

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 288**

51 Int. Cl.:  
**B64C 17/10** (2006.01)  
**B64D 37/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06817265 .9**  
96 Fecha de presentación: **20.10.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2074027**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.07.2009**

54 Título: **SISTEMA EQUILIBRADOR DE COMBUSTIBLE.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.11.2011**

73 Titular/es:  
**THE BOEING COMPANY**  
**100 NORTH RIVERSIDE PLAZA**  
**CHICAGO, CA CALIFORNIA 60606-2016, US**

72 Inventor/es:  
**JOHNSON, Richard A.;**  
**PENTY, Michael J. y**  
**STRIEFEL, Michael A.**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 369 288 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

Sistema equilibrador de combustible.

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere en general a sistemas combustibles de plataformas móviles. Más particularmente, la invención se refiere a un sistema equilibrador de combustible para plataformas móviles que tiene una pluralidad de tanques de combustible.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las plataformas móviles que tienen una pluralidad de tanques de combustible con frecuencia necesitan equilibrar los niveles de combustible entre los distintos tanques de combustible para distribuir uniformemente, o equilibrar, el peso del combustible en cada tanque de combustible. Por ejemplo, un avión con un tanque de combustible en cada una de las alas principales se esforzará para mantener niveles de combustible aproximadamente equivalentes en cada tanque para mejorar la facilidad de control, la seguridad y la eficiencia de combustible del avión durante el vuelo. Si bien se entenderá que la expresión "plataforma móvil", según se emplea en este documento, se refiere a diversas plataformas móviles aplicables tales como ómnibus, trenes, barcos y aviones, las referencias ilustrativas de la presente solicitud harán referencia a una aeronave. No obstante, se entenderá también que la referencia a la aeronave es meramente ilustrativa y se interpretará que limita el alcance de la invención a una aeronave solamente. En cambio, la invención se refiere a todas y cada una de las plataformas móviles que tienen una pluralidad de tanques de combustible donde es conveniente equilibrar los niveles de combustible en los tanques de combustible.

Además, la operación de muchas plataformas móviles se rige por muchas normas federales y estatales. Por ejemplo, con referencia a una aeronave, con el fin de cumplir con las normas, se debe demostrar que si un motor necesita apagarse durante un vuelo, lo que se denomina un evento de apagado en vuelo (*in-flight shutdown* o IFSD), hay suficiente combustible disponible en el motor restante para poder llegar a un aeropuerto de desvío. Por lo tanto, dichas plataformas móviles típicamente implementan sistemas combustibles que tienen una configuración transversal dual que conecta fluidamente los dos o más tanques de combustible. Por consiguiente, se puede consumir combustible de cualquier tanque de combustible a través de una estructura de transmisión de combustible transversal, por ejemplo, un sistema de tuberías transversal. Más particularmente, la configuración transversal dual incluye dos vías transversales de combustible distintas, de modo que la falla de cualquiera de las vías transversales, junto con un evento IFSD, no pone en riesgo la operación segura de la aeronave.

Las configuraciones transversales conocidas con frecuencia emplean tuberías de combustible y equipos de válvulas redundantes que no cumplen otra función más que redundar. El hecho de tener tales equipos redundantes adicionales constituye un uso ineficiente de los recursos en la plataforma móvil. Otras configuraciones transversales conocidas en aeronaves incorporan un sistema transversal simple y un sistema de gravedad-flujo separado redundante, es decir, de soporte, que requiere que la tripulación del vuelo active el sistema y derrape la aeronave para inducir el flujo en la dirección correcta. Esto requiere procedimientos elaborados que aumentan la carga de trabajo del piloto. Incluso otros sistemas conocidos utilizan bombas de transferencia dedicadas y tuberías para transferir combustible de un tanque a otro, es decir, transferir combustible desde el tanque de 'nivel alto' hacia el tanque de 'nivel bajo'. Además, se sabe que algunos de dichos sistemas están totalmente automatizados, donde la transferencia de combustible ocurre sin un inicio, monitoreo ni ningún otro compromiso o acción por parte del operador de la plataforma móvil, por ejemplo, el piloto de un avión. Estos sistemas conocidos comprenden equipos adicionales, lo que representa un uso ineficiente de los recursos de la plataforma móvil.

El documento FR2623774A se refiere a un dispositivo para transferir combustible entre los tanques de una aeronave, que incluye una válvula de equilibrio de combustible.

50 Por lo tanto, sería conveniente implementar un sistema combustible para plataformas móviles que satisfaga las normas aplicables con menor peso, menores costos de fabricación y mantenimiento, que no aumente la carga de trabajo de la tripulación y que provea una interconexión aceptable a la tripulación.

## 55 BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

La invención se define en las reivindicaciones independientes. Las características preferidas u opcionales se exponen en las reivindicaciones dependientes.

60 La presente invención provee un nuevo sistema equilibrador de combustible y un método para equilibrar la cantidad de combustible, es decir, niveles de combustible, entre por lo menos dos tanques de combustible de una plataforma móvil. Como se emplea en esta memoria, se entiende por plataforma móvil cualquier vehículo autopropulsado para transportar uno o más pasajeros, por ejemplo, un avión, tren, nave espacial o barco.

Además, se ha de entender que, si bien la presente invención se describirá e ilustrará aquí con referencia a una aeronave, dicha referencia es meramente ilustrativa y no se considera limitativa.

65 En diversas realizaciones, se provee un sistema equilibrador de combustible para plataformas móviles. El sistema

5 incluye un ensamblaje de transmisión de combustible transversal (CFTA) que comprende una válvula transversal simple para controlar el flujo de combustible a través de un tubo transversal. El tubo transversal está fluidamente conectado en una primera porción extrema distal a un primer tanque de combustible de la plataforma móvil y fluidamente conectado en una segunda porción extrema distal opuesta a un segundo tanque de combustible de la plataforma móvil. Por lo menos una primera bomba de alimentación de combustible está fluidamente conectada al tubo transversal en la primera porción extrema distal para bombear combustible desde el primer tanque de combustible. Además, por lo menos una segunda bomba de alimentación de combustible está fluidamente conectada al tubo transversal en la segunda porción extrema distal para bombear combustible desde el segundo tanque de combustible.

10 El sistema incluye también un ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (BFTA) que comprende la primera y la segunda bombas de alimentación y la primera y la segunda porciones extremas distales del tubo transversal. El BFTA incluye también una primera válvula de vaciado de combustible que controla el flujo de combustible que sale del primer tanque de combustible hacia el segundo tanque de combustible a través de un tubo equilibrador. El tubo equilibrador se conecta fluidamente al primero y segundo tanques de combustible. El BFTA incluye además por lo menos una primera válvula de recarga de combustible que controla el flujo de combustible que ingresa en el segundo tanque de combustible desde el primer tanque de combustible a través del tubo equilibrador. Incluso, el BFTA incluye una segunda válvula de vaciado de combustible que controla el flujo que sale del segundo tanque de combustible hacia el primer tanque de combustible a través del tubo equilibrador, y por lo menos una segunda válvula de recarga de combustible que controla el flujo de combustible que ingresa en el primer tanque de combustible desde el segundo tanque de combustible. El sistema puede incluir un tanque de combustible central que tiene por lo menos una bomba principal.

25 El sistema incluye además un controlador de equilibrio de combustible que controla automáticamente una transferencia de combustible hacia el primero y el segundo tanques de combustible, vía el BFTA. El controlador de equilibrio de combustible controla automáticamente la primera y la segunda válvula de vaciado de combustible y la primera y la segunda válvula de recarga de combustible para controlar así la dirección del flujo de combustible hacia el primero y el segundo tanques de combustible, mediante el BFTA. Por lo tanto, el controlador de equilibrio determina automáticamente cuál, entre el primero y el segundo tanques de combustible, tiene mayor y/o menor nivel de combustible, por ejemplo, contiene una mayor y/o menor cantidad de combustible. Luego, tras el inicio por parte del operador de la plataforma móvil, por ejemplo, un piloto, el controlador de equilibrio controla una transferencia de combustible desde el tanque de combustible de nivel superior, o desde el tanque de combustible central, hacia el respectivo primero o segundo tanque de combustible que tiene el nivel inferior de combustible. Asimismo, el controlador de equilibrio determina automáticamente cuando se ha transferido suficiente combustible desde el tanque de combustible de nivel alto, o desde el tanque de combustible central, al tanque de combustible de nivel bajo, de modo tal que los niveles de combustible en el primero y en el segundo tanque de combustible sean aproximadamente equivalentes. El controlador de equilibrio finaliza entonces automáticamente la transferencia de combustible. El controlador de equilibrio terminará también automáticamente una transferencia de combustible entre los tanques de combustible si ocurre un error o se detecta una avería en el BFTA.

40 Las características, funciones y ventajas de la presente invención se pueden lograr independientemente en diversas realizaciones de la presente invención, o pueden incluso combinarse en otras realizaciones.

#### 45 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se entenderá más completamente a partir de la descripción detallada y de los dibujos adjuntos, en los que:

50 La Figura 1 es una vista esquemática de una plataforma móvil, ilustrada a modo de ejemplo como una aeronave, que incluye un sistema equilibrador de combustible de acuerdo con las distintas realizaciones de la presente invención, y

La Figura 2 es una vista esquemática de un panel de control de equilibrio de combustible de una plataforma móvil ilustrativa que se incluye en el sistema equilibrador de combustible que se muestra en la Figura 1.

Los números de referencia correspondientes indican partes correspondientes en las distintas vistas de los dibujos.

#### 55 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La siguiente descripción de las realizaciones preferidas es meramente ilustrativa por naturaleza y no pretende limitar en modo alguno la invención, su aplicación o sus usos. Asimismo, las ventajas provistas por las realizaciones preferidas, según se describe a continuación, son ilustrativas por naturaleza y no todas las realizaciones preferidas ofrecen las mismas ventajas o el mismo grado de ventajas.

60 La Figura 1 es una vista esquemática de una plataforma móvil 10, ilustrada a modo de ejemplo como una aeronave, que incluye un sistema equilibrador de combustible 14, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención. El sistema equilibrador de combustible 14 en general incluye un ensamblaje de transmisión de combustible transversal (CFTA) 18 y un ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (BFTA) 22. El CFTA 18 opera para equilibrar eficazmente los niveles de combustible, por ejemplo, las cantidades de combustible,

entre un primer tanque de combustible 26 y un segundo tanque de combustible 30, proporcionando combustible para operar por lo menos un primer motor 34 y por lo menos un segundo motor 38. Durante la operación normal, sin equilibrar combustible, el primer motor 34 recibe combustible para operar del primer tanque de combustible 26 y el segundo motor 38 recibe combustible para operar del segundo tanque de combustible 30. La aeronave/plataforma móvil 10 ilustrativa de la Figura 1 ilustra además un tanque de combustible central 42 que se puede utilizar para proveer combustible para la operación de uno o ambos primero y segundo motores 34 y 38. En general, en la aeronave/plataforma móvil 10 ilustrativa de la Figura 1, el combustible es consumido por el primero y el segundo motores 34 y 38 del tanque de combustible central 42 primero y luego consumido desde los respectivos primero y segundo tanques de combustible 26 y 30.

El CFTA 18 incluye además una válvula transversal simple 46 que controla el flujo de combustible a través de un tubo transversal 50. El tubo transversal 50 está fluidamente conectado a una primera porción extrema distal 54 al primer tanque de combustible 26, mediante la primera bomba de alimentación de combustible 62, y fluidamente conectado en una segunda porción extrema distal opuesta al segundo tanque de combustible 30, mediante la segunda bomba de alimentación de combustible 66. El CFTA 18 también incluye por lo menos una primera bomba de alimentación de combustible 62 fluidamente conectada a la primera porción extrema distal 54 del tubo transversal 50 para bombear combustible desde el primer tanque de combustible 26. Por lo menos una primera válvula de verificación 64 está incluida en el CFTA 18 para asegurar que el combustible no vuelva a fluir hacia un puerto de salida (no se muestra) de la primera bomba de alimentación de combustible 62. Incluso, el CFTA 18 incluye por lo menos una segunda bomba de alimentación de combustible 66 fluidamente conectada a la segunda porción extrema distal 58 del tubo transversal 50 para bombear combustible desde el segundo tanque de combustible 30. Además, por lo menos una segunda válvula de verificación 68 se incluye en el CFTA 18 para asegurar que el combustible no vuelva a fluir hacia un puerto de salida (no se muestra) de la segunda bomba de alimentación de combustible 66.

Durante la operación de la plataforma móvil 10, por diversas razones, los niveles de combustible entre el primero y el segundo tanques 26 y 30 pueden desequilibrarse de manera inconveniente o desparejarse. Es decir, el nivel de combustible en el primer tanque de combustible 26 puede disminuir a un índice mayor que el nivel de combustible en el segundo tanque de combustible 30 hasta un punto en el que el desequilibrio se torna inconveniente. O, el nivel de combustible en el segundo tanque de combustible 30 puede disminuir a un índice mayor que el nivel de combustible en el segundo tanque de combustible 26 hasta un punto en el que el desequilibrio se torna inconveniente. Por lo tanto, o bien el primero o el segundo tanque de combustible 26 o 30 tendrá inconvenientemente mayor nivel de combustible, es decir, mayor cantidad de combustible, que el respectivo otro primero o segundo tanque de combustible 26 o 30 que tiene un nivel de combustible inferior, es decir, menos cantidad de combustible. El tanque de combustible que tiene el mayor nivel de combustible, por ejemplo, el primero o el segundo tanque de combustible 26 o 30 se denominará en este documento 'tanque de alto nivel de combustible'. A la inversa, el tanque de combustible que tiene menor nivel de combustible, por ejemplo, el primero o el segundo tanque de combustible 26 o 30, se denominará aquí 'tanque de bajo nivel de combustible'. En distintas realizaciones, si ocurriese dicho desequilibrio de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible, un operador de la plataforma móvil, por ejemplo, un piloto podrá iniciar un proceso transversal de combustible, mediante un panel de control de equilibrio de combustible (FBCP) 70 ubicado en el área de la cabina del operador de la plataforma móvil 74, por ejemplo, la cabina de un avión.

Haciendo referencia ahora a las Figuras 1 y 2, el panel de control de equilibrio de combustible 70 incluye un conmutador transversal 78 para controlar la válvula transversal 46, por lo menos un primer conmutador de la primera bomba de alimentación 82 para controlar la por lo menos una primera bomba de alimentación 62 y por lo menos un segundo conmutador de la segunda bomba de alimentación 86 para controlar la por lo menos una segunda bomba de alimentación 66. Durante la operación normal de la plataforma móvil 10, la primera y la segunda bombas de alimentación 62 y 66 operan para proveer combustible al primero y segundo motores 34 y 38. Específicamente, la primera bomba de alimentación 62 bombea combustible al primer motor 34 y la segunda bomba de alimentación 66 bombea combustible al segundo motor 38. Por consiguiente, el primer motor 34 consume combustible del primer tanque de combustible 26 para operar y el segundo motor 38 consume combustible del segundo tanque de combustible 30 para operar.

Para equilibrar eficazmente los niveles de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30, durante la operación de la plataforma móvil 10, usando el CFTA 18, el operador de la plataforma móvil posiciona el conmutador transversal 78 para abrir la válvula transversal 46. La apertura de la válvula transversal 46 permite que el combustible fluya por el tubo transversal 50. El operador de la plataforma móvil usa entonces el conmutador de la primera o la segunda bomba de alimentación 82 u 86 para apagar la respectiva primera o segunda bomba de alimentación 62 o 66 en el tanque de bajo nivel de combustible 26 o 30. Esto termina el bombeo, es decir, el consumo, del combustible del tanque de bajo nivel de combustible. La otra primera o segunda bomba de alimentación 62 o 66 respectiva sigue bombeando combustible desde el tanque de alto nivel de combustible. Con la válvula transversal 46 en la posición abierta, la bomba de alimentación 62 o 66 en operación en el tanque de alto nivel 26 o 30 bombea combustible al motor del tanque de alto nivel de combustible relacionado 34 o 38 y además bombea combustible a través del tubo transversal 50 hacia el motor del tanque de bajo nivel de combustible 34 o 38. Por ende, tanto el primero como el segundo motor operan consumiendo combustible del tanque de alto nivel de combustible 26 o 30. El operador de la plataforma móvil monitorea los niveles de combustible en el primero y el

segundo tanques 26 y 30 usando otra instrumentación (no se muestra) en el área de la cabina de operaciones de la plataforma móvil 74 hasta que los niveles de combustible quedan aproximadamente equiparados. Una vez que los niveles de combustible quedan aproximadamente equiparados, es decir, aproximadamente nivelados, el operador de la plataforma móvil usa el interruptor transversal 78 y el interruptor de la bomba de alimentación 82 o 86 apropiado para volver a encender las bombas de alimentación del tanque de bajo nivel de combustible 62 o 66, y cerrar la válvula transversal 46.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 1, alternativamente, los niveles de combustible entre el primero y el segundo tanques 26 y 30 pueden equilibrarse durante la operación de la plataforma móvil, es decir, mientras el primero y el segundo motores están operando, usando el BFTA 22. El BFTA 22 incluye las primera y la segunda bombas de alimentación 62 y 66 y la primera y la segunda porciones extremas distales 54 y 58 del tubo transversal 50. A su vez, el BFTA 22 incluye una primera válvula de vaciamiento de combustible 90 que controla el flujo de combustible que sale del primer tanque de combustible 26 hacia el segundo tanque de combustible 30 a través de un tubo equilibrador 94 que conecta fluidamente el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30. El BFTA 22 también incluye por lo menos una primera válvula de recarga de combustible 98 que controla el flujo que ingresa en el segundo tanque de combustible 30 desde el primer tanque de combustible 26 a través del tubo equilibrador 94. Asimismo, el BFTA 22 incluye una segunda válvula de vaciamiento de combustible 102 que controla el flujo de combustible que sale del segundo tanque de combustible 30 hacia el primer tanque de combustible 26 a través del tubo equilibrador 94. El BFTA 22 incluye además por lo menos una segunda válvula de recarga de combustible 106 que controla el flujo de combustible que ingresa en el primer tanque de combustible 26 desde el segundo tanque de combustible 30 a través del tubo equilibrador 94. La primera válvula de vaciamiento de combustible 90, la primera válvula de recarga de combustible 98, la segunda válvula de vaciamiento de combustible 102 y la segunda válvula de recarga de combustible 106 se denominarán acumulativamente en este documento las válvulas equilibradoras de combustible.

El tubo equilibrador de combustible 94 incluye un primer orificio de presión de combustible 110 para mantener la presión apropiada para el primer motor 34 que está siendo provisto con combustible del primer tanque de combustible 26. El tubo equilibrador de combustible 94 incluye además un segundo orificio de presión de combustible 114 para mantener la presión de combustible apropiada al segundo motor 38 que está siendo provisto con combustible del segundo tanque de combustible 30. Más particularmente, el primero y el segundo orificios de presión 110 y 114 se adaptan para asegurar que se mantenga una presión de combustible superior dentro del tubo equilibrador 94 en el motor respectivo lateral del primero y el segundo orificios de presión de combustible 110 y 114 durante una operación de equilibrio de combustible que utiliza el BFTA 22, como se ha de describir a continuación. El primero y el segundo orificios de presión de combustible 110 y 114 pueden ser cualquier dispositivo o medio adecuado para producir una mayor presión de combustible dentro del tubo equilibrador 94 en los lados del motor de los orificios 110 y 114. Por ejemplo, el primero y el segundo orificios de presión de combustible 110 y 114 pueden ser un reductor de tiro, un orificio para inyectar, una válvula o un estrechamiento calibrado del tubo equilibrador 94. En diversas realizaciones, el BFTA 22 también incluye un primer orificio de presión de recarga de combustible 118 en comunicación fluida con la segunda válvula de recarga de combustible 106 y un segundo orificio de presión de recarga de combustible 122 en comunicación fluida con la primera válvula de recarga de combustible 98. El primero y el segundo orificios de presión de recarga de combustible 118 y 122 se adaptan para restringir que el caudal de combustible ingrese en los respectivos primero y segundo tanques de combustible 26 y 30. El caudal de combustible más lento demora la dinámica de la transferencia de combustible para soportar la detección requerida para las características automáticas del BFTA 22, según se describe en este documento. El primero y el segundo orificios de presión de combustible 118 y 122 pueden ser cualquier dispositivo o medio adecuado para controlar el caudal de combustible que ingresa en los respectivos primero y segundo tanques de combustible 26 y 30. Por ejemplo, el primero y el segundo orificios de presión de recarga de combustible 118 y 122 pueden consistir en un reductor de tiro, un orificio para inyectar o una operación de las respectivas válvulas de recarga de combustible 98 y 106.

Haciendo referencia nuevamente a las Figuras 1 y 2, el sistema equilibrador de combustible 14 incluye además un controlador de equilibrio de combustible (FBC) 126 que se comunica electrónicamente con un conmutador de equilibrio de combustible 130 del FBCP 70. El FBC 126 es un controlador basado en un ordenador adaptado para controlar automáticamente una transferencia de combustible al primero y segundo tanques de combustible 26 y 30, mediante el BFTA 22. Más particularmente, tras la activación por parte del conmutador equilibrador de combustible 130, el FBC 126 controla automáticamente la operación de la primera y la segunda válvulas de vaciado de combustible 90 y 102, y la operación de la primera y la segunda válvulas de recarga de combustible 98 y 106, para controlar así la transferencia de combustible hacia el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30. El conmutador de equilibrio de combustible 130 es cualquier conmutador adecuado que pueda controlarse manualmente o ser operado por el operador de la plataforma móvil, por ejemplo, un piloto, para iniciar una transferencia de combustible desde el tanque de alto nivel de combustible 26 o 30, o el tanque de combustible central 42, hacia el tanque de bajo nivel de combustible 26 o 30 mediante el BFTA 22. Por ejemplo, en varias realizaciones, el conmutador de equilibrio de combustible 130 es un conmutador de acción transitoria.

Si bien en las diversas realizaciones, el FBC 126 se adapta para terminar automáticamente la transferencia de combustible a través del tubo equilibrador 94, la transferencia de combustible puede también terminarse manualmente por operación de la plataforma móvil, mediante el conmutador de equilibrio de combustible 130. El

FBC 126 puede ser parte de un sistema de ordenador independiente para controlar el sistema equilibrador de combustible 14, o el FBC 126 puede ser parte de cualquier otro sistema de ordenador de la plataforma móvil 10. Por ejemplo, el FBC 126 puede ser parte de un sistema de ordenador principal, o núcleo, de la plataforma móvil 10. Es decir, se carga lógica de ordenador o un código para controlar automáticamente el BFTA 22 contenido en el software del sistema de combustible en el sistema de ordenador central. Asimismo, en diversas realizaciones, el conmutador de equilibrio de combustible 130 es un conmutador de una sola posición que se manipula manualmente, por ejemplo, el operador de la plataforma móvil lo oprime para iniciar una transferencia de combustible desde el tanque de alto nivel de combustible 26 o 30, o desde el tanque de combustible central 42, hacia el tanque de bajo nivel de combustible 26 o 30, mediante el BFTA 22.

Como se expuso anteriormente, en diversas realizaciones, durante la operación de la plataforma móvil 10, la primera y la segunda bombas de alimentación 62 y 66 operan para proveer combustible al primero y segundo motores 34 y 38. Específicamente, la primera bomba de alimentación 62 bombea combustible al primer motor 34 y la segunda bomba de alimentación 66 bombea combustible al segundo motor 38. Por lo tanto, el primer motor 34 consume combustible del primer tanque de combustible 26 para operar y el segundo motor 38 consume combustible del segundo tanque de combustible 30 para operar. A su vez, durante la operación normal de la plataforma móvil 10, cada una de las válvulas de vaciamiento y recarga de combustible 90, 98, 102 y 106 está en una posición cerrada, de modo tal que el combustible no fluye a través de ellas. Para equilibrar eficazmente los niveles de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30, durante la operación de la plataforma móvil 10, usando el BFTA 22, el operador de la plataforma móvil acciona el conmutador de equilibrio de combustible 130. Se transmite una señal de comando de activación desde el conmutador de equilibrio de combustible 130 hacia el FBC 126. El FBC 126 interpreta la señal del comando de activación y determina automáticamente cuál del primero y segundo tanques de combustible 26 y 30 es el tanque de alto nivel de combustible y cuál es el tanque de bajo nivel de combustible. El FBC 126 opera entonces automáticamente la primera y la segunda válvulas de vaciamiento de combustible 90 y 102, y la primera y la segunda válvulas de recarga de combustible 98 y 106 de modo que el combustible fluya en la dirección correcta, es decir, desde el tanque de alto nivel de combustible hacia el tanque de bajo nivel de combustible.

Además, la primera y la segunda bombas de alimentación 62 y 66 permanecen en operación, es decir, funcionando, de manera que el combustible es bombeado simultáneamente desde el tanque de alto nivel 26 o 30 hacia el tanque de bajo nivel 26 o 30, y hacia cada uno del primero y segundo motores 34 y 38. Por ejemplo, si el primer tanque de combustible 26 es el tanque de alto nivel, el FBC 126 abrirá automáticamente la primera válvula de vaciamiento de combustible 90 y la primera válvula de recarga de combustible 98. La primera bomba de alimentación de combustible 62 seguirá entonces bombeando combustible al primer motor 34 y simultáneamente bombeará combustible al segundo tanque de bajo nivel de combustible 30. Asimismo, ya que la segunda válvula de vaciamiento de combustible 102 permanece en la posición cerrada, la segunda bomba de alimentación de combustible 66 continuará bombeando combustible al segundo motor 38 únicamente. El FBC 126 monitoreará la transferencia de combustible desde el tanque de alto nivel de combustible 26 hacia el tanque de bajo nivel de combustible 30 y cuando los niveles de combustibles estén aproximadamente equiparados, el FBC 126 finalizará automáticamente la transferencia de combustible, cerrando automáticamente las primeras válvulas de vaciamiento y recarga de combustible 90 y 98. A la inversa, si el segundo tanque de combustible 30 es el tanque de alto nivel de combustible, el FBC 126 abre automáticamente la segunda válvula de vaciamiento de combustible 102 y la segunda válvula de recarga de combustible 106. La segunda bomba de alimentación de combustible 66 seguirá luego bombeando combustible al segundo motor 38 y simultáneamente al primer tanque de bajo nivel de combustible 26. Asimismo, ya que la primera válvula de vaciamiento de combustible 90 permanece en la posición cerrada, la primera bomba de alimentación de combustible 62 sigue bombeando combustible al primer motor 34 solamente. El FBC 126 monitoreará nuevamente la transferencia de combustible desde el tanque de alto nivel de combustible 30 hacia el tanque de bajo nivel 26 y cuando los niveles de combustible están aproximadamente equiparados, el FBC 126 finaliza automáticamente la transferencia de combustible cerrando automáticamente la segunda válvula de vaciamiento de combustible 102 y la segunda válvula de recarga 106.

Alternativamente, si se desea, el operador de la plataforma móvil puede finalizar manualmente la transferencia de combustible en cualquier dirección, oprimiendo el conmutador de equilibrio de combustible 130. Al oprimir el conmutador de equilibrio de combustible 130 durante una transferencia de combustible, mediante el BFTA 22, se enviará una señal de comando al FBC 126. En respuesta a dicha señal, el FBC 126 cerrará automáticamente las válvulas de vaciamiento y recarga de combustible abiertas 90 y 98, o 102 y 106. Una ventaja de equilibrar los niveles de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30 usando el BFTA 22 es que el combustible es bombeado desde los tanques de alto nivel 26 o 30 hacia los tanques de bajo nivel 26 o 30. En consecuencia, el equilibrio de combustible ocurre significativamente más rápido que cuando se usa el CFTA 18.

El sistema equilibrador de combustible 14 es iniciado por el operador de la plataforma móvil de modo tal que el operador de la plataforma móvil esté alerta en caso de un desequilibrio de combustible y de que el sistema de equilibrio de combustible 14 esté siendo activado para corregir el desequilibrio. Además, una vez iniciado por el operador de la plataforma móvil, vía el conmutador de equilibrio de combustible 130, el BFTA 22 se automatiza totalmente para reducir el trabajo requerido por el operador de la plataforma móvil para monitorear el proceso de equilibrio de combustible, y reducir de esta manera el potencial de error para el operador de la plataforma móvil.

Además, la primera y la segunda bombas de alimentación 62 y 66 permanecen encendidas durante una transferencia de combustible mediante el BFTA 22, por lo tanto, la primera y la segunda bombas 62 y 66 no tienen que tener ciclos intermitentes, ahorrando y/o extendiendo así la vida de las bombas de alimentación 62 y 66. Asimismo, el equilibrio de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30 es considerablemente más veloz usando BFTA 22, ya que el BFTA 22 se automatiza y requiere menos monitoreo e interacción del operador de la plataforma móvil. Incluso, el BFTA 22 se adapta para terminar automáticamente la transferencia de combustible cuando los niveles de combustible están aproximadamente equiparados, o si el controlador detecta un problema, error o avería dentro del proceso de transferencia de combustible o con el BFTA 22. No obstante, como se describió anteriormente, la transferencia de combustible usando el BFTA 22 puede también terminarse manualmente por operación de la plataforma móvil, oprimiendo el conmutador de equilibrio de combustible 130. Además, en diversas realizaciones, el FBC 126 se adapta para terminar automáticamente la transferencia de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30, mediante el BFTA 22, cuando el FBC 126 detecta que el combustible está siendo lanzado o perdido debido a una fuga en el primero o en el segundo tanque de combustible 26 o 30.

Otra ventaja del sistema equilibrador de combustible 14 es que el BFTA 22 puede también utilizarse para equilibrar los niveles de combustible entre el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30 cuando la plataforma móvil no está en tránsito, donde el primero y segundo motores no están consumiendo combustible. Todo lo que se necesita es que la primera y la segunda bombas de alimentación 62 y 66 estén operando. Una transferencia de combustible puede iniciarse entonces como se describió anteriormente, usando el conmutador de equilibrio de combustible 130.

En diversas realizaciones ilustrativas en las que la plataforma móvil 10 incluye el tanque de combustible central 42, como se ilustra a modo de ejemplo en la Figura 1, otra ventaja del sistema equilibrador de combustible 14 es que el BFTA 22 puede también utilizarse para transferir combustible desde el tanque de combustible central 42 a cualquiera del primero o el segundo tanque de combustible 26 o 30. En dichas realizaciones, el BFTA 22 incluye una primera bomba principal del tanque central 134 y una segunda bomba principal del tanque central 138 y una porción del tubo transversal 50 está indicada en la Figura 1. Durante la operación de la plataforma móvil 10, donde el combustible se consume desde el tanque central 42, la primera bomba principal del tanque central 134 bombea combustible desde el tanque central 42 al primer motor 34 y la segunda bomba principal del tanque central 138 bombea combustible desde el tanque central 42 al segundo motor 38. La primera y la segunda bombas principales 134 y 138 emiten combustible a una presión mayor que la primera y segunda bombas de alimentación 62 y 66. Por consiguiente, cuando la primera y la segunda bombas de alimentación 134 y 138 están operando, la presión de emisión del combustible causa que la primera y segunda válvulas de verificación se cierren, previniendo que el combustible sea bombeado desde los respectivos primero y segundo tanques de combustible 26 y 30.

Cuando la primera y la segunda bombas principales 134 y 136 están operando y se detecta que el primero o segundo tanque de combustible 26 o 30 tiene menos combustible que el otro primero o segundo tanque de combustible 26 o 30 respectivo, el FBC 126 puede indicar mediante un comando que se transfiera combustible desde el tanque central 42 hacia el tanque de nivel bajo 26 o 30. Por ejemplo, si la segunda bomba principal 136 está operando y se detecta que el primer tanque de combustible 26 tiene menos combustible que el segundo tanque de combustible 30, el FBC 126 puede ordenar mediante un comando la transferencia de combustible desde el tanque de combustible central 42 hacia el primer tanque de combustible 26. Más específicamente, el FBC 126 puede ordenar que se abra la segunda válvula de vaciamiento de combustible 102 y que se abra la segunda válvula de recarga de combustible 106 de modo tal que se transfiera combustible desde el tanque de combustible central 42 hacia el primer tanque de combustible 26 hasta que el nivel de combustible del primer tanque de combustible se equipare aproximadamente con el nivel de combustible del segundo tanque de combustible 30. De modo similar, si la primera bomba principal 134 está operando y se detecta que el segundo tanque de combustible 30 tiene menos combustible que el primer tanque de combustible 26, el FBC 126 puede ordenar que se abra la primera válvula de vaciamiento de combustible 90 y que se abra la primera válvula de recarga de combustible 98 de modo tal de transferir combustible desde el tanque de combustible central 42 hacia el segundo tanque de combustible 30.

El sistema de equilibrio de combustible 14 ajusta el nivel de combustible en el primer tanque de combustible 26 o el segundo tanque de combustible 30 de modo que el nivel de combustible en el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30 estén aproximadamente equiparados. Particularmente, el sistema equilibrador de combustible 14 o bien reduce el nivel de combustible en cualquiera del primero o el segundo tanque de combustible 26 y 30 que tenga el mayor nivel de combustible, o aumenta el nivel de combustible en cualquiera del primero o el segundo tanque de combustible 26 o 30 que tenga el menor nivel de combustible, hasta que los niveles de combustible en el primero y segundo tanques de combustible 26 y 30 quedan aproximadamente equiparados. En diversas realizaciones, el equilibrio de combustible se logra usando el CFTA 18 como el sistema de equilibrio primario, y el BFTA 22 como el sistema de equilibrio de soporte redundante en caso de que ocurra una falla en el CFTA 18. O, en otras realizaciones, el equilibrio de combustible se logra usando el BFTA 22 como el sistema de equilibrio principal y el CFTA 18 como el sistema de equilibrio de soporte redundante en caso de que ocurra una falla en el BFTA 22.

Particularmente, para equilibrar los niveles de combustible entre el primero y segundo tanques de combustible 26 y 30, el CFTA 18 bombea combustible desde cualquiera del primero o segundo tanques de combustible 26 o 30, el

5 que contenga el mayor nivel de combustible, a través del tubo transversal 50 a ambos primero y segundo motores 34 y 38. Por ende, el CFTA 18 provee combustible para operar prácticamente en forma simultánea tanto el primero como el segundo motor 34 y 38 hasta que el nivel de combustible contenido en el primero y el segundo tanques de combustible 26 y 30 esté aproximadamente equiparado. El BFTA 22 transfiere combustible desde el tanque central 42, o desde cualquiera del primero y el segundo tanques de combustible 26 o 30, el que contenga el mayor nivel de combustible, a través del tubo equilibrador de combustible 94 hacia el tanque de combustible 26 o 30 que contiene el nivel inferior de combustible. El BFTA 22 bombea combustible desde el tanque central 42, o desde el tanque de alto nivel 26 o 30, hacia el tanque de bajo nivel 26 o 30 hasta que el nivel de combustible contenido en el primero o segundo tanque de combustible 26 y 30 está aproximadamente equiparado.

10 Asimismo, el sistema equilibrador de combustible 14 incluye componentes que se pueden usar para otras funciones de administración de combustible de la plataforma móvil 10, por ejemplo, funciones de recarga de combustible y lanzamiento de combustible. Por lo tanto, el sistema equilibrador de combustible 14, particularmente el BFTA 22, se incorpora a la plataforma móvil 10 en un modo muy eficiente que tiene impactos de peso y costo mínimos.

15 Aquellos expertos en la técnica pueden ahora apreciar, a partir de la descripción anterior, que las amplias descripciones de la presente invención se pueden implementar en una diversidad de formas. Por consiguiente, si bien esta invención se ha descrito en relación con sus ejemplos particulares, el verdadero alcance de la invención se define mediante las siguientes reivindicaciones que se interpretan conforme a la ley de patentes.

20



## REIVINDICACIONES

1. Un sistema combustible (14) para una plataforma móvil (10) que tiene un primer tanque de combustible (26) y un segundo tanque de combustible (30), comprendiendo dicho sistema:

un tubo transversal adaptado para ser conectado fluidamente entre el primer tanque de combustible (26) y el segundo tanque de combustible (30); un ensamblaje de transmisión de combustible transversal (18) que incluye una válvula transversal simple (46) que en uso controla el flujo de combustible a través del tubo transversal (50), y por lo menos una primera bomba de alimentación de combustible (62) adaptada para estar fluidamente conectada con el tubo transversal para bombear combustible desde el primer tanque de combustible hacia el ensamblaje de transmisión de combustible transversal, y por lo menos una segunda bomba de alimentación de combustible (66) adaptada para estar fluidamente conectada al tubo transversal para bombear combustible desde el segundo tanque de combustible hacia el ensamblaje de transmisión de combustible transversal;

un ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) fluidamente conectado al ensamblaje de transmisión de combustible transversal, y un controlador de equilibrio de combustible (126);

**caracterizado porque** el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador incluye un tubo equilibrador (94) adaptado para conectar fluidamente el primero y el segundo tanques de combustible y una pluralidad de válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) para controlar la transferencia de combustible desde el primer tanque de combustible hacia el segundo tanque de combustible y desde el segundo tanque de combustible hacia el primer tanque de combustible ; y

porque el controlador de equilibrio de combustible en uso controla automáticamente las válvulas equilibradoras de combustible para controlar automáticamente la dirección del flujo de combustible a través del tubo equilibrador.

2. El sistema según la reivindicación 1, en el que el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) comprende además:

un primer orificio de presión de combustible (110) incluido en el tubo equilibrador (94) que conecta fluidamente el primero (26) y el segundo (30) tanques de combustible para mantener la presión de combustible correcta hacia un primer motor (34) que recibe combustible desde el primer tanque de combustible; y

un segundo orificio de presión de combustible (114) incluido en el tubo equilibrador para mantener la presión de combustible correcta hacia el segundo motor (38) que recibe combustible desde el segundo tanque de combustible.

3. El sistema según la reivindicación 1, en el que las válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) comprenden:

una primera válvula de vaciamiento de combustible (90) y una primera válvula de recarga de combustible (98) que controlan el flujo que sale del primer tanque de combustible (26) e ingresa en el segundo tanque de combustible (30) a través del tubo equilibrador (94) conectando fluidamente el primero y el segundo tanques de combustible; y

una segunda válvula de vaciamiento de combustible (102) y una segunda válvula de recarga de combustible (106) que controla el flujo de combustible que sale del segundo tanque de combustible e ingresa en el primer tanque de combustible a través del tubo equilibrador.

4. El sistema según la reivindicación 1, en el que las válvulas equilibradoras de combustible (90, 96, 102, 106) comprenden:

una primera válvula de vaciamiento de combustible (98) y una primera válvula de recarga de combustible (90) que controlan el flujo que sale de un tanque de combustible central (42) que ingresa en el segundo tanque de combustible (30) a través de una primera porción del tubo transversal (50) y el tubo equilibrador (94) conectando fluidamente el primero (26) y el segundo tanques de combustible; y

una segunda válvula de vaciamiento de combustible (106) y una segunda válvula de recarga de combustible (102) que controlan el flujo que sale del tanque de combustible central (42) e ingresa en el primer tanque de combustible (26) a través de una segunda porción del tubo transversal (50) y el tubo equilibrador (94).

5. El sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema incluye además un conmutador de equilibrio de combustible (130) controlado manualmente por el operador de la plataforma móvil conectado electrónicamente al controlador de equilibrio de combustible (126) para iniciar la transferencia de combustible al primero y segundo tanques de combustible (26, 30) mediante el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22).

6. El sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador de equilibrio de combustible (126) controla automáticamente las válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) para terminar la transferencia de combustible hacia el primero y el segundo tanques de combustible (26, 30) mediante el ensamblaje de transferencia

de combustible equilibrador (22).

7. Un método para equiparar de manera aproximada los niveles de combustible entre un primer tanque de combustible (26) y un segundo tanque de combustible (30) de una plataforma móvil, comprendiendo dicho método:

5  
 10  
 15  
 20  
 25

reducir el nivel de combustible en cualquiera del primer tanque de combustible y el segundo tanque de combustible, el que contenga el mayor nivel de combustible, usando un ensamblaje de transmisión de combustible transversal (18) para bombear combustible desde cualquiera del primero y segundo tanques de combustible, el que contenga el mayor nivel de combustible, a través de un tubo transversal (50) al primer motor (34) y al segundo motor (38) para proporcionar combustible para operar sustancialmente de manera simultánea el primero y el segundo motores hasta que el nivel de combustible contenido en el primero y en el segundo tanques de combustible esté equivalentemente equiparado, donde el ensamblaje de transmisión de combustible transversal incluye el tubo transversal (50) fluidamente conectado entre el primero y segundo tanques de combustible y una válvula transversal simple (46) para controlar el combustible que fluye a través del tubo transversal; y  
 aumentar el nivel de combustible en cualquiera del primero y el segundo tanques de combustible, el que contenga el menor nivel de combustible, usando un ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) para transferir combustible a cualquiera del primero y el segundo tanques de combustible, el que contenga el menor nivel de combustible, a través de un tubo equilibrador de combustible (94) hasta que el nivel de combustible contenido en el primero y el segundo tanques de combustible esté aproximadamente equiparado si ocurre una falla en el ensamblaje de transmisión de combustible transversal, donde el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador incluye una pluralidad de válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) automáticamente controladas por un controlador de equilibrio de combustible (126) para controlar la transferencia de combustible desde el primero al segundo tanque de combustible y desde el segundo al primer tanque de combustible a través del tubo equilibrador, conectando fluidamente el primero y el segundo tanques de combustible.

30

8. El método según la reivindicación 7, en el que reducir el nivel de combustible usando el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) comprende activar manualmente un conmutador equilibrador de combustible (130) electrónicamente conectado al controlador de equilibrio de combustible (126) para iniciar la transferencia de combustible a cualquiera del primero y el segundo tanques de combustible (26, 30), el que contenga el menor nivel de combustible, mediante el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22).

35

9. El método según la reivindicación 7, en el que aumentar el nivel de combustible usando el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) comprende controlar automáticamente las válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) para controlar la dirección del flujo de combustible a través del tubo equilibrador (94), mediante el controlador de equilibrio de combustible (126).

40

10. El método según la reivindicación 7, en el que aumentar el nivel de combustible usando el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) comprende controlar automáticamente las válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) para finalizar la transferencia de combustible a cualquiera del primero y el segundo tanques de combustible (26, 30), el que contenga el menor nivel de combustible, mediante el controlador de equilibrio de combustible (126).

45

11. El método según la reivindicación 7, en el que aumentar el nivel de combustible usando el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) comprende controlar automáticamente las válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) para transferir combustible desde un tanque de combustible central (42) a cualquiera del primero y segundo tanques de combustible (26, 30), el que contenga el menor nivel de combustible, mediante el controlador de equilibrio de combustible (126).

50

55

12. El método según la reivindicación 7, en el que aumentar el nivel de combustible usando el ensamblaje de transferencia de combustible equilibrador (22) comprende controlar automáticamente las válvulas equilibradoras de combustible (90, 98, 102, 106) para transferir combustible desde cualquiera del primero y el segundo tanques de combustible (26, 30), el que contenga el mayor nivel de combustible, hacia el respectivo primero o segundo tanque de combustible que contiene el nivel inferior de combustible, mediante el controlador de equilibrio de combustible (126)

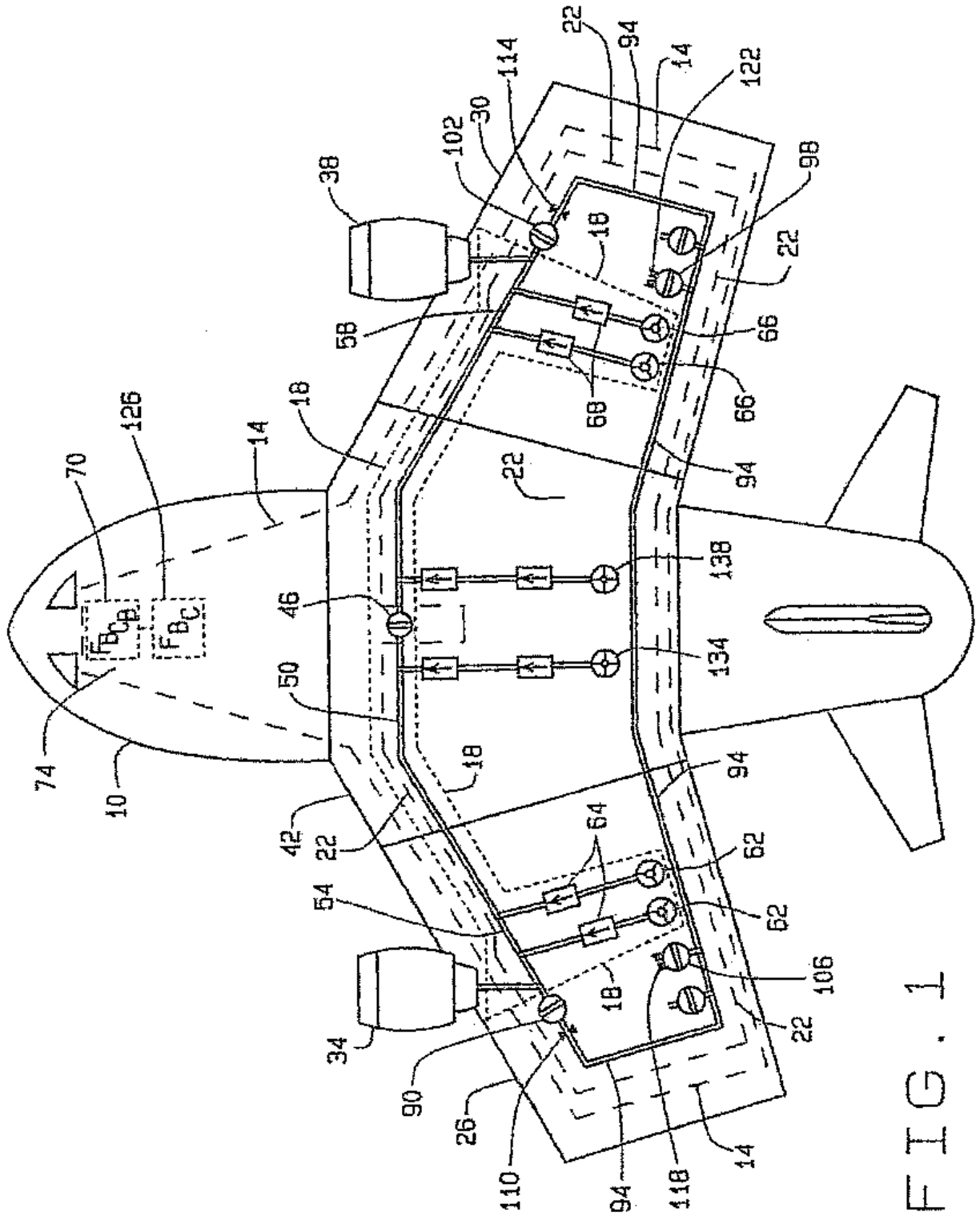


FIG. 1

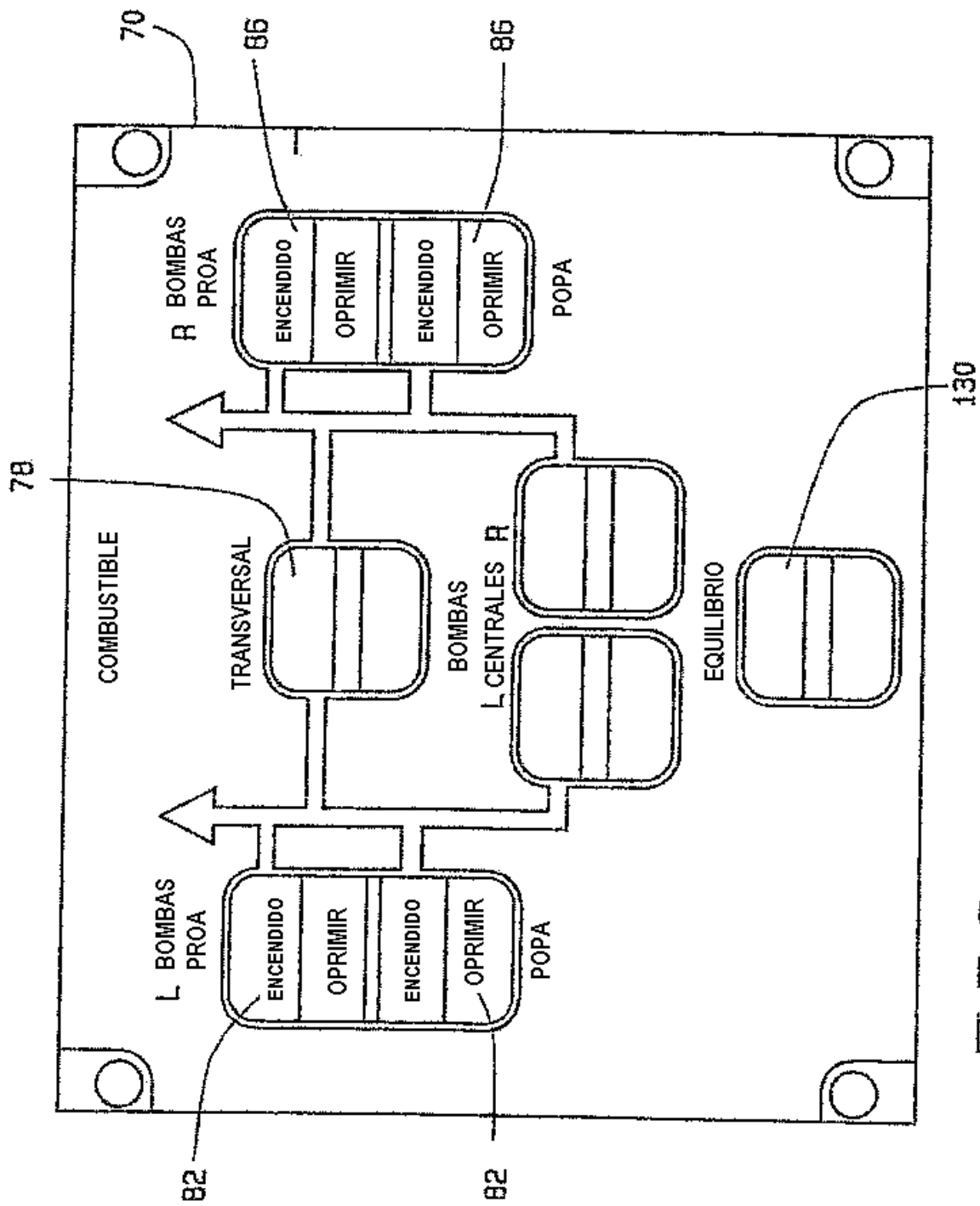


FIG. 2