34 (intercambiador de calor), que es adecuado para uso en embarcaciones. También se pueden tomar etapas adicionales de tratamiento de los gases de escape utilizando condensados u otros medios para reducir los contaminantes específicos a niveles bajos en el gas de escape a la atmósfera (28). En otra realización, los componentes tales como cualquier combustible no quemado pueden ser adsorbidos sobre una superficie activa y posteriormente desorbidos utilizando técnicas estándar, e incluidos como componente principal de combustible o fumigante para reducir aún más la contaminación. Alternativamente, se puede emplear un catalizador para reaccionar catalíticamente cualquier especie oxidable tal como combustible no quemado, aumentando la temperatura de escape y proporcionando una fuente adicional de calor que puede ser utilizada.

Adicionalmente, si varios motores funcionan, por ejemplo, para producir electricidad, el gas de escape agregado puede tratarse como una única corriente a tratar/condensar con el combustible de reciclado del escape dirigido a uno o más de dichos motores.

Un segundo almacenamiento 38 de combustible proporciona combustible para uso directo como combustible secundario, es decir, el combustible es un fumigante que comprende un potenciador de la ignición o para convertirlo en un combustible secundario a través del reactor catalítico 20. El combustible en el segundo depósito 38 de combustible puede usarse como una alternativa para obtener una porción 13 del combustible 11 principal para conversión a través del reactor catalítico 20, o puede usarse en combinación con la parte 13 del combustible principal.

El pobre índice de cetano del combustible de metanol/agua, particularmente aquellos que tienen un nivel de agua de medio a alto, también se puede compensar mediante el precalentamiento del combustible principal y/o del aire de admisión. El precalentamiento puede conseguirse mediante una variedad de técnicas incluyendo cualquiera o una combinación de lo siguiente:

1. Calor residual Calentamiento previo - utilizando el escape del motor de CI, u otro calor residual, para precalentar el aire de admisión y/o el combustible principal a través del intercambio de calor. Se puede introducir un ventilador para optimizar el perfil de presión del aire de admisión a través del ciclo del motor.

2. Súper cargador/soplador - u otros medios de compresión de aire accionados por el motor para forzar la inducción del aire de admisión a la cámara de combustión, y calentando el aire de admisión a través del aumento de la presión de aire.

3. Turbocargador - u otro mecanismo de compresión de aire impulsado por el escape del motor u otro calor residual para forzar la inducción del aire de admisión en la cámara de combustión y calentando el aire de admisión a través del aumento de la presión del aire.

4. Utilizando métodos directos para calentar el aire, tales como calentamiento eléctrico a través de elementos o combustión de combustible para generar el aumento de temperatura requerido. Tales métodos pueden ser útiles durante el arranque y a cargas bajas del motor.

5. Las bujías de precalentamiento (o culatas calientes) - dirigen el calor en los cilindros del motor.

5 Opción 1 (anterior, sin un ventilador) resultará en una transmisión de potencia inferior del motor debido a un flujo de masa inferior del aire (en comparación con las opciones 2 a 3 donde el flujo de masa de aire no se reduce, sin embargo, esta pérdida de potencia máxima puede compensarse en parte por una eficiencia superior en la combustión en las condiciones más calientes en el punto de inyección de combustible y un menor requerimiento de exceso de aire en comparación con los combustibles diésel basados en petróleo. Un ventilador de presión de compensación puede compensar el flujo masivo reducido de aire en condiciones de aumento de la temperatura del aire.

10 La temperatura requerida en el punto de inyección de combustible y por lo tanto el nivel de precalentamiento requerido para encender la mezcla de agua / metanol depende de la cantidad de agua presente. A un nivel de agua bajo o medio, y sujeto a una formulación específica, esto puede conseguirse mediante una temperatura de precalentamiento del aire de 50-150°C. Sin embargo, con un nivel de agua medio a alto, por ejemplo, una mezcla de agua al 50%/50% de agua/metanol, se puede usar un precalentamiento de aire de 150-300°C.

15 En otra realización, el calentamiento del combustible principal de acuerdo con técnicas conocidas puede ayudar al proceso de encendido.

20 La opción de precalentamiento en combinación con un combustible de bajo en metanol y agua de medio a alto, altera el ciclo del motor desde un ciclo de volumen constante durante la fase de encendido y combustión y de expansión inicial, hasta una expansión de temperatura constante direccionalmente mayor (donde el calor del metanol es en una parte significativa que evapora el agua) en un marco de tiempo más adecuado para maximizar el rendimiento del motor.

25 Cierta ajuste al combustible y proceso descritos anteriormente puede requerirse para optimizar la operación y eficiencia en motores CI más pequeños que operan a velocidades de motor superiores, por ejemplo, a 1000 a 3000 rpm, y superiores. Además de precalentar la corriente de admisión de aire al utilizar cualquiera o más de las técnicas descritas anteriormente, los siguientes aspectos operativos se pueden utilizar de manera separada o en combinación para motores que operan a velocidades superiores:

- 30
- Precalentar la entrada de aire como se ha descrito anteriormente, incluyendo calentamiento directo (de una fuente de calor independiente), intercambio de calor con gases de escape, sobrecargador o turbocargador
  - Calentar la cámara de combustión al utilizar, por ejemplo, bujías de precalentamiento.
  - 35 • Precalentar la admisión de combustible.
  - Agregar aditivos al combustible y/o fumigante que mejoran el encendido y combustión de los combustibles. Algunos de estos aditivos se discutieron anteriormente.
  - 40 • Seleccionar el nivel de agua apropiado en la composición de combustible principal como se discutió anteriormente, tal como un intervalo de nivel de agua bajo a medio.
  - 45 • Seleccionar el nivel de agua en el fumigante a un nivel adecuado, consistente con la configuración de motor.

Estas opciones se pueden utilizar adicionalmente si se desea cuando se opera un motor CI más grande a velocidades de motor inferiores, tales como 1000 rpm o menos.

50 **Sistemas de generación de energía de motores de CI**

Al utilizar los combustibles de mezclas metanol/agua descritos en este documento y los sistemas relacionados (también referidos como procesos) para energizar un motor de encendido por compresión, pueden desarrollarse sistemas y estructuras de generación de energía para generar de manera eficiente energía a niveles reducidos de emisiones, y los cuales también pueden tratar el gas de escape del motor para capturar y luego reutilizar o redirigir el calor y agua de los gases de escape. La reutilización o reciclaje de calor y agua promueve eficiencias incrementadas del sistema y productos de desecho y emisiones globales reducidas. La redirección de calor y agua puede ser de utilidad en una variedad de aplicaciones sin relación que implican calentar y enfriar localidades/poblaciones y la regeneración de agua para su uso por las comunidades o como parte de otros sistemas.

60 Las Figuras 3A a 6B ilustran ejemplos de sistemas de generación de energía que incorporan los procesos y combustibles descritos en este documento para energizar un motor de encendido por compresión. Se entenderá que el combustible representado en estos procesos es un combustible basado en metanol que puede contener diversas cantidades de agua, y puede contener agua en la cantidad de 0% a 80%.

65 Las Figuras 3A y 3B muestran un proceso para producir y suministrar un combustible de metanol aun motor IC 111 (también referido como motor a diésel) para producir potencia de salida, pero también para incluir un tratamiento de gas

de escape de motor que reduce las emisiones, que aprovecha el gas de escape del motor para reciclar agua y que también incorpora un Circuito de Agua Caliente (HWL) 113a, 113b (véase las Figuras 4A y 4B) para proporcionar calor a una comunidad local. La potencia de salida producida por el motor también puede utilizarse para dar mantenimiento a la localidad en la cual se localiza la planta generadora de energía y, por ejemplo, puede utilizarse para generar electricidad para una comunidad. Las Figuras 3A y 3B difieren en cuanto a que la Figura 3A muestra el proceso que utiliza fumigación de aire al motor, mientras que el proceso mostrado en la Figura 3B omite la etapa de fumar el aire de admisión.

Las Figuras 3A y 3B ilustran una planta de fabricación de combustible 101 y el suministro alejado de ese combustible a través de una red de suministro 103. La planta de fabricación de combustible puede ser una planta de fabricación de metanol convencional que utiliza electricidad generada del vapor producido a partir de calderas convencionales en la gran planta de carbón alejada 102. Tal planta produce un perfil de emisiones por quema de carbón. Alternativamente, la planta generadora de electricidad 102 puede incorporar un motor de combustión al utilizar un combustible de metanol como se describe en este documento, para generar la electricidad requerida para producir el combustible de metanol. Esto puede proporcionar una alternativa más limpia con emisiones menores a las producidas por una planta de carbón.

El combustible basado en metanol se fabrica en la planta 101 y puede contener en gran medida metanol, una mezcla metanol-agua o una mezcla metanol-éter o una mezcla metanol-agua-éter. En una realización, el combustible comprende una mezcla de Metanol de "Combustible Completo" y DME en una combinación 90-99.5% de metanol y DME como líquido sin ebullición a presión atmosférica, el cual puede utilizarse directamente con el motor 111. En la mezcla de metanol y DME, el DME se proporciona en una cantidad estable adecuada para la transmisión como líquido y para evitar la transición del éter a la fase de gas. La cantidad dependerá de la presión y temperatura a las cuales se transmite el combustible en los oleoductos 103, pero generalmente será menor a 10% de la cantidad de combustible total, y en el intervalo de 7%-8%.

Alternativamente, puede suministrarse combustible que tiene una proporción superior de DME bajo condiciones presurizadas. En otra alternativa, un combustible que contiene un alto contenido de metanol que se acerca a 100% de metanol (por ejemplo, grado químico) puede transmitirse para la subsecuente conversión parcial a DME cerca del centro de demanda (particularmente la planta de generación de energía). Esta forma de composición de precombustible que comprende un alto % de metanol puede contener un componente de agua de alrededor de 0.2% o más. En una alternativa adicional, el combustible o precombustible transmitido en los oleoductos puede ser un combustible de metanol-agua. El agua en el combustible de metanol-agua puede asociarse con el metanol, tal como en el metanol sin purificar, o puede originarse de un excedente de agua en el área de fabricación que puede utilizarse de manera rentable para este propósito. Cierta adición de aditivos potenciadores de lubricante y corrosión puede incluirse en el combustible transmitido, lo que depende de los materiales de construcción en la red de transmisión y para potenciar la operación del motor/proceso. La transmisión de grandes cantidades de energía en líquidos inflamables a través de largas distancias en oleoductos en redes regionales es tecnología establecida. Tal infraestructura como oleoductos 103 también puede utilizarse para suministrar el combustible de metanol a ubicaciones distantes en forma segura y de manera rentable.

Después de que se transmite a través de los oleoductos 103, el combustible llega a una planta generadora de energía que incluye el motor de encendido por compresión 111, una etapa de preprocesamiento 104 y el tratamiento de gas de escape 113, 115, 116 y 118. El combustible puede utilizarse en el motor 111 inmediatamente como está, o un pretratamiento opcional del combustible puede llevarse a cabo para asegurar una operación segura y confiable a lo largo del intervalo de funcionamiento de la planta. El almacenamiento de un combustible de arranque y apagado también puede contemplarse por razones de integridad del sistema, por ejemplo, puede almacenarse un componente de éter.

En la etapa de preprocesamiento 104 el combustible puede dividirse al vaporizarse en dos fases enriquecidas, una parte rica en metanol 107 y una rica en éter 105, tal como DME. El DME es particularmente idóneo para este proceso de vaporización debido a su bajo punto de ebullición. El calor de desecho de bajo nivel del gas de escape del motor de una corriente de agua caliente que tiene una temperatura de 50°C-60°C puede utilizarse para vaporizar el DME de bajo punto de ebullición separado del metanol. En algunas realizaciones, la fase rica en metanol puede incluir bajas cantidades de DME, con la mayor parte del DME vaporizándose. En otras realizaciones, una alta proporción de DME se puede retener en la fase líquida con sólo suficiente DME para asegurar una buena y completa combustión que se vaporiza y utiliza como fumigante 105. Por ejemplo, si el combustible de la planta de fabricación incluye 7% de DME, 5% de este se puede retener en la fase líquida con 2% utilizado como fumigante 105 para agregar al aire de combustión calentado 110 que entra al motor 111.

El preprocesamiento puede incluir una opción de conversión para complementar el suministro de DME u otro fumigante. Alternativamente, la cantidad requerida de agente potenciador de encendido, tal como el DME, se puede obtener del almacenamiento. Otros agentes semejantes también son posibles, tales como DEE y otros potenciadores de encendido descritos en este documento.

La etapa de preprocesamiento también puede incluir procesar parte del combustible transmitido para no sólo separar el DME que se va a utilizar como fumigante, sino también para producir DME en exceso para su uso como ingrediente de

combustible líquido para otros procesos. Por ejemplo, el DME excedente puede beneficiar una comunidad cercana al proporcionar calor excedente al HWL. Alternativa o adicionalmente, el DME puede integrarse con procesos de plantas generadoras. El combustible de metanol, ya sea antes o después del procesamiento, también se puede retirar del sistema generador de energía y utilizarse para la fabricación química local.

5

La transmisión a la planta generadora de metanol sin purificar también es posible, lo que ahorra costos en gastos de capital y operativos en una planta de fabricación corriente arriba. Tal alimentación de combustible a la planta generadora de energía puede satisfacer la opción anterior de dividir parte del metanol sin purificar para la producción de DME, con el combustible restante dirigido al motor. Desde el punto de vista de la energía y gastos de capital, esta opción puede reemplazar una unidad de destilación en la planta de fabricación 101 con la mayor parte del producto destilado y que va a "lo más alto" por una unidad mucho más pequeña en la planta generadora de energía con una cantidad relativamente baja que va a "lo más alto". Esta opción puede también hacer al DME local disponible cerca de los centros de demanda, y particularmente cerca de la planta generadora de energía.

10

15

El pretratamiento de combustible en la etapa de preprocesamiento 104 también puede calentar el combustible de metanol 107 antes de entrar en el motor al utilizar agua caliente, derivada de la línea de retorno del depurador Venturi 115. El agua que sale de la etapa de pre-procesamiento 104 sale como agua con calidad de riego 106. El agua con calidad de riego 106 enfriada puede mezclarse con el condensado del condensador 116 y, si es necesario, puede utilizarse un enfriador para asegurar una temperatura efluente aceptable.

20

En el ejemplo mostrado, para la generación de energía con un HWL, puede utilizarse el motor a diésel que genera energía a partir de 1 MW y superior. Esto no excluye la energía por debajo de 1 MW la cual puede atender a usuarios menores y tener un bajo NOX, SOX y producción de partículas. Un motor a diésel es particularmente idóneo para el tratamiento post combustión dado que proporciona la fuerza de impulso de la presión de aire necesaria para mover el gas de escape a través de equipo de limpieza e intercambio térmico a sólo un pequeño precio sobre la eficiencia del motor.

25

La naturaleza de algunas de las mezclas de combustible descritas en este documento: significa que se prefieren pistones de diámetro mayor sobre los pistones más pequeños debido a los beneficios térmicos inherentes al tamaño de motor que se incrementa. Los pistones más grandes también reducen el riesgo de impacto del combustible inyectado en las paredes del pistón, lo que asegura que el combustible se consuma apropiadamente y no interfiera con la película de lubricante.

30

Aunque los experimentos mencionados además posteriormente demuestran combustible probado en un motor que corre por arriba de 1000 rpm, tal como se sugiere previamente, el fuel puede utilizarse con éxito en motores de velocidad inferior, que operan normalmente justo por debajo de 100 rpm hasta 1000rpm, el cual es el intervalo normalmente descrito como el intervalo de velocidades bajo a medio. Este intervalo de velocidades permite más tiempo para que los potenciadores volátiles de encendido entren en el espacio de vapor como vapor y comiencen sus reacciones químicas con el aire comprimido caliente durante la carrera de compresión. Este margen de tiempo mayor durante la fase de combustión permitirá una combustión más completa de combustible y reducirá el nivel de combustible sin quemar y otros componentes en el gas de escape del motor. El mayor margen de tiempo también hará posible más tiempo para quemar completamente el combustible en el cilindro a través del contacto de moléculas de agua y oxígeno, lo que permite que se use una menor lambda y al hacerlo se incrementa la concentración de agua en el gas de escape del motor.

40

45

La energía se genera en el motor 111 por una mezcla de metanol 107 y agua 108 que entra al motor 111 en conjunto con aire 100, el cual puede precalentarse y, en el ejemplo mostrado en las Figuras 3A y 3B, se precalienta por los gases de escape del motor a través de un condensador 116. Una temperatura de precalentamiento adecuada puede ser entre 40°C y 50°C. El agua en el combustible puede originarse de un almacenamiento de agua o de agua reciclada del gas de escape a través del condensador 116 (explicado con mayor detalle posteriormente).

50

El tratamiento de gas de escape incluye hacer pasar el gas de escape del motor a través de un convertidor catalítico 112 al utilizar catalizadores orientados a CO<sub>2</sub> y compuestos oxigenados. Esto dará lugar al calentamiento marginal del gas de escape donde ese calor puede estar disponible para el HWL, o para otros procesos descritos además posteriormente en relación con las Figuras 5A, 5B, 6A y 6B. El convertidor catalítico 112 también reduce cualquier combustible o productos de combustión a un nivel apropiado. Un carbón activado de etapa final o similar opcionalmente puede emplearse para limpieza. Adicionalmente, el combustible de metanol descrito, en este documento arde limpio con bajo hollín, lo cual mejora el rendimiento del catalizador.

55

El HWL lleva calor a un destino de base local tal como una comunidad residencial a través de un circuito de agua bombeada. Las Figuras 4A y 4B ilustran la línea de suministro 113a y línea de retorno 113b de HWL en el intercambiador térmico de HWL 113. El subproducto de calor de aprovechamiento del proceso de generación de energía puede utilizarse para proporcionar calentamiento de bajo coste a poblaciones residenciales y comerciales. El agua bombeada a través del HWL se calienta a través de un intercambiador térmico de HWL 113 más adelante del convertidor catalítico 112. El intercambiador térmico 113 es una unidad estándar que opera a temperaturas de retorno del HWL de 40°C con una temperatura de envío planeada de 80°C al HWL. La temperatura de retorno de HWL

60

65

relativamente fría y eficiente diseño de intercambiador desde el punto de vista del área de superficie requerida asegurará suficiente enfriamiento del gas de escape.

Se agregan aditivos de tratamiento de gas de escape en el inyector de cáusticos 114, el cual inyecta cualquier químico cáustico, y otros agentes neutralizantes de ácidos adecuados, en el gas de escape para un resultado deseado. Por ejemplo, para eliminar los compuestos ácidos del gas de escape final, una baja dosis de un líquido alcalino (por ejemplo, 50% de sosa cáustica y agua) se inyectará en la corriente de gas de escape, utilizado para nulificar los ácidos traza y controlar el pH del agua de riego que fluye de la planta. El pH final se controlará a un nivel que atienda mejor las condiciones locales.

Un depurador Venturi 115, u otro dispositivo de mezclado adecuado, se ilustra más adelante del intercambiador de HWL 113. Esta unidad tiene varias funciones, y la primera es mezclar íntimamente los gases de escape con un flujo de agua circulante, y el efecto del flujo de agua es enfriar el gas de escape de 85-90°C fuera del intercambiador de HWL a aproximadamente 55-60°C fuera del lavador Venturi. Tal enfriamiento creará agua condensada a partir del gas de escape y recolectará partículas que pueden tratarse al utilizar métodos conocidos, o en última instancia de parte del agua de riego final que deja la planta para su regreso a la tierra. El gas de escape desacidificado y limpio que deja el lavador 115 produce un gas de escape de pureza superior fuera del condensador final.

El agua se bombea entre el depurador Venturi 115 y un intercambiador térmico de ventilador 100. El intercambiador térmico de ventilador, u otro equipo adecuado, es otro intercambiador de gas/líquido que toma el calor del gas de escape a través del depurador Venturi y rechaza ese calor al aire, el cual se activa para fluir a través del intercambiador térmico 100 por una o más aletas. Una ventaja del rechazo de calor en esta forma es que el calor se rechaza a baja temperatura y, por lo tanto, no tiene un gran impacto sobre la eficiencia global del proceso.

Alternativo a expulsar calor a la atmósfera, el aire calentado del escape de ventilador puede utilizarse directamente en el motor como aire calentado de combustión 110, en cuyo caso cierta presión puede aplicarse del ventilador para compensar el efecto de calentamiento sobre el flujo de masa de aire. Otra alternativa a expulsar calor a la atmósfera es disipar calor a través de un estanque de enfriamiento u otro sistema de agua capaz de disipar una gran cantidad de calor en una forma responsable y ambientalmente aceptable.

La Figura 4A ilustra un gran intercambiador final de gas de escape/aire de combustión, particularmente el condensador 116 que recupera agua en sistemas de recuperación de agua en elevación. En los sistemas donde la recuperación de agua en elevación no es necesaria, el condensador 116 no se incluye. La Figura 4B ilustra un sistema de recuperación de aguas medias similar al de la Figura 4A, pero con la omisión del condensador 116.

El condensador final (opcional) 116 enfría el gas de escape del depurador Venturi 115 de aproximadamente 50-60°C a dentro de alrededor de 5-20°C de temperatura ambiental. Al reducir la temperatura en esta cantidad, el agua producida, recuperada de la planta se incrementa significativamente. Además de producir agua para riego, o reutilización fuera de la planta de generación de energía, el condensado del condensador 116 opcionalmente puede ser útil dentro del proceso de generación de energía.

El condensado puede inyectarse con el combustible pre-procesado para reducir la formación de NOX y problemas de acidez asociados en el equipo corriente abajo, tal como en el intercambiador de HWL. El condensado también puede formar una fuente de agua que se va a utilizar en la combustión de combinaciones particulares de combustible como alternativa o además del agua almacenada. Adicionalmente, el agua de 1 grado superior del condensador puede tratarse además a agua potable, o puede agregarse al agua con calidad de riego producida por el depurador Venturi y para recircular entre el depurador Venturi 115 y el intercambiador térmico de ventilador 100.

El calor del enfriamiento del gas de escape no se desperdicia, sino puede intercambiarse con el aire de admisión hacia el motor 111. Aparte del beneficio que el reciclado de calor y agua de desecho tiene para el combustible requerido y emisiones producidas en el proceso, la recuperación de agua y calor tiende también a estabilizar la operación del motor. El aire de admisión más frío para el motor permite que se recupere más calor.

La Figura 3B difiere de la Figura 3A en cuanto a que ilustra el proceso para producir y suministrar un combustible de metanol al motor 111 sin fumar el aire de admisión con un potenciador de encendido. El combustible de metanol de la planta de fabricación 101 se transporta a través de la infraestructura de oleoductos 103 para su uso directo con el motor 111, donde el aire de admisión 110 se precalienta. El preprocesamiento para vaporizar un éter del combustible transportado no se requiere dado que no se requiere fumigante. Sin embargo, el preprocesamiento aún puede tener lugar para preparar el combustible para la combustión y/o para separar los éteres para su uso separado fuera de la planta de generación de energía. También se entiende que, en relación con la Figura 3A, la etapa de precalentar el aire de admisión con calor de gas de escape no es esencial y puede omitirse. Sin embargo, es útil hacer uso de calor de gas de escape y reciclar las partículas de gas de escape para mejorar la eficiencia del motor y reducir las emisiones. Alternativamente, el agua del depurador Venturi al ventilador en principio puede utilizarse para el propósito de calentar el aire de admisión.

En el proceso ilustrado en la Figura 3B, el aire de admisión puede precalentarse por diversos medios, incluyendo utilizar el calor transferido del gas de escape, por ejemplo, a través del condensador 116 o del calor tomado del gas de escape anteriormente en el proceso de postcombustión, tal como en la etapa de conversión catalítica. Alternativamente, el aire de admisión se precalienta al utilizar otras técnicas descritas en este documento, incluyendo calentamiento directo con elementos de calentamiento eléctrico, bujías de precalentamiento, y calentamiento indirecto tal como por medio de súper cargadores o turbocargadores.

Las Figuras 5A y 5B ilustran cómo puede aplicarse el concepto de la generación de energía, al utilizar la tecnología y combustible descritos en este documento, para energizar un vehículo sobre rieles. Los números de referencia en las Figuras 5A y 5B corresponden a los mismos números y elementos utilizados en relación con las Figuras 3A y 3B. Cualquier pre-procesamiento 104 del combustible y el uso del combustible a través del motor 111 es el mismo. El aire de gas de escape se enfría después de salir del convertidor catalítico 112 a través de un primer intercambiador térmico 120 que utiliza aire ambiental para enfriar el gas de escape y calentar el aire de combustión 110.

El tratamiento de gas de escape en un vehículo sobre rieles difiere de aquel del proceso HWL en separar agua de otro material de escape. El gas de escape que sale del convertidor catalítico se hace pasar a través de un ciclo para absorber agua con alúmina activada 121 y un ciclo de desarrollo con alúmina activada 122, para producir gas de escape limpio, caliente y seco, hacia la atmósfera, con la recaptura de agua del gas de escape a través de un condensador de agua 123. El agua recapturada puede suministrarse nuevamente a la etapa de pre-proceso, o utilizarse para un uso no potable en vehículos sobre rieles. El gas de escape seco más frío que sale de los ciclos de alúmina activada puede utilizarse a través de un segundo intercambiador térmico 124 para proporcionar calentamiento o enfriamiento en el vehículo sobre rieles.

La fabricación de combustible en la planta de metanol 101 puede conducir, en una realización, potencialmente a dos componentes que se almacenan en el vehículo sobre rieles: (1) una mezcla agua metanol diseñada para proporcionar el resultado correcto de NOX/rendimiento, y (2) un componente fumigante en almacenamiento presurizado separado. Los perjuicios en peso en rieles no son grandes en comparación con los perjuicios en peso en embarcaciones.

La Figura 5B, similar a la Figura 3B, ilustra el proceso de generación de energía en vehículos sobre rieles sin el uso de fumigante, y dependiendo sólo del precalentamiento. Los mismos comentarios sobre el mérito del proceso de HWL sin fumigante, se aplican para el proceso descrito en relación con la Figura 5B.

Las Figuras 6A y 6B ilustran el concepto del proceso de generación de energía utilizado para propósitos marinos y, por ejemplo, en una embarcación. Similar al ejemplo del proceso de generación de energía con HWL, una planta de fabricación de metanol ajustada en dimensiones para una embarcación, puede proporcionarse en la embarcación con el fin de suministrar combustible basado en metanol a uno o más motores 111 que energizan la nave. Similar a los ejemplos anteriores, la Figura 6A ilustra un proceso que utilizar potenciador de encendido fumigante en el aire de admisión, mientras que la Figura 6B ilustra el proceso sin fumigante. El proceso en lugar de ello puede no incluir precalentamiento o precalentamiento del aire de admisión.

Un primer intercambiador térmico 120 en el vehículo marino enfría el aire de gas de escape al utilizar el aire ambiental más frío. Una porción de ese aire de gas de escape puede hacerse recircular nuevamente para convertirse en aire de combustión calentado 110. El aire de gas de escape enfriado restante entonces se hace pasar a un desalinizador 125 y otro equipo de intercambio térmico con el fin de maximizar la recuperación de calor de gas de escape para las necesidades del vehículo, tal como el calentamiento de tanque y vehículo. El desalinizador hace uso de agua de mar fácilmente disponible para vehículos marinos.

La ventaja general asociada con los procesos y combustibles descritos en este documento, cuando se utilizan en las aplicaciones descritas anteriormente, es que hace posible el suministro simultáneo de varios beneficios para comunidades y poblaciones limitadas en energía y recursos. Las ventajas específicas incluyen:

- Desarrollo de recursos alejados que de otra manera pueden permanecer sin desarrollarse debido a la inconveniencia (por ejemplo, alto contenido de azufre).
- Proporcionar opciones homogéneas para el eficiente co-procesamiento de biomasa para reducir CO<sub>2</sub>.
- El co-uso temprano de biomasa puede extender la vida de los recursos existentes.
- La integración de otros recursos renovables también es una posibilidad, tales como viento y sol.
- Proporcionar electricidad a centros de demanda en una base de calor y energía combinados (CHP) o enfriamiento, calor y energía combinados (CCHP).
- Eliminar virtualmente todos los contaminantes que no son de CO<sub>2</sub> que surgen de la etapa de producción de energía eléctrica.

- 5 • Capturar hidrógeno de los recursos al máximo grado posible y convertir estos recursos a agua para su uso por los centros de demanda (1 parte de hidrógeno se convierte en la reacción con oxígeno a 9 partes de agua en peso). Bajo tales disposiciones, un recurso de combustible fósil también puede considerarse en parte como recurso de agua con un potencial efecto de "libre transporte", dado que el mecanismo de suministro de combustible en cualquier caso absorberá sus propios costos de distribución. Esta agua se tratará con alúmina activada u otro material o tecnología de adsorción adecuados para retirar los avances que pasan al convertidor catalítico que trata el gas de escape del motor caliente.
- 10 • Proporcionar calor residual a las comunidades locales por un circuito de agua caliente (HWL) que enfría el gas de escape e intercambia esta fuente principal de energía calórica con los centros de demanda locales por calor, para propósitos de calentamiento o refrigeración. El gas de escape limpio proveniente de la utilización de la tecnología descrita en este documento permite la proximidad de la generación de energía al mercado, un atributo normalmente no disponible para la generación de energía por quema de carbón en particular.
- 15 • Recuperar de manera eficiente agua y calor. Otras estrategias de transferencia de calor se pueden utilizar, con un aumento de recuperación aunque a un coste superior, y el aire de combustión también se puede calentar opcionalmente, por ejemplo, por el agua circulante antes del enfriado de ventilador (en el ejemplo de las Figuras 3A y 3B).
- 20 • Una alta recuperación de agua puede obtenerse, cerca de 0.7 a 1 toneladas de agua de riego por tonelada de metanol consumido, o más si se justificable por motivos económicos y de ingeniería.
- 25 • Proporcionar agua de riego de pH neutro para su uso directo por las comunidades locales.
- Proporcionar un gas de escape lavado con agua que neutraliza ácidos y remueve partículas a bajos niveles. Otros contaminantes tales como SOX e hidrocarburos en el gas de escape también serán bajos.

30 La tecnología descrita en este documento con producción de agua, integración de calor de HWL y resultados de emisiones, vendrá a un coste desde el punto de vista de la eficiencia energética, sin embargo, se espera que este aspecto en muchos casos se compense por beneficios de cadenas de suministro y los beneficios mencionados anteriormente.

## EJEMPLOS

35 Ejemplo 1: Programa experimental para investigar composiciones de combustibles de metanol agua para motores de encendido por compresión

### 1.1 Resumen

40 Este reporte resume el resultado obtenidos durante un programa experimental emprendido por la Universidad de Melbourne sobre el rendimiento y emisiones de escape de diferentes combustibles basados en metanol en un motor de encendido por compresión.

45 Los combustibles probados fueron mezclas de metanol, agua, dimetil éter (DME) y dietil éter (DEE). Como el metanol no es normalmente un combustible de encendido por compresión, se utilizaron dos sistemas promotores de encendido. El primero consistió en un precalentador de aire de admisión. Al calentar el aire de admisión del motor hasta 150°C (un límite de seguridad impuesto), se alcanzan temperaturas superiores cerca del final de la carrera de compresión, punto en el cual se inyecta la carga de combustible principal. En algunos casos, estas temperaturas fueron suficientemente altas de tal modo que ocurriera el encendido por compresión del combustible inyectado.

50 El segundo sistema para promover el encendido implicó la inyección continua (es decir, fumigación) de dimetil éter (DME) gaseoso en el puerto de entrada del motor. Dado que el DME tiene una temperatura de encendido relativamente baja y una alta cantidad de cetano, el DME auto-enciende a medida que la mezcla aire/fumigante se comprime durante la carrera de compresión, lo que de esta manera libera energía térmica que a su vez puede encender la carga de combustible principal.

55 Las pruebas se condujeron en un motor a diésel de un solo cilindro modificado 1D81 Hatz, montado en una instalación de dinamómetro de motorización/absorción construida localmente. En su estado sin modificar, este motor naturalmente aspirado produce hasta 10 kW de potencia de eje de un solo cilindro de aproximadamente 670 cc de volumen. Es muy probable que el rendimiento absoluto de todos los combustibles probados sea mejor en motores más grandes, que comúnmente se sabe en la comunidad de motores que la eficiencia de motor pico se incrementa con el tamaño de motor, debido a leyes físicas fundamentales.

60 Como tal, se considera que el rendimiento del motor para los combustibles que no son de diésel en el actual programa de pruebas debe visualizarse en relación con el resultado del diésel abastecido en este mismo motor. Específicamente, si se logra un rendimiento comparable o mejor con un combustible alternativo dado en relación con el diésel en este motor, es probable que este rendimiento relativo pueda también lograrse en un motor más grande. Por supuesto,

maximizar el rendimiento absoluto de un combustible dado en un motor dado requiere optimización adicional, y lo cual debe mejorar el rendimiento del motor.

Las observaciones generales a partir de este programa experimental son de la siguiente manera.

#### 1. Pruebas de motor fumigado

Estos resultados muestran que, en las condiciones de operación más eficientes, el motor fumigado produjo eficiencia comparable, menos emisiones de NO y mucho menos emisiones de partículas que el motor a diésel.

#### 2. Pruebas de aire de admisión calentado

Estos resultados muestran que las emisiones de NO del motor fueron comparables con las del motor a diésel. Como con las carreras de motor fumigado, mucho menos emisiones de partículas que con el motor a diésel se observaron nuevamente. Se requiere trabajo adicional para mejorar la eficiencia del motor en este modo de operación.

#### 1.2 Métodos experimentales

Las pruebas se condujeron en un motor a diésel modificado 1D81 Hatz, montado en una instalación de dinamómetro de motorización/absorción construida localmente. La Figura 10 explica un Diagrama de Proceso e Instrumentación para la instalación. Las especificaciones de motor sin modificar se detallan en la Tabla 1 más adelante. Estas especificaciones no cambiaron durante las pruebas de motor.

Las modificaciones hechas al motor consistieron en lo siguiente.

- El reemplazo del inyector mecánico de combustible y bomba de combustible con un sistema de inyección activado por solenoide y bomba de combustible y sistema de inyección separados.

Un inyector de diésel en riel común comandado electrónicamente se utilizó para abastecer el sistema. Este inyector (Bosch, modelo 0 445 110 054-RE) suministró un índice de fluidez en volumen significativamente superior al del inyector en el motor sin modificar, de tal modo que el agua más alta que contienen los combustibles en la Tabla 2 pudiera suministrarse en tanto que se lograba la misma relación aire/combustible que los combustibles de diésel y metanol puro.

Este inyector es de gran tamaño para este motor, y así debe resultar en una reducción significativa en el rendimiento del motor aun cuando corra con el mismo combustible diésel que el motor sin modificar. Como resultado, la referencia apropiada para probar los combustibles alternativos listados en la Tabla 2 es la misma, un sistema modificado que opera en diésel, los resultados de lo cual se listan en las Tablas 3, 4 y 5. Se anticipa que pruebas adicionales, específicamente de combustibles con el contenido de agua inferior, harán posible el uso de un inyector más pequeño y, de esta manera, mejoras significativas en el rendimiento del motor.

Como muestra la Figura 10, los combustibles se mezclaron en un recipiente de almacenamiento presurizado de tal modo que el DME no transita a la fase de gas antes de la inyección en el motor. Este recipiente siempre estuvo entre 5 y 10 bar durante las pruebas. El combustible líquido que deja este recipiente entonces se presurizó por una bomba Haskel impulsada por aire hasta 800 bar antes de inyectarse en el motor. Un acumulador de alta presión se utilizó para asegurar que la presión de la tubería de combustible permaneciera constante durante las pruebas.

El índice de fluidez del combustible se midió al suspender el recipiente de almacenamiento presurizado en una celda de carga, y medir la tasa de cambio de la masa del recipiente durante cada prueba.

- Extensión del múltiple de entrada.

Esto se hizo para conectar el precalentador de aire de admisión y la entrada de fumigación de DME. Ambos sistemas se utilizaron como promotores de encendido de la carga de combustible principal

- Extensión del múltiple de gas de escape para conectar todos los sistemas de análisis de emisiones.
- Un transductor de presión piezoeléctrico Kistler.

Instalados en la culata de cilindro del motor con el fin de registrar la presión en el cilindro.

- Uso de aceite Shell Helix Racing 10W60 para todas las pruebas.

Este es un aceite sintético.

Las emisiones de gases de escape se analizaron al utilizar una serie de sistemas independientes.

- Un medidor de materia en partículas MAHA.

Este dispositivo da una medida gravimétrica de la materia en partículas en el gas de escape del motor.

- 5
- Un sensor Bosch UEGO.

Este es un dispositivo de producción que mide la relación aire-combustible. En tanto que se ha desarrollado para combustibles de hidrocarburos, la comparación con la relación medida aire-combustible del banco de emisiones ADS9000 demostró que funcionó bien para todos los combustibles probados diferente a aquellos con más de 50% de contenido de agua (Figura 4).

- Un banco de emisiones ADS9000.

Este dispositivo midió las emisiones de NO del motor. Antes de muestrear, la muestra de gas de escape se hace pasar a través de líneas sin calentar y una trampa de agua y, de esta manera, el contenido de agua de los gases muestreados debe estar cerca de la saturación en condiciones ambientales. El ADS9000 se calibró antes y durante el programa de pruebas al utilizar gases de calibración para todas las cantidades medidas y un divisor de gas.

- Un analizador de emisiones Gasmeter FTIR.

Este dispositivo se calibró al utilizar gases de calibración apropiados y ponerlos a cero con nitrógeno de alta pureza conforme a la instrucción del proveedor.

Cada combustible se probó a la velocidad en estado de equilibrio de 2000 rpm y un valor lambda de 2 (es decir, 100% de exceso de aire). El motor sin modificar operó a una lambda de aproximadamente 1.5. La operación más pobre se eligió dado que las primeras pruebas a lambda 1.5 con metanol puro resultaron en detenimiento del motor debido a una inyección sobre avanzada en un caso. No se experimentaron detenimientos de motor adicionales a lambda 2.

El procedimiento global del motor de prueba fue de la siguiente manera.

#### 1. Operaciones de admisión en caliente

El aire de admisión se incrementó primero a 150°C.

La duración de la inyección se estableció por el valor lambda de 2, y el inicio de la inyección se ajustó al punto muerto superior.

El controlador de calentador entonces redujo la temperatura de admisión en tanto que el motor operó, hasta que ya no se sostuviera una torsión mecánica positiva del motor. El controlador de admisión del calentador entonces ajustó la temperatura de admisión a un grado superior a cuando la operación se detuvo.

El inicio de la inyección entonces se hizo avanzar con el controlador de dinamómetro manteniendo una velocidad de motor constante, hasta que la torsión mecánica del motor alcanzó la denominada 'máxima torsión mecánica de frenado (MBT)'. La MBT es la condición de operación más eficiente a una velocidad de motor y relación aire/combustible constantes.

La sincronización de inyección resultante (inicio y duración) y otras cantidades medidas se registraron en esta condición de operación.

#### 2. Operaciones de admisión fumigada

El motor se estableció en una condición de funcionamiento suave con un alto índice de fluidez de DME.

La duración de la inyección de combustible principal se estableció por el valor lambda de 2, y el inicio de la sincronización de inyección se ajustó al punto muerto superior.

El índice de fluidez de DME entonces se redujo en tanto que se incrementaba el índice de fluidez de combustible principal para mantener constante lambda, hasta que la torsión mecánica de frenado alcanzara un máximo.

La sincronización de inicio de inyección entonces se hizo avanzar hasta que la sincronización de MBT se lograra, en tanto que se continuaba ajustando el índice de fluidez de combustible principal para mantener lambda si se requería.

La sincronización de inyección de resultante (inicio y duración) y otras cantidades medidas se registraron en esta condición de operación.

#### 3. Operación de motor a diésel.

## ES 2 643 039 T3

La sincronización de inicio de inyección se hizo avanzar a MBT en tanto que se mantenía lambda a 2 mediante la duración de inyección.

5 Las especificaciones de los combustibles fueron de la siguiente manera.

- Metanol, 99.8%+ de pureza
- Agua desionizada, 99.8%+ de pureza
- Dimetil éter (DME), 98%+ de pureza
- Dietil éter (DEE), 98%+ de pureza

10

### 15 1.3 Resultados

Los resultados del trabajo de prueba se presentan en las Tablas a continuación.

Tabla 1: Especificaciones de motor sin modificar

Datos técnicos	Unidades	1D81
Numero de cilindros		1
Diámetro x carrera	[mm]	100 x 85
Desplazamiento	[L]	0.667
Velocidad media de pistón a 3000 rpm	[m/s]	8.5
Relación de compresión		20.5

20

Tabla 2: Cuadro de combustibles probados (aquellos en negras no producen trabajo neto incluso con aire de admisión a 150°C)

Con fumigación				Con calentador			
Composición de combustible principal (% en volumen)				Composición de combustible principal (% en volumen)			
MeOH	Agua	DME	DEE	MeOH	Agua	DME	DEE
100	0	0	0	100	0	0	0
95	5	0	0	85	15	0	0
90	10	0	0	77.5	22.5	0	0
70	30	0	0	70	30	0	0
50	50	0	0	50	50	0	0
35	65	0	0	35	65	0	0
95	0	5	0	95	0	5	0
90	5	5	0	80	15	5	0
85	10	5	0	72.5	22.5	5	0
65	30	5	0	65	30	5	0
45	50	5	0	45	50	5	0
30	65	5	0	30	65	5	0
90	0	10	0	90	0	10	0
85	5	10	0	75	15	10	0
80	10	10	0	67.5	22.5	10	0
60	30	10	0	60	30	10	0
40	50	10	0	40	50	10	0
25	65	10	0	25	65	10	0
80	0	20	0	80	0	20	0
75	5	20	0	65	15	20	0
70	10	20	0	57.5	22.5	20	0
50	30	20	0	50	30	20	0
30	50	20	0	30	50	20	0
15	65	20	0	15	65	20	0
90	0	0	10	90	0	0	10
85	5	0	10	75	15	0	10
80	10	0	10	67.5	22.5	0	10
60	30	0	10	60	30	0	10
40	50	0	10	40	50	0	10
25	65	0	10	25	65	0	10

Tabla 3: Datos de rendimiento de diésel

Diésel LHV (MJ/kg)	Datos de rendimiento											
	Temp. Dentro °C	Temp. Fuera °C	Tiempo de inyección DBTDC	Duración de inyección CAD	Lambda	Velocidad rpm	Par Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME Fum g/s	BTE %
43	22.4	401	4	10	2.13	1975	22.1	4.6	13.1	0.46	0	23.0%

Tabla 4: Datos de emisiones ADS9000 de diésel

Emisiones (calculadas en húmedo Maha y ADS9000)			
Partículas Mg/m <sup>3</sup>	NO ppm	NO g/kWh	Lambda
140	440	4.9	1.9

Tabla 5: datos de rendimiento con fumigación de DME

Composición de combustible principal (% en volumen)		LHV MJ/Kg		Temp. Dentro °C		Temp. Fuera °C		Tiempo de inyección CAD		Duración de inyección CAD		Lambdas UEGO		Velocidad rpm		Par Nm		Potencia kW		Flujo de aire g/s		Combustible principal g/s		DME		BTE %	
MeOH	Agua	DME	DEE					DBTDC	CAD	CAD																	
100	0	0	0	20.0	27	339	6	16	2.1	1977	18.4	3.8	12.8	0.168	20.3%												
95	5	0	0	18.8	26	318	6	18	2.1	1981	18.8	3.9	12.9	0.168	20.9%												
90	10	0	0	17.5	27	327	6	19	2.1	1985	17.9	3.7	12.9	0.168	20.7%												
70	30	0	0	13.0	26	301	6	22	2.1	1984	16.4	3.4	12.9	0.210	19.3%												
50	50	0	0	8.8	25	241	10	26	2.2	1984	12.5	2.6	12.9	0.252	16.0%												
35	65	0	0	6.0	25	191	28	34	2.1	1982	10.0	2.1	12.9	0.280	12.9%												
95	0	5	0	20.4	27	367	8	21	2.1	1981	20.5	4.3	12.9	0.168	20.7%												
90	5	5	0	19.1	27	349	12	21	2.1	1984	20.9	4.3	12.9	0.168	21.5%												
85	10	5	0	17.9	26	337	12	22	2.1	1980	20.0	4.1	12.9	0.168	21.7%												
65	30	5	0	13.3	24	296	16	28	2.1	1977	18.7	3.9	12.8	0.182	20.3%												
45	50	5	0	9.1	24	251	20	33	2.1	1979	14.8	3.1	12.8	0.238	17.2%												
30	65	5	0	6.2	24	194	30	34	2.0	1980	10.4	2.2	12.8	0.252	13.9%												
90	0	10	0	20.8	24	354	10	21	2.0	1979	21.7	4.5	12.8	0.168	20.9%												
85	5	10	0	19.5	24	352	12	23	2.0	1977	22.1	4.6	12.8	0.168	21.4%												
80	10	10	0	18.2	23	335	16	21	2.0	1977	21.7	4.5	12.8	0.168	22.3%												
60	30	10	0	13.6	24	294	18	25	2.0	1979	18.6	3.9	12.8	0.182	20.8%												
40	50	10	0	9.4	24	258	20	30	2.0	1983	15.6	3.2	12.9	0.238	18.0%												
25	65	10	0	6.4	24	180	30	32	2.3	1976	8.3	1.7	12.8	0.266	11.2%												
80	0	20	0	21.6	24	353	10	19	2.0	1980	22.0	4.6	12.8	0.210	21.1%												
75	5	20	0	20.2	26	352	10	19	2.1	1981	21.1	4.4	12.9	0.210	21.8%												
70	10	20	0	19.0	24	327	10	18	2.1	1977	19.6	4.1	12.8	0.210	20.3%												
50	30	20	0	14.2	23	300	16	23	2.1	1976	17.4	3.6	12.8	0.238	18.9%												
30	50	20	0	9.9	23	271	18	30	2.0	1978	15.0	3.1	12.8	0.266	16.8%												
15	65	20	0	6.9	22	204	30	46	2.2	1978	10.7	2.2	12.8	0.308	12.6%												
90	0	0	10	21.3	33	377	6	16	2.1	1987	19.2	4.0	12.9	0.168	20.4%												
85	5	0	10	20.1	32	381	6	20	2.0	1986	19.5	4.1	12.9	0.168	20.6%												
80	10	0	10	18.8	31	344	10	20	2.1	1987	19.1	4.0	12.9	0.168	20.6%												
60	30	0	10	14.1	30	313	12	24	2.1	1987	17.9	3.7	12.9	0.182	20.2%												
40	50	0	10	9.9	30	278	16	32	1.9	1985	16.6	3.4	12.9	0.224	17.4%												
25	65	0	10	7.0	30	210	30	38	2.1	1989	11.3	2.4	12.91	0.266	13.8%												

Tabla 6: Datos de rendimiento con aire de admisión caliente

Con calentador				Datos de rendimiento										DME	BTE %	
Composición de combustible principal (% en volumen)				LHV MJ/Kg	Temp. Dentro °C	Temp. Fuera °C	Tiempo de inyección CAD DBTDC	Duración de inyección CAD	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Par Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME	BTE %
MeOH	Agua	DME	DEE													
100	0	0	0	20.0	100.0	377	10	16	2.01	1988	12.2	2.5	10.4	0.73	0	17.5%
85	15	0	0	16.4	107.5	334	14	18	2.08	1992	10.6	2.2	10.3	0.79	0	17.2%
77.5	22.5	0	0	14.6	126.1	307	16	19	2.10	1991	7.4	1.5	9.8	0.84	0	12.5%
95	0	5	0	20.4	106.8	357	10	14	2.10	1987	10.6	2.2	10.3	0.61	0	17.7%
80	15	5	0	16.7	108.3	348	12	18	2.04	1983	10.6	2.2	10.2	0.74	0	17.7%
72.5	22.5	5	0	15.0	120.5	339	16	20	1.94	1981	9.5	2.0	9.9	0.83	0	15.8%
90	0	10	0	20.8	114.0	381	10	17	1.99	1988	11.1	2.3	10.1	0.65	0	17.2%
75	15	10	0	17.0	113.6	333	12	17	2.13	1987	10.1	2.1	10.1	0.72	0	17.1%
67.5	22.5	10	0	15.28	105.9	347	14	20	2.03	1989	11.2	2.3	10.3	0.86	0	17.8%
80	0	20	0	21.6	113.4	378	10	15	2.10	1989	10.6	2.2	10.1	0.60	0	17.1%
65	15	20	0	17.7	106.5	337	14	18	2.11	1990	10.7	2.2	10.3	0.71	0	17.7%
57.5	22.5	20	0	15.9	117.8	336	16	20	2.05	1991	9.5	2.0	10.0	0.78	0	16.0%
90	0	0	10	21.3	100.7	365	10	16	2.04	1984	12.0	2.5	10.4	0.67	0	17.5%
75	15	0	10	17.6	111.9	327	12	17	2.15	1990	9.9	2.1	10.1	0.72	0	16.3%
67.5	22.5	0	10	15.9	124.6	320	14	18	2.03	1988	8.4	1.8	9.8	0.76	0	14.6%

Tabla 7: Emisiones MAHA y ADS 9000 (calculado en húmedo) con fumigación de DME

Con fumigación				Emisiones Maha y ADS 9000 (calculado en húmedo)			
Composición de combustible principal (% en volumen)							
MeOH	Agua	DME	DEE	Partículas mg/m <sup>3</sup>	NO ppm	NO g/kWh	Lambda -
100	0	0	0	1	106	1.5	2.0
95	5	0	0	1	89	1.2	2.0
90	10	0	0	1	37	0.5	2.0
70	30	0	0	1	12	0.2	2.1
50	50	0	0	1	11	0.2	2.2
35	65	0	0	1	18	0.5	2.2
95	0	5	0	1	57	0.7	1.9
90	5	5	0	1	141	1.7	1.9
85	10	5	0	1	83	1.1	2.0
65	30	5	0	1	19	0.3	2.0
45	50	5	0	1	19	0.4	2.1
30	65	5	0	1	21	0.6	2.3
90	0	10	0	1	99	1.2	1.9
85	5	10	0	1	97	1.1	1.9
80	10	10	0	1	192	2.3	1.9
60	30	10	0	1	17	0.2	2.0
40	50	10	0	1	12	0.2	2.1
25	65	10	0	1	28	0.9	2.4
80	0	20	0	1	111	1.3	1.9
75	5	20	0	1	153	1.8	1.9
70	10	20	0	1	88	1.1	2.0
50	30	20	0	1	54	0.8	2.0
30	50	20	0	1	9	0.2	2.0
15	65	20	0	1	15	0.4	2.2
90	0	0	10	1	92	1.2	1.9
85	5	0	10	1	72	0.9	1.9
80	10	0	10	1	65	0.9	1.9
60	30	0	10	1	21	0.3	2.0
40	50	0	10	1	15	0.2	2.0
25	65	0	10	1	20	0.5	2.2

ES 2 643 039 T3

Tabla 8: Emisiones MAHA y ADS 9000 (calculado en húmedo) con aire de admisión caliente

Con calentador				Emisiones Maha y ADS 9000 (calculado en húmedo)			
Composición de combustible principal (% en volumen)				Partículas mg/m <sup>3</sup>	NO Ppm	NO g/kWh	Lambda -
MeOH	Agua	DME	DEE				
100	0	0	0	1	355	5.93	2.0
85	15	0	0	1	158	3.02	2.0
77.5	22.5	0	0	1	85	2.27	2.1
95	0	5	0	1	356	6.65	2.1
80	15	5	0	1	146	2.79	2.0
72.5	22.5	5	0	1	100	2.09	2.0
90	0	10	0	1	371	6.55	2.0
75	15	10	0	1	136	2.67	2.1
67.5	22.5	10	0	1	106	1.94	2.1
80	0	20	0	1	358	6.54	2.1
65	15	20	0	1	249	4.68	2.0
57.5	22.5	20	0	1	139	2.90	2.0
90	0	0	10	1	290	4.89	2.0
75	15	0	10	1	187	3.73	2.1
67.5	22.5	0	10	1	139	3.20	2.1

Tabla 9: Datos de análisis de combustión con fumigación de DME

Con fumigación				Análisis de combustión						
Composición de combustible principal (% en volumen)										
MeOH	Agua	DME	DEE	IMEP kPa	PMEP kPa	PP kPa	LPP DATDC	PPRR kPa/grad	LPPRR CA	CoV %
100	0	0	0	717.5	-28.0	8466.5	6.5	357.4	-12.4	2.33%
95	5	0	0	723.3	-28.6	9195.1	5.3	390.1	-2.2	3.93%
90	10	0	0	701.9	-27.9	8277.2	5.9	355.4	-12.5	2.39%
70	30	0	0	666.2	-27.2	8194.6	6.4	388.3	-12.9	4.10%
50	50	0	0	577.2	-27.1	9624.9	3.3	490.6	-14.3	3.82%
35	65	0	0	535.3	-25.5	10573.9	2.9	430.2	-6.0	3.67%
95	0	5	0	776.4	-29.3	8457.0	5.7	319.4	-11.5	3.75%
90	5	5	0	773.3	-29.0	9387.6	5.1	465.8	-0.8	4.16%
85	10	5	0	756.3	-28.5	9340.8	4.9	431.3	-1.1	4.66%
65	30	5	0	740.4	-28.9	9931.3	4.2	483.6	-1.4	3.46%
45	50	5	0	670.0	-27.7	9767.1	4.8	395.5	-12.9	4.29%
30	65	5	0	570.1	-26.9	10951.5	2.5	466.6	-4.5	4.37%
90	0	10	0	775.3	-29.4	9003.2	5.5	344.9	-9.3	3.94%
85	5	10	0	771.7	-29.0	9320.6	4.9	405.6	-1.7	3.47%
80	10	10	0	781.8	-28.5	10387.8	4.0	548.1	-5.3	4.24%
60	30	10	0	708.4	-25.1	10361.1	3.3	580.2	-4.0	3.73%
40	50	10	0	656.1	-25.2	10675.0	2.5	502.5	-4.5	2.41%
25	65	10	0	583.6	-26.8	10161.1	4.1	373.3	-11.5	2.92%
80	0	20	0	796.8	-29.3	9159.7	5.4	352.4	-10.3	2.93%
75	5	20	0	802.3	-29.9	9286.8	5.4	366.5	-12.5	3.09%
70	10	20	0	755.6	-27.9	9425.7	5.2	394.6	-13.1	4.05%
50	30	20	0	*						
30	50	20	0	*						
15	65	20	0	*						
90	0	0	10	738.6	-30.2	7752.5	5.7	345.2	-13.0	4.62%
85	5	0	10	747.2	-29.9	8036.1	5.6	334.5	-12.9	3.67%
80	10	0	10	738.3	-28.5	8916.7	5.4	344.0	-9.3	3.24%
60	30	0	10	708.2	-28.3	9197.5	4.7	365.3	-8.1	3.90%
40	50	0	10	664.7	-26.6	9777.8	3.7	417.9	-14.2	3.90%
25	65	0	10	572.4	-24.5	10794.8	2.9	468.6	-3.8	4.35%

\* Estas entradas no estaban disponibles debido al fallo del transductor de presión durante la prueba.

Tabla 10: Datos de análisis de combustión con aire de admisión caliente

Con calentador				Análisis de combustión						
Composición de combustible principal (% en volumen)										
MeOH	Agua	DME	DEE	IMEP kPa	PMEP kPa	PP kPa	LPP DATDC	PPRR kPa/grad	LPPRR DATDC	CoV %
100	0	0	0	523.4	-21.5	7614.1	5.9	373.2	-0.4	4.72%
85	15	0	0	517.1	-21.3	7900.8	5.7	481.3	0.5	4.42%
77.5	22.5	0	0	431.0	-17.0	7420.6	5.6	390.8	0.0	4.11%
95	0	5	0	531.3	-20.4	7402.2	6.4	370.7	0.9	4.36%
80	15	5	0	556.3	-21.7	7440.5	5.8	382.4	1.6	5.22%
72.5	22.5	5	0	505.6	-19.8	7963.9	4.9	524.1	-1.1	3.90%
90	0	10	0	528.6	-20.3	7391.3	6.0	381.6	1.7	5.22%
75	15	10	0	505.3	-20.3	7408.9	5.7	399.9	0.9	4.20%
67.5	22.5	10	0	486.5	-19.4	7595.2	5.6	440.6	0.1	4.64%
80	0	20	0	535.7	-19.9	7089.4	5.9	328.3	-0.8	4.08%
65	15	20	0	554.7	-20.2	7807.8	5.8	466.6	-0.3	4.17%
57.5	22.5	20	0	489.6	-18.8	7861.2	4.7	509.5	-1.4	4.54%
90	0	0	10	557.2	-21.6	7493.1	6.5	384.3	1.6	3.75%
75	15	0	10	511.9	-20.9	7585.1	6.6	406.1	2.8	4.66%
67.5	22.5	0	10	478.7	-20.3	7636.8	5.2	464.9	-0.9	3.50%

1.5 Trabajo de prueba adicional

- 5 Se condujo trabajo de prueba adicional para explorar combinaciones adicionales de combustible y fumigante, y los resultados de esas pruebas se resumen en las Tablas 11 y 12 más adelante. Lo siguiente es importante:
- En general, las eficiencias de motor a 1000 rpm son menores que para los mismos combustibles o similares a velocidades de motor superiores. Esto se basa en el hecho de que el motor Hatz sin modificar tuvo una eficiencia pico a aproximadamente 2000 rpm, y fue como se esperaba. Cuando se utilizan en motores más grandes diseñados para una eficiencia pico a menor rpm, las eficiencias al utilizar los combustibles pueden potenciarse.
  - Las emisiones de NO al utilizar el dispositivo ADS9000 no se presentan debido a la falla de este sensor durante este programa de pruebas.
  - El inyector de combustible falló durante el número de prueba 25. Los datos registrados para esta prueba aún parecieron razonables, dado que la falla ocurrió tarde en la prueba, y así se incluyen en esta Lista. Es de importancia el rendimiento comparativo de las operaciones 25 y 27, que tienen una composición de combustible principal muy similar, diferente a los aditivos.
- 10
- 15
- 20

Tabla 11: Datos de rendimiento con fumigación de DME

Operación No	Fumigado										LHJ (MJ/kg)						
	Composición de combustible principal (% en volumen)					Composición de combustible principal con aditivos (% en masa)											
	MeOH	EthOH	Agua	DME	DEE	Formal	Aspro.	Otro	MeOH	EthOH		Agua	DME	DEE	Formal.	Aspro.	Otro
22	70	0	30	0	0	0	0	0	64.9	0.0	35.1	0	0	0	0	0	13.0
23	70	0	30	0	0	0	0	0	64.9	0.0	35.1	0	0	0	0	0	13.0
24	70	0	30	0	0	0	0	0	64.9	0.0	35.1	0	0	0	0	0	13.0
25	-	-	-	0	0	0	0	2.5	93.2	0.0	3.9	0	0	0	2.5	0.4	18.6
27	-	-	-	0	0	2	0	0	93.7	0.0	3.9	0	0	2	0	0.4	18.7
28	-	-	-	0	0	0	0	0	79.7	0.0	19.9	0	0	0	0	0.4	15.9
29	-	-	-	0	0	0	0	0	40	0.0	60.0	0	0	0	0	0.0	8.0
30	-	-	-	0	0	0	0	0	93	0.0	7.0	0	0	0	0	0.0	18.6
24rep	70	0	30	0	0	0	0	0	64.9	0.0	35.1	0	0	0	0	0	13

Tabla 11 (cont.): datos de rendimiento con fumigación de DME

Operación No	Datos de rendimiento										
	Temp. Dentro °C	Temp. Fuera °C	Tiempo de inyección CAD BTDC	Lambda UEGO	Velocidad Rpm	Par Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME	BTE %
22	39	209	0	2.1	1000	9.1	1.0	6.3	0.41	0.047	14.4%
23	56	214	0	2.0	998	8.3	0.9	5.9	0.41	0.039	13.4%
24	81	216	0	2.1	999	4.8	0.5	5.5	0.38	0.032	8.6%
25	32	228	0	2.0	992	12.1	1.3	6.4	0.31	0.05	17.5%
27	26	233	0	2.1	994	12.3	1.3	6.5	0.32	0.043	17.6%
28	26	220	0	2.1	993	10.8	1.1	6.5	0.34	0.056	16.0%
29	26	193	0	2.1	990	7.0	0.7	6.5	0.52	0.102	10.2%
30	78	339	0	2.1	1978	11.1	2.3	11.0	0.67	0.106	14.7%
24rep	83	224	0	2.0	995	5.9	0.6	5.5	0.39	0.031	10.4%

Tabla 11 (cont.): datos de rendimiento con fumigación de DME

Operación No	Emisiones Maha ADS 9000 (calculado en húmedo)			
	Partículas mg/m <sup>3</sup>	NO Ppm	NO ppm g/kWh	Lambda
22	1			2.1
23	1			2.2
24	1			2.1
25	1			1.9
27	1			2.1
28	1			2.1
29	1			2.1
30	1.2			2.1
24rep	1			2.0

Tabla 12: Datos de rendimiento con aire de admisión caliente

Operación No	Con calentador											LHJ (MJ/kg)					
	Composición de combustible principal (% en volumen)						Aditivos en peso						Composición de combustible principal con aditivos (% en masa)				
	MeOH	EthOH	Agua	DME	DEE	Formal	Aspro.	Otro	MeOH	EthOH	Agua		DME	DEE	Formal.	Aspro.	Otro
3	70	0	30	5	0	0	0	0	61.7	0.0	33.3	5	0	0	0	0	13.8
6	70	0	30	0	8	0	0	0	59.7	0.0	32.3	0	8	0	0	0	14.7
7	70	0	30	0	20	0	0	0	51.9	0.0	28.1	0	20	0	0	0	17.2
8	70	0	30	20	0	0	0	0	51.9	0.0	28.1	20	0	0	0	0	16.2
11	70	0	30	0	0	4	0	0	62.3	0.0	33.7	0	0	4	0	0	12.5
18	70	0	30	0	0	1	0	0	64.3	0.0	34.7	0	0	1	0	0	12.9
21	20	50	30	5	0	0	0	0	17.5	44.3	33.2	5	0	0	0	0	16.9

Tabla 12 (cont.): Datos de rendimiento con aire de admisión caliente

Operación No	Temp. Dentro °C	Temp. Fuera °C	Tiempo de inyección CBTDC	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Datos de rendimiento					Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME	BTE %
						Par Nm	MeOH	EthOH	Agua	DME					
3	141.1	229.2	0	2.06	995	3.4	0.4	4.7	0.41	6.5%					
6	154.7	229	0	2.08	993	2.0	0.2	4.6	0.33	4.2%					
7	155.4	237	0	2.09	991	2.3	0.2	4.5	0.29	4.7%					
8	149.6	244	0	2.02	996	3.2	0.3	4.6	0.32	6.3%					
11	No	Se	Activó												
18	No	Se	Activó												
21	150.8	246	0	2.03	994	3.2	0.3	4.6	0.28	7.0%					

Tabla 12 (cont.): Datos de rendimiento con aire de admisión caliente

Operación No	Emisiones Maha ADS 9000 (calculado en húmedo)			
	Partículas mg/m <sup>3</sup>	NO Ppm	NO g/kWh	Lambda
3	1	-	-	2.0
6	1	-	-	2.2
7	1	-	-	2.2
8	1	-	-	2.1
11	-	-	-	-
18	-	-	-	-
21	1	-	-	2.1

1.5 Tablas de comparación entre % en volumen y % en masa en composiciones de combustibles

5

Las tablas en los resultados de prueba detallados en 1.1 a 1.4 anteriormente se basan en cantidades relativas de componentes en la composición de combustible principal medidas en volumen. Las siguientes tablas 13 y 14 hacen posible que se haga una conversión entre % de volumen y peso para las composiciones de combustibles.

10

Tabla 13: Tablas de comparación entre % en volumen y % en masa- Fumigación

Con fumigación							
Composición de combustible principal (% en volumen)				Composición de combustible principal (% en masa)			
MeOH	Agua	DME	DEE	MeOH	Agua	DME	DEE
100	0	0	0	100.0	0.0	0.0	0.0
95	5	0	0	93.8	6.2	0.0	0.0
90	10	0	0	87.7	12.3	0.0	0.0
70	30	0	0	64.9	35.1	0.0	0.0
50	50	0	0	44.2	55.8	0.0	0.0
35	65	0	0	29.9	70.1	0.0	0.0
95	0	5	0	95.8	0.0	4.2	0.0
90	5	5	0	89.5	6.3	4.2	0.0
85	10	5	0	83.4	12.4	4.1	0.0
65	30	5	0	60.7	35.4	3.9	0.0
45	50	5	0	40.0	56.2	3.8	0.0
30	65	5	0	25.8	70.6	3.6	0.0
90	0	10	0	91.4	0.0	8.6	0.0
85	5	10	0	85.2	6.3	8.5	0.0
80	10	10	0	79.1	12.5	8.3	0.0
60	30	10	0	56.4	35.7	7.9	0.0
40	50	10	0	35.8	56.6	7.6	0.0
25	65	10	0	21.6	71.1	7.3	0.0
80	0	20	0	82.6	0.0	17.4	0.0
75	5	20	0	76.4	6.4	17.2	0.0
70	10	20	0	70.3	12.7	16.9	0.0
50	30	20	0	47.7	36.2	16.1	0.0
30	50	20	0	27.3	57.4	15.3	0.0
15	65	20	0	13.2	72.1	14.8	0.0
90	0	0	10	90.9	0.0	0.0	9.1
85	5	0	10	84.7	6.3	0.0	9.0
80	10	0	10	78.7	12.4	0.0	8.9
60	30	0	10	56.1	35.5	0.0	8.4
40	50	0	10	35.6	56.3	0.0	8.0
25	65	0	10	21.5	70.7	0.0	7.8

Tabla 14: Tablas de comparación entre % en volumen y % en masa - Pre calentamiento de aire de admisión

Con calentador							
Composición de combustible principal (% en volumen)				Composición de combustible principal (% en masa)			
MeOH	Agua	DME	DEE	MeOH	Agua	DME	DEE
100	0	0	0	100.0	0.0	0.0	0.0
85	15	0	0	81.8	18.2	0.0	0.0
77.5	22.5	0	0	73.2	26.8	0.0	0.0
95	0	5	0	95.7	0.0	4.3	0.0
80	15	5	0	77.6	18.3	4.1	0.0

72.5	22.5	5	0	69.0	27.0	4.0	0.0
90	0	10	0	91.4	0.0	8.6	0.0
75	15	10	0	73.3	18.5	8.2	0.0
67.5	22.5	10	0	64.7	27.2	8.1	0.0
80	0	20	0	82.6	0.0	17.4	0.0
65	15	20	0	64.5	18.8	16.8	0.0
57.5	22.5	20	0	55.9	27.6	16.4	0.0
90	0	0	10	90.9	0.0	0.0	9.1
75	15	0	10	72.9	18.4	0.0	8.8
67.5	22.5	0	10	64.3	27.1	0.0	8.6

1.6 Observaciones sobre los resultados de prueba reportados en las secciones 1.1 a 1.5.

Agua y éter más fumigante de DME:

5

El trabajo reportado antes demuestra que esa agua tiene ciertas propiedades clave que la hacen una adición útil para un combustible de metanol:

10

1. Si se inyecta con el combustible de metanol inflamable, hasta cierto punto, la eficiencia no disminuye, sino que se incrementa a un punto óptimo, y luego disminuye a medida que la proporción de agua continúa elevándose. Se ha postulado por los solicitantes que el incremento en eficiencia puede deberse a una combinación de factores tales como los siguientes:

15

a. Las propiedades espectrales del agua, tales como emisividad y coeficiente de absorción son superiores en relación con el metanol a lo largo de la banda de calentamiento (por ejemplo, IR infrarroja), lo cual ayuda a la captación de calor radiante en las gotillas de combustible y agua mezclados, a medida que el metanol se evapora a partir de la gotilla a una tasa acelerada, dado que el metanol puede compartir esta tasa superior de captación de calor y vaporizar primero. La emisividad de agua que se reporta en la literatura se encuentra entre 0.9 y 1.0, es decir, apenas un cuerpo negro a radiación infrarroja, mientras que el metanol es menor a la mitad de ese valor cercano a 0.4.

20

b. La conductividad térmica del agua es mayor a la del metanol

c. La difusividad térmica del agua es mayor a la del metanol

25

d. Los puntos b. y c. anteriores pueden conducir a una mayor transferencia de calor dentro de una gotilla con agua presente, nuevamente acelerando la conversión de metanol en fase líquida a gas a medida que la concentración de metanol disminuye a medida que las gotillas se contraen:

	DIFUSIVIDAD TÉRMICA MM2/S	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/K.M
100% DE METANOL	0.103	0.199
75% DE METANOL	0.102	0.250
50% DE METANOL	0.106	0.340
25% DE METANOL	0.118	0.470
100% DE AGUA	0.149	0.605

Tomado de Thermoquímica Acta 492 (2009) p 95-100

30

2. El trabajo reportado anteriormente proporciona evidencia de la viabilidad de un combustible de agua metanol a través de la demostración de su operación refinada cuando funciona incluso en altos niveles de agua con una cantidad adecuada de ayuda de encendido desde el punto de vista del fumigante. A partir de los datos presentados en la Figura 7, los cuales se derivan del trabajo reportado anteriormente, se muestra que hay un pico de eficiencia térmica en descanso logrado cuando el contenido de agua se encuentra en el intervalo de alrededor de 12% a 23% en peso de la composición de combustible principal. La zona de BTE mejorada es para el contenido de agua entre 2% y 32%, con un óptimo logrado en la región cercana a 16-18% con fumigante de DME. Esto fue un sorprendente resultado. Era inesperado que inyectar estos altos niveles de agua en la cámara de combustión pudiera hacer posible que un motor de encendido por compresión funcionara con una operación aceptable desde el punto de vista de COV de IMEP. (coeficiente de variación de la presión efectiva media indicada).

40

A partir de los datos experimentales reportados anteriormente, un exponente de BTE de categoría inferior en la mayor parte de los casos fue metanol sin diluir, con buen rendimiento obtenido por las mezclas que incluyeron DME en el intervalo de pesos de 4-9%.

45

Como el contenido de agua fue más allá de aproximadamente 30% en peso en los combustibles que contenían las cantidades de DME mencionadas previamente, la eficiencia recayó a niveles que fueron consistentes con los combustibles que se queman sin la presencia de agua.

Fue importante que los combustibles de alrededor de 70% de agua se quemaran en el motor, aunque a la mitad de la eficiencia en parte debido al contenido de agua de escape superior.

La Figura 8 proporciona una representación gráfica del contenido de éter del combustible principal, en % en peso, y la consecuente BTE del combustible La llave (}) se utiliza para marcar los puntos en relación con el uso de dietiléter como el componente de éter en la composición de combustible principal, mientras que el éter utilizado en los otros puntos graficados fue dimetil éter. La Figura 8 indica un alza en BTE de algún 1.5% al introducir 4% de DME a la fase líquida a aproximadamente 16% de contenido de agua, en comparación con el caso del metanol sin diluir. En general, los resultados proporcionados a través del uso de una cantidad de éter dentro del recuadro mostrado por una línea discontinua proporcionan ventajas para la composición de combustible principal. Incrementar el contenido de éter por arriba del nivel de 10% (es decir, fuera del recuadro a la derecha de la figura) introduce coste adicional sin una mejora o ventaja del proceso correspondiente.

A bajos niveles de agua, los beneficios de 16% de DME en comparación con 4% fueron pequeños, y 4% de DME funcionó mejor que 16% de DME a contenidos de agua superiores a alrededor de 6%.

Aproximadamente 8% de DME en peso tuvo BTE ligeramente superior que 4% de DME en todo el intervalo de contenido de agua, y la diferencia promedió alrededor de 0.3% hasta un máximo de alrededor de 36% de agua en el combustible.

El dietil éter (DEE, puntos en llaves) en el combustible mostró una BTE más débil en los intervalos de agua inferiores donde el rendimiento fue similar al metanol puro, sin embargo, a medida que el contenido de agua en el combustible se elevó por arriba de alrededor de 25% de DEE a aproximadamente 8%, mejoró su rendimiento para coincidir con el del DME.

Desde el punto de vista de eficiencia térmica al freno, la DEE puede no elegirse por delante de la DME en un combustible de metanol y agua a menos que otras razones, tales como volatilidad o presión de vapor prevalezcan.

Efecto del agua y fumigante sobre el NO:

En un ambiente fumigado donde se aplica un refrigerante tal como el agua, no podría predecirse que una reducción de NO se alcanzaría, y la magnitud de reducción de NO podría no predecirse. El trabajo de prueba muestra que la reducción de NO fue bastante dramática a medida que los niveles de agua se incrementaron, lo que muestra una depresión de 0.2 gramos/kw-h a 36% en peso de agua, como se muestra en la Figura 9.

La Figura 10 proporciona otra ilustración del efecto que el incremento en el contenido de agua tiene sobre NOX en el gas de escape. Las líneas de DME al 4% y 8% mostraron la mejor respuesta a la formación de NOX incluso a altas temperaturas de aire de admisión. La misma tendencia puede observarse en el caso de la fumigación, en caso de disminuir el NOX a medida que los niveles de agua se incrementan, 16.5% de DME y 8.8% de DEE mostraron niveles superiores de NO en comparación con los casos de baja DME. Todas las operaciones en caliente sin agua produjeron NO superior al del combustible diésel sin precalentamiento.

A partir de los datos anteriores y Figuras adjuntas, es evidente que una zona de operación de mérito implica el uso de una composición de combustible principal que comprende metanol y 20-22% en peso de agua y 4-6% en peso de DME en la composición de combustible principal, con fumigación. Este combustible puede lograr una buena eficiencia y bajo NO. La zona de operación de combustible deseable puede expandirse además con una operación aceptable del motor CI, como se describe con detalle en otras secciones de esta solicitud.

El combustible diésel en el mismo motor, en contraste, alcanzó 4.9 gramos/kw-hr a lambda 2 y 2000 rpm (el lambda y velocidad de todas las pruebas de fumigación en estas gráficas)

Fumigante:

El uso de un fumigante (o fumigación) no se ha considerado previamente con composiciones de combustibles complejas, particularmente con composiciones de combustibles que comprenden agua y metanol, y opcionalmente con otros aditivos tal como el DME. Ciertamente no ha habido reportes de una aceptación comercial de tales técnicas. Esto puede deberse al hecho de que podría haberse considerado que sería improbable que tal combustible funcionara bien en absoluto, dado el bajo valor de calentamiento del metanol, el cual además se deteriora al mezclarse con un diluyente de alto calor latente, tal como el agua. El uso de un combustible que contiene un gran componente de agua también es ilógico dado que el agua normalmente se utiliza para apagar incendios en lugar de ayudarles a arder.

Para investigar este espacio se utilizó un motor de un solo cilindro con capacidad similar a la de un cilindro de un motor de 5 litros V8, con inyectores más grandes instalados para superar el bajo valor de calentamiento por litro de algunos de los combustibles a probarse.

Estos inyectores más grandes tuvieron el efecto de reducir la eficiencia del motor, sin embargo, como comparación entre combustibles, proporcionó condiciones reflejadas aplicadas, y la validez de las comparaciones se ha reconocido por los profesionales en pruebas de motores.

5 Inyectores de gran tamaño se requirieron en las condiciones de operación específicas de la prueba, y el motor se operó a altas rpm debido al pequeño tamaño de motor, pero el trabajo posterior puede hacer posible la modificación de estos factores, esto con una reducción consecuente en la cantidad relativa de fumigante (potenciador de encendido) inyectado en el aire de admisión del motor. El trabajo experimental llevado a cabo para soportar esta solicitud se llevó a cabo a 1000 rpm y 2000 rpm, y la última es la velocidad operable más baja del motor Hatz utilizado para el programa.

10 Ejemplo 2: Combustible de 70% de metanol:30% de agua con fumigante

Un combustible que contiene 70% de metanol y 30% de agua, se introduce en el motor de encendido por combustión esquemáticamente representado en la Figura 1.

15 Durante diferentes etapas de operación del motor (arranque, estado de equilibrio a baja carga, estado de equilibrio a 50%-100% de carga total, en reposo, etcétera), el motor puede operarse en diferentes modos, y en combinaciones de modos.

20 En el arranque y en la inactividad inicial, un fumigante con mayor % en peso en relación con el combustible principal es fumigado en la entrada de aire. Un fumigante adecuado para esta etapa de operación comprende 100% de DME.

Después de que el motor esté funcionando y se aumente la carga/rpm, se puede disminuir la cantidad de % de fumigante y/o la cantidad en % de potenciador de encendido en el fumigante.

25 A medida que la velocidad y la carga del motor aumentan a plena carga, el porcentaje en peso de esta composición fumigante con respecto al combustible principal puede disminuir, por ejemplo, hasta 7-9% (véase el gráfico de la figura 2) en peso del combustible principal (100% DME en el fumigante, o base seca (db)).

30 Esto permite el funcionamiento del motor para superar la presencia de agua al nivel del 30% en la composición principal del combustible.

Ejemplo 3: Combustible 95% de metanol: 5% de agua con fumigante

35 El Ejemplo 2 se repite, pero con una composición de combustible principal de 95% de metanol a 5% de agua. Debido al mayor contenido en metanol, en las diferentes etapas de funcionamiento del motor, el porcentaje en peso de fumigante, o el % de DME en el fumigante, se puede disminuir en comparación con el ejemplo 2, por ejemplo, hasta un 2-3% de admisión de combustible a plena carga (como 100% DME).

40 Ejemplo 4: Combustible 99% Metanol: 1% Agua con fumigante

45 Se repite el ejemplo 2 pero con una composición de 99% de metanol a agua 1%. Debido al mayor contenido de metanol, en las diferentes etapas de funcionamiento del motor, el porcentaje en peso % de fumigante o el % de DME en el fumigante, se puede disminuir en comparación con el ejemplo 2, por ejemplo, hasta 0.5% hasta 2% de consumo de combustible a plena carga (como 100% de DME).

Ejemplo 5: Combustible 70% metanol: 30%: agua con método de calor y fumigación

50 Se repite el ejemplo 2, pero con precalentamiento del aire de combustión utilizando los métodos descritos anteriormente a 140°C. Esta modificación disminuye el fumigante requerido a 2-3% en peso en comparación con el 7-9% para el Ejemplo 2.

Ejemplo 6: Combustible 26% metanol: 74 de agua con método de calor y fumigación

55 El Ejemplo 3 se repite, pero con una composición de combustible de 26% metanol a 74% agua. Esta composición del combustible es conveniente para el uso en aplicaciones marinas - para motores de CI de embarcaciones. En este caso, el agua de mar puede utilizarse como disipador de calor si es necesario obtener el nivel requerido de condensación de gases de escape. En una situación marina, para garantizar la seguridad en espacios cerrados a través de la presencia de una fase de vapor no inflamable en derrame, el nivel de agua en la composición del combustible es de aproximadamente 74% (o más), con un 26% (o menos) del combustible que es metanol. Este alto contenido de agua evita el riesgo de ignición que provoca incendios en la sala de máquinas.

65 El combustible es el Ejemplo que puede ser bombeado al tanque de almacenamiento de combustible principal en una composición lista para su uso (es decir con un 74% de agua en la composición de metanol). Alternativamente, se puede bombear una premezcla que tiene un nivel de agua más bajo (en comparación con la composición en uso) en el tanque de almacenamiento y aumenta el nivel de agua a través de la dilución de agua de la premezcla final entre

almacenamiento y carga en el motor. La fuente de agua puede ser cualquier fuente de agua, y puede ser, por ejemplo, agua reciclada o agua desalinizada. Esta opción tiene ventajas con respecto al peso de la composición de combustible llevada en la embarcación.

5 La combustión de este combustible requiere calor a través de los métodos descritos anteriormente. El vapor DME o pulverizador también se fumigará en la entrada de aire para proporcionar medios suficientes para encender el combustible.

10 La cantidad de agua en el gas de escape puede calcularse entre aproximadamente 10-50%. Esto se basa en el agua original en el combustible y el agua que proviene de la combustión del metanol, y DME, así como el agua en el aire de admisión. Este resultado sorprendentemente alto se debe al alto contenido de hidrógeno del metanol (que contiene más hidrógeno sobre una base de volumen que el hidrógeno líquido criogénico), combinado con el alto contenido de agua en el combustible, vapor de agua en productos de combustión de agua y admisión de aire de los combustibles (metanol y DME).

15 Con esta reacción de combustión habrá un exceso de agua generada y existe la oportunidad de capturar una porción de esto para reciclar y mezclar con un combustible de premezcla de contenido bajo de agua almacenado en el tanque de almacenamiento. En algunas realizaciones es ventajoso reducir los costes logísticos de la cadena de suministro asociados con la presencia de agua en el combustible al transportar un combustible de base con un contenido más alto de metanol y cumpliendo con la calidad objetivo del motor a mayores niveles de agua mediante la captura de agua del escape del motor.

20 Una configuración de cámara de pulverización y de intercambio de calor que utiliza agua que puede haberse purificado con aditivos opcionales para la eliminación de especies seleccionadas en la fase final puede configurarse para asegurar que la contaminación por CO<sub>2</sub> procedente de la combustión de metanol es cercana a cero. Además, se puede obtener una limpieza final del gas de escape por adsorción de, por ejemplo, metanol no quemado sobre superficies activadas, para desorción posterior y reciclaje al motor dentro del procedimiento utilizando técnicas conocidas, o para incorporar como parte del fumigante o combustible principal.

25 En términos de SOX, el gas de escape en este caso puede tener el siguiente análisis:

SOX <0.1 ppm.

30 En general, las emisiones de otros contaminantes tales como las partículas de NOX serán mucho más bajas comparadas con los combustibles diésel basados en aceite.

35 Cualquier pequeña cantidad de NOX y SOX formada en la fase de combustión, y la absorción de CO<sub>2</sub> en la fase acuosa, puede dar como resultado una acidez débil del agua que vuelve a mezclarse con el combustible. La mezcla de agua de retorno puede necesitar tratamiento químico o ajuste mecánico para compensar esta débil acidificación.

40 El gas de escape resultante de dicha limpieza ha mejorado las emisiones en comparación con el gasóleo en términos de hidrocarburos, partículas, NOX y SOX, lo que es ventajoso para el medio ambiente.

#### 45 Recuperación de CO<sub>2</sub>

El escape resultante del combustible de alto contenido de agua casi no contiene impurezas, haciéndolo ideal para el procesamiento posterior. En particular, el CO<sub>2</sub> se convierte nuevamente en metanol para reducir directamente los gases de efecto invernadero CO<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub> de alta pureza pueden utilizarse para el crecimiento orgánico, tales como algas para múltiples usos finales, incluyendo la fabricación de metanol, utilizando fuentes de energía que pueden incluir fuentes renovables, etcétera.

50 Separando o purificando el nivel de oxígeno en el aire, el nitrógeno puede ser reducido o eliminado del motor con la consiguiente reducción o eliminación del potencial NOX de la oxidación del nitrógeno. El reciclaje de CO<sub>2</sub> de escape a la admisión de O<sub>2</sub> del motor permitiría la optimización del nivel de oxígeno que entraba en el motor y la generación de CO<sub>2</sub> bastante puro y escape de vapor de agua. Este CO<sub>2</sub> es ideal para procesamiento adicional en metanol o en las aplicaciones antes mencionadas, si se desea.

Ejemplo 7: Combustible compuesto de 10% de agua: 5% de DME: 85% de metanol en peso con fumigante

60 El fumigante como DME al 100% requerido a plena carga puede reducirse a un rango de 1 a 2%.

#### Ejemplo 8: Composiciones de combustible y combinaciones de fumigantes

65 En la siguiente tabla se describen ejemplos de composiciones de combustible metanol/agua y niveles de fumigante correspondientes, que permiten el funcionamiento suave de los motores de encendido por combustión. La tabla está dividida en dos partes: el combustible principal de cada línea numerada se empareja con un fumigante adecuado en la

## ES 2 643 039 T3

- misma línea numerada, aunque son posibles emparejamientos entre combustibles vecinos y fumigantes. Con respecto a la identidad de los diluyentes de combustible, lubricantes, mejoradores del encendido y otros aditivos, éstos se seleccionan de los ejemplos proporcionados en la descripción detallada anterior. El porcentaje de cantidad indicado en la tabla para estos aditivos se refiere a la cantidad de un solo aditivo de esa descripción o al total de los aditivos de dicha descripción cuando se utiliza una combinación de más de un aditivo de esa clase. Ejemplos específicos utilizan azúcar o éster de ácido graso como extensor de combustible, éster de ácido graso o derivado de etanolamina como aditivo lubricante, éter como potenciador de la ignición y aditivos adicionales de color de producto y color de llama como aditivo adicional.
- 5
- 10 En las tablas se indican diversos fumigantes, algunos más bajos en sus propiedades de ignición que los clasificados como componentes de ignición más altos. Los componentes enumerados no son exhaustivos, pueden usarse también otros componentes adecuados enumerados en otra parte de este documento y conocidos por los expertos en la técnica.

Base de combustible completo (% en peso)				Clase de aditivos 1	Clase de aditivos 2	Clase de aditivos 3	Clase de aditivos 4
				Extensores de combustible	Lubricantes	Potenciadores de encendido	Otros
	%de agua	%de metanol	% de aditivos				
<b>COMBUSTIBLE PRINCIPAL</b>							
1.	0.2	91.15	8.65	0.15	1.5	5	2
2.	0.2	89.65	10.15	0.15	3	5	2
3.	0.2	87.65	12.15	0.15	5	5	2
4.	0.2	91.15	8.65	0.15	1.5	5	2
5.	0.2	89.65	10.15	0.15	3	5	2
6.	0.2	81.65	16.15	0.15	5	10	3
7.	0.2	85.15	14.65	0.15	1.5	10	3
8.	0.2	83.65	16.15	0.15	3	10	3
9.	0.2	81.65	16.15	0.15	5	10	3
10.	0.2	85.15	14.65	0.15	1.5	10	3
11.	1	82.85	16.15	0.15	3	10	3
12.	1	94.35	4.65	1.15	1.5	0	2
13.	1	90.85	8.15	2.15	3	0	3
14.	1	88.85	10.15	3.15	5	0	2
15.	1	90.35	8.65	4.15	1.5	0	3
16.	1	88.85	10.15	5.15	3	0	2
17.	1	79.85	19.15	6.15	5	5	3
18.	1	83.35	15.65	7.15	1.5	5	2
19.	1	79.85	19.15	6.15	3	5	3
20.	1	75.85	23.15	9.15	5	5	4
21.	5	73.35	21.65	10.15	1.5	5	5
22.	5	90.35	4.65	1.15	1.5	0	2
23.	5	87.85	7.15	2.15	3	0	2
24.	5	84.85	10.15	3.15	5	0	2
25.	5	82.35	12.65	4.15	1.5	5	2
26.	5	79.85	15.15	5.15	3	5	2
27.	5	70.85	24.15	6.15	5	10	3
28.	5	73.35	21.65	7.15	1.5	10	3
29.	5	65.85	29.15	8.15	3	15	3
30.	5	62.85	32.15	9.15	5	15	3
31.	10	55.35	34.65	10.15	1.5	20	3
32.	10	82.85	7.15	1.15	3	0	3
33.	10	84.35	5.65	2.15	1.5	0	2
34.	10	80.85	9.15	3.15	3	0	3
35.	10	73.65	16.15	4.15	5	5	2
36.	10	75.35	14.65	5.15	1.5	5	3
37.	10	68.85	21.15	6.15	3	10	2
38.	10	64.85	25.15	7.15	5	10	3
39.	10	63.35	26.65	8.15	1.5	15	2
40.	10	59.85	30.15	9.15	3	15	3
41.	15	45.85	39.15	10.15	5	20	4
42.	15	77.35	7.65	1.15	1.5	0	5
43.	15	79.35	5.65	2.15	1.5	0	2

ES 2 643 039 T3

44.	15	76.85	8.15	3.15	3	0	2
45.	15	68.85	16.15	4.15	5	5	2
46.	15	71.35	13.65	5.15	1.5	5	2
47.	15	63.85	21.15	6.15	3	10	2
48.	15	59.85	25.15	7.15	5	10	3
49.	15	57.35	27.65	8.15	1.5	15	3
50.	15	54.85	30.15	9.15	3	15	3
51.	20	41.85	36.15	10.15	5	20	3
52.	20	74.35	5.65	1.15	1.5	0	3
53.	20	71.85	8.15	2.15	3	0	3
54.	20	73.35	6.65	3.15	1.5	0	2
55.	20	64.65	15.15	4.15	3	5	3
56.	20	62.85	17.15	5.15	5	5	2
57.	20	59.35	20.65	6.15	1.5	10	3
58.	20	57.85	22.15	7.15	3	10	2
59.	20	48.85	31.15	8.15	5	15	3
60.	20	52.35	27.65	9.15	1.5	15	2
61.	25	38.85	36.15	10.15	3	20	3
62.	25	64.85	10.15	1.15	5	0	4
63.	25	66.35	8.65	2.15	1.5	0	5
64.	25	68.35	6.65	3.15	1.5	0	2
65.	25	60.85	14.15	4.15	3	5	2
66.	25	57.85	17.15	5.15	5	5	2
67.	25	55.35	19.65	6.15	1.5	10	2
68.	25	52.85	22.15	7.15	3	10	2
69.	25	43.85	31.15	8.15	5	15	3
70.	25	46.35	28.65	9.15	1.5	15	3
71.	30	33.85	36.15	10.15	3	20	3
72.	30	60.85	9.15	1	1.5	5	0
73.	30	63.35	6.65	2.15	1.5	0	3
74.	30	60.85	9.15	3.15	3	0	3
75.	30	57.35	12.65	4.15	1.5	5	2
76.	30	53.85	16.15	5.15	3	5	3
77.	30	46.85	23.15	6.15	5	10	2
78.	30	48.35	21.65	7.15	1.5	10	3
79.	30	41.85	28.15	8.15	3	15	2
80.	30	37.85	32.15	9.15	5	15	3
81.	40	26.35	33.65	10.15	1.5	20	2
82.	40	38.85	21.15	5.15	3	10	3
83.	40	29.85	30.15	6.15	5	15	4
84.	40	26.35	33.65	7.15	1.5	20	5
85.	50	27.85	22.15	5.15	5	10	2
86.	50	24.35	25.65	6.15	1.5	15	3
87.	50	17.85	32.15	7.15	3	20	2
88.	60	16.85	23.15	5.15	5	10	3
89.	60	18.35	21.65	6.15	1.5	10	4
90.	60	17.85	22.15	7.15	5	5	5
91.	10	55.35	34.65	10.15	1.5	20	3
92.	10	82.85	7.15	1.15	3	0	3
93.	10	84.35	5.65	2.15	1.5	0	2
94.	10	80.85	9.15	3.15	3	0	3
95.	10	73.85	16.15	4.15	5	5	2
96.	10	75.35	14.65	5.15	1.5	5	3
97.	10	68.85	21.15	6.15	3	10	2
98.	10	64.85	25.15	7.15	5	10	3
99.	10	63.35	26.65	8.15	1.5	15	2
100.	10	59.85	30.15	9.15	3	15	3
101.	15	45.85	39.15	10.15	5	20	4
102.	15	77.35	7.65	1.15	1.5	0	5
103.	15	79.35	5.65	2.15	1.5	0	2
104.	15	76.85	8.15	3.15	3	0	2
105.	15	66.65	16.15	4.15	5	5	2
106.	15	71.35	13.65	5.15	1.5	5	2

ES 2 643 039 T3

107.	15	63.85	21.15	6.15	3	10	2'
108.	15	59.85	25.15	7.15	5	10	3
109.	15	57.35	27.65	8.15	1.5	15	3
110.	15	54.85	30.15	9.15	3	15	3
111.	20	41.85	38.15	10.15	5	20	3
112.	20	74.35	5.65	1.15	1.5	o	3
113.	20	71.85	8.15	2.15	3	o	3
114.	20	73.35	6.65	3.15	1.5	o	2
115.	20	64.85	15.15	4.15	3	5	3
116.	20	62.85	17.15	5.15	5	5	2
117.	20	59.35	20.65	6.15	1.5	10	3
118.	20	57.85	22.15	7.15	3	10	2
119.	20	48.85	31.15	8.15	5	15	3
120.	20	52.35	27.65	9.15	1.5	15	2
121.	25	38.85	36.15	10.15	3	20	3
122.	25	64.65	10.15	1.15	5	o	4
123.	25	66.35	8.65	2.15	1.5	o	5
124.	25	68.35	6.65	3.15	1.5	o	2
125.	25	60.85	14.15	4.15	3	5	2
126.	25	57.65	17.15	5.15	5	5	2
127.	25	55.35	19.65	6.15	1.5	10	2
128.	25	52.65	22.15	7.15	3	10	2
129.	25	43.85	31.15	8.15	5	15	3
130.	25	46.35	28.65	9.15	1.5	15	3
131.	30	33.85	36.15	10.15	3	20	3
132.	30	60.85	9.15	1.15	5	o	3
133.	30	63.35	6.65	2.15	1.5	o	3
134.	30	60.85	9.15	3.15	3	o	3
135.	30	57.35	12.65	4.15	1.5	5	2
136.	30	53.65	16.15	5.15	3	5	3
137.	30	46.85	23.15	6.15	5	10	2
138.	30	48.35	21.65	7.15	1.5	10	3
139.	30	41.85	28.15	8.15	3	15	2
140.	30	37.85	32.15	9.15	5	15	3
141.	40	23.85	36.15	10.15	3	20	3
142.	40	50.85	9.15	1.15	5	o	3
143.	40	53.35	6.65	2.15	1.5	o	3
144.	40	50.85	9.15	3.15	3	o	3
145.	40	47.35	12.65	4.15	1.5	5	2
146.	40	43.85	16.15	5.15	3	5	3
147.	40	36.85	23.15	6.15	5	10	2
148.	40	38.35	21.65	7.15	1.5	10	3
149.	40	31.85	28.15	8.15	3	15	2
150.	40	27.85	32.15	9.15	5	15	3
151.	50	13.85	36.15	10.15	3	20	3
152.	50	40.85	9.15	1.15	5	o	3
153.	50	43.35	6.65	2.15	1.5	o	3
154.	50	40.85	9.15	3.15	3	o	3
155.	50	37.35	12.65	4.15	1.5	5	2
156.	50	33.85	16.15	5.15	3	5	3
157.	50	26.85	23.15	6.15	5	10	2
158.	50	28.35	21.65	7.15	1.5	10	3
159.	50	21.85	28.15	8.15	3	15	2
160.	50	17.85	32.15	9.15	5	15	3
161.	60	15.85	24.15	10.15	3	8	3
162.	60	30.85	9.15	1.15	5	o	3
163.	60	33.35	6.65	2.15	1.5	o	3
164.	60	30.85	9.15	3.15	3	o	3
165.	60	27.35	12.65	4.15	1.5	5	2
166.	60	23.85	16.15	5.15	3	5	3
167.	60	16.85	23.15	6.15	5	10	2
168.	60	18.35	21.65	7.15	1.5	10	3
169.	60	16.85	23.15	8.15	3	10	2

ES 2 643 039 T3

170.	60	17.85	22.15	9.15	5	5	3
171.	70	18	12	1	3	5	3
172.	70	20.85	9.15	1.15	5	o	3
173.	70	23.35	6.65	2.15	1.5	o	3
174.	70	20.85	9.15	3.15	3	o	3
175.	70	18.35	11.65	4.15	1.5	4	2
176.	70	17.85	12.15	5.15	3	S	3
177.	70	18	12	6.15	5	10	2
178.	70	19	11	7.15	1.5	10	3
179.	70	18	12	8.15	3	15	2
180.	70	18	12	1	5	3	3

ES 2 643 039 T3

		Encendido inferior	Encendido inferior	Encendido superior	Encendido superior	Encendido superior	Agua	Métodos de calor	
	Fumigante Total	Metanol	LPG Butano	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario				
1.	1	0		100			0	no	
2.	1	4		95			1	no	
3.	1	13		85			2	no	1)
4.	1	17		80			3	no	
5.	1	21		75			4	no	
6.	1	25		70			5	no	
7.	2	29		65			6	no	
8.	2	33		60			7	no	2)
9.	1	2			90		8	no	
10.	1	1			90		9	no	
11.	2	0		100			0	no	
12.	2	4		95			1	no	
13.	2	13		85			2	no	
14.	2	17		*		80	3	no	
15.	2	21		75			4	no	
16.	2	25		70			5	no	
17.	2	29		65			6	no	
18.	3	33		60			7	no	
19.	2	2			90		8	no	
20.	2	1			90		9	no	
21.	2	0		100			0	no	
22.	2	4		95			1	no	
23.	2	13		85			2	no	
24.	3	17		80			3	no	
25.	3	21		75			4	no	
26.	3	25		70			5	no	
27.	3	29		65			6	no	
28.	3	33		60			7	no	
29.	2	2			90		8	no	
30.	2	1			90		9	no	
31.	3	0		100			0	no	
32.	3	4		95			1	no	
33.	4	13		85			2	no	

ES 2 643 039 T3

		Encendido inferior	Encendido inferior	Encendido superior	Encendido superior	Encendido superior	Agua	Métodos de calor	
	Fumigante Total	Metanol	LPG Butano	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario				
34.	4	17		80			3	no	
35.	4	21		75			4	no	
36.	4	25	20	50			5	no	
37.	5	29		65			6	no	
38.	5	33		60			7	no	
39.	3	2			90		8	no	
40.	3	1			90		9	no	
41.	4	0		100			0	no	
42.	4	4		95			1	no	
43.	5	13		85			2	no	
44.	5	17		80			3	no	
45.	5	21		75			4	no	
46.	6	25		70			5	no	
47.	6	29		65			6	no	
48.	7	33		60			7	no	
49.	4	2			90		8	no	
50.	4	1			90		9	no	
51.	5	0		100			0	no	
52.	5	4		95			1	no	
53.	6	13		85			2	no	
54.	6	17		80			3	no	
55.	7	21		75			4	no	
56.	7	25		70			5	no	
57.	8	29		65			6	no	
58.	8	33		60			7	no	
59.	6	2			90		8	no	
60.	6	1			90		9	no	
61.	6	0		100			0	no	
62.	6	4		95			1	no	
63.	7	13		85			2	no	
64.	8	17		80			3	no	
65.	8	21		75			4	no	
66.	9	25		70			5	no	
67.	9	29		65			6	no	
68.	10	33		60			7	no	

ES 2 643 039 T3

		Encendido inferior	Encendido inferior	Encendido superior	Encendido superior	Encendido superior	Agua	Métodos de calor	
	Fumigante Total	Metanol	LPG Butano	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario				
69.	7	2			90		8	no	
70.	7	1			90		9	no	
71.	8	0		100			0	no	
72.	8	4		95			1	no	
73.	9	13		85			2	no	
74.	10	17		80			3	no	
75.	11	21		75			4	no	
76.	11	25		70			5	no	
77.	12	29		65			6	no	
78.	13	33		60			7	no	
79.	9	2			90		8	no	
80.	9	1			90		9	no	
81.	11	0		100			0	no	
82.	12	8		90			2	no	
83.	13	13		85			2	no	
84.	12	3		95			2	no	
85.	14	0		100			0	no	
86.	16	13		85			2	no	
87.	15	3		95			2	no	
88.	19	0		100			0	no	
89.	19	0			100		0	no	
90.	19	0			100		0	no	
91.	1	0		100			0	sí	
92.	1	4		95			1	sí	
93.	1	13		85			2	sí	
94.	1	17		80			3	sí	
95.	1	21		75			4	sí	
96.	1	25		70			5	sí	
97.	2	29		65			6	sí	
98.	2	33		60			7	sí	
99.	1	2			90		8	sí	
100.	1	1			90		9	sí	
101.	1	0		100			0	sí	
102.	1	4		95			1	sí	
103.	2	13		85			2	sí	

ES 2 643 039 T3

		Encendido inferior	Encendido inferior	Encendido superior	Encendido superior	Encendido superior	Agua	Métodos de calor	
	Fumigante Total	Metanol	LPG Butano	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario				
104.	2	17		80			3	sí	
105.	2	21		75			4	sí	
106.	2	25		70			5	sí	
107.	2	29		65			6	sí	
108.	2	33		60			7	sí	
109.	1	2			90		8	sí	
110.	1	1			90		9	sí	
111.	2	0		100			0	sí	
112.	2	4		95			1	sí	
113.	2	13		85			2	sí	
114.	2	17		80			3	sí	
115.	2	21		75			4	sí	
116.	2	25		70			5	sí	
117.	3	29		65			6	sí	
118.	3	33		60			7	sí	
119.	2	2			90		8	sí	
120.	2	1			90		9	sí	
121.	2	0		100			0	sí	
122.	2	4		95			1	sí	
123.	2	13		85			2	sí	
124.	3	17		80			3	sí	
125.	3	21		75			4	sí	
126.	3	25		70			5	sí	
127.	3	29		65			6	sí	
128.	3	33		60			7	sí	
129.	2	2			90		8	sí	
130.	2	1			90		9	sí	
131.	3	0		100			0	sí	
132.	3	4		95			1	sí	
133.	3	13		85			2	sí	
134.	3	17		80			3	sí	
135.	4	21		75			4	sí	
136.	4	25		70			5	sí	
137.	4	29		65			6	sí	
138.	4	33		60			7	sí	

ES 2 643 039 T3

		Encendido inferior	Encendido inferior	Encendido superior	Encendido superior	Encendido superior	Agua	Métodos de calor	
	Fumigante Total	Metanol	LPG Butano	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario				
139.	3	2			90		8	sí	
140.	3	1			90		9	sí	
141.	4	0		100			0	sí	
142.	4	4		95			1	sí	
143.	4	13		85			2	sí	
144.	5	17		80			3	sí	
145.	5	21		75			4	sí	
146.	5	25		70			5	sí	
147.	6	29		65			6	sí	
148.	6	33		60			7	sí	
149.	4	2			90		8	sí	
150.	4	1			90		9	sí	
151.	5	0		100			0	sí	
152.	5	4		95			1	sí	
153.	5	13		85			2	sí	
154.	6	17		80			3	sí	
155.	6	21		75			4	sí	
156.	7	25		70			5	sí	
157.	7	29		65			6	sí	
158.	8	33		60			7	sí	
159.	5	2			90		8	sí	
160.	5	1			90		9	sí	
161.	6	0		100			0	sí	
162.	7	4		95			1	sí	
163.	7	13		85			2	sí	
164.	8	17		80			3	sí	
165.	8	21		75			4	sí	
166.	9	25		70			5	sí	
167.	10	29		65			6	sí	
168.	11	33		60			7	sí	
169.	7	2			90		8	sí	
170.	7	1			90		9	sí	
171.	9	0		100			0	sí	
172.	9	4		95			1	sí	
173.	11	13		85			2	sí	

ES 2 643 039 T3

		Encendido inferior	Encendido inferior	Encendido superior	Encendido superior	Encendido superior	Agua	Métodos de calor	
	Fumigante Total	Metanol	LPG Butano	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario				
174.	11	17		80			3	sí	
175.	12	21		75			4	sí	
176.	13	25		70			5	sí	
177.	14	29		65			6	sí	
178.	15	33		60			7	sí	
179.	10	2			90		8	sí	
180.	10	1			90		9	sí	
$\Delta$ % en peso; adicional a la combinación 100% agua/metanol en peso del consumo total de combustible									

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un proceso de energización de un motor de encendido por compresión utilizando un combustible principal que comprende metanol y agua, que incluye:
- 10 fumar una corriente de aire de admisión con un fumigante que comprende un potenciador de ignición; introducir el aire de admisión fumigado en una cámara de combustión del motor y comprimir el aire de admisión; introducir el combustible principal que comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y no más de 20% en peso de dimetil éter en la cámara de combustión; y
- 15 encender la mezcla principal de combustible/aire para así accionar el motor.
2. El proceso de la reivindicación 1, que incluye la fumigación del aire de admisión con el fumigante a una cantidad de 0.5%-70% en peso del combustible principal.
3. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que incluye la fumigación con un fumigante que comprende un éter como potenciador de ignición.
4. El proceso de la reivindicación 3, que incluye la fumigación con un fumigante que comprende dimetil éter.
- 20 5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye la introducción de un combustible principal que comprende entre 12% y 30% en peso de agua, en la cámara de combustión.
6. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que incluye la introducción de un combustible principal que comprende entre 12% y 30% en peso de agua y no más de 20% en peso de aditivos en la cámara de combustión.
- 25 7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el combustible principal comprende un metanol sin purificar y hasta un 60% de aditivos distintos del agua, o el combustible principal comprende un metanol refinado y hasta un 25% de aditivos distintos del agua.
- 30 8. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye precalentar el aire de admisión en la cámara de combustión a entre 50°C y 300°C antes de alimentar el combustible principal a la cámara de combustión.
9. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que incluye proporcionar un precombustible que comprende metanol y éter como potenciador de la ignición, separar el potenciador de ignición del precombustible, fumar la corriente de aire de admisión con el potenciador de ignición separado del precombustible, e introducir el equilibrio del pre-combustible después de la separación del potenciador de encendido en la cámara de combustión como combustible principal.
- 35 10. Uso de un combustible de motor de encendido por compresión como reemplazo completo de combustible diésel tradicional en un motor de encendido por compresión que es fumigado con un fumigante que comprende un potenciador de encendido en una admisión de aire del motor, el combustible comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y uno o más aditivos seleccionados del grupo que consiste en: potenciadores de encendido, extensores de combustible, potenciadores de combustión, aceite absorbente de oxígeno, aditivos lubricantes, aditivos de coloración de productos, aditivos de color de llama, aditivos contra corrosión, biocidas, depresores de punto de congelación, reductores de depósitos, desnaturalizantes, agentes de control del pH y mezclas de los mismos, en los que el combustible comprende no más del 20% en peso de dimetil éter.
- 40 11. El uso de la reivindicación 10, en el que el potenciador de ignición es dimetil éter.
- 45 12. Uso de una composición de combustible de motor de ignición por compresión de dos partes que comprende:
- 50 - una composición de combustible principal que comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y no más de 20% en peso de dimetil éter, y
- 55 - un componente de combustible secundario que comprende un potenciador de la ignición,
- como un reemplazo completo del combustible diesel tradicional en el funcionamiento de un motor de encendido por compresión.
- 60 13. El uso del combustible de ignición por compresión de dos partes de la reivindicación 12 en un motor de encendido por compresión, en el que el combustible principal es introducido en la cámara de combustión del motor de encendido por compresión y el combustible secundario es fumigado en la admisión de aire del motor de encendido por compresión.
14. Un método para suministrar combustible a un motor de encendido por compresión, el método comprende:

## ES 2 643 039 T3

- suministrar una composición principal de combustible que comprende metanol y entre 12% y 40% en peso de agua y no más de 20% en peso de dimetil éter a un primer tanque que está en conexión de fluido con una cámara de combustión del motor de encendido por compresión y
- 5 - suministrar un componente de combustible secundario que comprende un potenciador de encendido a un segundo tanque que está en conexión de fluido con una entrada de aire del motor de encendido por compresión.

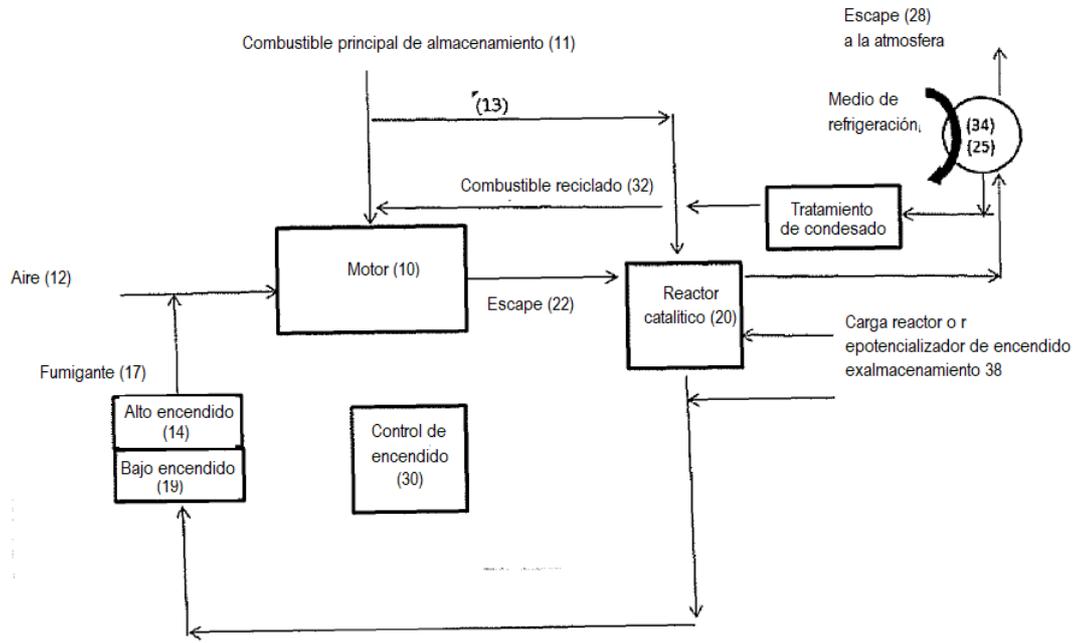


Figura 1

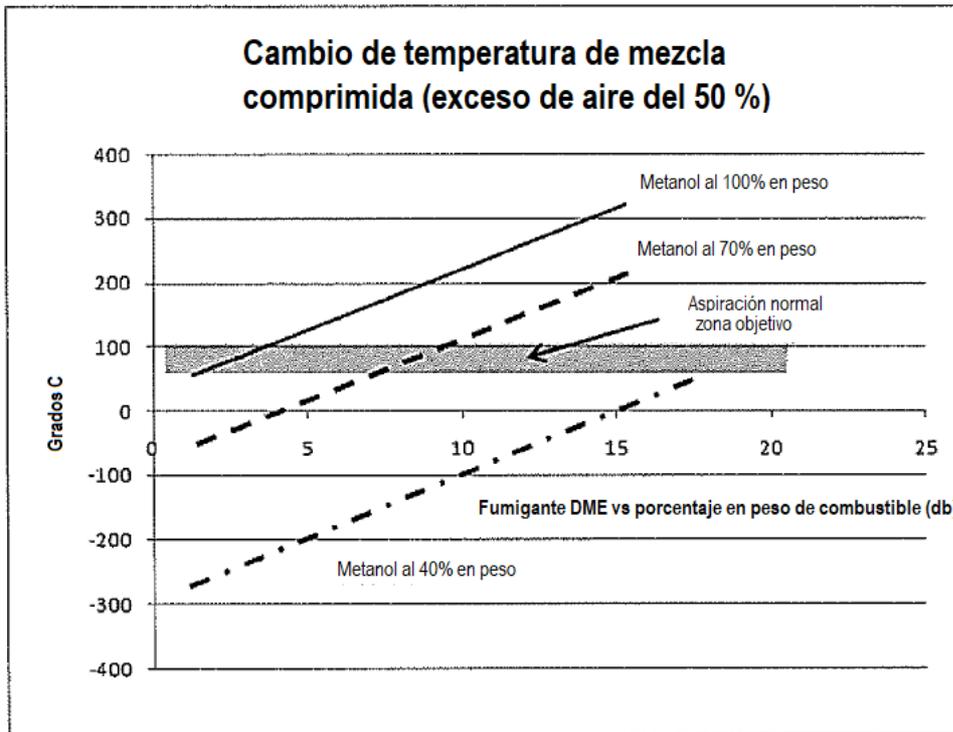


Figura 2

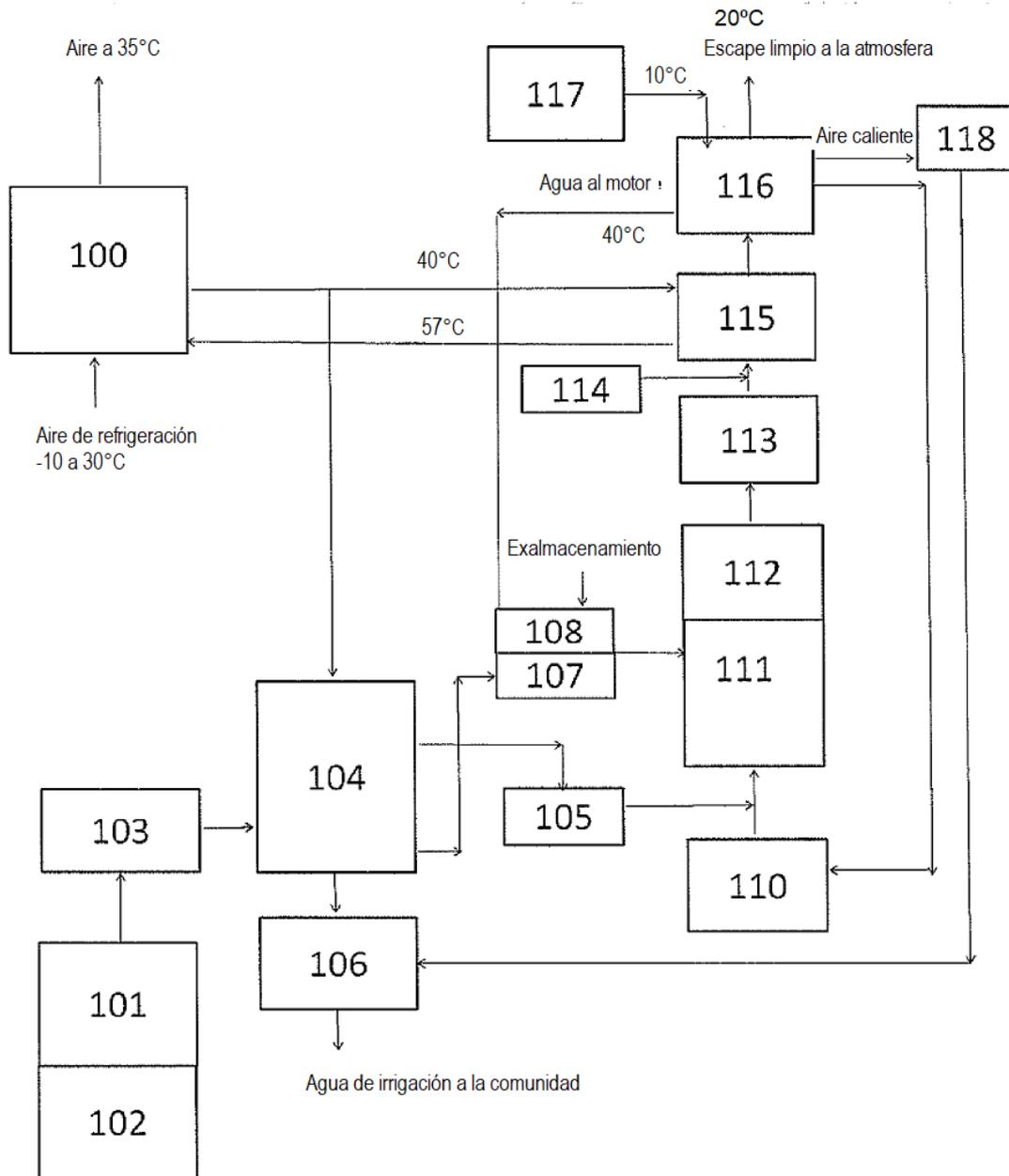


Figura 3A

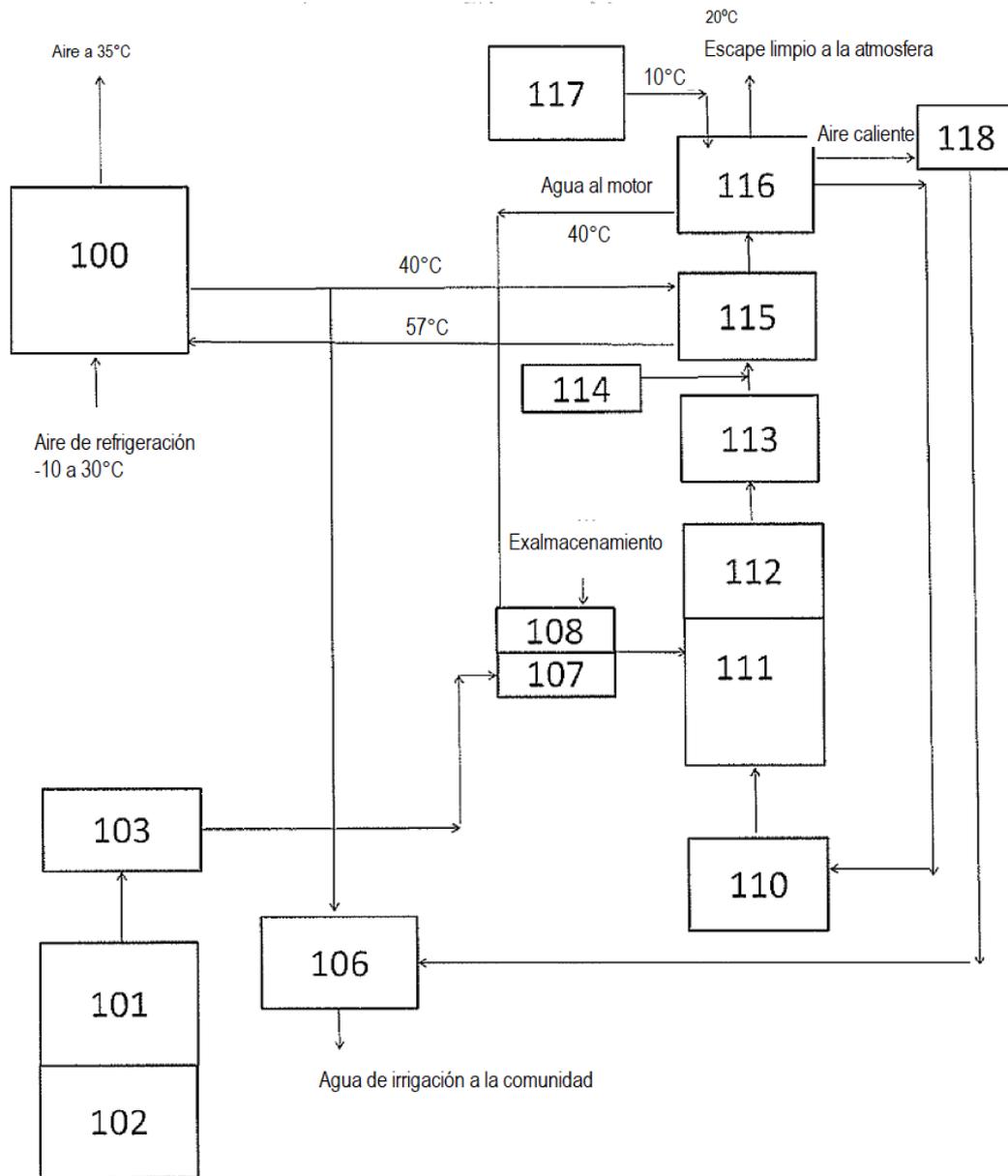


Figura 3B

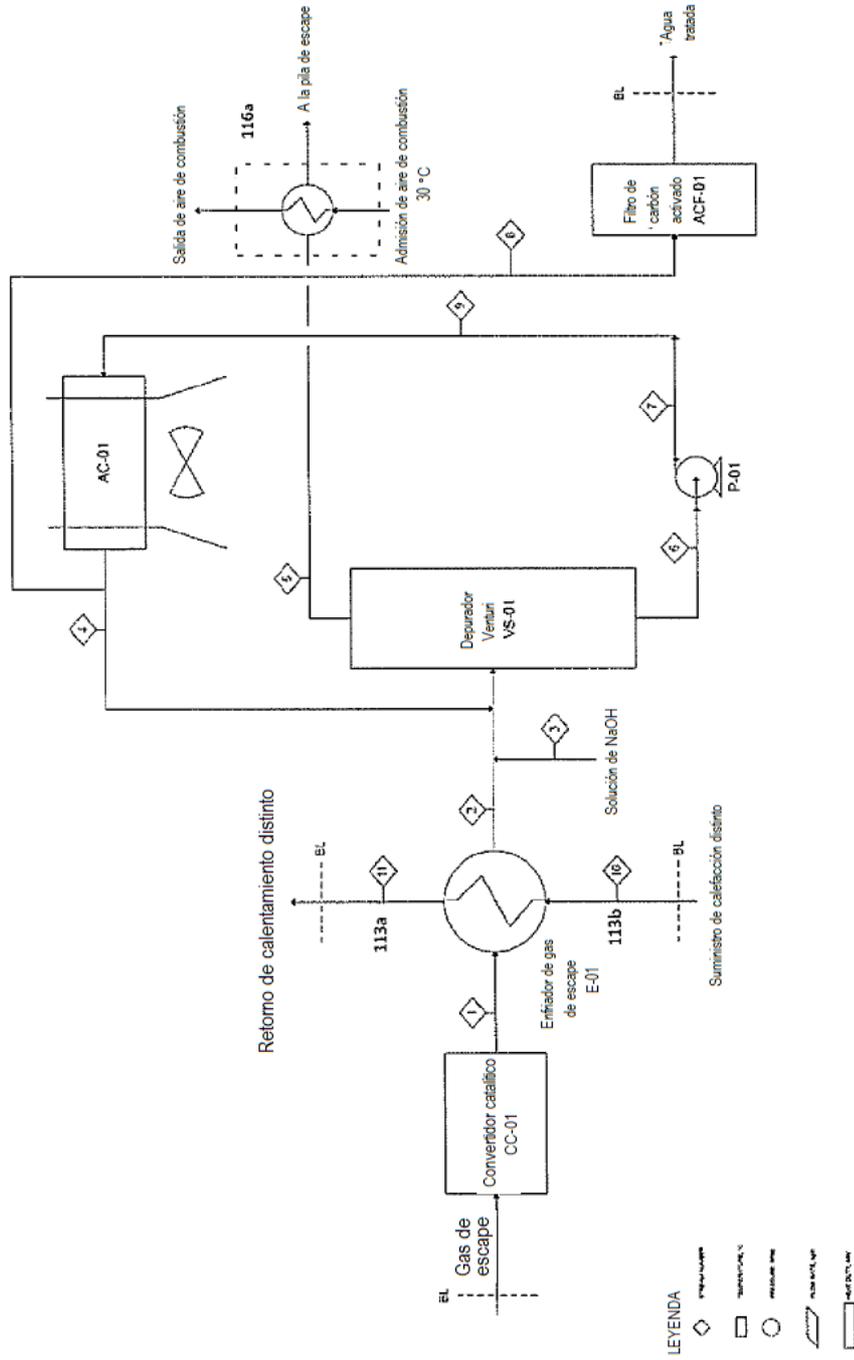


Figura 4A



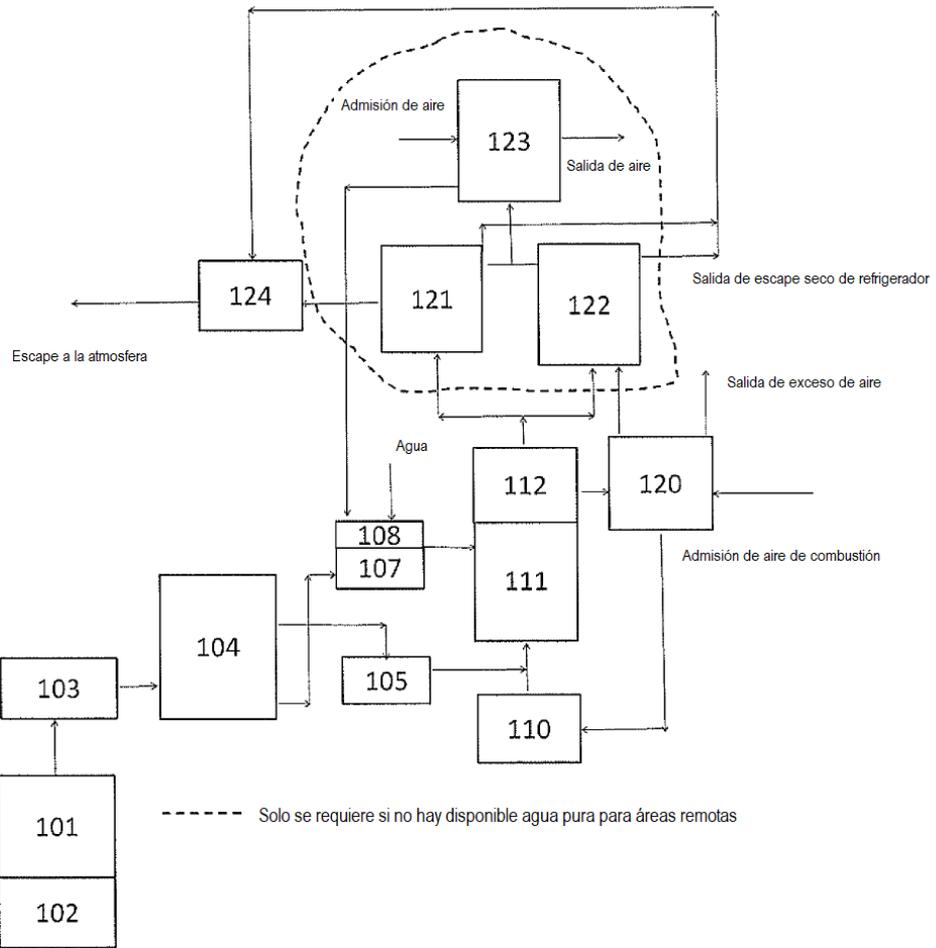


Figura 5A

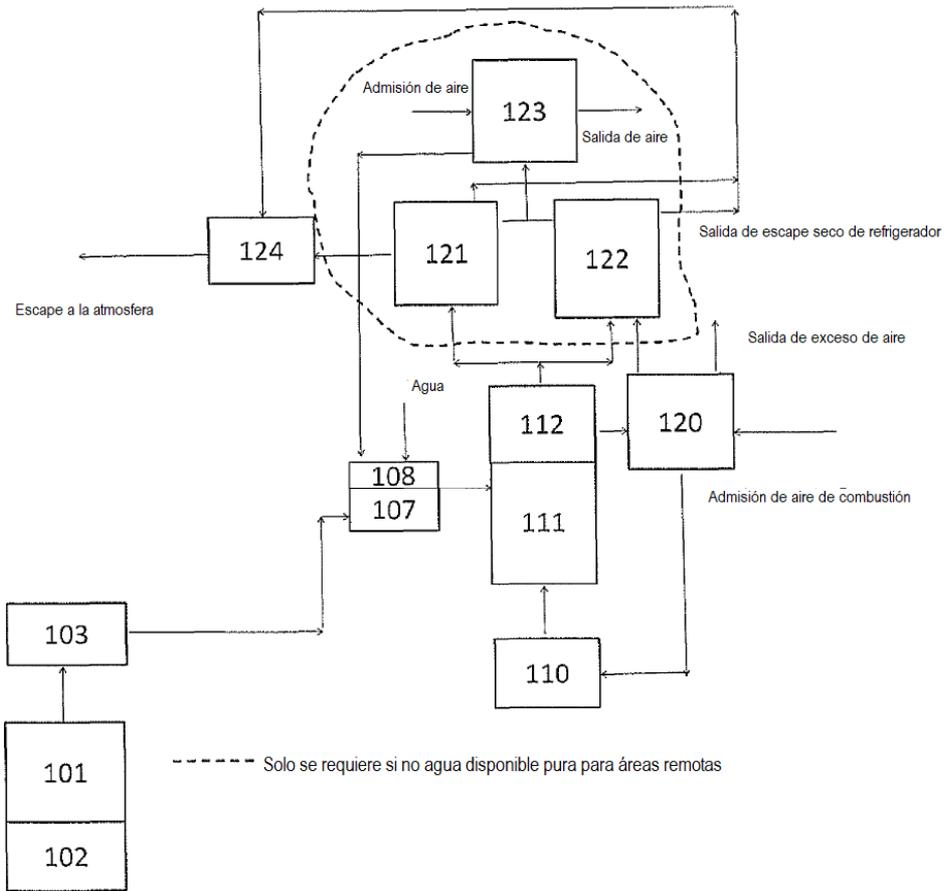


Figure 5B

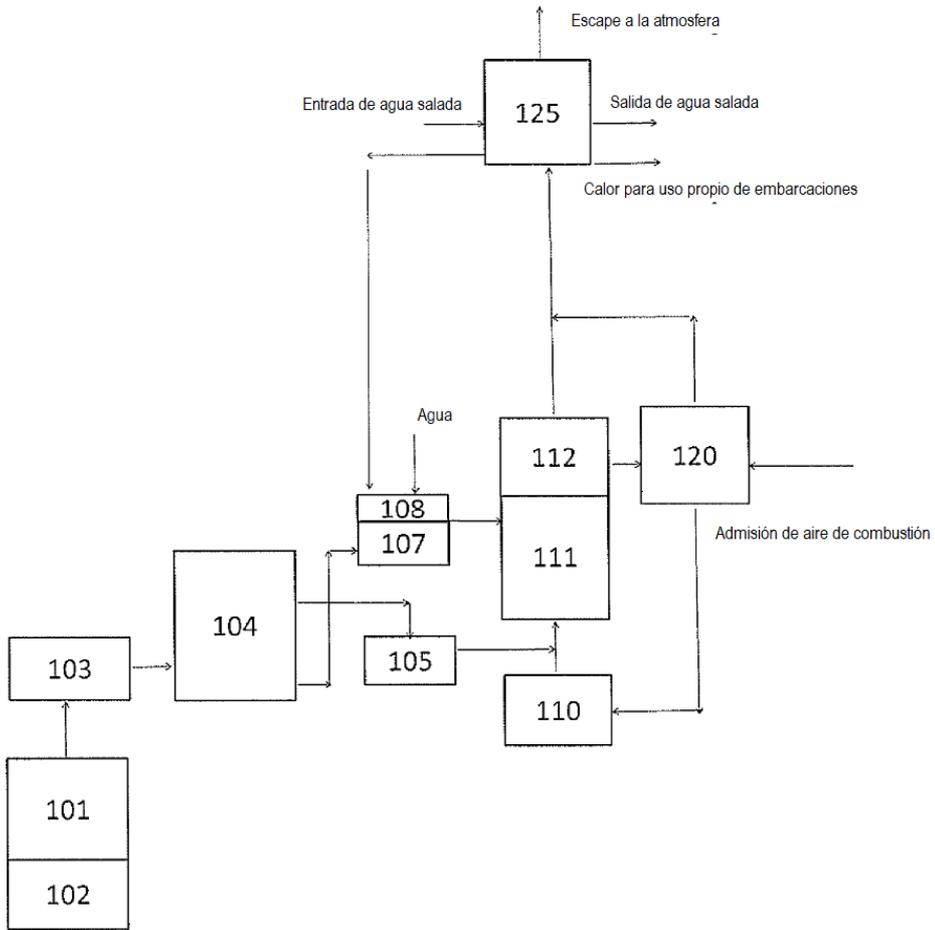


Figura 6A

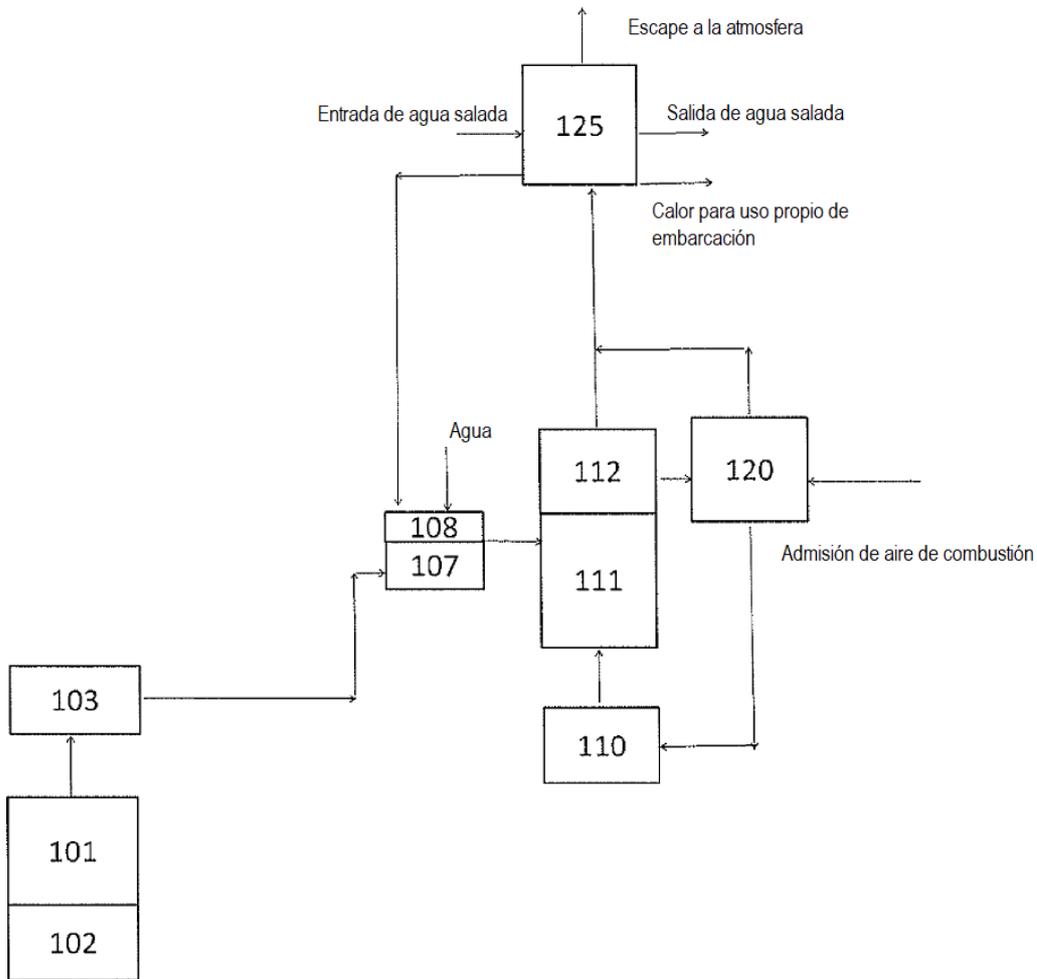


Figura 6B

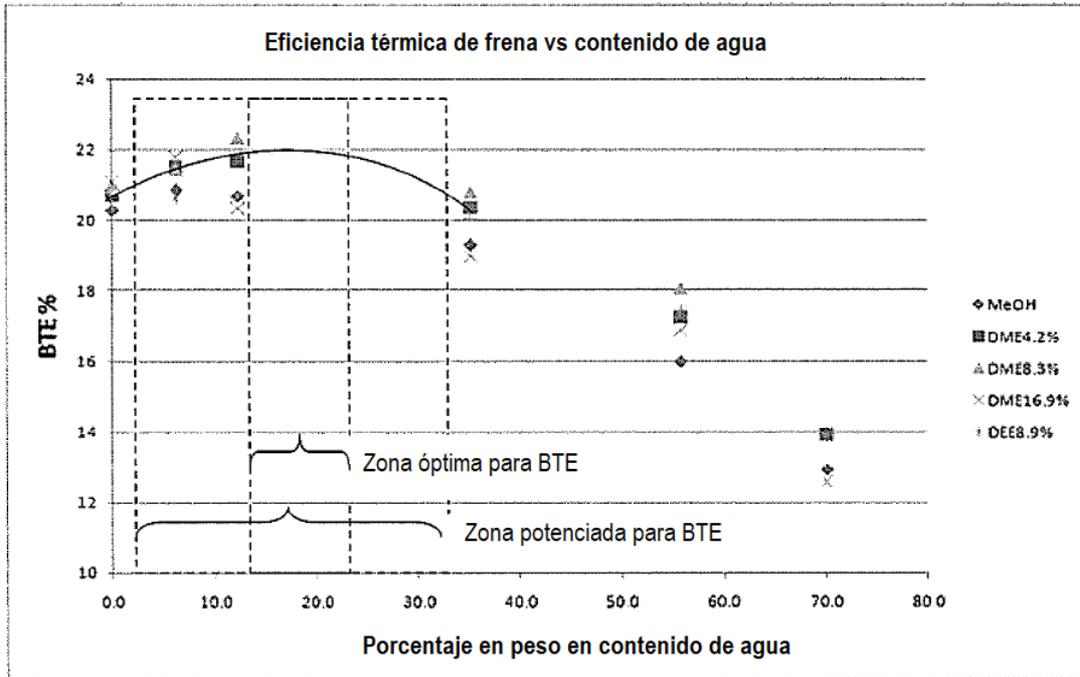


Figura 7

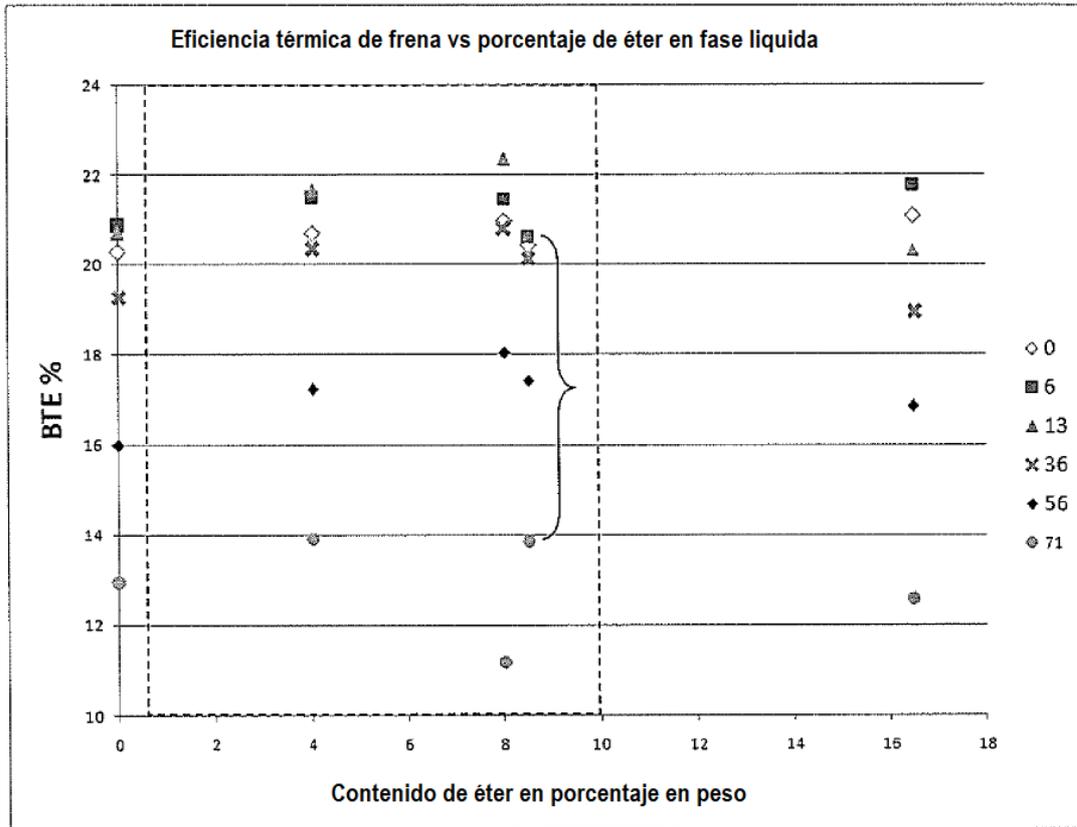


Figura 8

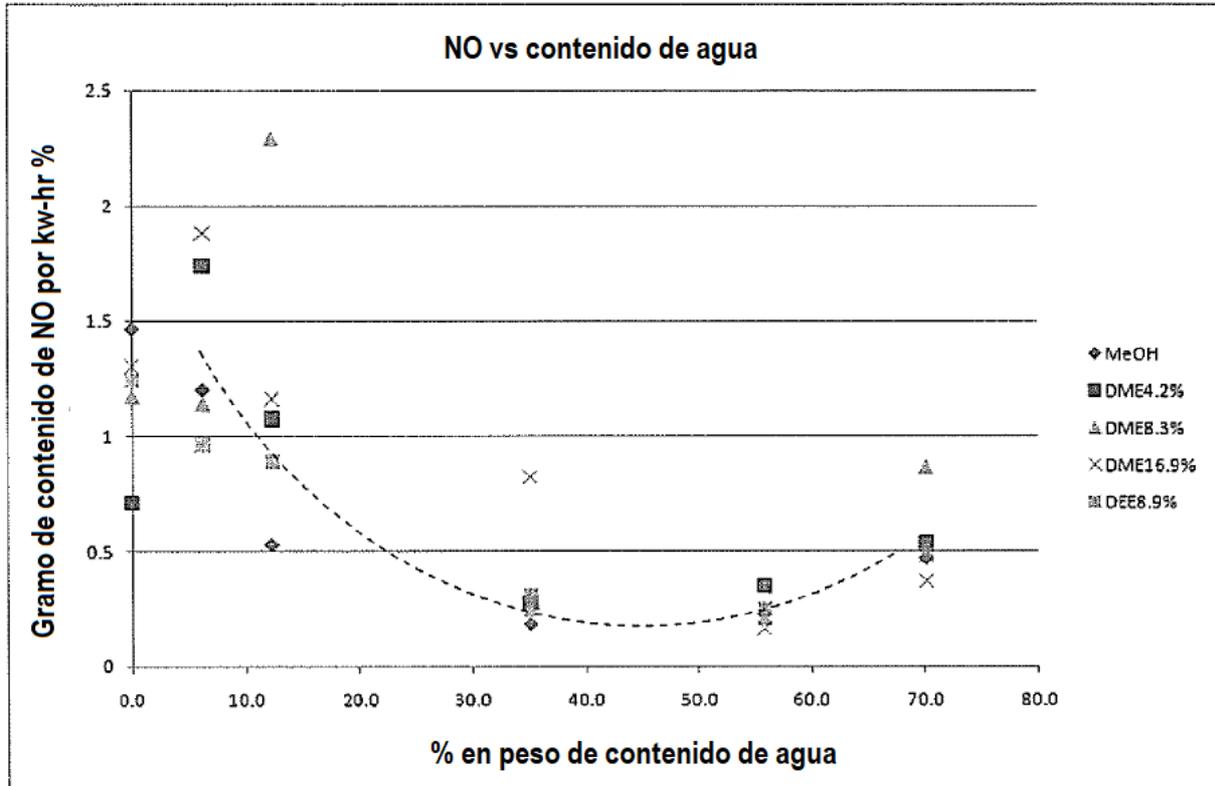


Figura 9



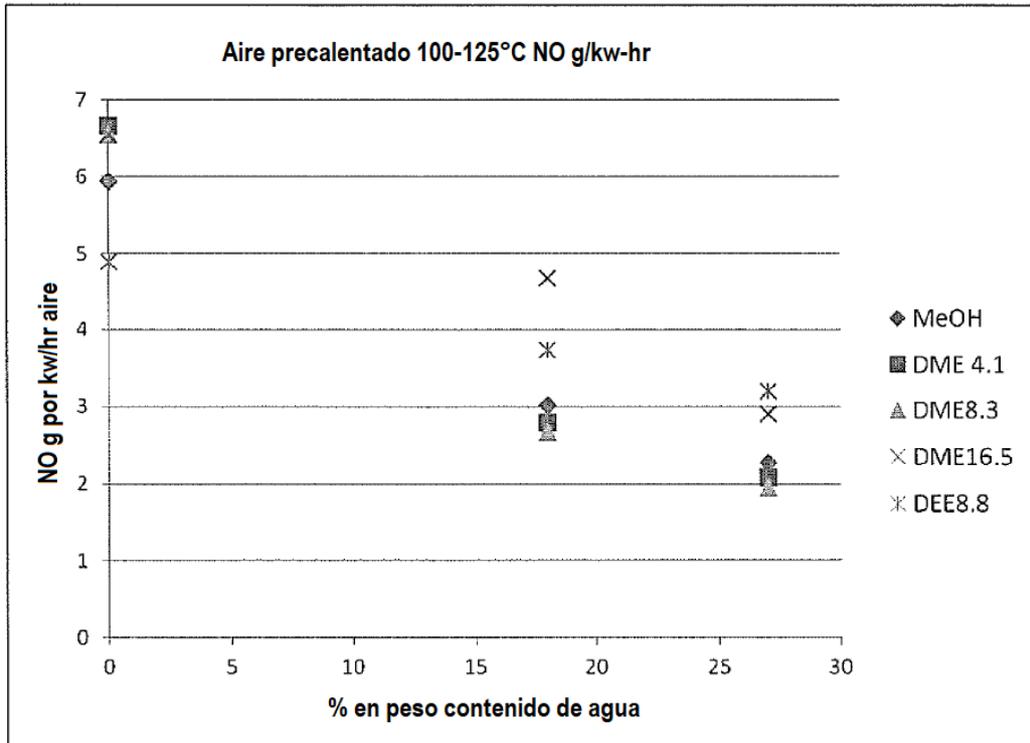


Figura 11