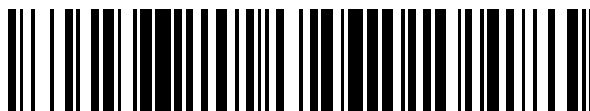


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 139**

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/AU2011/001531**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2012** **WO12068634**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2011** **E 11842584 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018** **EP 2643437**

54 Título: **Uso de un metanol que contiene composición del combustible y proceso para el encendido de 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:

11.04.2018

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 2 663 139 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

Uso de un metanol que contiene composición del combustible y proceso para el encendido de un motor de encendido por compresión

La presente invención se refiere a una nueva composición del combustible y proceso para alimentar un tipo de encendido por compresión de un motor de combustión interna.

Esta solicitud reivindica la prioridad de las solicitudes de patente australianas AU2010905226 y AU2010905225. Esta solicitud también está relacionada con una solicitud internacional titulada "Combustible y proceso para alimentar un motor de encendido por compresión" presentada por el mismo solicitante en este día con una reivindicación de prioridad común.

Antecedentes de la invención

La búsqueda de alternativas del combustible para los combustibles fósiles convencionales está impulsada principalmente por la necesidad de un combustible "limpio" de emisiones junto con bajos costes de producción y amplia disponibilidad. Se presta mucha atención al impacto ambiental de las emisiones del combustible. La investigación sobre combustibles alternativos se centra en los combustibles que reducirán la cantidad de partículas y óxidos producidos por la combustión del combustible, así como los combustibles que reducen el combustible no quemado y las emisiones de CO₂ y otros productos de la combustión.

El manejo de composiciones combustibles respetuosas con el medio ambiente para aplicaciones de transporte se ha centrado en el etanol. Biomateriales, tales como la materia vegetal orgánica, se pueden convertir en etanol, y el etanol producido por dichos procesos se ha utilizado como reemplazo parcial de los combustibles para motores de encendido por chispa. Aunque esto reduce la dependencia de los recursos no renovables para los combustibles, los resultados ambientales derivados del uso de estos combustibles en los motores no han mejorado sustancialmente en un sentido general, con una combustión más limpia compensada por el uso continuo de tales combustibles en motores de encendido por chispa de menor eficiencia, y el impacto ambiental negativo asociado con el uso de energía, tierra cultivable, fertilizantes y agua de riego para crear combustible.

Otras alternativas del combustible para el reemplazo completo o parcial de combustibles tradicionales no se han usado ampliamente.

Una desventaja principal con la sustitución completa de combustibles tradicionales, y en particular combustibles para motores de encendido por compresión (combustibles diésel), con un combustible de sustitución renovable, se relaciona con los problemas percibidos asociados con el bajo índice de cetano de tales combustibles. Tales combustibles presentan problemas para lograr el encendido de la manera requerida para un funcionamiento eficiente del motor.

Los presentes solicitantes también han reconocido que en algunas ubicaciones o entornos remotos, el agua es un recurso escaso, y en tales lugares puede haber una demanda de generación de energía (tal como a través de la generación de electricidad del motor diésel) junto con la captura del agua como subproducto para su reutilización en la comunidad local. Además, el movimiento de energía a granel a través de una tubería de líquido es una técnica de larga duración y rentable para mover grandes cantidades de energía a largas distancias con un impacto visual mínimo, en comparación con las líneas aéreas de transmisión.

Los presentes solicitantes también han reconocido la necesidad en algunas ubicaciones de que el calor generado en tales procesos industriales sea capturado y reutilizado en la comunidad local. En algunos casos, esta necesidad se combina con la necesidad de captura de agua para su reutilización, mencionada anteriormente.

En resumen, existe una necesidad continua de combustibles alternativos para uso en motores de combustión interna. Los combustibles que pueden reducir las emisiones son de interés, especialmente cuando se obtiene un perfil de emisiones mejorado sin un impacto adverso importante sobre la eficiencia del combustible y/o el rendimiento del motor. También existe la necesidad de métodos para alimentar motores de encendido por compresión que permitan que dichos motores funcionen con combustibles de sustitución de diésel que contienen componentes que tradicionalmente no se consideraban adecuados para el uso en tales aplicaciones. Además, se necesitan combustibles para motores diésel y métodos de operación del motor que sean adecuados para su uso en ubicaciones remotas o en entornos ambientalmente sensibles (tal como en ambientes marinos de gran latitud, particularmente en áreas portuarias en términos de emisiones) u otras áreas tales como áreas remotas interiores secas pero frías que pueden aprovechar al máximo todos los subproductos del funcionamiento del motor, incluidos, por ejemplo, los subproductos de calor y agua. Estos objetivos se abordan preferentemente con la menor penalización posible para la eficiencia del combustible y el rendimiento del motor.

El documento US 4603662A divulga un aparato, un método para recuperar agua de los gases de escape del motor. La invención se refiere a un combustible que comprende una mezcla de al menos un alcohol y al menos un éter. El

éter tiene convenientemente un punto de ebullición por debajo de 200°C, preferiblemente por debajo de 100°C. El combustible puede comprender alcoholes y éteres alifáticos inferiores. Se puede hacer funcionar un motor con el combustible inyectando los constituyentes por separado o como una mezcla. El combustible puede contener opcionalmente combustible diésel y/o aceite de ricino.

Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona el uso de una composición del combustible de motor diésel y un proceso que usa la composición del combustible. La composición se define en las reivindicaciones 1 y 7. De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un proceso para alimentar un motor de encendido por compresión que usa un combustible que comprende metanol y agua, que incluye:

precalentar una corriente de aire de admisión, introducir el aire precalentado en una cámara de combustión del motor y comprimir el aire precalentado; e introducir el combustible en la cámara de combustión y encender la mezcla del combustible/aire para accionar el motor.

La invención puede dar como resultado una simplificación y un menor coste de fabricación del combustible y un impacto medioambiental reducido mediante la eliminación de la necesidad de producción de componentes de alta pureza y componentes de subproductos, mediante la aceptación de una combinación de tales componentes en un combustible de acuerdo con los métodos descritos aquí. El costo y el beneficio ambiental también pueden surgir del uso del combustible en climas fríos, ya que el punto de congelación del combustible puede cumplir fácilmente en cualquier ambiente de baja temperatura que pueda encontrarse.

El escape resultante de la combustión del combustible puede contener impurezas bajas, lo que lo hace ideal para el procesamiento posterior. Como ejemplo, el CO₂ se puede convertir de nuevo en metanol para reducir directamente el CO₂ de efecto invernadero o se puede usar CO₂ de alta pureza para el crecimiento orgánico tal como algas para múltiples usos finales, incluida la fabricación de metanol, utilizando fuentes de energía que pueden incluir fuentes renovables, incluyendo la solar.

De acuerdo con una realización, el aditivo comprende éter, a un nivel de hasta 20% en peso del combustible. El éter puede ser dimetiléter.

En algunas realizaciones, el agua generada durante la combustión del combustible puede recuperarse, lo que es una gran ventaja para las áreas remotas donde el agua es escasa. En otros casos, el calor generado en la operación del motor diésel se puede utilizar para los requisitos de calefacción del área local. Algunas realizaciones, tal como se describe a continuación, proporcionan en consecuencia sistemas para la generación de energía a través de la operación de un motor diésel que utiliza la salida de agua y/o calor del motor de una manera adecuada. Se proporciona además un sistema de generación de energía que comprende:

alimentar un motor de encendido por compresión utilizando un combustible de metanol-agua para generar energía; precalentar una corriente de aire de admisión del motor de encendido por compresión, y/o fumar la corriente de aire de admisión con un potenciador de encendido; tratar el gas de escape del motor para recuperar el calor y/o el agua de escape del motor, y redirigir el calor y/o el agua para un uso posterior.

En algunas realizaciones, el calor y/o el agua pueden reciclarse nuevamente al motor para su reutilización. Alternativa o adicionalmente, el calor y/o el agua pueden redirigirse localmente para su uso en otro lugar. En un ejemplo, el calor puede suministrarse a través de un circuito de agua caliente a una comunidad cercana para proporcionar a la comunidad energía en forma de calor, por ejemplo para calentar locales domésticos o comerciales. El motor en este ejemplo podría usarse para generar electricidad para la comunidad, lo que puede ser especialmente beneficioso para las comunidades remotas.

En otras realizaciones, el sistema puede adaptarse a vehículos eléctricos, incluidos vehículos ferroviarios y marítimos. En estas aplicaciones, se trata el escape para eliminar las partículas y recuperar el calor y el agua para su reutilización en el motor y para otros usos según se requiera en el ferrocarril o el vehículo marino.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona adicionalmente un método para transportar una composición previa de combustible de dos partes que comprende metanol y éter, que incluye transportar el combustible previo desde una primera ubicación a una segunda ubicación alejada de la primera ubicación y separar el éter del metanol para producir una primera parte del combustible que comprende metanol, y una segunda parte del combustible que comprende éter. Adicionalmente se proporciona una composición previa de combustible que comprende metanol y hasta 10% en peso de un éter.

De acuerdo con la presente invención, incluso se proporciona además el uso de la composición del combustible diésel descrita anteriormente en el proceso o sistema de generación de potencia descrito anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

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

5 La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para alimentar un motor de encendido por compresión de acuerdo con una realización de la presente invención;

10 La Figura 2 es un gráfico del % en peso de dimetil éter (DME), como potenciador del encendido, que se fumiga en un motor (en comparación con el peso del combustible), trazado contra el cambio de temperatura de la mezcla del combustible comprimido/fumigante/aire, para tres composiciones combustibles (100% de metanol, 70% de metanol: 30% de agua y 40% de metanol: 60% de agua). La gráfica se refiere a un método que puede utilizarse en apoyo de las técnicas de potenciación del encendido descritas a continuación;

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

20 La Figura 3B es un diagrama de flujo similar a la Figura 3A pero que excluye la etapa de fumigar el aire de admisión del motor;

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

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

La Figura 5A es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para alimentar un motor de encendido por compresión para accionar un vehículo sobre raíles y tratar el escape del motor;

30 La Figura 5B es un diagrama de flujo similar a la Figura 5A pero que excluye la etapa de fumigar el aire de admisión del motor;

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

35 La Figura 6B es un diagrama de flujo similar a la Figura 6A pero que excluye la etapa de fumigar el aire de admisión del motor;

40 La Figura 7 es un gráfico que ilustra la Eficiencia Térmica de Frenado de un motor de encendido por compresión con fumigación de DME usando combustibles que contienen cantidades variables de agua y cantidades de metanol, DME y DEE en la fase líquida;

45 La Figura 8 es un gráfico que ilustra la Eficiencia Térmica de Frenado de un motor de encendido por compresión que usa combustibles que contienen cantidades variables de éter como potenciador del encendido, y que utiliza DME como fumigante;

La Figura 9 es un gráfico que ilustra la salida de escape de NO de un motor de encendido por compresión que usa combustibles que contienen cantidades variables de agua y que utiliza DME como fumigante;

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

La Figura 11 es un gráfico que ilustra la reducción en la salida de escape de NO de un motor de encendido por compresión aumentando la cantidad de agua en el combustible de metanol-agua.

55 Descripción detallada

60 El combustible y el proceso descritos en este documento son adecuados para alimentar motores de encendido por compresión (CI). En particular, el combustible y el proceso son los más adecuados, pero no se limitan a, motores de CI que operan a bajas velocidades, como 1.000 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.

65 El combustible es por lo tanto adecuado para motores diésel más grandes, tales como los que operan en barcos y trenes, y en plantas generadoras de energía eléctrica. Las velocidades más lentas en motores de CI más grandes permiten haya tiempo suficiente para que se complete la combustión de la composición del combustible seleccionada y para que se evapore un porcentaje suficientemente alto del combustible para lograr una operación

eficiente.

Sin embargo, se entiende que el combustible y el proceso descritos en este documento podrían funcionar con motores de CI más pequeños que funcionan a velocidades más altas. De hecho, el trabajo de prueba preliminar se llevó a cabo en un pequeño motor de CI que funcionaba a 2.000 rpm y 1.000 rpm, lo que demuestra que el combustible también es capaz de alimentar motores de mayor velocidad. En algunos casos, los ajustes pueden ayudar al uso del combustible y el proceso en motores de CI más pequeños (rpm más altas), y algunos de estos se detallan a continuación.

Composición del combustible

La composición del 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 diésel.

Hasta la fecha, el metanol no ha encontrado aplicación comercial en motores de encendido por compresión. Las desventajas con el uso de metanol como combustible para motor, puro o mezclado, resaltan por su bajo índice de cetano, que está en el intervalo de 3 a 5. Este bajo índice de cetano hace que el metanol sea difícil de encender en un motor de CI. La mezcla de agua con metanol reduce aún más el índice de cetano del combustible, haciendo que la combustión del combustible que es una mezcla metanol/agua sea aún más difícil, y por lo tanto se hubiera considerado inadecuado combinar agua con metanol para usar en motores de CI. El efecto del agua después de la inyección del combustible es el enfriamiento a medida que el agua se calienta y se evapora, reduciendo aún más la efectividad del cetano.

Sin embargo, se ha encontrado que una combinación del combustible metanol-agua puede usarse en un motor de encendido por compresión de una manera eficiente y con emisiones de escape más limpias, siempre que la corriente de aire de admisión introducida en la cámara de combustión del motor sea precalentada suficientemente. Otros factores mencionados a continuación también contribuyen a maximizar la operación efectiva de un motor de CI con este combustible. Como medida secundaria, la corriente de aire de admisión se puede fumigar adicionalmente con un fumigante que comprende un potenciador del encendido.

El combustible puede ser un combustible homogéneo o un combustible monofásico. El combustible típicamente no es un combustible de emulsión que comprende fases orgánicas y acuosas separadas emulsionadas juntas. Por lo tanto, el combustible puede ser libre de emulsionantes. La acomodación de componentes aditivos en el combustible es asistida por las propiedades de doble solvencia de ambos, metanol y agua, lo que permitirá la disolución de una gama más amplia de materiales a través de las diversas relaciones agua:metanol que pueden ser utilizadas.

Sorprendentemente, se ha encontrado que una nueva composición del combustible particular basada en metanol y un nivel de agua relativamente alto se puede usar como combustible para motores de encendido por compresión. El combustible puede ser denominado como un combustible diésel. Aunque se han descrito anteriormente algunas composiciones combustibles basadas en metanol y agua, no se ha demostrado que los combustibles de este tipo que contienen altos niveles de agua sean capaces de operar un motor de encendido por compresión. Específicamente, los combustibles de metanol con un componente de agua solo se han descrito para usarse como combustible para calefacción o para cocinar, donde el combustible se quema para generar calor. Los principios que se aplican a los combustibles de motores diésel son muy diferentes, ya que el combustible debe encenderse bajo compresión en el motor de encendido por compresión. Muy poco, si acaso, puede deducirse de las referencias al uso de metanol y otros componentes en los combustibles para cocinar/calentar. Sin embargo, las técnicas descritas en este documento permiten que los nuevos combustibles descritos en la presente memoria operen un motor de encendido por compresión.

De acuerdo con una realización, el aditivo comprende éter, a un nivel de hasta 20% en peso del combustible. El éter puede ser dimetil éter o dietil éter.

El nivel de agua puede estar por encima del 20% en peso de la composición del combustible en algunas realizaciones. El nivel mínimo de agua de algunas realizaciones se describe a continuación. Por ejemplo, el nivel mínimo de agua puede ser mayor al 25%, mayor al 30%, mayor al 35%, en peso del combustible.

Hasta el momento no se ha establecido que tales composiciones combustibles diésel metanol-agua de alto contenido de agua sean capaces de operar un motor de encendido por compresión. Sin embargo, estas composiciones combustibles de metanol y agua con alto contenido de agua descritas en este documento pueden operar un motor de encendido por compresión, particularmente cuando ese motor se opera de acuerdo con el proceso descrito en este documento. Esto puede involucrar el precalentamiento del aire de admisión o la fumigación del aire de admisión con un fumigante.

Todas las cantidades a las que se hace referencia en este documento son por referencia al peso, a menos que se especifique lo contrario. Cuando se describe una cantidad porcentual de un componente en la composición del combustible principal, esta es una referencia al porcentaje de ese componente en peso de la composición del

combustible. Cuando se utiliza un fumigante, este no se considera parte de la composición del combustible en sí, por lo que la composición del combustible en este contexto se lee excluyendo el fumigante.

En general, la cantidad relativa de agua a metanol en la composición del combustible puede estar en el intervalo de 0,2: 99,8 a 80:20 en peso. Según algunas realizaciones, el nivel mínimo de agua (en relación con el 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 (con respecto al metanol) en la composición de acuerdo con algunas realizaciones es 80:20, tal como 75:25, 70:30, 60:40, 50:50 o 40:60. Se puede considerar que la cantidad relativa de agua en la composición está en el intervalo de nivel de agua "bajo a medio", o en un intervalo de nivel de "agua medio a alto". El intervalo de nivel de "agua bajo a medio" cubre el intervalo desde cualquiera de los niveles mínimos indicados anteriormente hasta 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 desde 20:80, 21:79, 25:75, 30:70, 40:60, 50:50, 56:44 o 60:40 hasta un máximo de uno de los límites superiores indicados arriba. Un intervalo típico de nivel de agua bajo/medio es de 2:98 a 50:50, y un intervalo típico de nivel de agua medio/alto es de 50:50 a 80:20. Un intervalo típico de bajo nivel de agua es de 5:95 a 35:65. Un intervalo típico de nivel de agua medio es de 35:65 a 55:45. Un intervalo típico de nivel de agua alto es de 55:45 a 80:20. El nuevo combustible diésel de alto contenido de agua de la presente invención puede contener las cantidades relativas anteriores de agua y metanol, con la condición de que el combustible tenga las características del combustible descrito previamente (tal como el contenido mínimo de contenido de agua del 20%).

Considerado en términos del porcentaje de agua en la composición del combustible (principal) completa en peso, la cantidad relativa de agua en la composición del combustible principal puede ser un mínimo de al menos 3%, al menos 4%, al menos 5%, al menos 6%, al menos 7%, al menos 8%, al menos 9%, al menos 10%, al menos 11%, al menos 12%, al menos 13%, al menos 14%, al menos 15 %, al menos 16%, al menos 17%, al menos 18%, o al menos 19%, al menos 20%, al menos 22% en peso, al menos 25%, al menos 30%, al menos 35%, de agua en peso de la composición del combustible. A medida que aumenta el peso del agua en la composición del combustible principal, es cada vez más sorprendente que la fumigación del aire de admisión con un fumigante supere la penalización del agua en el combustible en términos de encendido, con un funcionamiento suave en términos de COV de IMEP y produciendo potencia neta. La cantidad máxima de agua en la composición del combustible puede ser del 40%, 35%, 32%, 30%, 25%, 23%, 20%, 15% o 10% en peso. Cualquiera de los niveles mínimos puede combinarse con un nivel máximo sin limitación, salvo el requisito de que el nivel mínimo sea inferior al nivel máximo de agua.

Con base a los resultados de prueba reportados en los Ejemplos, para una eficiencia térmica deseable (BTE), la cantidad de agua en la composición del combustible en algunas realizaciones está entre 0,2% y 32% en peso. La zona óptima para un máximo en la eficiencia térmica para un combustible de motor de encendido por compresión de metanol-agua está entre 12% y 23% de agua en la composición del combustible principal, en peso. El intervalo puede reducirse gradualmente desde el más amplio al más estrecho de estos dos intervalos. En algunas realizaciones, esto se combina con una cantidad de potenciador de encendido en la composición del combustible que no es mayor al 15% en peso de la composición del combustible principal. Los detalles de los potenciadores de encendido se detallan 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 del combustible en algunas realizaciones está entre 22% y 68% en peso. La zona óptima para una reducción máxima en las emisiones de NOx está entre 30% y 60% de agua en peso de la composición del combustible principal. El intervalo puede reducirse gradualmente desde el más amplio al más estrecho de estos dos intervalos. Como NO es el principal componente de emisión de NOx, se puede hacer referencia a las emisiones de NO como la mayor proporción de, o indicativa de, las emisiones totales de NOx.

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

En los combustibles en general para uso en el proceso descrito en la presente memoria, la cantidad de metanol en la composición total del combustible es preferiblemente al menos 20% en peso de la composición del combustible. Según algunas realizaciones (tal como la nueva realización de la composición del combustible diésel de metanol y agua de alto contenido en agua), la cantidad de metanol en la composición del combustible es al menos 30%, al menos 40%, al menos 50%, al menos 60% o al menos el 70% de la composición del combustible. En general, los combustibles para uso en el proceso descrito en la presente memoria, la cantidad de agua en la composición total del combustible puede ser al menos 0,2%, al menos 0,5%, al menos 1%, al menos 2%, al menos 3%, al menos 4%, al menos 5%, al menos 6%, al menos 7%, al menos 8%, al menos 9%, al menos 10%, al menos 11%, al menos 12%, al menos 13%, al menos 14%, al menos 15%, al menos 16%, al menos 17%, al menos 18%, al menos 19%, al menos 20%, al menos 25%, al menos 30%, al menos 35%, al menos 40%, al menos 45%, al menos 50%, al menos 55%, al menos 60%, al menos 65% y al menos 70%. Para la nueva realización de la composición del combustible de diésel-metanol con alto contenido de agua, el nivel de agua es al menos 20% en peso de la composición del combustible. El encendido de dicho combustible con niveles de agua más altos se puede lograr a través del aumento

de la temperatura del aire que ingresa al motor. Se puede obtener una mejora adicional de las propiedades de encendido mediante el uso de un fumigante que puede encenderse antes de la inyección del combustible, creando así condiciones de temperatura más elevadas después de que se inyecta el combustible, para que tenga lugar el encendido. A medida que aumenta el peso del agua en la composición del combustible, es cada vez más sorprendente que las técnicas de mejora del encendido descritas anteriormente superen la penalización del agua en el combustible.

La cantidad combinada de metanol y agua en la composición del combustible total puede ser al menos 75%, tal como al menos 80%, al menos 85%, o al menos 90% en peso de la composición del combustible. La composición del combustible 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 del combustible. En algunas realizaciones, el nivel total o combinado de aditivos no es más del 5% de la composición del combustible. En algunas realizaciones, tales como la nueva composición del combustible diésel con alto contenido de agua, el aditivo constituye al menos 0,1% en peso del combustible. En la nueva composición del combustible diésel de alto contenido de agua, si está presente cloruro de sodio, el nivel de este aditivo está presente en un nivel de no más de 0,5% en peso del combustible, y si está presente un saborizante, el nivel de saborizante es no más del 1,5% de la composición.

El metanol para uso en la producción de la composición del combustible puede provenir de cualquier fuente. Como un ejemplo, el metanol puede ser un metanol fabricado o desechado, o un metanol ordinario o semirrefinado, o un metanol sin refinar. El metanol ordinario o residual o semirrefinado podría contener principalmente metanol, siendo el resto agua y cantidades de alcoholes superiores, aldehídos, cetonas u otras moléculas de carbono y oxígeno que surgen durante el curso normal de la fabricación de metanol. El metanol residual puede o no ser adecuado dependiendo de los grados y tipos de contaminación. Las referencias en las secciones anteriores a las relaciones de metanol y agua, o cantidades de metanol en la composición del combustible en peso, se refieren a la cantidad de metanol en la fuente de metanol. Por lo tanto, cuando 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 del combustible es del 50%, entonces se considera que la cantidad real de metanol es 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 del combustible, y las otras impurezas se tratan como aditivos cuando se evalúan las cantidades relativas de los componentes en los productos, a menos que se especifique lo contrario. Los alcoholes superiores, aldehídos y cetonas que pueden estar presentes en el metanol sin purificar pueden funcionar como aditivos solubles que aumentan el combustible.

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 contener hasta un 35% de impurezas que no son agua. El contenido de metanol del metanol sin purificar puede ser del 95% o menos. El metanol sin purificar se puede usar directamente en el combustible sin más refinación. Las impurezas típicas que no son agua incluyen alcoholes superiores, aldehídos, cetonas. El término "metanol sin purificar" incluye metanol residual, metanol ordinario y metanol semirrefinado. Una ventaja particular de esta realización es que el metanol sin purificar que contiene impurezas en niveles superiores se puede usar directamente en el combustible para un motor de CI sin una refinación costosa. En este caso, los niveles de aditivos (es decir, impurezas de metanol sin purificar y otros aditivos de la composición del combustible, excluyendo el agua) pueden ser de hasta el 60% de la composición del combustible (incluidas las impurezas en el metanol sin purificar). Para las composiciones combustibles que usan metanol de alta pureza (tal como 98% en peso o un % superior de metanol puro) como fuente, el nivel total de aditivos puede ser menor, tal como no más del 25%, no más del 20%, no más de 15% o no más de 10%.

Se puede usar cualquier tipo de agua de una calidad adecuada como fuente de agua para la producción de la composición del combustible. La fuente de agua puede ser agua incluida como parte del metanol ordinario no destilado, o agua reciclada, o agua sin purificar o contaminada (por ejemplo, agua de mar que contiene sales) purificada mediante ósmosis inversa, purificada mediante sustancias activadas tales como carbón activado, o tratamiento químico adicional, desionización, destilación o técnicas de evaporación. El agua puede provenir de una combinación de estas fuentes. Como un ejemplo, la fuente de agua puede ser agua recuperada del escape rico en agua del motor de encendido por combustión. Esta agua puede recuperarse a través de intercambiadores de calor y cámaras de atomización u otras operaciones similares. Esta técnica de recuperación y reutilización permite la limpieza de las emisiones de escape. El agua en este caso se recicla al motor con o sin cualquier combustible no quemado capturado. Los hidrocarburos o partículas u otros productos de combustión son devueltos al motor y reciclados hasta su eliminación por etapas de combustión en un circuito, o tratados por medios de purificación conocidos. El agua puede ser en algunas realizaciones agua salada, tal como agua de mar, que se ha purificado para eliminar la sal de la misma. Esta realización es adecuada para aplicaciones marinas, como en motores de CI marinos, o para el funcionamiento de motores de CI en ubicaciones de islas remotas.

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

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

Los aditivos que pueden estar presentes en la composición del combustible pueden seleccionarse de una o más de las siguientes categorías, pero no de forma exclusiva:

1. Aditivos mejoradores de encendido. Estos también pueden denominarse potenciadores de encendido. Un mejorador de encendido es un componente que promueve el inicio de la combustión. Las moléculas de este tipo son inherentemente inestables, y esta inestabilidad conduce a una reacción de "autoinicio" que conduce a la combustión de los otros componentes del combustible (por ejemplo, metanol). El mejorador del encendido puede seleccionarse a partir de materiales conocidos en la técnica que tienen propiedades potenciadoras del encendido, tales como éteres (incluyendo éteres C1-C6 tales como éter dimetílico), 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 dispersas presentes en la zona de combustión después de la evaporación de los componentes líquidos del combustible antes del encendido pueden o no tener un papel como iniciadores de la combustión, sin embargo tales especies presentes pueden contribuir a una combustión más completa y rápida de la mezcla total de aire/combustible.

Aunque se pueden incorporar mejoradores de encendido adicionales en el combustible, las técnicas descritas en este documento facilitan el encendido en todo el intervalo operativo del motor sin tales adiciones. Por lo tanto, de acuerdo con algunas realizaciones, el combustible está libre de aditivos mejoradores del encendido. En otras realizaciones, el combustible está libre de DME (aunque puede contener otros mejoradores del encendido). En el caso del dimetil éter como mejorador del encendido, según algunas realizaciones, menos de 20%, menos de 15%, menos de 10%, menos de 5%, menos de 3%, menos de 1% o no está presente el dimetil éter en la composición del combustible. En algunas realizaciones, la cantidad de éter (de cualquier tipo, tal como dimetil o dietil éter) en la composición del combustible principal es menor al 20%, menor al 15%, menor al 10%, menor al 5%.

En algunas realizaciones, al menos el 80% del potenciador del encendido presente en la composición del combustible es proporcionado por uno o como máximo dos productos químicos específicos, por ejemplo, dimetil éter y dietiléter. En una realización, un potenciador de encendido de una única identidad química está presente en la composición del combustible principal. En una realización, al menos el 80% del potenciador del encendido en la composición del combustible está constituido por un potenciador del encendido de una única identidad química. En cada caso, el potenciador único de encendido que constituye el potenciador del encendido, o el componente potenciador del encendido > 80% puede ser dimetiléter. En otras realizaciones, el potenciador del encendido comprende una mezcla de tres o más potenciadores del encendido.

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

2. Suplemento del combustible. Un diluyente del combustible es un material que proporciona energía térmica para accionar el motor. Los materiales utilizados como diluyentes del combustible pueden tener este propósito como el principal para su inclusión en la composición del combustible, o un material aditivo puede proporcionar esta función y otra función.

Ejemplos de tales diluyentes del combustible son:

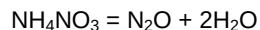
a) Carbohidratos. Los carbohidratos incluyen azúcares y almidón. El carbohidrato se puede incluir para propósitos de dilución del combustible, aunque también puede funcionar como un mejorador del encendido y/o un mejorador de la combustión. El carbohidrato es preferiblemente soluble en agua/metanol, con niveles de agua más altos que acomodan una mayor disolución de azúcar en el combustible. Una composición del combustible de agua enriquecida (una sola fase) permite la disolución del carbohidrato, tal como azúcar, sin embargo, como el solvente líquido (agua/metanol) en la composición del combustible se evapora en el motor, el soluto del carbohidrato puede formar partículas de tamaño micro-finas suspendidas en una gran área superficial de baja composición LEL (límite explosivo inferior) que se descompondrán/reaccionarán en las condiciones del motor, mejorando la inflamabilidad de la mezcla del combustible. Para lograr una mejora en la combustibilidad de la mezcla, se prefiere una cantidad de al menos 1%, preferiblemente al menos 1,5% y más preferiblemente al menos 5% de este aditivo de carbohidrato. Se prefiere un nivel superior de no más del 20% de la composición del combustible.

b) Aditivos solubles en el diluyente del combustible. Los aditivos en el diluyente del combustible son materiales combustibles. Estos aditivos se pueden agregar como componentes separados o pueden ser parte de un metanol no destilado usado para producir la composición del combustible. 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 los ésteres metílicos de ácidos grasos pueden tener un origen en un biocombustible. Estos pueden obtenerse a través de cualquier fuente o proceso de biocombustible. Los procesos típicos para su producción implican la transesterificación de aceites derivados de plantas, tales como aceite de colza, de palma o de soja, entre otros.

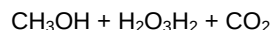
Puede haber una oportunidad de aumentar económicamente el nivel de diluyente del combustible en la propia composición del combustible para mercados particulares donde dicho aditivo puede producirse o cultivarse y consumirse localmente, reduciendo la necesidad de importación del combustible base y/o los aditivos. En tales condiciones, se prefiere una cantidad, o tasa de tratamiento, de hasta 30%, o hasta 40%, o hasta 50% de la

composición del combustible, aunque las concentraciones de hasta 60% de aditivos totales, incluidos tales aditivos diluyentes del combustible que pueden ser considerados particularmente donde la fuente de metanol es metanol sin purificar.

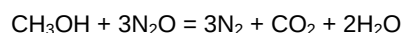
- 5 3. Potenciadores de combustión. Estos también pueden denominarse mejoradores de la combustión. Un ejemplo de un potenciador de la combustión es un compuesto de amonio nitrado, por ejemplo, nitrato de amonio. A 200°C, el nitrato de amonio se descompone en óxido nitroso de acuerdo con la siguiente reacción:



- 10 El óxido nitroso formado reacciona con el combustible en presencia de agua de manera similar al oxígeno, por ejemplo



- 15 $\text{H}_2 + \text{N}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$



- 20 Otros compuestos de amonio nitrados que se pueden usar incluyen nitrato de etilamonio y nitrato de trietilamonio como ejemplos, aunque estos nitratos también se pueden considerar potenciadores de encendido (cetano) en lugar de potenciadores de la combustión ya que su función principal en el combustible es la mejora del encendido. Otros mejoradores de la combustión pueden incluir especies metálicas o iónicas, estas últimas se forman por disociación en entornos de combustión previa o posterior.

- 25 4. Aceite absorbente de oxígeno. El aceite que absorbe oxígeno es preferiblemente uno que es soluble en mezclas de agua y metanol. Los aceites absorbentes de oxígeno tienen un bajo punto de autoencendido y también tienen la capacidad de absorber oxígeno directamente antes de la combustión, en cantidades, por ejemplo, del 30% en peso del aceite. Esta rápida condensación del oxígeno a partir de una fase gaseosa caliente en la fase de aceite/sólida después de la evaporación del agua circundante calentará más rápidamente la partícula de aceite causando el encendido del metanol evaporado y sobrecalentado circundante. Un aceite ideal adecuado para esta función es el aceite de linaza, en una concentración de aproximadamente 1-5% en la mezcla del combustible. Si este aditivo se utiliza en la composición del combustible, la mezcla del combustible debe almacenarse bajo un manto de gas inerte para minimizar la descomposición del aceite por el oxígeno. El aceite de linaza es un aceite que contiene ácidos grasos. Se pueden usar otros aceites que contienen ácidos grasos en lugar de o además del aceite de linaza. Los aceites preferidos son aquellos 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, se pueden usar aceites que no son miscibles con agua/metanol, particularmente si también está presente un aditivo de emulsificación en la composición del combustible.

- 40 5. Aditivos de lubricidad. Los ejemplos de aditivos de lubricación incluyen derivados de dietanolamina, tensoactivos fluorados y ésteres de ácidos grasos, tales como biocombustibles que son solubles hasta cierto punto en mezclas de agua/metanol, en las que se basa la composición del combustible.

- 45 6. Aditivos para coloración del producto. Los aditivos de coloración ayudan a garantizar que la composición del combustible no se pueda confundir con una bebida líquida tal como agua. Se puede usar cualquier colorante soluble en agua, tal como un colorante amarillo, rojo, azul o una combinación de estos colorantes. El colorante puede ser un colorante líquido industrial estándar aceptado.

- 50 7. Aditivos colorantes de llama. Los ejemplos no limitantes incluyen carbonatos o acetatos de sodio, litio, calcio o estroncio. Los aditivos colorantes de llama se pueden seleccionar para lograr el color del producto preferido y la estabilidad en el pH del producto final. Las consideraciones de deposición del motor, si las hubiera, se pueden tener en cuenta al seleccionar el aditivo que se utilizará.

- 55 8. Aditivos anticorrosión. Los ejemplos no limitantes de aditivos anticorrosión incluyen aminas y derivados de amonio.

- 60 9. Biocidas. Si bien se pueden agregar biocidas, generalmente no se requieren porque el alto contenido de alcohol (metanol) en el combustible evita el crecimiento biológico o la contaminación biológica. De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible está libre de biocida.

- 65 10. Depresor del punto de congelación. Aunque se pueden incorporar depresores del punto de congelación al combustible, el metanol (y los aditivos opcionales, tales como el azúcar, agregado para otros fines) deprime el punto de congelación del agua. Por lo tanto, de acuerdo con algunas realizaciones, el combustible está libre de un depresor adicional dedicado del punto de congelación.

11. Agente reductor de depósitos. Los ejemplos no limitantes incluyen polioléter y trietanolamina.

12. Desnaturalizante si es necesario

5 13. Agente de control de pH. Se puede usar un agente que eleva o reduce el pH hasta un pH adecuado, que es compatible con el combustible.

10 Los aditivos, y particularmente los identificados en los puntos 1 y 2 anteriores, pueden añadirse al combustible como producto estándar comercializado en la industria (es decir, en una forma refinada) o como una solución acuosa semielaborada (es decir, en una forma no refinada, forma semirrefinada, o una forma sin purificación). La última opción reduce potencialmente el costo del aditivo. Una condición de uso de tales fuentes de aditivos sin purificar es que las impurezas en las formas sin purificar de tales aditivos, tales como una solución de azúcar en sin purificar, o jarabe de azúcar, como un ejemplo, no afectan adversamente a los inyectores del combustible o al rendimiento del motor.

15 De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible comprende al menos un aditivo. De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible comprende al menos dos aditivos diferentes.

20 El combustible de algunas realizaciones puede comprender de 20% a 80% de agua, y no más de 20% de dimetiléter, en peso de la composición del combustible. El contenido de dimetil éter de algunas realizaciones puede ser de 15% o menos, 10% o menos, o 5% o menos.

25 Los éteres se mencionaron anteriormente como ejemplos de mejoradores de encendido y aditivos solubles de diluyentes del combustible. Independientemente de la función prevista, en algunas realizaciones, el éter puede estar presente en total en un nivel inferior al 20%, inferior al 15%, inferior al 10%, inferior al 5%, inferior al 3% o inferior a 1% de la composición del combustible. La cantidad puede ser mayor al 0,2%, 0,5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 12%. Los límites inferior y superior se pueden combinar sin limitación, siempre que el límite inferior esté por debajo del límite superior seleccionado.

30 En algunas realizaciones, la composición del combustible comprende un éter en una cantidad de entre el 0,2% y el 10% en peso de la composición del combustible principal. El éter es preferiblemente un éter individual o una combinación de dos éteres.

35 Mediante la utilización de un éter como un mejorador del encendido y/o un diluyente soluble del combustible, en un combustible a base de metanol, se ha desarrollado un proceso completo para la producción, el transporte y la utilización de una composición del combustible. El combustible a base de metanol puede ser un combustible sin agua o un combustible de metanol-agua en este caso. Esto se describe con más detalle a continuación.

Los aditivos en el combustible de algunas realizaciones pueden comprender:

- 40
- un aditivo de coloración del producto de hasta 1% en peso, y
 - un aditivo de color de llama, hasta un 1% en peso del combustible.

Detalles de operación del motor para las realizaciones de precalentamiento del aire de admisión

45 La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo que describe el proceso de usar un combustible 11 de mezcla de metanol/agua en un motor 10 de CI. El proceso incluye precalentar una corriente 12 de aire de admisión y luego introducir el aire precalentado en la cámara de combustión del motor 10 antes de introducir el combustible 11 en la cámara de combustión y encender la mezcla del combustible/aire precalentado mediante encendido por compresión para accionar el motor.

50 El aire 12 de admisión, que puede precalentarse mediante una variedad de técnicas, se inyecta en la cámara de combustión antes o durante la etapa inicial de la carrera de compresión del motor para comprimir el aire antes de que se inyecte el combustible en la cámara de combustión. La compresión del aire aumenta la temperatura en la cámara de combustión para proporcionar condiciones de encendido favorables para el combustible cuando se atomiza en la cámara durante la última etapa de compresión.

60 Precalentar el aire 12 de admisión proporciona una base de temperatura más alta al comienzo de la carrera de compresión, dando como resultado que la temperatura en el punto de inyección del combustible sea más alta que si el aire no se precalentara y, por lo tanto, fuera más combustible. El nivel de precalentamiento requerido depende de la temperatura requerida en la cámara de combustión en el punto de inyección del combustible que se requiere para encender una mezcla combustible de agua/metanol. Esto, a su vez, depende de las proporciones relativas de agua con respecto al metanol en el combustible.

65 Se muestran ejemplos de niveles de temperaturas de aire precalentado en los ejemplos que siguen, pero en general se ha encontrado que para combustibles con un nivel de agua bajo a medio, las temperaturas del aire de admisión

de precalentamiento adecuadas son de al menos 50°C, o al menos 100°C, tal como aproximadamente 100°C-150°C, por ejemplo aproximadamente 130°C. Para combustibles con un nivel de agua medio a alto, las temperaturas de precalentamiento están en el intervalo de al menos aproximadamente 150°C, tal como 150°C-300°C o más.

- 5 El precalentamiento del aire de admisión compensa la pobre característica de cetano del combustible de metanol/agua, particularmente aquellos que tienen un nivel de agua medio a alto. El precalentamiento se puede lograr de varias maneras.
- En la realización mostrada en la Figura 1, el aire 12 de admisión se precalienta capturando el material 22 de escape caliente, que comprende gases de combustión y combustible no quemado y otras partículas, y pasando el material de escape a través de un intercambiador 20 de calor que calienta una corriente 15 de aire que entra en el intercambiador de calor y enfría el material 22 de escape. Podría proporcionarse un ventilador en línea con el aire 12 de admisión para optimizar el perfil de presión del aire de admisión a lo largo del ciclo del motor.
- 15 Las técnicas para el precalentamiento incluyen cualquiera o una combinación de los siguientes métodos de calentamiento:
 1. Precalentador del calor residual - mediante el uso de un intercambiador de calor como se discutió anteriormente en relación con la realización de la Figura 1.
 - 20 2. Fumigación de la admisión de aire: fumigación de la corriente de admisión de aire con un potenciador de encendido para fomentar el aumento de temperatura en la cámara de combustión, que se describe con más detalle a continuación.
 - 25 3. Supercargador/soplador: u otro medio de compresión de aire accionado por el motor para forzar la inducción del aire de admisión en la cámara de combustión y calentar el aire de admisión a través del aumento de la presión de aire.
 - 30 4. Turbocargador: u otro mecanismo de compresión de aire accionado por el escape del motor u otro calor residual para forzar la inducción del aire de admisión en la cámara de combustión y el calentamiento del aire de admisión mediante el aumento de la presión de aire.
 5. Calentamiento directo: utilizando métodos directos para calentar el aire, tales como el calentamiento eléctrico a través de elementos o la combustión del combustible para generar el aumento de temperatura requerido. Dichos métodos pueden ser útiles durante el arranque y con cargas bajas del motor.
 - 35 6. Bujías incandescentes (o bombillas calientes): para dirigir el calor hacia los cilindros del motor, esta categoría incluye los calentadores externos alineados con el aire de admisión para calentar directamente el aire de admisión.
 - 40 Pasar calor residual del escape del motor a través de un intercambiador de calor (opción 1 anterior, sin ventilador) dará como resultado una menor potencia de salida del motor debido a un menor flujo másico de aire (en comparación con las opciones 3 a 4 donde el flujo masivo de aire no se reduce). Sin embargo, esta pérdida de potencia máxima puede compensarse en parte por una mayor eficiencia en la combustión en las condiciones más calientes en el punto de inyección del combustible y una menor necesidad de aire en exceso en comparación con los combustibles diésel a base de petróleo. Un ventilador de presión de compensación accionado por el escape, o de lo contrario, puede compensar el flujo másico reducido de aire en condiciones de aumento de la temperatura del aire.
 - 45 Alternativamente, podría usarse un turbocargador o supercargador solo o en combinación con un intercambiador de calor de escape de motor para obtener una alta eficiencia de combustión así como más potencia.
 - 50 En otra realización, el calentamiento del combustible de acuerdo con técnicas conocidas puede ayudar al proceso de encendido.
 - 55 La opción de precalentamiento en combinación con un combustible de medio a alto contenido de agua/bajo en metanol altera el ciclo del motor desde ser un ciclo de volumen "constante" durante el encendido y la combustión y la fase de expansión inicial, hasta direccionalmente más de una expansión de temperatura constante (donde el calor del metanol es en gran parte agua de evaporación) en un marco de tiempo más adecuado para maximizar el rendimiento del motor.
 - 60 El proceso ilustrado en la Figura 1 incluye un componente de tratamiento y reciclado del escape para recoger e integrar de nuevo el material de escape en el combustible. En particular, el tratamiento incluye la recuperación e integración de agua, combustible no quemado, hidrocarburos, dióxido de carbono y otras pequeñas cantidades de emisiones.
 - 65 En los combustibles que tienen un nivel de agua medio a alto, pero sin excluir niveles de agua más bajos, el escape rico en agua puede ser una fuente de agua combustible y los niveles pequeños de contaminantes de escape pueden

capturarse y devolverse al motor. La recuperación de agua del material de escape implica enfriar y condensar el material de escape y recoger el agua condensada.

La Figura 1 muestra que después de que el material 22 de escape se enfría mediante intercambio de calor con aire 12 de admisión en el intercambiador 20 de calor, el escape refrigerado se hace pasar a través de un condensador 25 a través del cual puede recogerse agua y devolverse como combustible 32 reciclado al motor 10.

Un segundo intercambiador 34 de calor en la fase final del proceso de tratamiento ayuda a la condensación e incluye adicionalmente una disposición de la cámara de atomización que utiliza agua que puede haber sido purificada y puede contener aditivos para capturar y purificar cualquier metanol no quemado u otros hidrocarburos en el combustible, hollín y otras partículas. Estas partículas se devuelven al motor para su eliminación a través de un proceso de "reciclado hasta extinción" con combustible 32 reciclado, mientras que el escape 33 limpio purificado se puede liberar a la atmósfera que no contiene casi ningún contaminante. El agua utilizada en la cámara de atomización puede ser de una variedad de fuentes alternativas, y puede purificarse o desionizarse. El agua puede contener aditivos opcionales. Los aditivos opcionales deben ser consistentes con el proceso de combustión.

El intercambiador de calor 354 puede ser un intercambiador de calor de agua/agua salada como se muestra en la Figura 1 que toma agua salada a través de una entrada 36 y expulsa el agua salada a través de una salida 37. Tal intercambiador de calor es adecuado para uso en el tratamiento de los gases de escape, por ejemplo, en buques donde la disponibilidad de agua salada en el mar es abundante y de fácil obtención.

Se pueden aprovechar etapas de tratamiento de escape adicionales que utilizan condensado u otros medios para reducir los contaminantes específicos hasta niveles bajos en los gases de escape a la atmósfera. En otra realización, se pueden absorber componentes tales como cualquier combustible no quemado en una superficie activa y posteriormente se pueden desorber usando técnicas estándar, y se incluyen como combustible o componente fumigante para reducir aún más la contaminación. Alternativamente, se puede emplear un catalizador para reaccionar catalíticamente con cualquier especie oxidable tal como combustible no quemado, aumentando la temperatura de escape y proporcionando una fuente adicional de calor que puede utilizarse.

Además, si múltiples motores están funcionando, por ejemplo para producir electricidad, el gas de escape agregado puede tratarse como una sola corriente para ser tratada/condensada con el combustible de reciclado del escape dirigido a uno o más de tales motores.

Puede requerirse una purga (38) en el caso de recirculación de agua de vuelta al motor, para asegurar que cualquier especie persistente que pueda estar presente no se acumule. En ese caso, el agua extraída puede estar compuesta por condensación adicional del escape si está disponible, o si no está disponible por agua de reposición (39) de calidad adecuada. Se pretende que mediante la selección de corrientes de alimentación y aditivos apropiados, se pueda eliminar casi por completo la purga, sin embargo, los sólidos también pueden ingresar al sistema a través, por ejemplo, del polvo en el aire que puede requerir purga de vez en cuando.

Una ventaja de utilizar un combustible con un nivel de agua medio a alto es que el escape resultante casi no contiene impurezas, lo que es ideal para el procesamiento posterior a la combustión. Las impurezas que están presentes en el material de escape pueden tratarse y reciclarse hasta su eliminación.

Por ejemplo, el dióxido de carbono como producto de escape de la combustión de un combustible con agua/metanol se absorbe en el agua reciclada durante las fases de condensación y purificación. Alternativamente, el dióxido de carbono en el material de escape se puede reciclar con el aire de admisión del motor, optimizando así el nivel de oxígeno que entra en el motor y generando un escape puro de dióxido de carbono y vapor de agua. El dióxido de carbono generado de esta manera es ideal para un procesamiento posterior, por ejemplo mediante la conversión en metanol y el reciclado del combustible.

El gas 33 de escape final del proceso de tratamiento y reciclaje que se descarga a la atmósfera no contiene casi ningún combustible, hidrocarburo, partículas, óxidos de azufre y emisiones de óxidos de nitrógeno.

Cualquier emisión de óxidos de nitrógeno u óxidos de azufre formada en la fase de combustión y/o la absorción de dióxido de carbono en el agua, puede dar como resultado que los desequilibrios de pH del agua vuelvan a mezclarse con el combustible. Para evitar la acumulación de dichos componentes, se puede agregar un tratamiento químico al combustible para neutralizar cualquier desequilibrio o eliminarlos.

Detalles de operación del motor para realizaciones de fumigación

En algunas realizaciones descritas aquí, se utiliza la fumigación del aire de admisión con un fumigante que comprende un potenciador del encendido. En algunas realizaciones, esto se acopla con el precalentamiento del aire de admisión, y en otras realizaciones, esto se realiza sin precalentamiento del aire de admisión.

La opción de fumigar el aire de admisión con un fumigante que comprende un potenciador del encendido se puede

usar de acuerdo con algunas realizaciones como una técnica adicional de precalentar el aire del motor. La fumigación fomenta un aumento adicional de la temperatura del aire comprimido en la cámara de combustión haciéndolo aún más combustible en el punto de inyección del combustible debido a la combustión previa del material de fumigación y la presencia de especies de descomposición que ayudan al inicio de la combustión del metanol.

La fumigación permite que se produzca la combustión previa en la cámara de combustión del motor antes de la inyección del combustible. Este proceso de encendido de dos etapas, u operación de "encendido", se basa en la carrera de compresión del pistón del motor para elevar la temperatura del aire fumigado hasta el punto de encendido. A su vez, esto mejora las condiciones del encendido en la cámara de combustión para proporcionar un entorno suficientemente caliente para que el combustible de metanol y agua, inyectados hacia el final de la carrera de compresión, experimenten una ignición acelerada en condiciones de mayor temperatura, vaporizando rápidamente el metanol y evaporando el agua en el combustible y la producción de alta eficiencia térmica.

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

Una combustión eficiente y completa del metanol y el combustible acuoso de esta manera minimiza los hidrocarburos y las partículas no quemados o modificados en las emisiones de escape dando como resultado emisiones "más limpias". Esto es particularmente evidente en motores de CI más grandes con velocidades más lentas donde la eficiencia del proceso de combustión se maximiza porque se permite suficiente tiempo para el inicio y la finalización de las dos etapas en una operación de encendido.

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 está bien distribuido. En algunas realizaciones, el material se introduce en una pequeña cantidad, generalmente mediante la atomización de una rocío fino del material en la corriente de aire de admisión o se inyecta como un gas.

La operación de encendido tiene el efecto de precalentar el aire de admisión durante la carrera de compresión.

La naturaleza de una mezcla de agua y metanol es que se genera menos calor sensible en los productos de reacción después de la combustión, requiriéndose calor para evaporar el agua presente. Esto significa que, en comparación con un motor diésel que funciona con combustibles hidrocarbonados, las condiciones más severas del motor se pueden acomodar en el punto de inyección, manteniendo las limitaciones de diseño del motor. Estas condiciones más severas surgen a través de la combustión del fumigante o el aumento de la temperatura del aire (a través del calentamiento directo del aire) y/o el aumento de la presión y la temperatura mediante el uso de configuraciones modificadas del motor, tales como turboalimentación o sobrealimentación.

La cantidad de potenciador o potenciadores de encendido puede controlarse con relación a la mezcla de metanol con respecto al agua contenida en el combustible con el fin de producir condiciones dentro de la cámara de combustión donde el encendido del combustible se logra de manera oportuna, y de ese modo suministrar la mejor eficiencia térmica posible desde el motor. Cuando no se controla la relación entre el potenciador de encendido y la mezcla del combustible, la combustión podría iniciarse significativamente antes del TDC, tal como 25-30° antes del TDC, y como tal, el uso de un potenciador de encendido podría tener un efecto neutral y contribuir mínimamente o no a la eficiencia térmica del motor.

En una operación preferida del motor, la sincronización del encendido de la mezcla de fumigante/aire es para retrasar la combustión de este combustible tanto como sea posible (para evitar trabajar innecesariamente en contra de la carrera de trabajo del motor) y ser consistente con una buena combustión del combustible después de la inyección. Esto significa que el fumigante, que puede denominarse como combustible secundario, debe encenderse antes de que comience la inyección del combustible, pero no mucho antes de que la energía contenida en el fumigante haga una contribución mínima o nula a la eficiencia térmica del motor.

La ignición del combustible puede controlarse mediante un control de encendido para estar lo más cerca posible de la sincronización ideal usando uno o una combinación de los siguientes controles de encendido:

a) Control de la temperatura del aire de admisión del motor:

a. Controlar la temperatura de salida de un precalentador de aire que utiliza calor de:

i. Un dispositivo de calentamiento eléctrico, útil para el arranque y el calentamiento del motor.

ii. Un calentador que utiliza combustible que puede ser el combustible del motor o cualquier combustible adecuado para tal fin.

iii. Utilización del calor residual del escape para calentar directamente el aire de admisión al motor a través del intercambio de calor.

5 iv. Utilización de cualquier otra fuente de calor adecuada para este propósito.

b. Utilización de la energía de escape del motor para alimentar un turbocargador que puede no tener un enfriador interno que reduzca la temperatura del aire de admisión del motor.

c. Calentamiento del aire con un supercargador para aumentar la temperatura y la presión

10

b) Utilización de un fumigante para crear una combustión del combustible "encendido" en dos etapas.

1. Control de la cantidad de fumigante introducido en la admisión de aire en relación con el combustible;

15 2. Control de los porcentajes de potenciador de encendido con respecto a otros componentes en el fumigante (reconociendo que el agua y otros componentes como el metanol también pueden estar presentes);

3. Control de 1 y 2 anteriores, dependiendo de que el motor funcione a altas cargas (50% a 100%) o cargas bajas (debajo de 50%) a través del intervalo de operación en rpm del motor.

20 Aunque las cantidades relativas de fumigante con respecto al combustible principal introducido en el motor (ya sea a través de la admisión de aire o en la cámara de combustión, respectivamente), variarán dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor que se apliquen, generalmente se desea para la cantidad de potenciador del encendido en el fumigante durante el funcionamiento en estado estacionario con media o alta carga que sea un porcentaje relativamente bajo en peso de la composición del combustible principal. Para un fumigante que comprende 100% de potenciador de encendido (como DME), las cantidades relativas de fumigante con respecto al
25 combustible principal en peso son deseablemente de hasta 20%, hasta 18%, hasta 15%, hasta 13%, hasta 10%, hasta 8%, hasta 7%, hasta 6%, hasta 5% en peso. El nivel de fumigante es preferiblemente al menos 0,2%, al menos 0,5%, al menos 1% o al menos 2% en peso de la composición del combustible principal. Estas cifras se basan en el peso, suponiendo que el fumigante comprende 100% del potenciador de encendido, y se puede ajustar proporcionalmente para un contenido de potenciador del encendido reducido 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 del motor. Un límite superior de alrededor del 10% o menos (tal como 8% o 7%) es adicionalmente ventajoso, ya que una composición previa de combustible que contiene hasta la cantidad requerida de éter como potenciador del encendido (tal como 10%, 8% o 7% el potenciador de encendido, respectivamente) se puede suministrar a la ubicación del motor de encendido por compresión, y el potenciador de
30 encendido se apagó y recuperó en una cantidad que corresponde a las necesidades del motor que opera con fumigación al mismo nivel objetivo. En otras realizaciones, puede haber recarga del nivel de fumigante a un nivel más alto en la ubicación del motor (por ejemplo, a través de la recarga desde el almacenamiento separado del potenciador del encendido, tal como el éter).

40 En relación con el párrafo 2 anterior, el % objetivo de componentes diferentes del agua distintos del potenciador del encendido en el flujo total de fumigante/aire no puede ser mayor al 40%, tal como entre 5-40% o 10-40% , o 20-40% o 30-40% siendo el resto potenciador del encendido, por ejemplo, DME (que tiene un cetano de 55-57). Se pueden hacer ajustes a estos porcentajes con base en el número de cetano de otros potenciadores de encendido y configuración específica del motor. Todos los porcentajes son en peso. El agua puede estar presente en cualquier
45 cantidad consistente con el funcionamiento suave del motor, tal agua puede surgir del fumigante, por ejemplo, si se produce catalíticamente a partir del combustible, o como parte del flujo de admisión de aire ambiental al motor.

Se puede proporcionar un reactor catalítico en el proceso para alimentar el motor de CI en el que se efectúa la deshidratación catalítica del metanol (tomado de una parte desviada del combustible) a DME. El DME producido se usa como un potenciador de encendido en fumigante para fumar el aire de admisión. Otras realizaciones descritas en este documento utilizan otras técnicas para generar el dimetiléter, cuando se usan como potenciadores de encendido del fumigante. En algunas de tales realizaciones, el DME puede generarse en el sitio de generación del metanol, y suministrarse como parte de una composición previa de combustible al sitio del motor.

50 Se puede requerir algún ajuste al combustible y al proceso descrito anteriormente para optimizar el funcionamiento y la eficiencia en motores de CI más pequeños que funcionan a velocidades de motor más altas, por ejemplo a 1.000 a 3.000 rpm, y más. Además de precalentar la corriente de admisión de aire utilizando una o más de las técnicas descritas anteriormente, los siguientes aspectos operativos pueden usarse por separado o en combinación para motores que funcionan a velocidades más altas:

60

- fumigación de la entrada de aire con un fumigante que comprende un potenciador de encendido.
- calentamiento de la cámara de combustión usando, por ejemplo, bujías de incandescencia.
- precalentamiento de la entrada del combustible.
- agregar aditivos al combustible y/o fumigante que mejoran el encendido y la combustión de los combustibles. Algunos de estos aditivos se discutieron anteriormente.

65

- selección del nivel de agua apropiado en la composición del combustible como se discutió anteriormente, tal como un intervalo de nivel de agua bajo a medio.
- selección del nivel de agua en fumigante a un nivel adecuado consistente con la configuración del motor.

5 Estas opciones pueden utilizarse adicionalmente si se desea cuando se opera un motor de CI más grande a velocidades de motor más bajas, tales como 1.000 rpm o menos.

Fumigante

10 El fumigante para uso en las realizaciones que se basan en la fumigación comprende un potenciador del encendido. 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. Para la siguiente descripción del uso del fumigante, el combustible descrito anteriormente puede denominarse como "combustible principal" para el motor de encendido por compresión, y el fumigante puede denominarse como "combustible secundario".

15 Un potenciador del encendido es un material que mejora el encendido de un material combustible. Uno de los desafíos para el uso del metanol como componente central del combustible en la composición del combustible principal para un motor de encendido por compresión es el hecho de que el metanol no se enciende tan fácilmente como otros combustibles. Un potenciador de encendido es un material que tiene buenas propiedades de encendido y puede usarse para crear ignición, después de lo cual arderá el metanol en la composición del combustible principal (y otros materiales combustibles). Las características de encendido de un posible componente del combustible se describen por el número de cetano (o, alternativamente, índice de cetano) de ese componente. El número de cetano es una medida del retardo de encendido de un material, que es el período de tiempo entre el inicio de la inyección y el inicio de la combustión, es decir, el encendido, del combustible. Los potenciadores de encendido adecuados
20 pueden tener un cetano superior a 40 (tal como DME que tiene un cetano de 55-57). El número o números de cetano del potenciador o potenciadores de encendido presentes en el fumigante se deben tener en cuenta al determinar las cantidades relativas de potenciadores de encendido con respecto a otros componentes en el fumigante, y también la cantidad de fumigante en comparación con la composición del combustible principal, la carga y velocidad del motor. El cetano total del fumigante se basará en una combinación de la contribución
25 proporcional de, y la propiedad de cetano de cada componente, no siendo necesariamente lineal la relación.

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

- éteres, tales como el alquilo inferior (que son los éteres C1-C6), notablemente dimetil éter y dietiléter,
- nitratos de alquilo,
- peróxidos de alquilo,

y mezclas de los mismos.

40 El dimetil éter es un potenciador preferido del encendido característico de alta ignición adecuado para uso en el fumigante. El dietiléter es otro ejemplo de un potenciador de encendido adecuado.

El metanol en el combustible principal puede convertirse catalíticamente en dimetiléter. Por lo tanto, el dimetil éter se puede generar catalíticamente a partir de una corriente de la composición del combustible principal, que luego se
45 fumiga en el motor por separado a la composición del combustible principal (con el aire de admisión). En la alternativa, la composición de fumigante que comprende dimetil éter puede ser proporcionada por el proveedor del combustible al propietario del motor como una composición fumigante preparada. En otra realización, una composición previa de combustible que comprende metanol y hasta 15% en peso de un potenciador de encendido de éter (tal como dimetiléter), puede producirse en un lugar y transportarse (por ejemplo, a través de una tubería) a otra ubicación para uso en la alimentación de un motor de encendido por compresión. En algunas realizaciones, la
50 composición previa de combustible puede comprender además agua. Al final de la tubería, parte o la totalidad del componente éter potenciador de encendido de éter en el combustible previo puede separarse de los otros componentes de la composición previa de combustible (especialmente el metanol, pero también otros componentes que tienen un punto de ebullición más alto que el éter). El componente de éter separado puede luego fumigarse en
55 el motor de encendido por compresión como fumigante, por separado a la parte restante de la composición de combustible previo, que se utiliza como la composición del combustible principal, ya sea en forma directa (si contiene algo de agua), o con ajuste adicional en la composición (por ejemplo, para ajustar el contenido de agua) antes del uso. La cantidad de potenciador de encendido de éter en el combustible previo puede ser de hasta 10% en peso, o hasta 9% en peso. El límite superior dependerá de la elección del éter y las condiciones de temperatura. Se dan más
60 detalles en la siguiente sección que detalla los sistemas de generación de energía del motor de CI.

El potenciador del encendido, tal como dimetiléter, comprende adecuadamente 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%,
65 82%, 84%, 86%, 88% o 90% del fumigante. En general, existe una preferencia por que el contenido de potenciador del encendido del fumigante esté en el extremo superior del intervalo, por lo que en algunas realizaciones el contenido de potenciador del encendido está por encima del 70% o más. El potenciador del encendido puede

comprender hasta el 100% del fumigante, por ejemplo, en el caso de introducir un componente puro del almacenamiento o de un potenciador del encendido separado recuperado procedente de una composición previa de combustible. Cuando se convierte desde el combustible principal por reacción catalítica del combustible principal (que comprende componentes además del metanol, a partir del cual se forma el DME) o si se produce o extrae un componente impuro característico de alta ignición del almacenamiento, el límite superior para dicho componente se reducirá en consecuencia.

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

Cuando se desea operar el motor de CI con diferentes composiciones de fumigante para diferentes condiciones de operación del motor (velocidad, carga, configuración), la composición de fumigante puede variarse según el control informático de la composición de fumigante, o por cualquier otra forma de control. Los ajustes pueden ser ajustes variables basados en un algoritmo que calcula la composición fumigante deseada para que coincida con las condiciones predominantes de funcionamiento del motor, o pueden ser ajustes escalonados. Por ejemplo, un fumigante con índice de cetano global más alto (tal como 100% de DME) podría fumigarse en el motor a un alto % en peso con respecto al combustible para la operación en algunas condiciones, y luego el fumigante podría cambiarse a una segunda composición que contenga un % más bajo de DME y algunos componentes de índice de cetano más bajo. En otra realización, la composición puede ser estable y variar la relación aire/fumigante.

El % objetivo de componentes diferentes al agua distintos del potenciador o potenciadores del encendido y el agua en el fumigante no es más del 40%, tal como entre el 5-40% o el 10-40% o el 20-40% o 30-40%. Se pueden hacer ajustes a estos porcentajes con base en el número de cetano de otros potenciadores de encendido y componentes del combustible, y en la configuración específica del motor.

Adicionalmente, en algunas realizaciones, el agua puede estar presente en el fumigante como producto de una reacción de conversión (por ejemplo, metanol a DME) o como una transferencia de alimentación de reactor que contiene agua, o puede agregarse como una corriente separada o en combinación con un aditivo.

Los ejemplos de componentes que pueden estar presentes en el fumigante además del potenciador del encendido incluyen metanol, agua, los aditivos descritos anteriormente (en el contexto de la composición del combustible) y gases alcanos (típicamente alcanos de cadena lineal), incluidos alcanos inferiores tales como los alcanos C1-C6, notablemente metano, etano, propano o butano, y alcanos de cadena más larga (C6 y superiores).

En algunas realizaciones, el fumigante comprende al menos 60% de un componente individual, siendo un ejemplo dimetiléter. La cantidad del componente principal individual del fumigante puede estar por encima del 62%, 65%, 68%, 70%, 72%, 75%, 78% u 80%.

El fumigante, o combustible secundario, puede obtenerse directamente del almacenamiento, o puede suministrarse como un fumigante para el motor en una forma pura después de procesar el combustible principal (aunque la conversión catalítica de metanol a DME, seguido de la purificación para producir un fumigante que consiste en DME). Alternativamente, el fumigante puede comprender un potenciador del encendido y otros componentes (es decir, el fumigante no está en forma pura) después de procesar el combustible principal o del almacenamiento. En este caso, las impurezas son todavía compatibles con el resultado deseado de la fumigación, es decir, el fumigante también puede incluir agua y metanol, o puede contener otros materiales (tales como alcoholes C1-C8) que sean compatibles con la aplicación.

La composición del combustible principal y el fumigante se pueden suministrar como un combustible de dos partes, o se pueden suministrar como un "kit" de dos partes del combustible. En este contexto, el fumigante se puede describir como un "componente secundario del combustible" del combustible de dos partes, y por lo tanto la descripción del fumigante anterior también se aplica al segundo componente del combustible. La composición del combustible principal y el componente secundario del combustible pueden bombearse a tanques de almacenamiento separados asociados con el motor de encendido por compresión.

Por lo tanto, con un combustible de dos partes para usar en el funcionamiento de un motor de encendido por compresión, la composición del combustible comprende:

- una composición del combustible principal que comprende metanol y agua y
- un componente secundario del combustible que comprende un potenciador de encendido

El combustible principal en este contexto puede ser el nuevo combustible diésel de metanol-agua con alto contenido de agua, o de otro modo.

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

Un método para suministrar combustible a un motor de encendido por compresión comprende:

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

15 Como se describió anteriormente, el combustible secundario puede prepararse total o parcialmente *in situ* a través de la conversión catalítica de una porción del combustible principal en el potenciador de encendido. Esto es particularmente adecuado para situaciones en las que el dimetil éter es el potenciador del encendido.

20 En una realización, se proporciona el uso de un combustible de dos partes en el funcionamiento de un motor de encendido de combustión, en el que el combustible de dos partes comprende:

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

25 La presente invención proporciona además una composición previa de combustible que comprende metanol y hasta 10% en peso de un éter. El éter puede ser dimetiléter. Como se indicó anteriormente, el componente de éter se puede separar del resto de la composición de combustible previo para usar como el componente secundario del combustible, y el equilibrio de la composición de combustible previo se puede usar como la composición del combustible principal. Este equilibrio se puede usar directamente ya que toda la composición del combustible
 30 principal, o la composición se puede ajustar para producir la composición del combustible principal. En esta realización, por lo tanto, el combustible previo puede no contener agua, y puede agregarse agua para generar la composición del combustible principal después de la eliminación del éter. En algunas realizaciones, puede no requerirse agua para usar en la composición del combustible principal, cuando el combustible se usa en uno de los sistemas de generación de energía descritos más adelante.

35 La presente invención también proporciona un método para transportar una composición del combustible de dos partes que comprende metanol en la primera parte, y un éter en la segunda parte, de una ubicación a otra, que comprende transportar una composición previa de combustible que comprende metanol y éter desde una ubicación a una segunda ubicación, y separación del éter del metanol para producir una primera parte del combustible que
 40 comprende metanol, y una segunda parte del combustible que comprende éter. El transporte puede ser mediante tuberías a través de una tubería. La primera ubicación puede ser una ubicación de una planta de producción de metanol, y la otra ubicación (la segunda ubicación) es una ubicación remota de la primera ubicación. La ubicación remota normalmente estaría a al menos 1 kilómetro de distancia, y quizás a muchos kilómetros de distancia. La ubicación remota puede ser la ubicación de un motor de encendido por compresión para la generación de electricidad, o un puerto de embarque, o un apostadero de tren o cualquier otra ubicación adecuada donde se requiera el combustible de dos partes.

Sistemas de generación de energía del motor de CI

50 Usando los combustibles mixtos de metanol/agua descritos aquí y los sistemas relacionados (también denominados procesos) para alimentar un motor de encendido por compresión, los sistemas y estructuras de generación de energía pueden desarrollarse para generar energía de manera eficiente con niveles de emisión reducidos, y que pueden también tratar el escape del motor para capturar y luego reutilizar o redirigir el calor y el agua de los gases de escape. La reutilización o el reciclaje del calor y del agua promueven una mayor eficiencia del sistema y una
 55 reducción general de los productos de desecho y las emisiones. El redireccionamiento del calor y el agua puede utilizarse en una variedad de aplicaciones no relacionadas que involucran sitios/cuartos de calentamiento y enfriamiento y la regeneración del agua para uso de 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 alimentar un motor de encendido por compresión. Se entiende que el combustible representado en estos procesos es un combustible a base de metanol que puede contener diversas cantidades de agua, y puede contener agua en una cantidad de 0% a 80%.

65 Las Figuras 3A y 3B muestran un proceso para producir y suministrar un combustible de metanol a un motor 111 de IC (también denominado motor diésel) para producir potencia de salida pero también incluye un tratamiento del escape del motor que reduce las emisiones, que aprovecha el motor escape para reciclar agua y que también

incorpora un circuito de agua caliente (HWL) 113a, 113b (véanse las Figuras 4A y 4B) para proporcionar calor a una comunidad local. La potencia de salida producida por el motor también se puede utilizar para dar servicio a la localidad en la que se encuentra la planta generadora de energía y, por ejemplo, se puede usar para generar electricidad para una comunidad. Las Figuras 3A y 3B difieren en que la Figura 3A muestra el proceso que utiliza fumigación con aire en el motor, mientras que el proceso que se muestra en la Figura 3B omite el paso de fumigación del aire de admisión.

Las Figuras 3A y 3B ilustran una planta 101 de fabricación de combustible y el suministro remoto de ese combustible a través de una red 103 de suministro. La planta de fabricación de combustible puede ser una planta convencional de fabricación de metanol que utiliza electricidad generada a partir del vapor producido a partir de calderas convencionales en una planta 102 remota grande de carbón. Tal planta produce un perfil de emisiones de carbón. Alternativamente, la planta 102 generadora de electricidad podría incorporar un motor de combustión que usa un combustible de metanol como se describe en la presente memoria para generar la electricidad requerida para producir el combustible de metanol. Esto proporcionaría una alternativa más limpia con menores emisiones a las producidas por una planta de carbón.

El combustible a base de metanol se fabrica en la planta 101 y puede contener en gran medida metanol, una mezcla de metanol-agua o una mezcla de "Combustible Completo" metanol-éter o una mezcla de metanol-agua-éter. En una realización, el combustible comprende una mezcla de "Combustible Completo" de metanol y DME en una mezcla al 90-99,5% de metanol y DME como un líquido no hirviendo a presión atmosférica que puede usarse directamente con el motor 111. En la mezcla de metanol y DME, el DME se proporciona en una cantidad estable adecuada para transmisión como un líquido y para evitar la transición del éter a la fase gaseosa. La cantidad dependerá de la presión y la temperatura a la que se transmite el combustible en las tuberías 103, pero generalmente será menos del 10% de la cantidad total del combustible, y en el intervalo de 7%-8%.

Alternativamente, puede suministrarse combustible que tenga una mayor proporción de DME en condiciones presurizadas. En otra alternativa, un combustible que contiene un alto contenido de metanol que se aproxima al 100% de metanol (por ejemplo, grado químico) podría transmitirse para la posterior conversión de parte a DME cerca del centro de demanda (es decir, la planta de generación de energía). Esta forma de composición de combustible previo que comprende un alto % de metanol puede contener un componente de agua de aproximadamente 0,2% o más. En una alternativa más, el combustible o combustible previo transmitido en las tuberías puede ser un combustible de metanol-agua. El agua en el combustible de metanol-agua puede estar asociada con el metanol, como en el metanol sin purificar, o puede obtenerse de un excedente de agua en el área de fabricación que puede usarse de manera rentable para este propósito. Se puede incluir una adición adicional de mejorador de lubricidad y corrosión en el combustible transmitido dependiendo de los materiales de construcción en la red de transmisión y para mejorar el funcionamiento del motor/proceso.

La transmisión de grandes cantidades de energía en líquidos inflamables a largas distancias en tuberías en redes regionales es una tecnología establecida. Tal infraestructura como las tuberías 103 también se puede usar para entregar el combustible de metanol a ubicaciones distantes de manera segura y rentable.

Después de ser transmitido a través de las tuberías 103, el combustible llega a una planta generadora de energía que incluye el motor 111 de encendido por compresión, una etapa 104 de pretratamiento y un tratamiento 113, 115, 116 118 del escape. El combustible puede usarse en el motor 111 inmediatamente tal como está, o se puede llevar a cabo un tratamiento previo opcional del combustible para garantizar un funcionamiento seguro y confiable a través del intervalo operativo de la planta. También se puede contemplar el almacenamiento de un combustible de arranque y parada por motivos de integridad del sistema, por ejemplo, podría almacenarse un componente de éter.

En la etapa 104 de pretratamiento, el combustible se puede dividir por evaporación instantánea en dos fases enriquecidas, una rica en metanol 107 y una parte rica en éter 105, tal como DME. DME es particularmente adecuado para este proceso de evaporación instantánea debido a su bajo punto de ebullición. El calor residual de bajo nivel del escape del motor de una corriente de agua caliente que tiene una temperatura de 50°C-60°C se puede utilizar para separar por ebullición instantánea el DME de punto de ebullición bajo del metanol. En algunas realizaciones, la fase rica en metanol puede incluir bajas cantidades de DME, con la mayoría del DME que se evapora instantáneamente. En otras realizaciones, una alta proporción de DME puede retenerse en la fase líquida con solo DME suficiente para asegurar que una combustión buena y completa se vaporice y se utilice 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 usando un 2% como fumigante 105 para agregar al aire 110 de combustión calentado que entra al motor 111.

El procesamiento previo puede incluir una opción de conversión para complementar el suministro de DME u otro fumigante. Alternativamente, la cantidad requerida de agente de mejora del encendido, tal como DME, se puede obtener del almacenamiento. También son posibles otros de tales agentes, tales como DEE y otros mejoradores del encendido descritos en este documento.

La etapa de procesamiento previo también puede incluir el procesamiento de parte del combustible transmitido para

no solo separar el DME que se utilizará como fumigante, sino también para producir un exceso de DME para usar como ingrediente del combustible líquido para otros procesos. Por ejemplo, el DME excedente podría beneficiar a una comunidad cercana al proporcionar calor excedente al HWL. Alternativa o adicionalmente, el DME podría integrarse con los procesos de la planta generadora. El combustible de metanol, ya sea antes o después del procesamiento, también podría eliminarse del sistema de generación de energía y utilizarse para la fabricación de productos químicos locales.

También es posible la transmisión a la planta de generación de metanol sin purificar, lo que ahorra los costes de inversión y operación en una planta de fabricación más adelante. Dicha alimentación del combustible a la planta generadora de energía se adecuaría a la opción anterior de dividir parte del metanol sin purificar para la producción de DME, y el combustible restante se dirigirá al motor. En términos de energía y gasto de capital, esta opción reemplazaría una unidad de destilación en la planta 101 de fabricación con la mayoría del producto siendo destilado y yendo "por encima" por una unidad mucho más pequeña en la planta de generación de energía con una cantidad relativamente baja "sobre la parte superior". Esta opción también pondría a disposición centros cercanos de demanda local de DME, y concretamente cerca de la planta generadora de energía.

El pretratamiento del combustible en la etapa 104 de procesamiento previo también puede calentar el combustible de metanol 107 antes de la entrada en el motor usando agua caliente, derivada de la línea de retorno del depurador 115 Venturi. El agua que sale de la etapa 104 de pretratamiento sale como agua 106 de calidad de irrigación. El agua 106 enfriada de calidad de irrigación puede mezclarse con condensado del condensador 116 y, si es necesario, se puede usar un enfriador para asegurar una temperatura de efluente aceptable.

En el ejemplo mostrado para la generación de potencia con un HWL, el motor diésel se usaría generando energía desde 1 MW y superior. Esto no excluye una potencia por debajo de 1 MW que podría servir a los usuarios más pequeños y tener un bajo contenido de NOX, SOX y la salida de partículas. Un motor diésel es particularmente adecuado para tratamiento postcombustión, ya que proporciona la fuerza motriz de la presión de aire necesaria para mover el escape a través del equipo de limpieza e intercambio de calor a solo un pequeño costo en la eficiencia del motor.

La naturaleza de algunas de las mezclas de combustible descritas en este documento significa que se prefieren los pistones de gran diámetro sobre los pistones más pequeños debido a que se aumentan los beneficios térmicos inherentes en el tamaño del motor. Los pistones más grandes también reducen el riesgo de impacto del combustible inyectado en las paredes del pistón, asegurando que el combustible se quema adecuadamente y no interfiere con la película de lubricante.

Mientras que los experimentos mencionados más adelante demuestran que el combustible probado en un motor que funciona a más de 1.000 rpm, como se sugirió anteriormente, el combustible puede usarse con éxito en motores de velocidad más lenta, normalmente operando a menos de 100 rpm hasta 1.000 rpm, que es el intervalo normalmente descrito como el intervalo de velocidad baja a media. Este intervalo de velocidad permite más tiempo para que los mejoradores volátiles del 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 mayor margen de tiempo durante la fase de combustión permitirá una combustión más completa del combustible y reducirá el nivel del combustible no quemado y otros componentes en el escape del motor. El mayor margen de tiempo también permitirá más tiempo para quemar por completo el combustible en el cilindro a través del contacto del agua y las moléculas de oxígeno, permitiendo que se utilice un lambda inferior y aumentando la concentración de agua en el escape del motor.

Se genera potencia en el motor 111 mediante una mezcla de metanol 107 y agua 108 que entra en el motor 111 junto con aire 100, que puede precalentarse y en el ejemplo mostrado en las Figuras 3A y 3B se precalienta mediante gases de escape del motor a través de un condensador 116. Una temperatura de precalentamiento adecuada podría estar entre 40°C y 50°C. El agua en el combustible puede provenir de un almacenamiento de agua o del agua reciclada del gas de escape a través del condensador 116 (se explica con más detalle a continuación).

El tratamiento del gas de escape incluye pasar el escape del motor a través de un convertidor 112 catalítico usando catalizadores dirigidos al CO₂ y compuestos oxigenados. Esto causará un calentamiento marginal del gas de escape cuando ese calor pueda estar disponible para el HWL, o para otros procesos descritos más adelante en relación con las Figuras 5A, 5B, 6A y 6B. El convertidor 112 catalítico también reduce cualquier combustible o productos de combustión a un nivel apropiado. Un carbón activado de etapa final o similar puede opcionalmente emplearse para limpieza. Además, el combustible de metanol descrito en la presente en la presente memoria quema en forma limpia con poco hollín, lo que mejora el rendimiento del catalizador.

El HWL transporta calor a un destino local, como una comunidad residencial a través de un circuito de agua bombeada. Las Figuras 4A y 4B ilustran la línea 113a de suministro de HWL y la línea 113b de retorno en el intercambiador 113 de calor de HWL. El aprovechamiento del calor como subproducto del proceso de generación de energía puede usarse para proporcionar un calentamiento de bajo costo a los locales residenciales y comerciales. El agua bombeada a través del HWL se calienta a través de un intercambiador 113 de calor de HWL más adelante del convertidor 112 catalítico. El intercambiador 113 de calor es una unidad estándar que funciona a temperaturas al retorno del HWL de 40°C con una temperatura diseño de despacho de 80°C al HWL. La temperatura de retorno del

HWL relativamente fría y el diseño eficiente del intercambiador en términos de área de superficie requerida asegurarán suficiente enfriamiento del escape.

Los aditivos de tratamiento del escape se añaden al inyector 114 cáustico, que inyecta cualquier producto químico cáustico, y otros agentes neutralizadores adecuados de ácido, en el gas de escape para un resultado deseado. Por ejemplo, para eliminar compuestos ácidos del escape final se inyectará una baja dosis de un líquido básico (por ejemplo, soda cáustica y agua al 50%) en la corriente de escape, usada para anular los ácidos en trazas y controlar el pH del agua de riego que fluye desde la planta. El pH final se controlará hasta un nivel que mejor se adapte a las condiciones locales.

Se muestra un depurador Venturi 115 u otro dispositivo mezclador adecuado más adelante del intercambiador 113 del HWL. Esta unidad tiene varias funciones, la primera es mezclar íntimamente los gases de escape con un flujo de agua circulante, siendo el efecto del flujo de agua enfriar el escape de 85-90°C fuera del intercambiador del HWL hasta aproximadamente 55-60°C del depurador Venturi. Tal enfriamiento creará agua condensada del gas de escape y recogerá partículas que pueden tratarse utilizando métodos conocidos o, en última instancia, formar parte del agua de riego final que sale de la planta para regresar al suelo. El escape limpio y desacidificado que sale del depurador 115 produce un escape de mayor pureza fuera del condensador final.

Se bombea agua entre el depurador Venturi 115 y un intercambiador 100 de calor de ventilador de aletas. El intercambiador de calor de aletas u otro equipo adecuado es otro intercambio de gas/líquido que absorbe el calor del gas de escape a través del depurador Venturi y reenvía el calor al aire, que se hace fluir a través del intercambiador 100 de calor por uno o más ventiladores. Una ventaja del rechazo de calor de esta manera es que el calor se rechaza a baja temperatura y, por lo tanto, no tiene un gran impacto en la eficacia general del proceso.

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

La Figura 4A ilustra un intercambiador de aire de combustión/gas de escape grande final, concretamente el condensador 116 que recupera agua en sistemas de recuperación de gran contenido de agua. En sistemas en los que no es necesaria una alta recuperación de agua, el condensador 116 no está incluido. La Figura 4B ilustra un sistema de recuperación de agua medio similar al de la Figura 4A pero con la omisión del condensador 116.

El condensador 116 (opcional) final enfría el escape del depurador Venturi 115 hacia abajo desde aproximadamente 50-60°C hasta aproximadamente 5-20°C de temperatura ambiente. Al disminuir la temperatura en esta cantidad, el agua producida recuperada de la planta aumenta significativamente. Además de producir agua para riego, o reutilizarla fuera de la planta de generación de energía, el condensado del condensador 116 puede ser opcionalmente útil dentro del proceso de generación de energía.

Se puede inyectar condensado con el combustible procesado previamente para reducir la formación de NOX y los problemas de acidez asociados en el equipo más adelante, tal como en el intercambiador del HWL. El condensado también puede formar una fuente de agua para ser utilizada en la combustión de mezclas del combustible particulares como una alternativa o además del agua almacenada. Además, el agua de mayor calidad del condensador puede tratarse adicionalmente hasta agua potable, o puede añadirse al agua de calidad de riego producida por el depurador Venturi y recircular entre el depurador Venturi 115 y el intercambiador 100 de calor del ventilador de aleta.

El calor del enfriamiento del escape no se desperdicia, sino que se puede intercambiar con aire de admisión en el motor 111. Además del beneficio que el reciclaje de calor residual y del agua produce en el combustible requerido y las emisiones producidas en el proceso, la recuperación del agua y el calor tiende a estabilizar también el funcionamiento del motor. Un aire de admisión más frío al motor permite que se recupere más calor.

La Figura 3B difiere de la Figura 3A en que ilustra el proceso para producir y suministrar un combustible de metanol al motor 111 sin fumar aire de admisión con un mejorador de encendido. El combustible de metanol de la planta 101 de fabricación se transporta a través de la infraestructura de la tubería 103 para uso directo con el motor 111, donde el aire 110 de admisión se precalienta. Esta corriente de metanol puede contener bajos niveles de agua, tal como al menos 0,2% de agua. No es necesario procesar previamente para separar por separado un éter del combustible transportado ya que no se requiere fumigante. Sin embargo, todavía puede realizarse el procesamiento previo para preparar el combustible para la combustión y/o para separar los éteres para 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 el calor del escape no es esencial y podría omitirse. Sin embargo, es útil aprovechar el calor del escape y reciclar las partículas de escape para mejorar la eficiencia del motor y reducir las emisiones. Alternativamente, el agua del depurador Venturi al ventilador de aletas podría usarse en principio para calentar el aire de admisión.

En el proceso ilustrado en la Figura 3B, el aire de admisión se puede precalentar por diversos medios incluyendo usar el calor transferido del gas de escape, por ejemplo a través del condensador 116 o del calor tomado del escape antes en el proceso de postcombustión tal como en el etapa de conversión catalítica. Alternativamente, el aire de admisión se precalienta usando otras técnicas descritas en la presente memoria que incluyen calentamiento directo con elementos de calentamiento eléctrico, bujías incandescentes y calentamiento indirecto tal como a través de supercargadores o turbocargadores.

Las Figuras 5A y 5B ilustran cómo el concepto de la generación de potencia que utiliza la tecnología y el combustible descritos en la presente memoria se puede aplicar para alimentar un vehículo ferroviario. 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 procesamiento 104 previo del combustible y el uso del combustible a través del motor 111 es el mismo. El aire de escape se enfría después de salir del convertidor 112 catalítico a través de un primer intercambiador 120 de calor que usa aire ambiente para enfriar el escape y calentar el aire 110 de combustión.

El tratamiento de escape en un vehículo ferroviario difiere del proceso del HWL en la separación de agua de otro material de escape. El gas de escape que sale del convertidor catalítico pasa a través de un ciclo 121 de adsorción de agua con alúmina activada y un ciclo 122 de evolución de agua con alúmina activada para producir calor limpio y un escape seco a la atmósfera con la recuperación de agua del gas de escape a través de un condensador 123 de agua. El agua recuperada puede volver a suministrarse a la etapa de proceso previo o utilizarse para el uso no potable de un vehículo ferroviario. El escape seco más frío que sale de los ciclos de alúmina activada se puede usar a través de un segundo intercambiador 124 de calor para proporcionar calentamiento o enfriamiento en el vehículo ferroviario.

La fabricación del combustible en la planta 101 de metanol conduciría en una realización a que potencialmente dos componentes se almacenaran en el vehículo ferroviario: (1) una mezcla de agua y metanol diseñada para proporcionar el resultado correcto de NOX/rendimiento, y (2) una componente fumigante en almacenamiento presurizado por separado. Las penalizaciones por peso del vehículo ferroviario no son grandes en comparación con las penalizaciones por peso del envío.

La Figura 5B, similar a las Figuras 3B, ilustra el proceso de generación de energía del vehículo ferroviario sin el uso de fumigante, y se basa solamente en el precalentamiento. Los mismos comentarios sobre el mérito del proceso del 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 potencia utilizado para fines marinos y, por ejemplo, en un barco. De forma similar al ejemplo del proceso de generación de energía del HWL, una planta de fabricación de metanol dimensionada para un barco puede colocarse en el buque para suministrar combustible a base de metanol a uno o más motores 111 que impulsan el buque. De forma similar a los ejemplos anteriores, la Figura 6A ilustra un proceso que usa potenciador de encendido fumigante en el aire de admisión, mientras que la Figura 6B ilustra el proceso sin fumigante. El proceso podría en vez de incluir no precalentamiento o el precalentamiento del aire de admisión.

Un primer intercambiador 120 de calor en el vehículo marino enfría el aire de escape usando aire ambiente más frío. Una parte de ese aire de escape se puede recircular nuevamente para convertirse en aire 110 de combustión calentado. El aire de escape refrigerado restante se pasa luego a un desalinizador 125 y otros equipos de intercambio de calor para maximizar la recuperación de calor de escape para las necesidades del vehículo tales como calentamiento del tanque y del vehículo. El desalinizador hace uso del agua de mar disponible para vehículos marinos.

La ventaja general asociada con los procesos y combustibles descritos en este documento cuando se usa en las aplicaciones descritas anteriormente es que permite el suministro simultáneo de varios beneficios a comunidades y cuartos con limitaciones de energía y recursos. Las ventajas específicas incluyen:

- Desarrollo de recursos remotos que de otro modo podrían permanecer sin desarrollar debido a la inadecuación (por ejemplo, alto contenido de azufre).
- Proporcionar opciones integradas para un procesamiento conjunto de biomasa eficiente para reducir el CO₂.
- El uso conjunto más temprano de la biomasa extendería la vida útil de los recursos existentes.
- La integración de otras fuentes renovables también es una posibilidad, como el viento y el sol.
- Proporcionar electricidad a los centros de demanda en una combinación de calor y energía (CHP) o calor y energía de enfriamiento combinados (CCHP).
- Para eliminar virtualmente todos los contaminantes diferentes a CO₂ provenientes de la etapa de producción de energía eléctrica.
- Para capturar el hidrógeno de los recursos en la mayor medida posible y convertir estos recursos en agua para uso de los centros de demanda (1 parte de hidrógeno se convierte en reacción con oxígeno en 9 partes de agua en peso). Bajo tales arreglos, un recurso de combustibles fósiles también puede considerarse en parte como un recurso hídrico con un potencial efecto de "porte libre", ya que el mecanismo de suministro del combustible

absorberá en cualquier caso sus propios costos de distribución. Esta agua se tratará con alúmina activada u otro material o tecnología de adsorción adecuada para eliminar los avances que pasan por el convertidor catalítico que trata el escape del motor caliente.

- Proporcionar calor residual a las comunidades locales mediante un circuito de agua caliente (HWL) que enfríe los gases de escape e intercambie esta fuente principal de energía térmica con los centros locales de demanda de calor, calefacción o refrigeración. El escape limpio de la utilización de la tecnología descrita en este documento permite la proximidad de la generación de energía con el mercado, una característica que normalmente no está disponible para la generación de energía alimentada con carbón en particular.

- Recuperación en forma eficiente del agua y el calor. Se pueden usar otros enfoques de transferencia de calor, aunque con mayor coste de recuperación, y el aire de combustión también puede calentarse opcionalmente, por ejemplo, mediante el agua circulante antes del enfriador de ventilador de aletas (en el ejemplo de las Figuras 3A y 3B).

- Se puede obtener una alta recuperación de agua, en las cercanías de 0,7 a 1 tonelada de agua de riego por tonelada de metanol consumido, o más alta si es justificable por razones económicas y de ingeniería.

- Proporcionar agua de riego con pH neutro para uso directo de las comunidades locales.

- Proporcionar un escape lavado con agua que neutralice los ácidos y elimine las partículas hasta niveles bajos. Otros contaminantes como SOX e hidrocarburos en el escape también serán reducidos.

La tecnología descrita aquí con producción de agua, integración del calor del HWL y resultados de emisiones tendrá un costo en términos de eficiencia del motor, sin embargo, este aspecto en muchos casos se espera que sea compensado por los beneficios de la cadena de suministro y los beneficios mencionados anteriormente.

Ejemplos

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

1.1 Resumen

Este informe resume los resultados obtenidos durante un programa experimental emprendido por la Universidad de Melbourne sobre el rendimiento y las emisiones de salida del motor de diferentes combustibles a base de metanol en un motor de encendido por compresión.

Los combustibles ensayados 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 de promotores de encendido. El primero consistía en un precalentador de admisión de aire. Al calentar el aire de admisión del motor hasta 150°C (un límite de seguridad impuesto), se alcanzan temperaturas más altas cerca del final de la carrera de compresión, en cuyo punto se inyecta la carga del combustible principal. En algunos casos, estas temperaturas fueron lo suficientemente altas como para que ocurriera el encendido por compresión del combustible inyectado.

El segundo sistema para promover el encendido implicaba la inyección continua (es decir, fumigación) de dimetil éter gaseoso (DME) en el puerto de admisión del motor. Debido a que el DME tiene una temperatura de encendido relativamente baja y un alto índice de cetano, el DME se enciende por sí solo cuando la mezcla de aire/fumigante se comprime durante la carrera de compresión, liberando por lo tanto energía térmica que a su vez puede encender la carga del combustible principal.

Las pruebas se llevaron a cabo en un motor 1D81 Hatz de un solo cilindro modificado, montado en una instalación dinamométrica de motorismo/adsorción construida en la empresa. En su estado no modificado, este motor de aspiración natural produce hasta 10 kW de potencia del 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, ya que es comúnmente conocido en la comunidad de motores que la eficiencia máxima del motor aumenta con el tamaño del motor debido a las leyes fundamentales de la física.

Como tal, se considera que el rendimiento del motor para los combustibles diferentes al diésel en el programa de prueba actual debe considerarse en relación con el resultado del combustible diésel en este mismo motor. Por supuesto, maximizar el rendimiento absoluto de un combustible dado en un motor dado requiere una mayor optimización, y que debería mejorar el rendimiento del motor.

Las observaciones generales de este programa experimental son las siguientes.

1. Pruebas de motor fumigado

Estos resultados muestran que en las condiciones operativas más eficientes, el motor fumigado produjo una eficiencia comparable, menores emisiones de NO y emisiones de partículas mucho más bajas que el motor diésel.

2. Pruebas con aire de admisión calentado

Estos resultados muestran que las emisiones de NO a la salida del motor fueron comparables a las del motor diésel. Al igual que con las corridas de motor fumigado, se observaron nuevamente emisiones de partículas mucho más bajas que el motor diésel. Se requiere más trabajo para mejorar la eficiencia del motor en este modo de operación.

1.2 Métodos experimentales

Las pruebas se llevaron a cabo en un motor diésel Hatz 1D81 modificado, montado en una instalación dinamométrica de motorismo/absorción construida en la empresa. La Figura 10 establece un diagrama de proceso e instrumentación para la instalación. Las especificaciones del motor no modificado se detallan en la Tabla 1 a continuación. Estas especificaciones no se cambiaron durante la prueba del motor.

Las modificaciones realizadas en el motor consistieron en lo siguiente.

- Reemplazo del inyector mecánico del combustible y la bomba del combustible con un sistema de inyección accionado por solenoide y sistema de inyección y bomba del combustible separados. Se usó un inyector diésel de conducto común con comando electrónico para alimentar el sistema. Este inyector (Bosch, modelo 0 445 110 054-RE) suministró una tasa de flujo volumétrico significativamente mayor que el inyector en el motor no modificado, de modo que pueden suministrarse los combustibles con mayor contenido de agua de la Tabla 2 con la misma relación aire/combustible que los combustibles diésel y de metanol puro. Este inyector está sobredimensionado para este motor, y por lo tanto debería resultar en una reducción significativa en el rendimiento del motor incluso cuando se lo opera con el mismo combustible diésel que el motor sin modificar. Como resultado, la referencia adecuada para probar los combustibles alternativos enumerados en la Tabla 2 es el mismo, corriendo el sistema modificado que funciona con diésel, cuyos resultados se enumeran en las Tablas 3, 4 y 5. Se prevé que se otras pruebas, específicamente de los combustibles con el menor contenido de agua, permitirán el uso de un inyector más pequeño y, por lo tanto, mejoras significativas en el rendimiento del motor. Como muestra la Figura 10, los combustibles se mezclaron en un recipiente de almacenamiento presurizado de manera que el DME no hizo la transición a la fase gaseosa antes de la inyección en el motor. Este recipiente estuvo siempre entre 5 y 10 bar durante la prueba. El combustible líquido que salía de este recipiente se presurizó a continuación con una bomba Haskel de accionamiento neumático de hasta 800 bares antes de inyectarse en el motor. Se usó un acumulador de alta presión para garantizar que la presión de la línea del combustible permaneciera constante durante las pruebas. El caudal del combustible se midió suspendiendo el recipiente de almacenamiento presurizado en una celda de carga, y midiendo la velocidad de cambio de la masa del recipiente durante cada prueba.
- Extensión del colector de admisión. Esto se hizo para conectar tanto el precalentador de admisión de aire como la entrada de fumigación de DME. Ambos sistemas fueron utilizados como promotores de encendido de la carga principal del combustible.

- Extensión del colector de escape para conectar todos los sistemas de análisis de emisiones.

- Un transductor piezoeléctrico de presión Kistler. Instalado en la culata del motor para registrar la presión en el cilindro.

- Uso del aceite Shell Helix Racing 10W60 para todas las pruebas. Este es un aceite sintético.

Las emisiones de escape se analizaron usando varios sistemas independientes.

- Un medidor de material en partículas MAHA. Este dispositivo proporciona una medida gravimétrica del material en partículas en el escape del motor.
- Un sensor UEGO de Bosch. Este es un dispositivo de producción que mide la relación aire-combustible. Aunque se desarrolló para combustibles de hidrocarburos, la comparación con la relación aire-combustible medido a partir del banco de emisiones ADS9000 demostró que funcionaba bien para todos los combustibles probados distintos de aquellos con más del 50% de contenido de agua (Figura 4).
- Un banco de emisiones ADS9000. Este dispositivo midió las emisiones de NO del motor. Antes del muestreo, la muestra de escape pasa a través de líneas no calentadas y una trampa de agua, y por lo tanto el contenido de agua de los gases muestreados debe estar cerca de saturarse en condiciones ambientales. El ADS9000 se calibró antes y durante el programa de prueba utilizando gases de calibración para todas las cantidades medidas y un divisor de gases.
- Un analizador de emisiones por FTIR Gasmet. Este dispositivo se calibró utilizando gases de calibración apropiados y se puso a cero con nitrógeno de alta pureza según las instrucciones del proveedor.

Se probó cada combustible a la velocidad de estado estacionario de 2.000 rpm y un valor lambda de 2 (es decir, 100% de exceso de aire). El motor no modificado funcionó a un valor lambda de aproximadamente 1,5. Se eligió la operación más ligera ya que las primeras pruebas en lambda 1,5 con metanol puro causaron convulsiones del motor debido a una inyección demasiado avanzada en un caso. No se experimentaron más detenciones del motor en lambda 2.

El procedimiento general del motor de prueba fue el siguiente.

1. Operación de admisión con calefacción.

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

La duración de la inyección se estableció mediante el valor lambda de 2, y el inicio de la inyección se estableció en el punto muerto superior.

El controlador del calentador luego redujo la temperatura de admisión mientras el motor funcionaba, hasta que el torque positivo del motor ya no se mantuvo. El controlador de admisión del calentador luego ajusta la temperatura de admisión un grado más alto que cuando la operación cesó.

El inicio de la inyección se hizo avanzar luego con el controlador del dinamómetro manteniendo constante la velocidad del motor, hasta que el par del motor alcanzó el llamado "par de frenado máximo (MBT)". MBT es la condición operativa más eficiente a una velocidad constante del motor y una relación aire/combustible.

El tiempo de inyección resultante (inicio y duración) y otras cantidades medidas se registraron en esta condición de funcionamiento.

2. Operación de admisión fumigada.

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

La duración principal de la inyección del combustible se estableció mediante el valor lambda de 2 y el inicio de la sincronización de inyección se estableció en el punto muerto superior.

El caudal de DME se redujo a continuación, mientras que aumentaba la velocidad de flujo del combustible principal para mantener lambda constante, hasta que el par de freno alcanzó un máximo.

La sincronización de inicio de la inyección se avanzó entonces hasta que se alcanzó la sincronización de MBT, mientras se continuaba ajustando la tasa de flujo del combustible principal para mantener lambda si fuera necesario.

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

3. Operación del motor diésel.

La sincronización de inicio de la inyección se avanzó a MBT mientras se mantenía lambda a 2 a través de la duración de la inyección.

Las especificaciones de los combustibles fueron las siguientes.

- Metanol, pureza mayor al 99,8%
- Agua desionizada, pureza mayor al 99,8%
- dimetil éter (DME), pureza mayor al 98%
- dietil éter (DEE), pureza mayor al 98%

1.3 Resultados

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

Tabla 1: especificaciones del motor sin modificar

Datos técnicos	Unidades	1D81
Número de cilindros		1
Diámetro x carrera	[mm]	100 x 85
Desplazamiento	[L]	0,667

Datos técnicos	Unidades	1D81
Velocidad media del pistón a 3000 rpm	[m/s]	8,5
Relación de compresión		20,5

Tabla 2: Programa de los combustibles probados (aquellos en **negrita** no produjeron una producción neta de trabajo incluso con aire de admisión a 150°C)

Con fumigación			
Composición principal del combustible (% en volumen)			
MeOH	Agua	DME	DEE
100	0	0	0
95	5	0	0
90	10	0	0
70	30	0	0
50	50	0	0
35	65	0	0
95	0	5	0
90	5	5	0
85	10	5	0
65	30	5	0
45	50	5	0
30	65	5	0
90	0	10	0
85	5	10	0

(continuación)

Con fumigación			
Composición principal del combustible (% en volumen)			
MeOH	Agua	DME	DEE
80	10	10	0
60	30	10	0
40	50	10	0
25	65	10	0
80	0	20	0
75	5	20	0
70	10	20	0
50	30	20	0
30	50	20	0
15	65	20	0
90	0	0	10
85	5	0	10

ES 2 663 139 T3

80	10	0	10
60	30	0	10
40	50	0	10
25	65	0	10
Con calefactor			
Composición principal del combustible (% en volumen)			
MeOH	Agua	DME	DEE
100	0	0	0
85	15	0	0
77,5	22,5	0	0
70	30	0	0
50	50	0	0
35	65	0	0
95	0	5	0
80	15	5	0
72,5	22,5	5	0
65	30	5	0
45	50	5	0
30	65	5	0
90	0	10	0
75	15	10	0
67,5	22,5	10	0

(continuación)

Con calefactor			
Composición principal del combustible (% en volumen)			
MeOH	Agua	DME	DEE
60	30	10	0
40	50	10	0
25	65	10	0
80	0	20	0
65	15	20	0
57.5	22.5	20	0
50	30	20	0
30	50	20	0
15	65	20	0
90	0	0	10
75	15	0	10
67.5	22.5	0	10

ES 2 663 139 T3

60	30	0	10
40	50	0	10
25	65	0	10

Tabla 3: Datos de rendimiento del diésel

Diésel		Datos de rendimiento												
		LHV (MJ/kg)	Tentrada °C	Tsalida °C	Tiempo de inyección DBTDC	Duración de la inyección CAD	Lambda -	Velocidad rpm	Esfuerzo de torsión	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	Fumigación de DME g/s	BTE %
43			22,4	401	4	10	2,13	1.975	22,1	4,6	13,1	0,46	0	23,0

Tabla 4: Datos de emisiones del diésel ADS9000

Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada)			
Partículas	NO	NO	Lambda
mg/m ³	ppm	g/kWh	-
140	440	4,9	1,9

Tabla 5: datos de rendimiento con fumigación de DME

Con fumigación				Datos de rendimiento												
Composición del combustible principal (% en volumen)				LHV MJ/kg	Tentrada °C	Tsalida °C	Tiempo de inyección CAD BTDC	Duración de la inyección CAD	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Esfuerzo de torsión Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME g/s	BTE %
MeOH	agua	DME	DEE													
100	0	0	0	20,0 200	27	339	6	16	2,1	1977	18,4	3,8	12,8	0,69	0,168	20,3%
95	5	0	0	18,8	26	318	6	18	2,1	1981	18,8	3,9	12,9	0,74	0,168	20,9%
90	10	0	0	17,5	27	327	6	19	2,1	1985	17,9	3,7	12,9	0,75	0,168	20,7%
70	30	0	0	13,0	26	301	6	22	2,1	1984	16,4	3,4	12,9	0,89	0,210	19,3%
50	50	0	0	8,8	25	241	10	26	2,2	1984	12,5	2,6	12,9	1,01	0,252	16,0%
35	65	0	0	6,0	25	191	28	34	2,1	1982	10,0	2,1	12,9	1,32	0,280	12,9%
95	0	5	0	20,4	27	367	8	21	2,1	1981	20,5	4,3	12,9	0,77	0,168	20,7%
90	5	5	0	19,1	27	349	12	21	2,1	1984	20,9	4,3	12,9	0,80	0,168	21,5%
85	10	5	0	17,9	26	337	12	22	2,1	1980	20,0	4,1	12,9	0,80	0,168	21,7%
65	30	5	0	13,3	24	296	16	28	2,1	1977	18,7	3,9	12,8	1,03	0,182	20,3%
45	50	5	0	9,1	24	251	20	33	2,1	1979	14,8	3,1	12,8	1,20	0,238	17,2%
30	65	5	0	6,2	24	194	30	34	2,0	1980	10,4	2,2	12,8	1,32	0,252	13,9%
90	0	10	0	20,8	24	354	10	21	2,0	1979	21,7	4,5	12,8	0,80	0,168	20,9%
85	5	10	0	19,5	24	352	12	23	2,0	1977	22,1	4,6	12,8	0,85	0,168	21,4%
80	10	10	0	18,2	23	335	16	21	2,0	1977	21,7	4,5	12,8	0,83	0,168	22,3%
60	30	10	0	13,6	24	294	18	25	2,0	1979	18,6	3,9	12,8	0,98	0,182	20,8%
40	50	10	0	9,4	24	258	20	30	2,0	1983	15,6	3,2	12,9	1,18	0,238	18,0%
25	65	10	0	6,4	24	180	30	32	2,3	1976	8,3	1,7	12,8	1,19	0,266	11,2%
80	0	20	0	21,6	24	353	10	19	2,0	1980	22,0	4,6	12,8	0,72	0,210	21,1%

(continuación)

Con fumigación					Datos de rendimiento												
Composición del combustible principal (% en volumen)					LHV MJ/kg	Tentrada °C	Tsalida °C	Tiempo de inyección CAD BTDC	Duración de la inyección CAD	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Esfuerzo de torsión Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal		BTE %
MeOH	agua	DME	DEE	DME											g/s		
75	5	20	0	20,2	26	352	10	19	2,1	1981	21,1	4,4	12,9	0,69	0,210	21,8%	
70	10	20	0	19,0	24	327	10	18	2,1	1977	19,6	4,1	12,8	0,73	0,210	20,3%	
50	30	20	0	14,2	23	300	16	23	2,1	1976	17,4	3,6	12,8	0,86	0,238	18,9%	
30	50	20	0	9,9	23	271	18	30	2,0	1978	15,0	3,1	12,8	1,09	0,266	16,8%	
15	65	20	0	6,9	22	204	30	46	2,2	1978	10,7	2,2	12,8	1,27	0,308	12,6%	
90	0	0	10	21,3	33	377	6	16	2,1	1987	19,2	4,0	12,9	0,69	0,168	20,4%	
85	5	0	10	20,1	32	381	6	20	2,0	1986	19,5	4,1	12,9	0,74	0,168	20,6%	
80	10	0	10	18,8	31	344	10	20	2,1	1987	19,1	4,0	12,9	0,77	0,168	20,6%	
60	30	0	10	14,1	30	313	12	24	2,1	1987	17,9	3,7	12,9	0,93	0,182	20,2%	
40	50	0	10	9,9	30	279	16	32	1,9	1985	16,6	3,4	12,9	1,34	0,224	17,4%	
25	65	0	10	7,0	30	210	30	38	2,1	1989	11,3	2,4	12,91	1,34	0,266	13,8%	

Tabla 6: datos de rendimiento con aire de admisión calentado

Con fumigación					Datos de rendimiento												
Composición del combustible principal (% en volumen)					LHV MJ/kg	Tentrada °C	Tsalida °C	Tiempo de inyección CAD BTDC	Duración de la inyección CAD	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Esfuerzo de torsión Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME g/s	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 de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada) con fumigación con DME

Con Fumigación				Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada)			
Composición del combustible principal (% en volumen)				Partículas	NO	NO	Lambda
MeOH	agua	DME	DEE	mg/m ³	ppm	g/kWh	-
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

Tabla 8: Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada) con aire de admisión calentado

Con Calentador				Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada)			
Composición del combustible principal (% en volumen)				Partículas mg/m ³	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 del análisis de combustión con fumigación de DME

Con Fumigación				Análisis de combustión						
Composición del combustible principal (% en volumen)				IMEP kPa	PMEP kPa	PP kPa	LPP DATDC	PPRR kPa/grado	LPPRR CA	CoV %
MeOH	agua	DME	DEE							
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%

ES 2 663 139 T3

Con Fumigación				Análisis de combustión						
Composición del combustible principal (% en volumen)				IMEP	PMEP	PP	LPP	PPRR	LPPRR	CoV
MeOH	agua	DME	DEE	kPa	kPa	kPa	DATDC	kPa/grado	CA	%
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 a la falla del transductor de presión durante la prueba.

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

Con calentador				Análisis de Combustión						
Composición del combustible principal (% en volumen)				IMEP	PMEP	PP	LPP	PPRR	LPPRR	CoV
MeOH	agua	DME	DEE	kPa	kPa	kPa	DATDC	kPa/grado	DATDC	%
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		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%

Con calentador				Análisis de Combustión						
Composición del combustible principal (% en volumen)				IMEP	PMEP	PP	LPP	PPRR	LPPRR	CoV
MeOH	agua	DME	DEE	kPa	kPa	kPa	DATDC	kPa/grado	DATDC	%
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

Se realizó un trabajo de prueba adicional para explorar combinaciones adicionales del combustible y el fumigante, y los resultados de esos ensayos se resumen en las tablas 11 y 12 a continuación. De resaltar es lo siguiente:

- En general, las eficiencias del motor a 1.000 rpm son menores que las de los combustibles iguales o similares a altas velocidades del motor. Esto se basa en el hecho de que el motor Hatz no modificado tenía una eficacia máxima a aproximadamente 2.000 rpm, y era de esperar. Cuando se usan en motores más grandes diseñados para una eficiencia máxima a una velocidad más baja, se mejorarían las eficiencias usando los combustibles.
- Las emisiones de NO que usan el dispositivo ADS9000 no se presentan debido a la falla de este sensor durante este programa de prueba.
- El inyector del combustible falló durante la prueba número 25. Los datos registrados para esta prueba todavía parecían razonables, ya que la falla fue tardía en la prueba, por lo que se incluye en este apéndice. Es de destacar el rendimiento comparativo de las series 25 y 27, que tienen una composición del combustible principal muy similar, además de los aditivos.

Prueba No.	Fumigado								Composición del combustible principal con aditivos (% en masa)								LVH (MJ/kg)
	% principal en volumen			Aditivos en peso					MeOH	EtOH	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	0	0	0	93,7	0,0	3,9	0	0	0	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
24 rep	70	0	30	0	0	0	0	0	64,9	0,0	35,1	0	0	0	0	0	13

Tabla 11: datos de rendimiento con fumigación de DME

	Datos de rendimiento										
Prueba No.	Tentrada °C	Tsalida °C	Tiempo de inyección CAD BTDC	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Esfuerzo de torsión Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	DME g/s	BTE %
22	39	209	0	2,1	1.000	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	0,046	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	1.978	11,1	2,3	11,0	0,67	0,106	14,7
24 rep	83	224	0	2,0	995	5,9	0,6		0,39	0,031	10,4

Tabla 11 (continuación): datos de rendimiento con fumigación de DME

Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada)					
Prueba No.	Partículas mg/m ³		NO ppm	NO g/kWh	Lambda -
22	1		-	-	2,1
23	1		-	-	2,2
24	1		-	-	2,1
25	1		-	-	1,9

(continuación)

Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada)					
Prueba No.	Partículas mg/m ³		NO ppm	NO g/kWh	Lambda -
26	1		-	-	2,1
28	1		-	-	2,1
29	1		-	-	2,1
30	1,2		-	-	2,1
24 rep	1		-	-	2,0

Tabla 11 (continuación): datos de rendimiento con fumigación de DME

Prueba No.	Con calentador			Aditivos en peso					Composición del combustible principal con aditivos (% en masa)								LVH (MJ/kg)
	MeOH	EtOH	agua	DME	DEE	Formal.	Aspro.	Otro	MeOH	EtOH	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	2,5	0,4	16,2
11	70	0	30	0	0	4	0	0	62,3	0,0	33,7	0	0	4	0	0,4	12,5
18	70	0	30	0	0	1	0	0	64,3	0,0	34,7	0	0	1	0	0,4	12,9
21	20	50	30	5	0	0	0	0	17,5	44,3	33,2	5	0	0	0	0,0	16,9

Tabla 12: datos de rendimiento con aire de admisión calentado

	Datos de rendimiento										
Prueba No.	Tentrada °C	Tsalida °C	Tiempo de inyección CAD BTDC	Lambda UEGO	Velocidad rpm	Esfuerzo de torsión Nm	Potencia kW	Flujo de aire g/s	Combustible principal g/s	Fumigado de DME g/s	BTE %
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 encendió		0								
18	No encendió		0								
21	150,8	246	0	2,03	994	3,2	0,3	4,6	0,28	-	7,0

Tabla 12 (continuación): datos de rendimiento con aire de admisión calentado

Emisiones de MAHA y ADS 9000 (humedad calculada)					
Prueba No.	Partículas mg/m ³		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

Tabla 12 (continuación): datos de rendimiento con aire de admisión calentado

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

Las tablas en los resultados de las pruebas descritas en 1.1 a 1.4 anteriores se basan en cantidades relativas de componentes en la composición del combustible principal medidas por volumen. Las siguientes tablas 13 y 14 permiten hacer una conversión entre el % en volumen y en peso para las composiciones combustibles.

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

Con Fumigación			
Composición del combustible principal (% en volumen)			
MeOH	agua	DME	DEE
100	0	0	0
MeOH	agua	DME	DEE

ES 2 663 139 T3

Con Fumigación			
Composición del combustible principal (% en volumen)			
MeOH	agua	DME	DEE
95	5	0	0
90	10	0	0
70	30	0	0
50	50	0	0
35	65	0	0
95	0	5	0
90	5	5	0
85	10	5	0
65	30	5	0
45	50	5	0
30	65	5	0
90	0	10	0
85	5	10	0
80	10	10	0
60	30	10	0
40	50	10	0
25	65	10	0
80	0	20	0
75	5	20	0
70	10	20	0
50	30	20	0
30	50	20	0
15	65	20	0
90	0	0	10
85	5	0	10
80	10	0	10
60	30	0	10
40	50	0	10
25	65	0	10
MeOH	agua	DME	DEE
100,0	0,0	0,0	0,0
93,8	6,2	0,0	0,0
87,7	12,3	0,0	0,0
MeOH	agua	DME	DEE
64,9	35,1	0,0	0,0

Con Fumigación			
Composición del combustible principal (% en volumen)			
MeOH	agua	DME	DEE
44,2	55,8	0,0	0,0
29,9	70,1	0,0	0,0
95,8	0,0	4,2	0,0
89,5	6,3	4,2	0,0
83,4	12,4	4,1	0,0
60,7	35,4	3,9	0,0
40,0	56,2	3,8	0,0
25,8	70,6	3,6	0,0
91,4	0,0	8,6	0,0
85,2	6,3	8,5	0,0
79,1	12,5	8,3	0,0
56,4	35,7	7,9	0,0
35,8	56,6	7,6	0,0
21,6	71,1	7,3	0,0
82,6	0,0	17,4	0,0
76,4	6,4	17,2	0,0
70,3	12,7	16,9	0,0
47,7	36,2	16,1	0,0
27,3	57,4	15,3	0,0
13,2	72,1	14,8	0,0
90,9	0,0	0,0	9,1
84,7	6,3	0,0	9,0
78,7	12,4	0,0	8,9
56,1	35,5	0,0	8,4
35,6	56,3	0,0	8,0
21,5	70,7	0,0	7,8

Tabla 14: Tablas de comparación entre el % en volumen y el % en masa - Precalentamiento del aire de admisión

Con calentador			
Composición del combustible principal (% en volumen)			
MeOH	agua	DME	DEE
100	0	0	0
85	15	0	0
77,5	22,5	0	0
95	0	5	0

Con calentador			
Composición del combustible principal (% en volumen)			
MeOH	agua	DME	DEE
80	15	5	0
72,5	22,5	5	0
90	0	10	0
75	15	10	0
67,5	22,5	10	0
80	0	20	0
65	15	20	0
57,5	22,5	20	0
90	0	0	10
75	15	0	10
67,5	22,5	0	10
Composición del combustible principal (% en masa)			
MeOH	agua	DME	DEE
100,0	0,0	0,0	0,0
81,8	18,2	0,0	0,0
73,2	26,8	0,0	0,0
95,7	0,0	4,3	0,0
77,6	18,3	4,1	0,0
69,0	27,0	4,0	0,0
91,4	0,0	8,6	0,0
73,3	18,5	8,2	0,0
64,7	27,2	8,1	0,0
82,6	0,0	17,4	0,0
64,5	18,8	16,8	0,0
55,9	27,6	16,4	0,0
90,9	0,0	0,0	9,1
72,9	18,4	0,0	8,8
64,3	27,1	0,0	8,6

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

Agua y éter más fumigante de DME:

5

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

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

a. las propiedades espectrales del agua tales como la emisividad y el coeficiente de absorción son superiores con respecto al metanol a través de la banda de calefacción (por ejemplo, IR infrarrojo), que ayuda a absorber el calor

radiante en las gotas del combustible mixto y agua, ya que el metanol se evapora de la gota a un ritmo acelerado, ya que el metanol compartiría esta tasa más alta de captación de calor y se evaporaría primero. La emisividad del agua se reporta en la literatura entre 0,9 y 1,0, es decir, casi un cuerpo negro a la radiación infrarroja, mientras que el metanol es menos de la mitad de ese valor en cerca de 0,4.

b. La conductividad térmica del agua es mayor que el metanol

c. La difusividad térmica del agua es mayor que el metanol.

d. Los puntos b. y c. anteriores conducirían a una mayor transferencia de calor dentro de una gota con agua presente, acelerando de nuevo la conversión de metanol en fase líquida en gas a medida que la concentración de metanol disminuye a medida que las gotas se contraen:

	Difusividad térmica mm ² /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 Acta Termoquímica 492 (2009) páginas 95-100

2. El trabajo reportado anteriormente provee evidencia de la viabilidad de un combustible de metanol en agua a través de la demostración de su operación suave cuando se lo usa incluso con niveles altos de agua con una cantidad adecuada de asistencia de encendido en términos de fumigante. A partir de los datos presentados en la Figura 7, que se deriva del trabajo presentado anteriormente, se muestra que hay un pico de eficiencia térmica logrado cuando el contenido de agua está en el intervalo de aproximadamente 12% a 23% en peso de la composición de combustible principal. La zona de BTE mejorada es para contenidos de agua entre 2% y 32%, alcanzándose un óptimo en la región de cerca de 16-18% con fumigante de DME. Este fue un resultado sorprendente. Era inesperado que la inyección de niveles tan altos de agua en la cámara de combustión permitiría que un motor de encendido por compresión funcionara con un funcionamiento aceptable en términos de COV de IMEP (coeficiente de variación de la presión efectiva media indicada).

De los datos experimentales reportados anteriormente, un ejecutante de BTE de menor intervalo en la mayoría de los casos fue metanol no diluido, con un buen rendimiento obtenido por mezclas que incluían DME en el intervalo de 4-9% en peso.

Como el contenido de agua fue más allá de aproximadamente el 30% en peso en los combustibles que contenían las cantidades de DME mencionadas anteriormente, la eficacia cayó nuevamente a niveles que eran consistentes con los combustibles que se quemaban sin agua presente.

Era de notar que los combustibles de aproximadamente el 70% de agua se quemaban en el motor, aunque con la mitad de la eficiencia debido en parte al mayor contenido de agua de escape.

La Figura 8 proporciona una representación gráfica del contenido de éter del combustible principal, en % en peso, y el consiguiente BTE del combustible. El corchete (}) se usa para marcar los puntos relacionados con el uso de dietil éter como el componente de éter en la composición del combustible, mientras que el éter utilizado en los otros puntos representados fue dimetil éter. La Figura 8 indica una elevación en BTE de aproximadamente 1,5% introduciendo 4% de DME en la fase líquida hasta aproximadamente 16% de contenido de agua, en comparación con el caso del metanol sin diluir. En general, los resultados proporcionados mediante el uso de una cantidad de éter dentro de la caja mostrada por una línea discontinua proporcionan ventajas a la composición del combustible principal. Aumentar el contenido de éter por encima del nivel del 10% (es decir, fuera de la caja a la derecha de la figura) introduce un costo adicional sin una mejora o ventaja del proceso correspondiente.

A bajos niveles de agua, los beneficios del 16% de DME en comparación con el 4% fueron pequeños, y el 4% de DME superaron el 16% de DME con contenidos de agua superiores a aproximadamente el 6%. Aproximadamente el 8% de DME en peso tuvo BTE ligeramente más alto que el 4% de DME en todo el intervalo de contenido de agua, la diferencia promedio de aproximadamente 0,3% hasta un máximo de aproximadamente 36% de agua en el combustible.

El dietil éter (DEE, puntos entre paréntesis) en el combustible mostró un BTE más débil en los intervalos de agua inferiores donde el rendimiento fue similar al metanol puro, sin embargo, como el contenido de agua en el combustible se elevó por encima de aproximadamente el 25% de DEE a aproximadamente 8% mejoró su rendimiento para que coincidiera con el de DME.

En términos de eficiencia térmica, el DEE podría no elegirse antes que el DME en un combustible de metanol y agua a menos que prevalezcan otras razones tales como la volatilidad o la presión de vapor.

Efecto del agua y el fumigante sobre el NO:

En un entorno fumigado en el que se aplica un refrigerante tal como agua, no se podía predecir que se conseguiría una reducción de NO y no se podría predecir el grado de reducción de NO. El trabajo de prueba muestra que la reducción de NO fue bastante dramática a medida que los niveles de agua aumentaron, mostrando un valle de 0,2 gramos/kw-h con 36% en peso de agua, como se muestra en la Figura 9.

La Figura 10 proporciona otra ilustración del efecto que tiene el aumento del contenido de agua en NOX en el escape. Las líneas de 4% y 8% de DME mostraron la mejor respuesta a la formación de NOX incluso a altas temperaturas del aire de admisión. La misma tendencia se puede observar en el caso de la fumigación, el caso de NOX decreciente, ya que los niveles de agua aumentan 16,5% de DME y 8,8% de DEE mostraron niveles más altos de NO en comparación con los casos de DME bajo. Todas las pruebas calentadas sin agua produjeron un NO mayor que el combustible diésel sin precalentamiento.

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

El combustible diésel en el mismo motor por contraste logró 4,9 gramos/kw-h en lambda 2 y 2.000 rpm (la lambda y la velocidad de todas las pruebas de fumigación en estos gráficos).

Fumigante:

El uso de un fumigante (o fumigación) no se ha considerado previamente con composiciones combustibles complejas, particularmente con composiciones combustibles que comprenden agua y metanol, y opcionalmente con otros aditivos tales como DME. Ciertamente no ha habido informes de la adopción comercial de tales técnicas. Esto puede deberse al hecho de que podría haberse considerado que es poco probable que dicho combustible funcione bien, dado el bajo valor de calentamiento del metanol, que se deteriora aún más al mezclarlo con un diluyente de alta calor latente, tal como agua. El uso de un combustible que contiene un gran componente de agua también es contra-intuitivo ya que el agua se usa normalmente para apagar incendios en lugar de ayudarlos a quemarse.

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

Estos inyectores más grandes tuvieron el efecto de reducir la eficiencia del motor, sin embargo, como una comparación entre combustibles, siempre que se aplicaron condiciones espejo, la validez de las comparaciones ha sido reconocida por los profesionales de pruebas de motores.

Se requirieron inyectores de gran tamaño en las condiciones operativas específicas de la prueba, y el motor fue operado a altas rpm debido al pequeño tamaño del motor, pero el trabajo adicional permitiría la modificación de estos factores con la consiguiente reducción en la cantidad relativa de fumigante (mejorador de encendido) inyectado en el aire de admisión del motor. El trabajo experimental llevado a cabo para apoyar esta aplicación se llevó a cabo a 2.000 rpm y 1.000 rpm, siendo esta última la velocidad operativa más baja del motor Hatz utilizado para el programa.

Ejemplo 2: 70% de metanol: 30% de combustible de agua con aire de admisión, método de calor y operación del fumigante

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

Durante las diferentes etapas de funcionamiento del motor (arranque, estado estacionario con baja carga, estado estacionario al 50% -100% de carga completa, marcha lenta, etc.), el motor puede operarse en diferentes modos, y en combinaciones de modos.

Durante el funcionamiento a 0-50% de carga del motor, el aire de admisión se precalienta entre 150-200°C sin presencia de fumigante. La pérdida de flujo de aire hacia el motor a temperatura elevada se compensa con una carga baja del motor.

En el caso del 50% con operación de carga completa, se puede reducir el nivel de precalentamiento del aire de admisión, y además se puede usar un fumigante que comprende 95% de DME, 3% de metanol y 2% de agua. El

fumigante se inyecta en el aire de admisión, en una cantidad del 5% en peso de la entrada total del combustible. Este nivel de fumigación puede reducirse a medida que se acerca la carga completa.

- 5 En la puesta en marcha, el aire de admisión puede ser precalentado, y además se fumiga un mayor % en peso de fumigante con respecto al combustible principal en la entrada de aire. Un fumigante adecuado para esta etapa de operación es 20% -50% de un fumigante que comprende 100% de DME.

En marcha lenta después de que el motor esté en funcionamiento, la fumigación puede interrumpirse.

- 10 El precalentamiento del aire de admisión, con ayuda periódica de la fumigación (sujeta a las rpm y carga del motor), permite que el funcionamiento del motor supere la presencia de agua al nivel de 30% en la composición del combustible principal.

Ejemplo 3: 95% Metanol: 5% del combustible con agua, con calefacción y sin fumigación

- 15 El ejemplo 2 se repite, pero con una composición de combustible de 95% de metanol y 5% de agua. El aire de admisión se precalienta entre 150°C y 200°C. Tal disposición puede incluir un turbocargador y un intercambiador de calor de aire de escape/entrada.

- 20 Ejemplo 4: 26% de metanol: 74% de agua con calentamiento y fumigación

(Ejemplo de referencia)

- 25 Se repite el ejemplo 3 pero con una composición del combustible de metanol de 26% y 74% de agua. Esta composición del combustible puede ser adecuada para su uso en aplicaciones marinas, para operar motores de CI de barco. En este caso, el agua de mar puede usarse como disipador de calor si es necesario para obtener el nivel de condensación requerido del gas de escape. En una situación marina, para garantizar la seguridad en espacios cerrados mediante la presencia de una fase de vapor no inflamable en el derrame, el nivel de agua en la composición del combustible es de aproximadamente el 74% (o más), siendo el 26% (o menos) del combustible, metanol. Este alto contenido de agua evita el riesgo de encendido causando incendios en la sala de máquinas.

- 30 El combustible es el Ejemplo que se puede bombear al tanque principal de almacenamiento del combustible en una composición lista para usar (es decir, con 74% de agua en la composición de metanol). Alternativamente, una premezcla que tiene un nivel de agua más bajo (comparado con la composición de uso del motor) puede bombearse al tanque de almacenamiento y aumentar el nivel de agua a través de la dilución con agua de la premezcla final entre el almacenamiento y la 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 del combustible llevado al recipiente.

- 35 El encendido de este combustible requiere métodos de calor como se describió anteriormente. El vapor o el aerosol de DME fumigado en la entrada de aire proporciona los medios suficientes para encender el combustible.

- 40 La cantidad de agua en el gas de escape puede calcularse entre aproximadamente 30-50%. Esto se basa en el agua original en el combustible y el agua que proviene de la combustión del metanol y DME, así como del agua en el aire de admisión. Este resultado sorprendentemente alto surge del alto contenido de hidrógeno del metanol (que contiene más hidrógeno en volumen que el hidrógeno líquido criogénico), combinado con el alto contenido de agua en el combustible, el vapor de agua en la entrada de aire y los productos de combustión de agua de los combustibles (metanol y DME).

- 45 Con esta reacción de combustión se generará un exceso de agua y existe la oportunidad de capturar una parte de esta para reciclaje y mezcla con un combustible de premezcla de bajo contenido 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 transportando un combustible base con mayor contenido de metanol y cumplir con la calidad objetivo del motor a niveles de agua más elevados mediante la captura de agua del escape del motor.

- 50 Una configuración de intercambio de calor y cámara de atomización que usa agua pura con aditivos opcionales para la eliminación de especies seleccionadas en la fase final se puede configurar para asegurar que la contaminación diferente al CO₂ de la combustión de metanol es baja. Además, se puede obtener una limpieza final del gas de escape por adsorción de, por ejemplo, metanol no quemado sobre superficies activadas, para su posterior desorción y reciclado al motor dentro del proceso, utilizando técnicas conocidas, o para incorporar como parte del fumigante o del combustible principal.

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

SOX <0,1 ppm.

En general, las emisiones de otros contaminantes, tales como las partículas de NOX, serán mucho menores en comparación con los combustibles diésel a base de petróleo.

- 5 Cualquier pequeña cantidad de NOX y SOX formada en la fase de combustión, y la absorción de CO₂ en la fase acuosa, puede dar como resultado una acidificación 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 acidificación débil.
- 10 El gas de escape resultante de dicha limpieza tiene emisiones mejoradas en comparación con el combustible diésel en términos de emisiones del combustible, hidrocarburos, partículas, NOX y SOX, que es ambientalmente ventajoso.

Recuperación de CO₂

- 15 El escape resultante del combustible con alto contenido de agua casi no contiene impurezas, lo que lo hace ideal para el procesamiento posterior. En particular, el CO₂ se convierte nuevamente en metanol para reducir directamente el CO₂ de efecto invernadero o se puede utilizar CO₂ de alta pureza para el crecimiento orgánico tal como algas para múltiples usos finales, incluida la fabricación de metanol, utilizando fuentes de energía que pueden incluir fuentes renovables, como la solar etc.
- 20 Al separar o purificar el nivel de oxígeno en el aire, se puede reducir o eliminar el nitrógeno del motor con la reducción o eliminación resultante del potencial de NOX a partir de la oxidación de nitrógeno. El reciclaje del CO₂ de escape a la entrada de O₂ del motor permitiría entonces la optimización del nivel de oxígeno que entra en el motor y la generación de un escape bastante puro de CO₂ y vapor de agua. Este CO₂ enriquecido es ideal para un procesamiento posterior de metanol o las aplicaciones mencionadas anteriormente, si se desea.
- 25

Ejemplo 5: 90% de metanol: 5% de agua: 15% de combustible de DME, con calentamiento y sin fumigación

- 30 El ejemplo 2 se repite pero con DME añadido a la composición de combustible de metanol y agua del combustible principal. El aire de admisión se precalienta entre 50°C y 150°C. Tal disposición puede incluir un turbocargador y un intercambiador de calor de aire de escape/entrada. El grado de precalentamiento requerido puede ser bajo o nulo en el intervalo de carga más alto, requiriéndose un precalentamiento moderado a menor carga y menor velocidad del motor.

- 35 Ejemplo 6: composiciones de combustible para usar con los métodos de calentamiento, con fumigantes opcionales

- 40 En la siguiente tabla, se describen ejemplos de composiciones de combustibles de metanol/agua para el funcionamiento de motores de encendido por combustión con precalentamiento del aire de admisión. Estas composiciones de combustible de metanol/agua pueden funcionar con precalentamiento del aire de admisión a un nivel de al menos 50°C o al menos 100°C o al menos 150°C o al menos 200°C o al menos 250°C o al menos 300°C o más alto (dependiendo de las condiciones prevalecientes). Las composiciones del combustible pueden usarse adicionalmente (o alternativamente, al precalentar el aire de admisión) en combinación con un fumigante, y se presentan ejemplos de fumigantes adecuados para los combustibles en la segunda parte de la tabla. El combustible principal de cada línea numerada se puede emparejar con un fumigante adecuado en la misma línea numerada, aunque es posible el emparejamiento entre combustibles vecinos y fumigantes. Con respecto a la identidad de los diluyentes del combustible, lubricantes, mejoradores de encendido y otros aditivos, estos se seleccionan a partir de los ejemplos proporcionados en la descripción detallada anterior. La cantidad en % a la que se hace referencia 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 esa descripción cuando se utiliza una combinación de más de uno de dichos aditivos de esa clase. Los ejemplos
- 45 específicos utilizan azúcar o éster de ácido graso como diluyente del combustible, éster de ácido graso o derivado de etanolamina como aditivo de lubricidad, éter como potenciador del encendido y aditivos de color de la llama y de color del producto como aditivo adicional.
- 50

- 55 Se indican varios fumigantes en las tablas, algunos más bajos en sus propiedades de encendido que los clasificados como componentes de encendido más altos. Los componentes enumerados no son exhaustivos, también se pueden usar otros componentes adecuados enumerados en otra parte de este documento y conocidos por los expertos en la técnica.

	Aditivos Clase 1	Aditivos Clase 2	Aditivos Clase 3	Aditivos Clase 4
Base del combustible total (% en peso)	Diluyentes del combustible	Lubricantes	Mejoradores de encendido	Otro

ES 2 663 139 T3

	% de Agua	% de Metanol	% de Aditivos				
COMBUSTIBLE PRINCIPAL							
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	18,15	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	18,15	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	8,15	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	73,85	16,15	4,15	5	5	2
36.	10	75,35	14,65	5,15	1,5	5	3

ES 2 663 139 T3

Base del combustible total (% en peso)				Aditivos Clase 1	Aditivos Clase 2	Aditivos Clase 3	Aditivos Clase 4
				Diluyentes del combustible	Lubricantes	Mejoradores de encendido	Otro
	% de Agua	% de Metanol	% de Aditivos				
COMBUSTIBLE PRINCIPAL							
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
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	38,15	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	64,85	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

ES 2 663 139 T3

Base del combustible total (% en peso)				Aditivos Clase 1	Aditivos Clase 2	Aditivos Clase 3	Aditivos Clase 4
				Diluyentes del combustible	Lubricantes	Mejoradores de encendido	Otro
	% de Agua	% de Metanol	% de Aditivos				
COMBUSTIBLE PRINCIPAL							
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	1,15	5	0	3
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

ES 2 663 139 T3

Base del combustible total (% en peso)				Aditivos Clase 1	Aditivos Clase 2	Aditivos Clase 3	Aditivos Clase 4
				Diluyentes del combustible	Lubricantes	Mejoradores de encendido	Otro
	% de Agua	% de Metanol	% de Aditivos				
COMBUSTIBLE PRINCIPAL							
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	68,85	16,15	4,15	5	5	2
106.	15	71,35	13,65	5,15	1,5	5	2
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	0	3
113.	20	71,85	8,15	2,15	3	0	3
114.	20	73,35	6,65	3,15	1,5	0	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	64,85	10,15	1,15	5	0	4
123.	25	66,35	8,65	2,15	1,5	0	5
124.	25	68,35	6,65	3,15	1,5	0	2
125.	25	60,85	14,15	4,15	3	5	2
126.	25	57,85	17,15	5,15	5	5	2
127.	25	55,35	19,65	6,15	1,5	10	2
128.	25	52,85	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	0	3

ES 2 663 139 T3

Base del combustible total (% en peso)				Aditivos Clase 1	Aditivos Clase 2	Aditivos Clase 3	Aditivos Clase 4
				Diluyentes del combustible	Lubricantes	Mejoradores de encendido	Otro
	% de Agua	% de Metanol	% de Aditivos				
COMBUSTIBLE PRINCIPAL							
133.	30	63,35	6,65	2,15	1,5	0	3
134.	30	60,85	9,15	3,15	3	0	3
135.	30	57,35	12,65	4,15	1,5	5	2
136.	30	53,85	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	0	3
143.	40	53,35	6,65	2,15	1,5	0	3
144.	40	50,85	9,15	3,15	3	0	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	0	3
153.	50	43,35	6,65	2,15	1,5	0	3
154.	50	40,85	9,15	3,15	3	0	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	0	3
163.	60	33,35	6,65	2,15	1,5	0	3
164.	60	30,85	9,15	3,15	3	0	3

ES 2 663 139 T3

Base del combustible total (% en peso)				Aditivos Clase 1	Aditivos Clase 2	Aditivos Clase 3	Aditivos Clase 4
				Diluyentes del combustible	Lubricantes	Mejoradores de encendido	Otro
	% de Agua	% de Metanol	% de Aditivos				
COMBUSTIBLE PRINCIPAL							
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
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	0	3
173.	70	23,35	6,65	2,15	1,5	0	3
174.	70	20,85	9,15	3,15	3	0	3
175.	70	18,35	11,65	4,15	1,5	4	2
176.	70	17,85	12,15	5,15	3	5	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

[illegible]

(continuación)

		Menor encendido	Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
		Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua			
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante			Comentario
24.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
25.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
26.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
27.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
28.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
29.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
30.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
31.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
32.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
33.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
34.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
35.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
36.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
37.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
38.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
39.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
40.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
41.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
42.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
43.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
44.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
45.	0	0	0	0	0	0	0	sí		
46.	0	0	0	0	0	0	0	sí		

(continuación)

		Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
		Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua			
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario
47.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
48.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
49.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
50.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
51.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
52.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
53.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
54.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
55.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
56.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
57.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
58.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
59.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
60.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
61.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
62.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
63.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
64.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
65.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
66.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
67.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
68.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
69.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	

(continuación)										Comentario
		Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
		Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua			
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante		
70.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
71.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
72.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
73.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
74.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
75.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
76.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
77.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
78.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
79.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
80.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
81.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
82.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
83.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
84.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
85.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
86.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
87.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
88.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
89.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
90.	0	0	0	0	0	0	0	0	sí	
91.	1	0		100			0	0	sí	
92.	1	4		95			1	1	sí	

(continuación)

		Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
		Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario
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	
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	

(continuación)

		Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
		Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua			
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario
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	20	50			5	sí		
137.	4	29		65			6	sí		
138.	4	33		60			7	sí		

(continuación)

			Menor encendido	Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
			Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua			
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% 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		

(continuación)

			Menor encendido	Menor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Mayor encendido	Agua	Método de calentamiento	
			Metanol	Butano LPG	DME	DEE	DIPE	Agua		
	Fumigante como % del combustible principal	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante	% en Fumigante		Comentario
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	
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	

Δ% en peso; adicional a la combinación 100% de agua/metanol
 * en peso de la entrada total del combustible

REIVINDICACIONES

1. Uso de una composición para el reemplazo completo del combustible diésel para alimentar un motor de encendido por compresión, comprendiendo la composición al menos 20% en peso de metanol y de 3% a 40% en peso de agua, y uno o más aditivos seleccionados del grupo que consiste de: mejoradores de encendido, diluyentes del combustible, potenciadores de combustión, aceite absorbente de oxígeno, aditivos de lubricidad, aditivos colorantes de producto, aditivos de color de llama, aditivos anticorrosivos, biocidas, depresores del punto de congelación, reductores de depósitos, desnaturalizantes, agentes de control de pH y mezclas de los mismos, en el que la composición del combustible no contiene dimetil éter, o comprende dimetil éter en una cantidad de no más de 20% en peso.
2. El uso de la reivindicación 1, en el que la composición comprende de 5% a 32% en peso de agua.
3. El uso de la reivindicación 1, en el que la composición comprende entre 5% y 40% en peso de agua, y no más de 20% en peso de aditivos.
4. El uso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la composición es una composición del combustible de una sola fase.
5. El uso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cantidad total de agua y metanol es al menos 80% en peso de la composición.
6. El uso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el metanol en la composición es un metanol sin purificar.
7. Un proceso para alimentar un motor de encendido por compresión que utiliza un combustible que incluye metanol y agua como un reemplazo completo para el combustible diésel, que incluye:
precalentar una corriente de aire de admisión, introducir el aire precalentado en una cámara de combustión del motor y comprimir el aire precalentado; y
introducir el combustible que comprende al menos 20% en peso de metanol y de 3% a 40% en peso de agua, y no contiene dimetil éter o dimetil éter en una cantidad de no más de 20% en peso, en la cámara de combustión como un completo reemplazo del combustible diésel tradicional e ignición de la mezcla del combustible/aire para accionar el motor.
8. El proceso para alimentar un motor de encendido por compresión como se reivindica en la reivindicación 7, que incluye precalentar el aire de admisión a 150°C-300°C.
9. El proceso para alimentar un motor de encendido por compresión según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, que incluye refrigerar el material de escape a través del intercambiador de calor, recoger agua del material de escape refrigerado y reciclar al menos una porción de vuelta al combustible.
10. El proceso para alimentar un motor de encendido por compresión como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que incluye fumigar el aire de admisión con un fumigante que contiene un potenciador del encendido.
11. Uso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la composición comprende al menos 12% en peso de agua.
12. Uso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y 11, en el que la composición comprende de 12% a 30% en peso de agua.
13. Proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el combustible comprende al menos 12% en peso de agua.
14. Proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 y 13, en el que el combustible comprende de 12% a 30% en peso de agua.
15. Uso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, 11 y 12, en el que el combustible no es una emulsión que comprende fases orgánica y acuosa separadas.

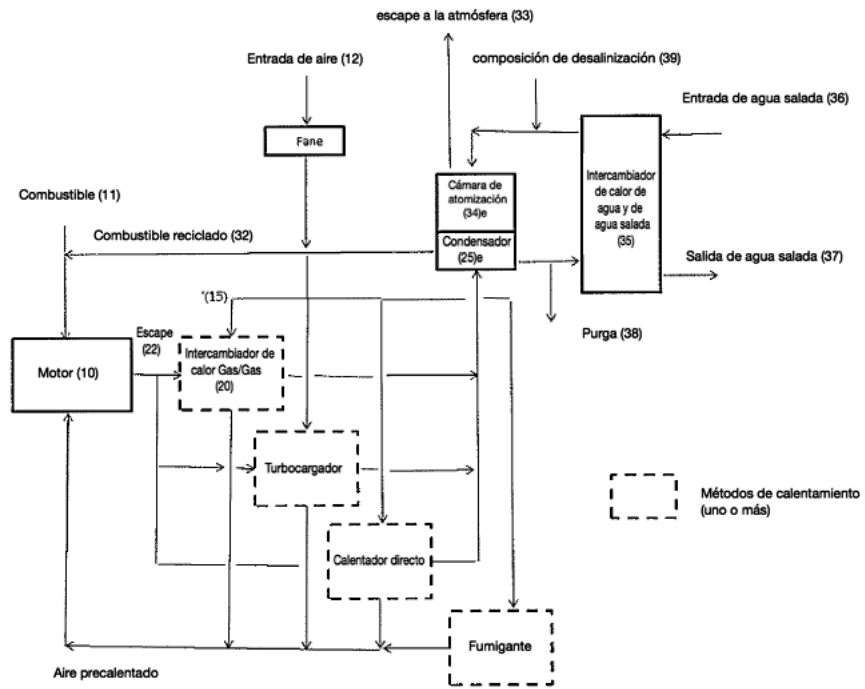


Figura 1

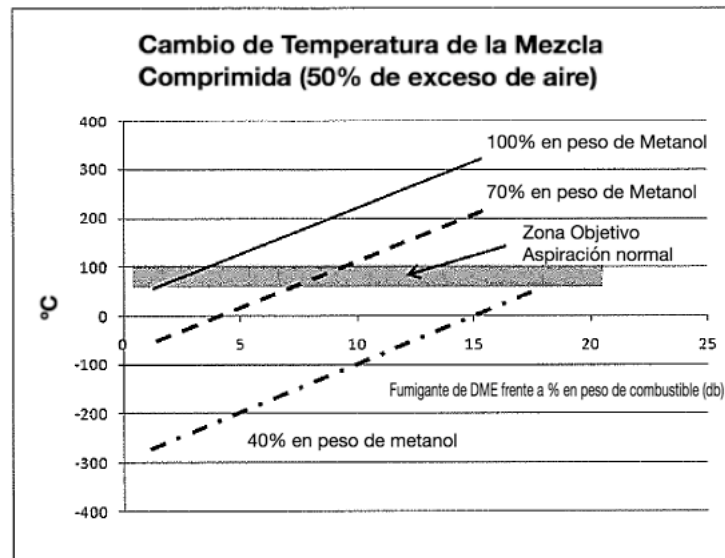


Figura 2

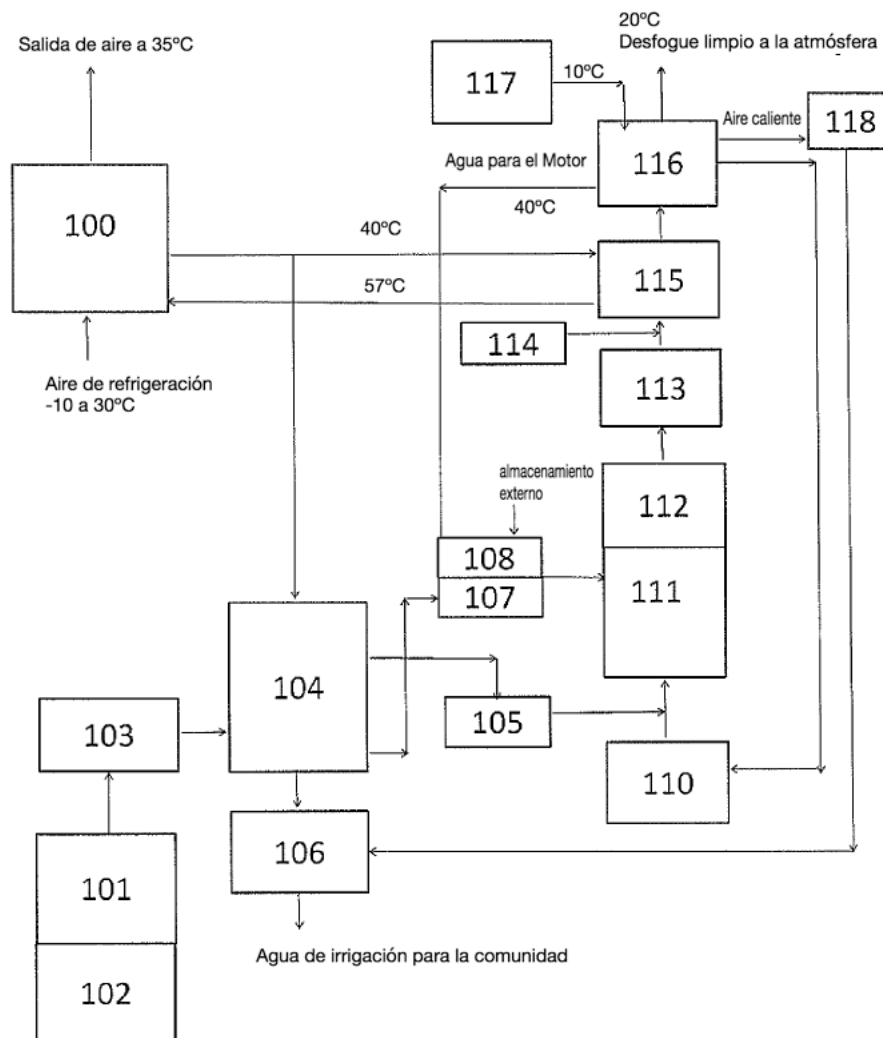


Figura 3A

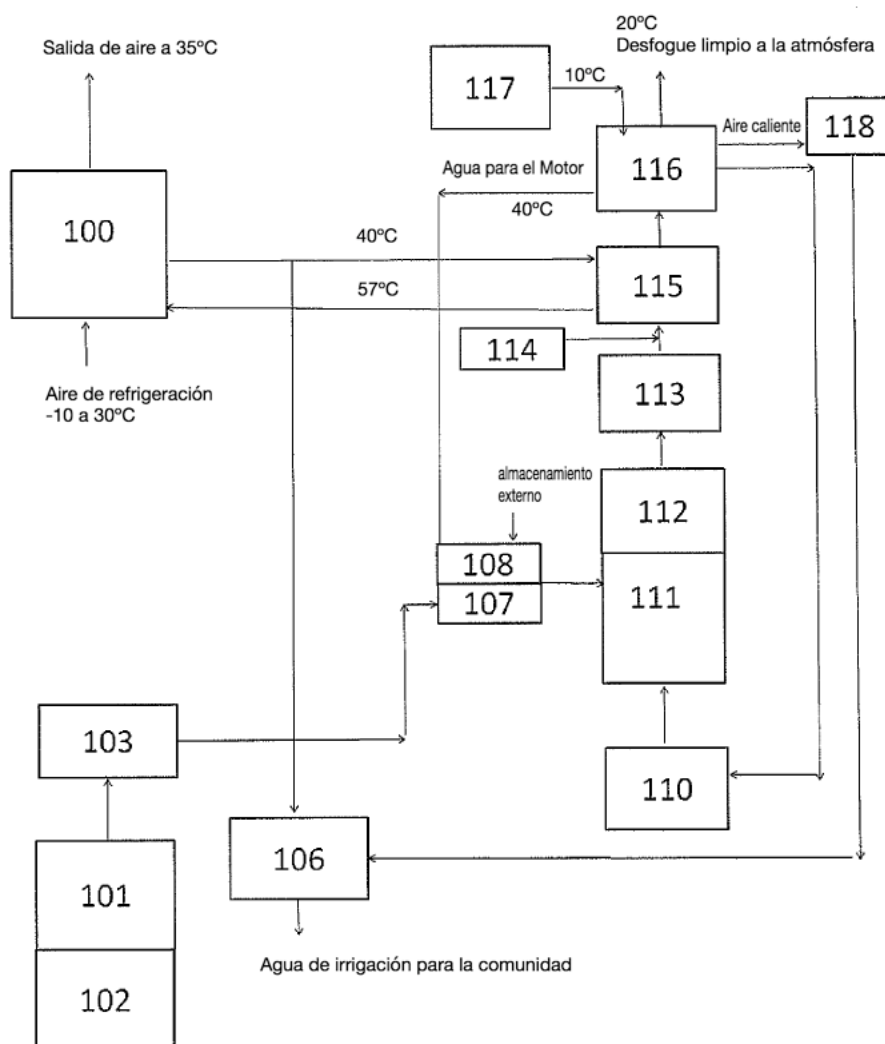
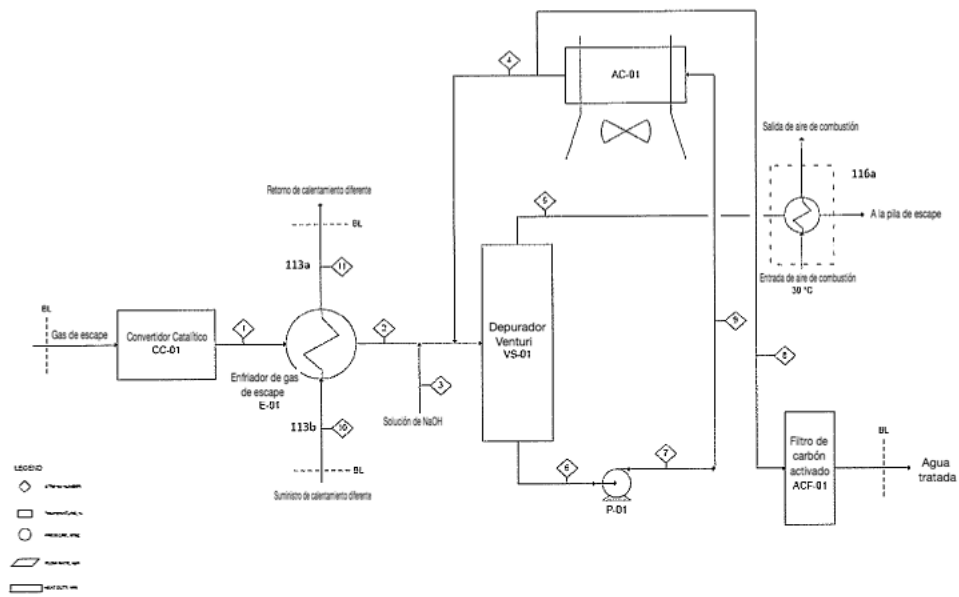


Figura 3B



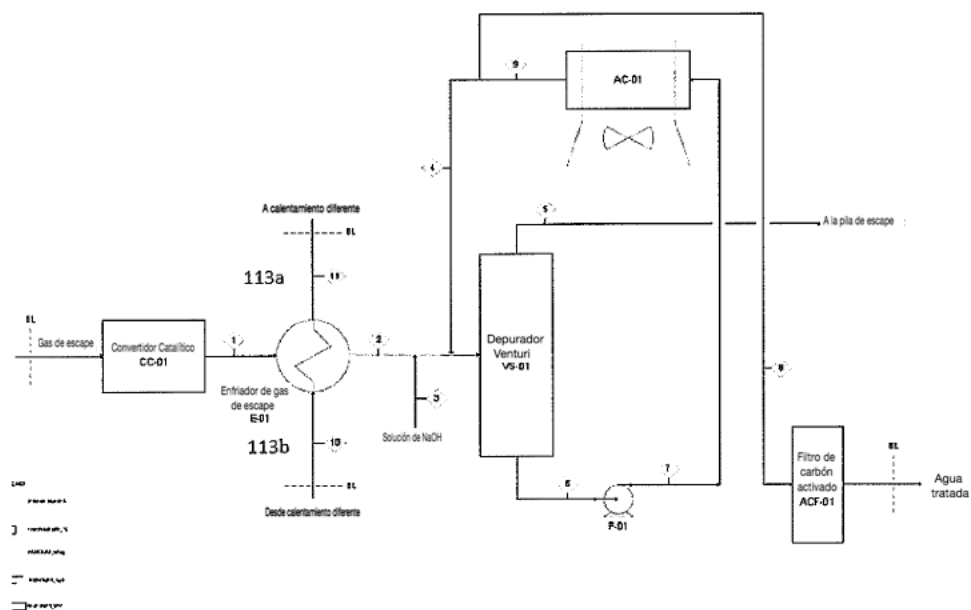


Figura 4B

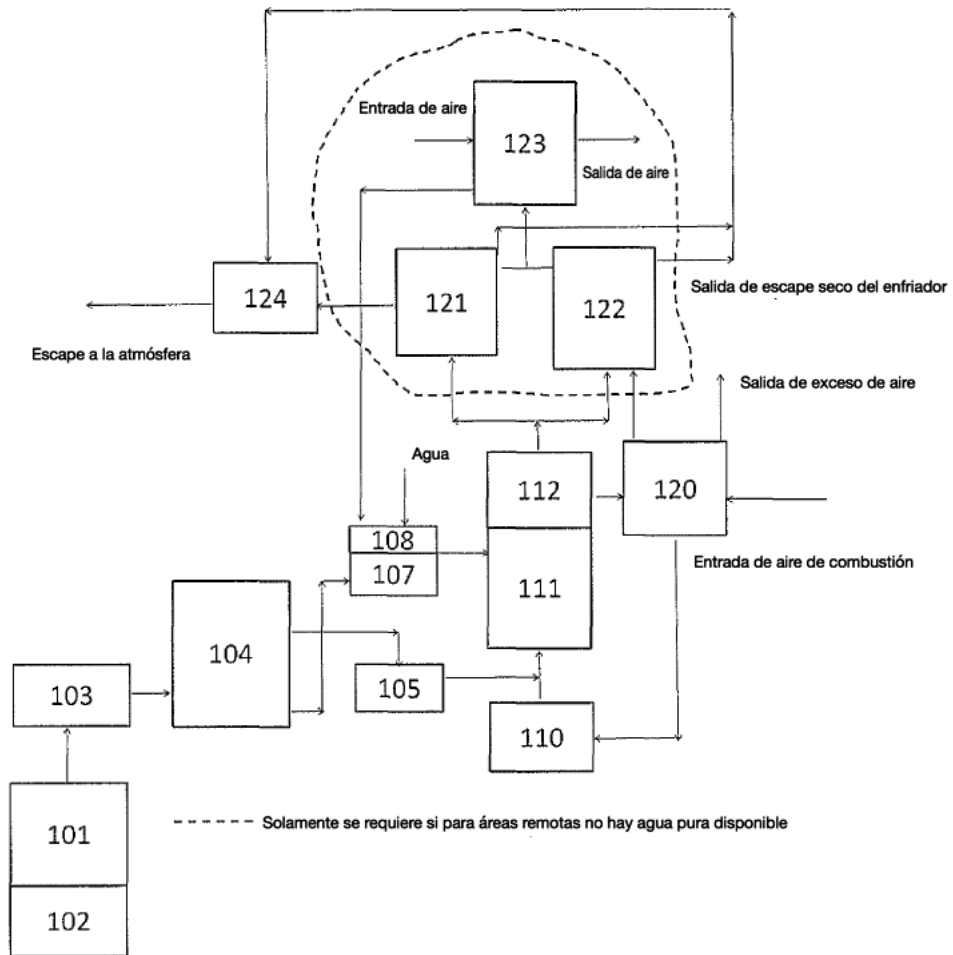


Figura 5A

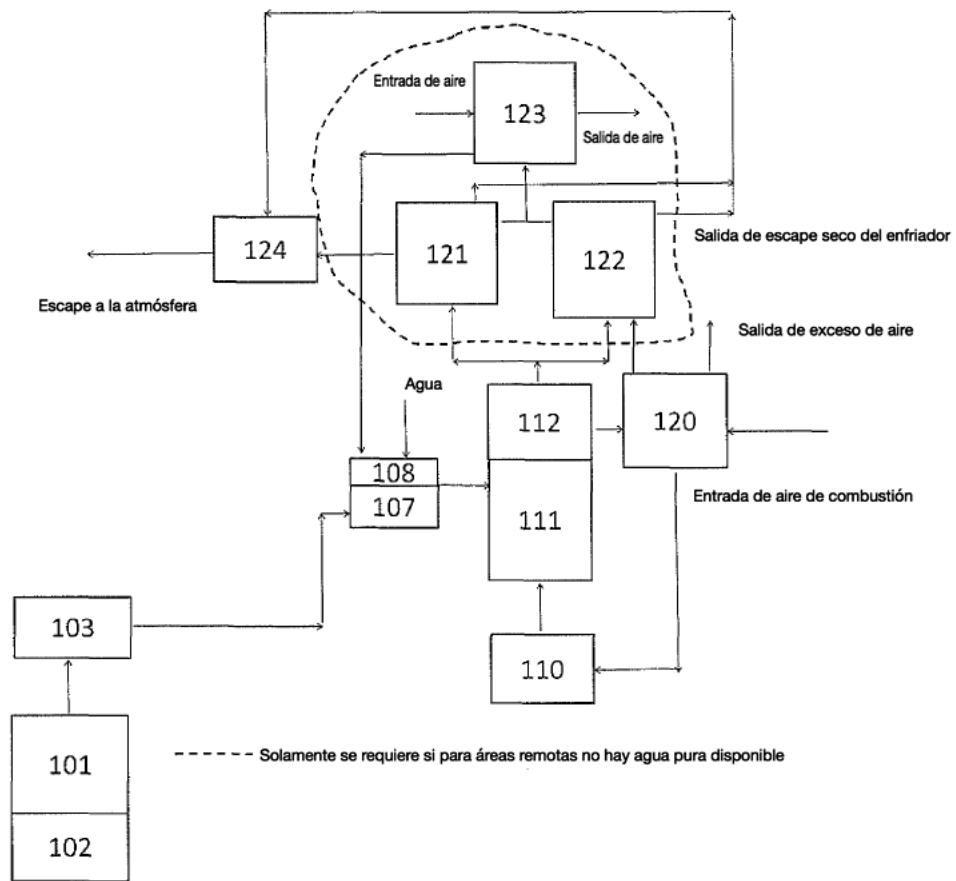


Figura 5B

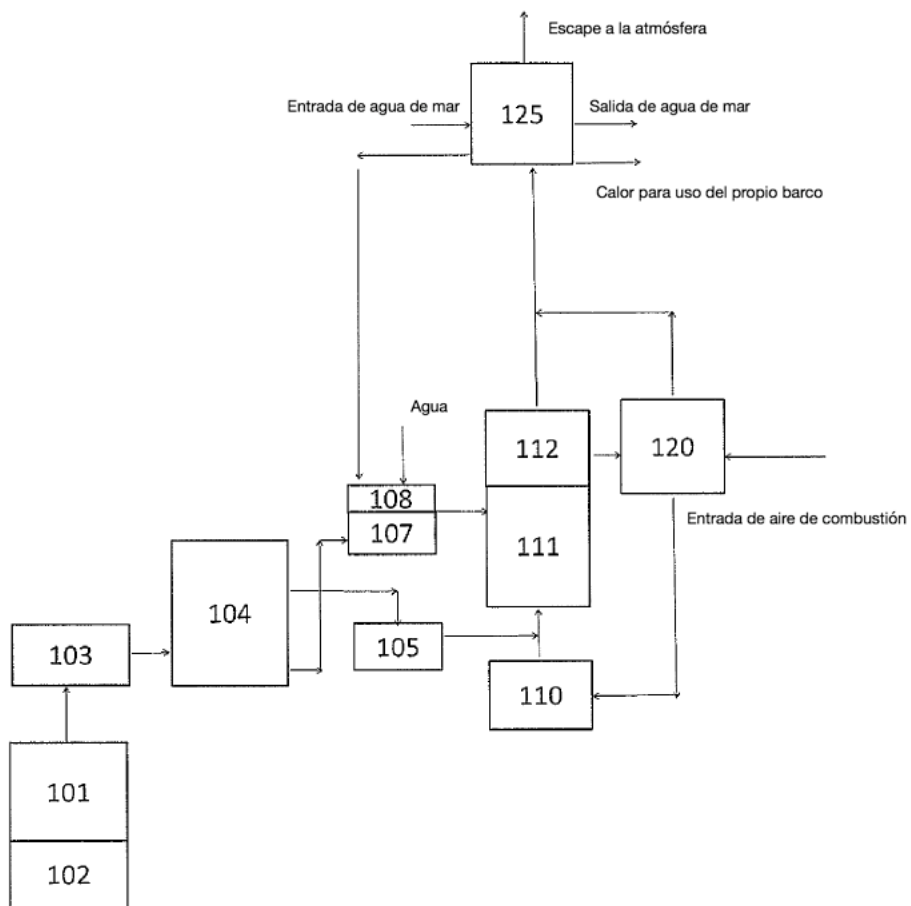


Figura 6A

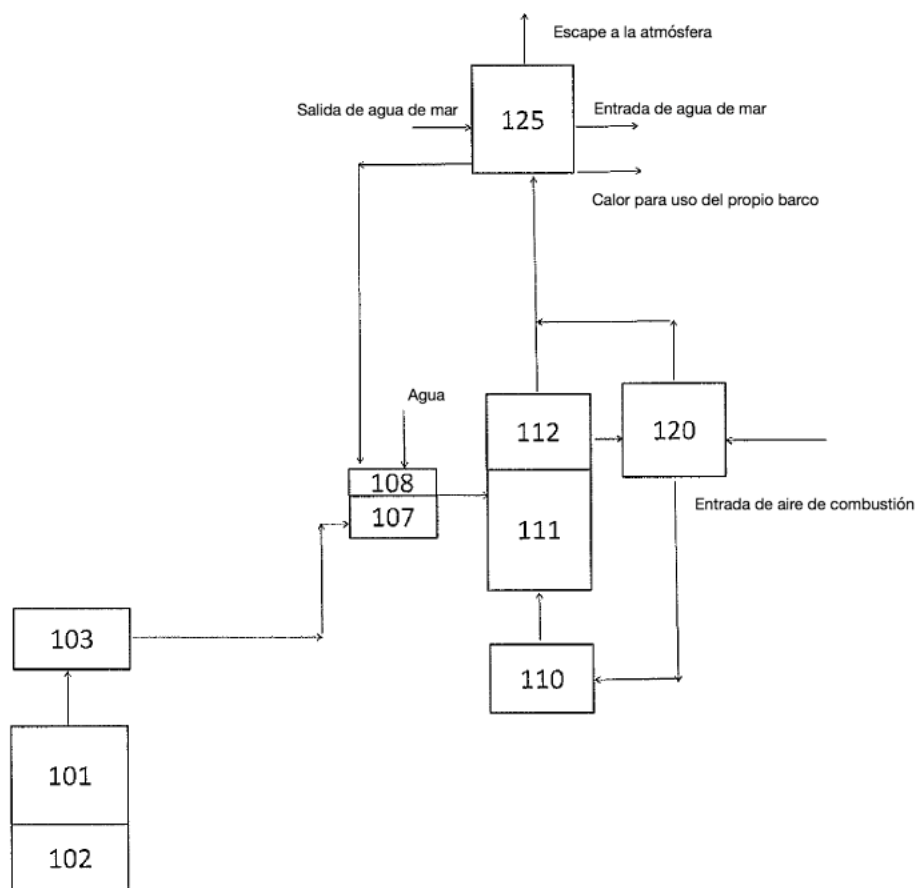


Figura 6B

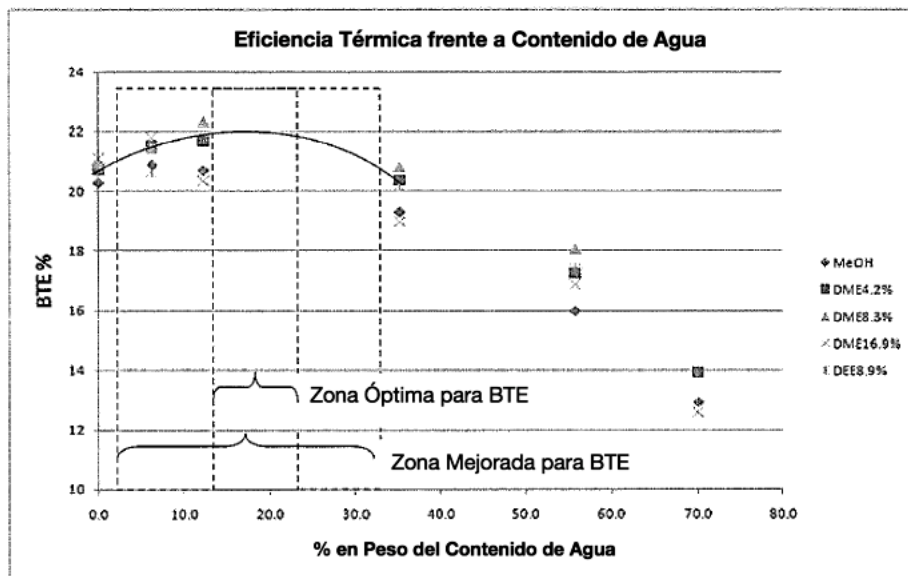


Figura 7

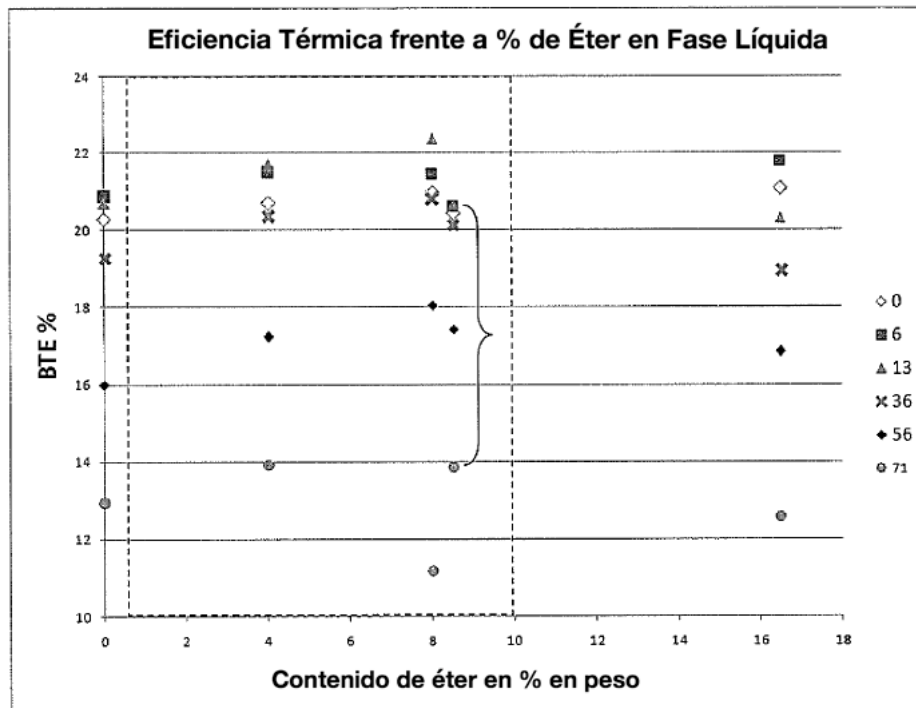


Figura 8

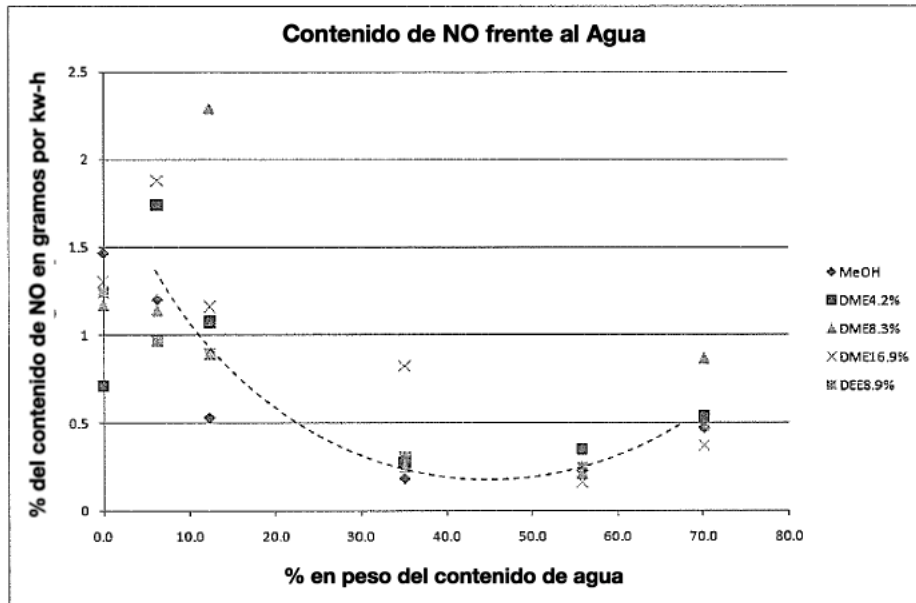


Figura 9

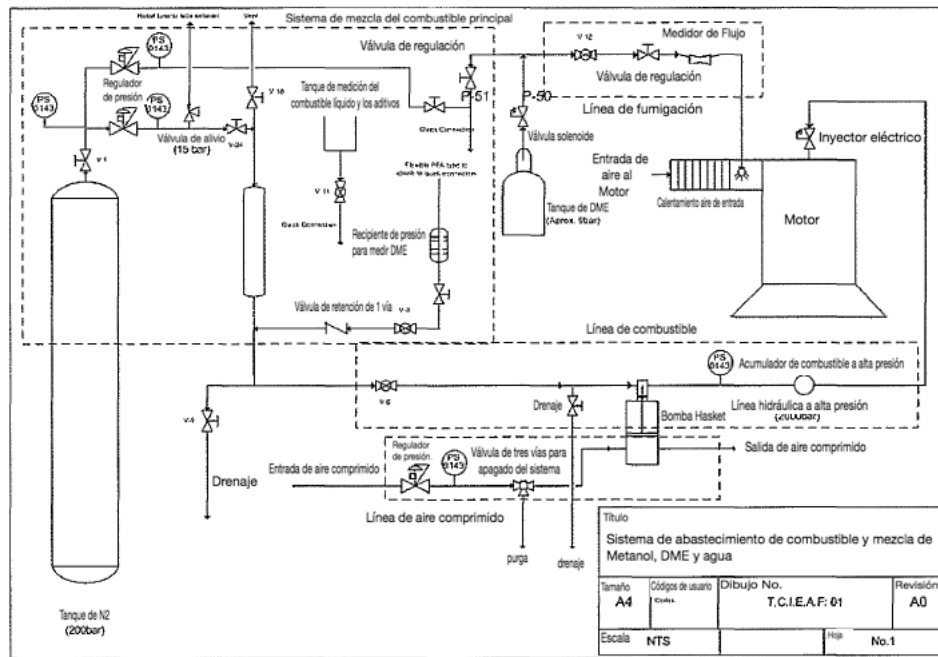


Figura 10

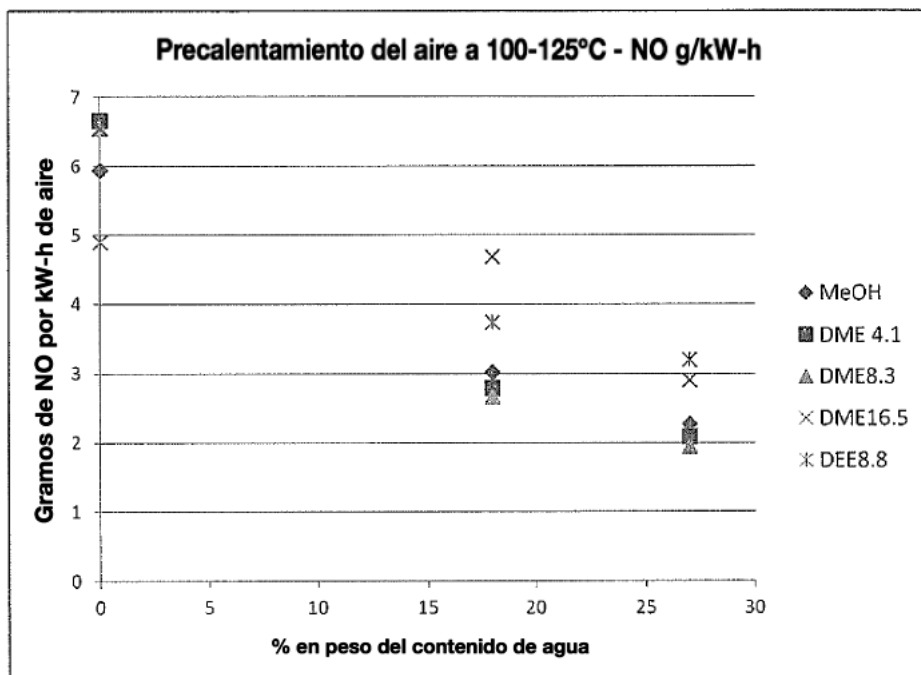


Figura 11