(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **1 287 799**

(21) Número de solicitud: 202131950

(51) Int. Cl.:

B61B 13/08 (2006.01)
B61B 13/10 (2006.01)
B61B 13/12 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD U

(22) Fecha de presentación:

13.01.2020

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

10.03.2022

(71) Solicitantes:

ZELEROS GLOBAL, S.L. (100.0%)
Muelle de Aduana, s/n, Edificio Lanzadera
46024 Valencia (Valencia) ES

(72) Inventor/es:

LLUESMA RODRÍGUEZ, Federico;
ORIENT MARTÍN, Daniel y
SÁNCHEZ JIMÉNEZ, Alberto

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

(54) Título: **SISTEMA DE CANALIZACIÓN DE GAS PARA VEHÍCULOS IMPULSADOS POR CHORRO DE GAS COMPRIMIDO EN AMBIENTES CONFINADOS DE BAJA PRESIÓN**

ES 1 287 799 U

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE CANALIZACIÓN DE GAS PARA VEHÍCULOS IMPULSADOS POR CHORRO DE GAS COMPRIMIDO EN AMBIENTES CONFINADOS DE BAJA PRESIÓN

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un vehículo, destinado a viajar en un tubo en el que se ha creado un ambiente a presión inferior a la atmosférica mediante el uso de artefactos, que tiene un cuerpo longitudinal que incorpora al menos un conducto para conectar al menos un sistema de compresión ubicado en la parte delantera del vehículo alimentado por una batería también ubicada preferentemente en la parte delantera del vehículo, con una tobera de expansión, y opcionalmente una turbina, ubicada en la parte trasera del vehículo a lo largo de la dirección axial del vehículo. El vehículo también incorpora una cabina para transportar pasajeros, mercancías o ambos. El conducto permite que el flujo viaje desde el compresor, en la sección delantera del vehículo, hasta la sección trasera del vehículo, donde se expande. Esta expansión se puede realizar mediante un sistema de tobera(s) que puede integrar, previamente a dichas tobera(s), al menos una turbina.

El diseño adecuado del conducto permite que el flujo de gas viaje desde el sistema de compresión, en la sección delantera del vehículo, hasta la sección trasera del vehículo para potencialmente expandirse a través de una combinación de turbinas y toberas, consiguiendo liberar suficiente espacio para la carga de pago y el resto de los sistemas necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo.

Además, el tránsito de gas no solo debe permitir la ubicación de la cabina, sino que el flujo atraviese el vehículo con la pérdida de carga adecuada, en general la mínima posible. Para ello, el diseño debe de ser optimizado en base a una serie de parámetros.

El grueso de la invención consiste en:

1) Definir las mejores condiciones para las ubicaciones del conducto y su distribución precisa. Se concluye que las distribuciones óptimas y preferentes del sistema de conductos son:

a. debajo de la cabina de pasajeros/mercancías, con forma aproximada de las secciones transversales de diverso tipo: sector, segmento, zona o trapecio circular, entre otros.
b. formando una distribución anular alrededor de la cabina, localizada entre el compresor y la tobera y, opcionalmente, la turbina, y caracterizada por que los conductos se sitúan en el interior de una envolvente ficticia cuya forma aproximada se corresponde con la del volumen que forman dos coronas circulares separadas entre si la longitud de la cabina. Las coronas actuarían como base del prisma y la longitud de la cabina actuaría como altura de dicho prisma. El número de conductos que atravesarían dicho prisma podría ser uno o varios, y el conjunto de conductos podría ocupar total o parcialmente el volumen de este prisma.

2) La definición de las mejores características geométricas para los conductos y su mejor morfología habida cuenta del amplio conjunto de variables que intervienen en la adaptación de dicho sistema de conducción de gas al escenario particular de diseño orientado a vehículos del tipo previamente descrito. En el caso de la disposición anular, el diseño de detalle definiría si es preferible utilizar conductos de sección transversal circular, poligonal, de trapecio circular u otra. Como se expresa en 1b, solo el caso de un conducto en forma de corona circular o de varios conductos en forma de trapecio circular que estuvieran en contacto aprovecharía el total del volumen ficticio en que se ubican. Sin embargo, no es condición necesaria rellenar el volumen para conseguir un correcto desempeño. En el caso de la disposición inferior, se admite tanto espacio como permita la cabina. En primera aproximación se considera un 50% de la sección frontal total, lo cual implica que en una disposición de tipo sector circular, el máximo admisible serían unos 180º. Al ser el sector circular el que más área ocupa para 180º, este máximo es válido también para todo el resto de las opciones de sección circular parcial enunciadas en 1a.

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER Y ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El problema técnico reside en encontrar una disposición de conductos internos que minimice la longitud global del vehículo, minimizando así las pérdidas de presión en el trasiego del flujo de gas a través de dichos conductos internos, con las limitaciones también impuestas por los espacios necesarios para los pasajeros, en particular la longitud mínima necesaria para dicha cabina. Estas pérdidas de presión se traducen directamente en pérdidas para el

sistema en forma de calor, y por lo tanto en ineficiencias energéticas.

En el estado de la técnica no se conoce documentación anterior divulgada públicamente que describa la integración de un sistema de conductos que permita el paso del flujo que enfrenta un vehículo a lo largo de su movimiento una vez comprimido a través de un sistema de compresión aerodinámico a la sección trasera de la carrocería del vehículo, integrado con una cabina acondicionada adecuadamente para el transporte de pasajeros o mercancías en condiciones de baja presión (o por debajo de 250 mbar). Tampoco se conoce ninguna patente o documentación técnica divulgada públicamente hasta la fecha acerca de la descripción de la integración más adecuada de un sistema de conductos ubicados por debajo de la cabina o rodeándola, lo que permite una configuración anular para el conjunto de conductos o conducto en anillo (corona circular) simple. Por último, tampoco se conoce ninguna patente anterior ni documentación divulgada públicamente que explique cómo el sistema de conductos que describe la presente invención debe integrarse con una plataforma de potencia alimentada eléctricamente que permita el funcionamiento del sistema de compresión en combinación con, primero pero opcionalmente, una turbina de potencia regenerativa, y segundo y obligatoriamente, junto con una tobera propulsora en las condiciones de baja presión descritas.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención consiste en un sistema de canalización de gas integrado en el sistema de propulsión, destinado a ser implantado en un vehículo capacitado para desplazarse a alta velocidad en un ambiente confinado de baja presión, típicamente un tubo en el que de forma artificial se han alcanzado unos 100mbar, sea con contacto con el suelo (rodadura) o sin contacto, por ejemplo, mediante levitación magnética, minimizando el contacto de fricción del gas con las paredes y permitiendo así un bajo arrastre causado por el entorno circundante. Este vehículo puede moverse libremente a lo largo del tubo utilizando un sistema de propulsión externo (en pista) o interno (embarcado). El objeto de la invención enfocado en este vehículo y medio de transporte es una de las partes que contribuye decididamente a que el vehículo resulte más eficiente que los aviones en misiones regionales, consiguiendo un menor consumo de energía que estos por pasajero y kilómetro de viaje, y resultando por lo tanto de interés industrial. En la propuesta de transporte en tubo en vacío parcial, el espacio queda constreñido por la propia sección transversal de la carga de pago que, en particular para el caso de pasajeros, ocupa un

porcentaje elevado de dicha sección y requiere por ello de una morfología adecuada para permitir también la comodidad del pasaje. El vehículo, al añadir también el espacio ocupado por los sistemas de soporte vital, y particularmente de propulsión, que lo caracterizan de verdad como medio apto como el transporte de pasajeros, precisa consecuentemente de una sección transversal aún mayor. Así, al avance del vehículo se opone, entre otros, el gas enfrentado por la sección frontal de este, que por efecto pistón se acumula delante con su desplazamiento, aumentando exponencialmente la resistencia. La solución a esta problemática requiere de una estrategia combinada:

1. Reducción de la presión en el tubo, forzando un vacío parcial.
2. Retirada del gas enfrentado en el avance, por ingestión.
3. Reducción del volumen ocupado por el gas, por compresión.
4. Canalización del gas por el interior del vehículo, mediante una adecuada distribución de conductos que:
    - Esquive la carga de pago y los sistemas embarcados, como algunos elementos de la propulsión.
    - Conduzca el gas creándole el óptimo de pérdidas energéticas asumibles por un medio de transporte eficiente.

La presente invención se centra en el cuarto aspecto del listado, de modo que una adecuada selección de la forma y características de la canalización permita alcanzar dichos objetivos. El sistema de canalización de gas es además parte integral del sistema de propulsión que impulsa al vehículo.

El sistema de propulsión con el que se equipa al vehículo consiste en un turbo compresor accionado por un sistema electromecánico controlado electrónicamente que requiere tras de sí de un sistema de conductos internos para llevar el fluido ingerido por el sistema de compresión a la sección trasera del vehículo donde este es expandido. Un vehículo que utiliza un sistema de propulsión en base a turbo compresor puede estar equipado con turbina de gas regeneradora antes de expandir el flujo a través de una tobera. Para tales sistemas, el sistema de conductos tiene además la misión de trasegar el fluido del turbo compresor a la turbina. El sistema de conductos debe estar integrado con la cabina de pasajeros, así como con los subsistemas del vehículo. La geometría de la sección de los

conductos es de suma importancia para lograr bajas pérdidas de presión en el fluido en tránsito.

La eficiencia del vehículo y el consumo de energía están directamente relacionados con la relación de presión proporcionada por el sistema de compresión, que imprime al gas la energía que se requiere para pasar el flujo desde la parte delantera del vehículo hacia la parte trasera. La relación de presión requerida está directamente relacionada con las pérdidas de presión en los conductos. Las pérdidas de presión del fluido en tránsito están directamente relacionadas también con la cantidad de flujo que los conductos pueden pasar a través de su sección de fluido. Las pérdidas de presión en los conductos a su vez están directamente relacionadas con la cantidad de regeneración que se puede lograr en la turbina, en caso de que el vehículo la lleve. A su vez, las pérdidas de presión en los conductos están directamente relacionadas con la cantidad de consumo de energía y la eficiencia del vehículo. Por lo tanto, el diseño de los conductos está directamente relacionado con el éxito del vehículo como medio de transporte viable.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la descripción de la invención y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de sus características, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización de la misma, se acompaña un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado las siguientes figuras:

- La figura 1 representa una vista en planta del vehículo que incorpora el sistema de canalización de la invención en una primera forma de realización.
- La figura 2 representa una vista en planta del vehículo que incorpora el sistema de canalización de la invención en una segunda forma de realización.
- La figura 3 representa una vista en sección del vehículo representado en la figura 1 por una zona de la cabina.
- La figura 4 representa una vista en sección del vehículo representado en la figura 2 por una zona de la cabina.
- La figura 5 representa una vista lateral del vehículo representado en la figura 1.
- La figura 6 representa una vista lateral del vehículo representado en la figura 2.
- La figura 7 representa la vista lateral representada en la figura 5 añadiendo un detalle en el que se muestran conductos auxiliares.

A continuación, se facilita un listado de las referencias empleadas en las figuras:

1. Toma de entrada.
2. Sistema de compresión.
3. Sistema de accionamiento electromecánico controlado electrónicamente
4. Sistema embarcado de alimentación.
5. Conducto de distribución.
6. Conductos auxiliares.
7. Cabina.
8. Conducto de salida.
9. Turbina.
10. Tobera.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

Considerando la numeración adoptada en las figuras, a continuación, se hace una descripción en detalle de las figuras que representan las formas de realización preferidas.

Las figuras 1 y 2 representan dos vistas superiores de dos formas de realización del vehículo de la invención. El vehículo tiene un cuerpo que incluye una toma de entrada **1** ubicada en la parte delantera que permite que el flujo de gas vaya al sistema de compresión **2** en las condiciones operativas requeridas. El sistema de compresión **2** está ubicado coaxialmente en la parte trasera de la toma de entrada **1** para la admisión del flujo de gas. La misión del sistema de compresión **2** es entregar el gas con una presión adecuada para que el flujo pueda pasar a través de los conductos **5**, **8,** que se sitúan a lo largo del vehículo para expandirse a través de la tobera **10** y opcional y previamente a la tobera **10**, en la turbina **9**. El sistema de compresión **2** es movido por un sistema de accionamiento electromecánico **3** que contiene al menos un motor eléctrico conectado al eje de salida del sistema de compresión **2**. El sistema de accionamiento electromecánico **3** se coloca coaxialmente al eje de salida del sistema de compresión **2**. El sistema de accionamiento electromecánico **3** está conectado a un sistema embarcado de alimentación **4** que proporciona energía al sistema de accionamiento electromecánico **3**. Los conductos de distribución **5** se distribuyen a lo largo de la cabina **7**, que puede estar destinada tanto al transporte de pasajeros y de la tripulación, como de mercancías o de una mezcla de ellos,

según el caso, llegando hasta la sección trasera del vehículo, donde los conductos de distribución **5** se comunican directamente con unos conductos de salida **8** al dejar la zona de la cabina **7** para comunicarse con una tobera **10** o, en caso de incorporarla, una turbina **9** regeneradora. Aunque típicamente se dispone de únicamente un conducto de distribución **5,** también existe la posibilidad de que sea una pluralidad de conductos **5**. En el caso de una pluralidad de conductos **5**, en principio se puede optar por cualquier tipo de sección de paso y número de conductos, si bien un número pequeño, secciones de paso amplias y las formas circulares resultan en general ventajosas. En primera aproximación, los conductos **5** seleccionados pueden tener diferentes valores de área de paso, y su disposición dentro del cilindro hueco definido en el punto 1b del objeto de la invención, que en la práctica delimitan la cabina **7** y el fuselaje del vehículo atiende a criterios de diseño de detalle. En general cualquiera diseño efectivo precisará de un alto porcentaje de ocupación del área transversal entre cabina **7** y fuselaje, independientemente del número, forma de la sección y ubicación de cada una de las secciones de cada uno de los conductos **5** dentro de la parte de la sección transversal del vehículo disponible para el paso de gas.

La turbina **9** regeneradora está capacitada para extraer energía del flujo de gas del escape, dejando que el flujo se expanda a través de una tobera **10** propulsora que genera empuje. La misión de la turbina **9** se utiliza principalmente para alimentar al sistema de compresión **2** a través de un sistema de distribución de energía adecuado.

La sección fluida disponible de estos conductos de salida **8** puede variar entre el 10% y el 50% del área de la toma de entrada **1** del vehículo.

La figura 1 representa una primera forma de realización del sistema de canalización de flujo en un vehículo que se desplaza en un tubo. El sistema de canalización consiste en al menos un conducto de distribución **5** de configuración anular, ubicado abrazando la cabina **7**, desde el sistema de compresión **2** hasta el conducto de salida **8** que comunica opcionalmente, con la turbina **9**, y, de seguro, con la tobera **10.**

La figura 2 representa una segunda forma de realización en la que el sistema de canalización de flujo consiste en al menos un conducto de distribución **5** ubicado en un compartimento por debajo de la cabina **7**, desde el sistema de compresión **2** hasta el

conducto de salida **8** que comunica, opcionalmente, con la turbina **9**, y, de seguro, con la tobera **10.**

La Figura 3 representa una vista de la sección transversal del vehículo representado en la figura **1** en la cual los conductos de distribución **5** han sido ensamblados en forma anular alrededor de la cabina **7**. Los conductos de distribución **5**, independientemente de su número, pueden rodear completamente la cabina **7**, abarcando 360 grados alrededor de ella, en al menos una sección transversal a lo largo del vehículo entre el sistema de compresión **2** y el conducto de salida **8** que comunica opcionalmente, con la turbina **9**, y, de seguro, con la tobera **10**, de forma que, si se trata de una pluralidad de conductos de distribución **5** en lugar de ser uno solo, la configuración anular puede estar ubicada en varias posiciones a lo largo del vehículo entre el sistema de compresión **2** y la tobera **10** (y previo a la tobera **10**, opcionalmente, por la turbina **9**). En cualquier caso, los conductos de distribución **5** también pueden estar dispuestos no solo en una parte, sino a lo largo de toda la longitud de la cabina **7**. De esta forma, la configuración anular de al menos uno de los conductos de distribución **5** también puede no ser completa, es decir, sin cerrar, abarcando únicamente una parte de la sección transversal de la configuración anular. Este caso se puede dar, por ejemplo, si teniendo el conducto de distribución **5** una configuración anular completa a lo largo de la cabina **7** hubiese que salvar una puerta de acceso a la cabina, con lo que el conducto **5** se reduciría solo a una parte de la sección anular completa. Posteriormente, una vez salvado el obstáculo, el conducto podría volver a tener la configuración anular completa, o bien pasar a una configuración por debajo de la cabina **7** o incluso por encima de la cabina **7**.

De esta forma, la configuración, que es necesario, de tener tramos anulares unidos mediante una configuración lineal del conducto de distribución **5**.

La figura 4 representa una vista de la sección transversal del vehículo representado en la figura 2, con la diferencia de que, en este caso, los conductos de distribución **5** que llevan el flujo de gas desde el sistema de compresión **2** hasta la parte trasera del vehículo donde se ubica la tobera **10**, independientemente de su número, pueden estar ubicados en varias posiciones a lo largo del vehículo, en una zona por debajo de la cabina **7** y también en una zona por encima de la cabina **7**. Además, al igual que en la configuración anular, los

conductos de distribución **5** también pueden estar dispuestos por debajo de la cabina **7** no solo en una parte, sino a lo largo de toda la longitud de la cabina **7**.

En cualquier caso, los conductos de distribución **5**, independientemente de su número, pueden pasar, independientemente del orden, de una configuración ubicada debajo de la cabina **7** a una configuración anular en cualquiera de sus posibilidades, ya sea ocupando la sección transversal completa, parcial o pasando de una a otra, y a una configuración por encima de la cabina **7**.

La cabina **7** puede estar destinada a acoger tanto pasajeros y tripulación, como mercancía, o ambas.

Además, hay que considerar que, de una forma preferente, el área transversal de los conductos de distribución **5**, ya sea constituida por un solo conducto **5** o por un conjunto de conductos **5**, independientemente del número que sean, puede variar entre el 10% y el 50% del área transversal de la toma de entrada **1** del vehículo.

De esta forma, en cualquiera de las dos formas de realización representadas en las figuras 3 y 4, el vehículo puede comprender un único conducto de distribución **5** o una pluralidad de conductos de distribución **5**.

Por otro lado, en las dos formas de realización descritas, la cabina **7** preferentemente se encuentra térmicamente aislada del conjunto de revestimientos exteriores de los conductos de distribución **5**, quedando adaptada para el caso de que se transporten pasajeros. Para ello, el conjunto de conductos de distribución **5** se encuentra cubierto por una capa de material aislante con el objetivo de evitar la transferencia de calor desde los conductos **5** a la cabina **7**.

La Figura 5 muestra una vista lateral del vehículo representado en la forma de realización de las figuras 1 y 3, en las que se representa la transición delantera de los conductos de distribución **5** desde el sistema de compresión **2** y la transición trasera a través de los conductos de salida **8**, hasta la turbina **9** regenerativa y tobera **10** con una configuración de los conductos de distribución **5** en anillo alrededor de la cabina **7**.

La Figura 6 muestra una vista lateral del vehículo representado en la forma de realización de las figuras 2 y 4 en las que se representa la transición delantera de los conductos de distribución **5** desde el sistema de compresión **2** y la transición trasera a través de los conductos de salida **8,** hasta la turbina **9** regenerativa y tobera **10** con una configuración de los conductos de distribución **5** ubicados por debajo de la cabina **7**.

La transición del sistema de compresión **2** a los conductos de distribución **5** se realiza con un ángulo de inclinación media entre 5 y 25 grados. Esta transición permite la integración del conjunto del sistema de accionamiento electromecánico **3** y del sistema de alimentación **4** entre el plano de escape del sistema de compresión **2** y la cabina **7**.

La transición de los conductos de salida **8**, hacia la tobera **10**, pasando de forma opcional y previa a la tobera **10** por la turbina **9,** se realiza con un ángulo de transición media entre 25 y 1 grado con respecto al eje axial del vehículo. Esta transición permite que el flujo de gas alcance la tobera **10** con pérdidas de presión mínimas, ya que ángulos mayores implicarían un desprendimiento del flujo y por tanto un aumento exponencial de las pérdidas. De hecho, estudios realizados en prototipos indican que el desprendimiento del flujo comienza a partir de un ángulo superior a 15 grados. Además, permite la integración de todos los subsistemas necesarios para la generación de energía, la transmisión al sistema de compresión **2** y el sistema de levitación.

El sistema de canalización de la presente invención debe fabricarse con un acabado superficial adecuado para minimizar las pérdidas de presión. De esta forma, la rugosidad superficial Ra de las superficies en contacto con el flujo debe ser menor que el diámetro hidráulico del sistema de canalización por un factor K de $1\text{x}10^{-4}$. Esto es fundamental dado que el acabado superficial influye directamente en las pérdidas de presión dentro de los conductos **5, 8**, incluyendo tanto los conductos de distribución **5** como el conducto de salida **8**, y en la cantidad máxima de flujo que los conductos **5, 8** pueden trasegar. Además, en cuanto a las uniones que puedan ser necesarias para unir las diferentes secciones que conforman el conjunto, deben ser realizadas de forma que no alteren el flujo de gas que atraviesa a los conductos **5, 8**. El sistema de conductos **5, 8** debe integrarse dentro de una estructura externa configurada de tal manera que pueda contener en su interior la cabina **7,** adecuadamente acondicionada para el transporte tanto de pasajeros como de mercancías, los conductos **5, 8**, y el resto de componentes mencionados a lo largo de la memoria

descriptiva entre la salida del sistema de compresión **2** y la entrada a la turbina **9** o tobera **10**.

El flujo de gas que atraviesa el sistema de conductos de distribución **5** de la presente invención puede sangrarse de los conductos de distribución **5** para diferentes propósitos, como refrigeración, aislamiento o acondicionamiento de la cabina **7**, si es necesario. Para este propósito, el conducto de distribución **5** puede incorporar un sistema de conductos auxiliares **6** tal y como se representa en la figura 7. El sistema de sangrado de los conductos auxiliares **6** puede estar equipado con otros subsistemas o componentes que permitan acondicionar el flujo de gas sangrado para los propósitos antes mencionados. Del mismo modo, el sistema de conductos auxiliares **6** es aplicable a cualquiera de los sistemas de conductos de distribución **5** que se han descrito en la presente memoria descriptiva. La forma de representación en la figura 7 de los conductos auxiliares **6** es a nivel representativo únicamente. A nivel práctico comprende una entrada eficiente para el gas procedente del conducto de distribución **5** y una distribución interior en la cabina **7** con bifurcaciones distribuidas de forma variable según interese.

Las arquitecturas detalladas y descritas del sistema de conductos de distribución **5** permiten la integración de una cabina **7** para transportar pasajeros y mercancías minimizando las pérdidas de presión del sistema, permitiendo el aislamiento térmico de la cabina **7** y la optimización del sistema para el control térmico del vehículo. Esto se consigue mediante el correcto aislamiento de los conductos que componen el sistema de canalización objeto de la invención. Esto puede conseguir mediante materiales como lanas de vidrio o roca, o fibras cerámicas, u otros con propiedades más específicas en función de las características térmicas globales del vehículo completo a construir.

El sistema de conductos de distribución **5** para el vehículo descrito satisface plenamente los objetos, medios y ventajas expuestos anteriormente, por lo que la presente invención no debe verse limitada a las formas de realización aquí descritas. Otras configuraciones pueden ser realizadas por los expertos en la materia a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

VENTAJAS DE LA REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

En las distintas configuraciones descritas, el sistema de compresión **2** tiene como misión aumentar la presión del fluido que el vehículo ha ingerido en su avance a través del tubo. De esta forma este fluido puede ser conducido a través de un área de entre el 10% - 50% del área frontal del vehículo. Dicha área vendrá acotada como límite superior por el espacio que permita integrar el resto de los subsistemas en el volumen restante dentro del vehículo. Como límite inferior, evitar que el flujo se acelere en exceso y se produzca el fenómeno de bloqueo sónico y el canal no admita tanto flujo de gas como se requiere. La energía empleada en comprimir el fluido puede usarse bien para propulsar el vehículo expandiendo el chorro, bien para regenerarse parcialmente a través de una turbina para alimentar eléctricamente el sistema motriz del sistema de compresión o bien para una combinación de ambas. La eficiencia del vehículo puede definirse como la razón entre la energía que el vehículo requiere para mantener su velocidad por unidad de tiempo y la energía por unidad de tiempo que aportan las baterías al sistema propulsivo, siendo esta energía igual a la diferencia entre la energía aportada por la turbina **9** y la energía requerida por el sistema de compresión **2**.

$$\eta = \frac{Potencia\ Propulsiva}{W_{COMPRESOR} - W_{TURBINA}}$$

donde $W_{COMPRESOR}$ es la potencia demandada por el sistema de compresión **2**, $W_{TURBINA}$ la potencia eléctrica aportada por la turbina **9**, y $Potencia\ Propulsiva$ la potencia útil destinada a propulsión que el vehículo requiere para mantener su velocidad.

Existe una relación óptima en la que la resistencia al avance puede ser compensada empleando mínima energía. La energía que el sistema de compresión **2** consume es proporcional a la cantidad de flujo que este ingiere y el aumento de temperatura y velocidad que este genera sobre el flujo. A su vez, la cantidad de fuerza que ejerce el sistema propulsivo es proporcional al producto de la cantidad de masa ingerida instantánea y al aumento de velocidad que este experimenta entre su entrada al sistema propulsivo y la salida de este. La condición de mínima energía se consigue cuando la masa trasegada es máxima y la velocidad de salida mínima, siendo el producto de ambas igual a la resistencia al avance del vehículo. La energía introducida en el ciclo por unidad de masa hace que la temperatura y la presión del fluido aumenten según las siguientes expresiones, donde p y T

son la presión y la temperatura respectivamente y Cp es el calor especifico del fluido a presión constante:

$$Energia/masa = Cp(T_{final} - T_{inicial})$$

$$\left(\frac{p_{final}}{p_{inicial}}\right)^{\frac{1}{3.5}} = \left(\frac{T_{final}}{T_{inicial}}\right)$$

Esto implica que la presión en un fluido aumenta mucho más rápido que la temperatura cuando este se comprime, y en sentido inverso al expandirse. Por otra parte, la cantidad de masa de fluido que es capaz de atravesar una sección transversal de conducto de distribución **5**, con un área fija dada, es directamente proporcional a la presión del fluido e inversamente proporcional a la temperatura de este. Esto quiere decir que, cuanto más caliente esté el flujo, más presión será necesaria para permitir la circulación de la misma cantidad de masa fluida en las mismas condiciones.

Dado lo expuesto en el párrafo anterior, es claro que unos conductos de distribución **5** con una configuración óptima permitirán el paso del flujo garantizando mínimas pérdidas de presión. Estas pérdidas son críticas para el correcto funcionamiento del vehículo ya que implican una adición de energía extra no recuperable e inútil para la propulsión. La configuración óptima de los conductos de distribución **5** será aquella que garantice:

- mínima pérdida de presión en el trasiego del fluido, y
- mínima longitud imprescindible para permitir la integración de todos los subsistemas anteriormente descritos y para acondicionar correctamente el flujo para su expansión.

La pérdida de presión del fluido circulante en los conductos **5, 8** es proporcional a la velocidad de dicho fluido al circular por dichos conductos **5, 8**. Para una masa de gas circulante determinada, la velocidad del fluido es inversamente proporcional al área transversal efectiva de paso para el fluido. A su vez, las pérdidas son proporcionales a la cantidad de área mojada de los tubos en contacto directo con el fluido. Ambos efectos se capturan en una longitud efectiva que define el funcionamiento de un conducto, llamada diámetro hidráulico.

$$D_H = \frac{Area}{Perimetro}$$

$$\Delta p \sim \frac{1}{D_H}$$

Donde Δp es la variación de presión total del fluido circulante por el sistema de canalización.

A su vez, el área efectiva fluida puede ser muy inferior al área geométrica de paso real, cuando el flujo se encuentra desprendido. Esta circunstancia se produce cuando se intenta obligar al flujo a seguir un ángulo de expansión muy acusado. En dicho caso, el fluido no es capaz de seguir la geometría impuesta por el conducto **5, 8** y se desprende de la pared para continuar expandiéndose con un ángulo más pequeño. Esto implica, por tanto, un aumento significativo de las pérdidas de presión, que se traduce en un sistema propulsivo menos eficiente.

Atendiendo a lo expuesto, en las configuraciones descritas que incluyan la turbina **9**, ésta siempre ha de estar ubicada tras la cabina **7** ya que, si el fluido se expandiese antes de sobrepasar el estrechamiento producido por la cabina **7** de pasajeros, el gas no liberaría espacio para la cabina **7**, lo que impediría el correcto funcionamiento del conjunto del concepto propulsivo. Del mismo modo ha de estar ubicada lo más próxima a la cabina **7** de pasajeros para minimizar las pérdidas de presión del fluido hasta la misma, siempre respetando una distancia mínima que garantice el correcto acondicionamiento del flujo.

En base a este contexto, las configuraciones seleccionadas se comprueban que son:

- La configuración de al menos uno de los conductos **5** en forma anular, que envuelve a los subsistemas y la cabina **7**, como un anillo.
- La configuración que despliega uno o varios conductos **5** bajo subsistemas y cabina **7**.

La configuración en anillo de los conductos de distribución **5** maximiza el diámetro hidráulico para el caudal másico trasegado, lo que confiere a los conductos de distribución **5** una configuración de funcionamiento óptima. Sin embargo, esta configuración dentro de las

dimensiones del vehículo que se plantean puede imponer un tamaño de cabina **7** inadecuado para el cumplimiento de criterios de seguridad, confort o ambos. Llegado a ese límite la configuración que respeta las dimensiones globales del vehículo y cabina **7**, y que maximiza el diámetro hidráulico permitiendo la integración del resto de subsistemas es la configuración que ubica los conductos **5** debajo de la cabina **7**. Es importante notar que, para generar un medio de transporte viable, el ancho de la cabina **7** también debe limitarse, puesto que cuanto más ancha la cabina **7**, más ancha es la infraestructura, y más costosa desde el punto de vista económico. Únicamente la optimización del conjunto de parámetros de los conductos de distribución **5** como se ha expuesto lleva hacia la viabilidad técnica e industrial. Como resumen:

Diseño	**Tubo/s en configuración de anillo**	**Tubo en configuración bajo la cabina**
Óptimo cabina estrecha (hasta 4 pasajeros por fila)	X	
Óptimo cabina ancha (hasta 6 pasajeros por fila)		X

Tabla 1. Óptimos dependiendo de la configuración de vehículo elegida

Como se ha indicado, la longitud de los conductos de distribución **5** debe ser la mínima imprescindible, de modo que se minimicen las pérdidas de presión. Pero a su vez, durante las transiciones en un conducto **5, 8**, sea este convergente o divergente, el ángulo de descenso o ascenso debe estar en un rango especificado de modo que no se produzca la separación del flujo. Para garantizar esto, la transición del sistema de compresión **2** a los conductos de distribución **5** se ha de realizar con un ángulo de descenso entre 5 y 25 grados, mientras que la transición de los conductos de distribución **5** hasta los conductos de salida **8** que comunican con la turbina **9** o la tobera **10** ha de hacerse con un ángulo mínimo de 1 grado y un ángulo máximo de 25 grados, ya que valores superiores llevan a un desprendimiento del flujo con casi total seguridad. Estos rangos de ángulos se consideran óptimos cuando el sistema de compresión **2** opera con una ratio de presiones totales entre su entrada y su salida de 1 a 5, que es la relación de compresión necesaria para que el flujo pueda ser trasegado por conductos de área entre el 10% y 50% del área frontal del vehículo.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de canalización de flujo de gas para vehículos impulsados por chorro de gas comprimido en ambientes confinados de baja presión donde el vehículo comprende una configuración longitudinal, un sistema de compresión (2), un sistema de accionamiento electromecánico (3) que comprende al menos un motor eléctrico, un sistema embarcado de alimentación eléctrica (4) (que incluye tanto una unidad de alimentación como una unidad controladora), una cabina (7) y una tobera (10), estando el sistema de canalización **caracterizado** por que comprende al menos un conducto de distribución (5) que comunica la salida del sistema de compresión (2), ubicado en la zona delantera del vehículo, detrás de una toma de entrada (1), con un conducto de salida (8), ubicado en la zona trasera del vehículo, detrás de la cabina (7), que conecta con una tobera (10), de forma que el conducto de distribución (5) se extiende a lo largo de todo el vehículo.

2.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que comprende una turbina (9) ubicada entre conducto de salida (8) y la tobera (10).

3.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que al menos un conducto de distribución (5) está dispuesto en configuración anular alrededor de la cabina (7) en al menos una parte de la longitud total de la cabina (7), desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8).

4.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que al menos un conducto de distribución (5) está dispuesto en configuración anular alrededor de la cabina (7) y en toda la longitud de la cabina (7), desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8).

5.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 3 o 4, **caracterizado** por que los conductos de distribución (5) alrededor de la cabina (7) se disponen de modo que en conjunto sus secciones transversales confinan entre el 5% y el 100% del área libre que queda entre la cabina (7) y el fuselaje del vehículo.

6.- Sistema de canalización de flujo de gas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por que al menos un conducto de distribución (5) está ubicado por debajo de

la cabina (7) en al menos una parte de la longitud total de la cabina (7), desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8).

7.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que al menos un conducto de distribución (5) está ubicado por debajo de la cabina (7) y en toda la longitud de la cabina (7), desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8).

8.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado** por que las secciones transversales de los conductos de distribución (5) ubicados por debajo de la cabina (7) desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8) son de sección transversal en forma de sector circular de ángulo menor que 180º.

9.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado** por que las secciones transversales de los conductos de distribución (5) ubicados por debajo de la cabina (7) desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8) son de sección transversal en forma de segmento circular de ángulo menor que 180º.

10.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado** por que las secciones transversales de los conductos de distribución (5) ubicados por debajo de la cabina (7) desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8) son de sección transversal en forma de trapecio circular de ángulo menor que 180º.

11.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado** por que las secciones transversales de los conductos de distribución (5) ubicados por debajo de la cabina (7) desde el sistema de compresión (2) hasta el conducto de salida (8) son de sección transversal en forma de zona circular.

12.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 5, **caracterizado** por que los conductos de distribución (5) son de sección transversal circular.

13.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 5, **caracterizado** por que los conductos de distribución (5) son de sección transversal poligonal.

14.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 5, **caracterizado** por que los conductos de distribución (5) son de sección transversal en forma de trapecio circular.

15.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que la transición del sistema de compresión (2) a los conductos de distribución (5) se realiza con un ángulo de inclinación de entre 5 y 25 grados con respecto al eje axial del vehículo, permitiendo la integración del sistema de accionamiento electromecánico (3) y del sistema embarcado de alimentación (4) entre el sistema de compresión (2) y la cabina (7).

16.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que la transición de los conductos de distribución (5) a los conductos de salida (8) se realiza con un ángulo de inclinación de entre 25 y 1 grados con respecto al eje axial del vehículo, permitiendo que el flujo de gas alcance correctamente acondicionado la tobera (10) y opcionalmente y previo a la tobera la turbina (9) con pérdidas de presión mínimas.

17.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 3 o 4, **caracterizado** por que comprende al menos un conducto auxiliar (6) que comunica el conducto de distribución (5) con la cabina (7), con el objeto de llevar a cabo una transmisión de flujo de gas para acondicionamiento térmico de la cabina (7).

18.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 3 o 4, **caracterizado** por que el conducto auxiliar (6) comprende componentes para llevar a cabo el acondicionamiento del aire a partir del gas.

19.- Sistema de canalización de flujo, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque la rugosidad superficial Ra de las superficies de los conductos de distribución (5) en contacto con el flujo es menor que el diámetro hidráulico del sistema de canalización por un factor K de $1\text{x}10^{-4}$, de modo que se minimicen las pérdidas de presión en el conjunto del sistema de canalización.

20.- Sistema de canalización de flujo de gas, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque los conductos de distribución (5) se encuentran aislados térmicamente del resto de componentes del vehículo mediante un sistema de aislamiento.

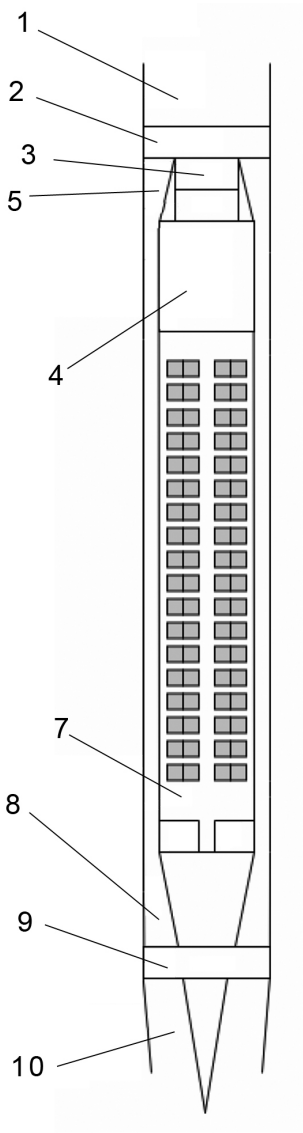

FIG.1

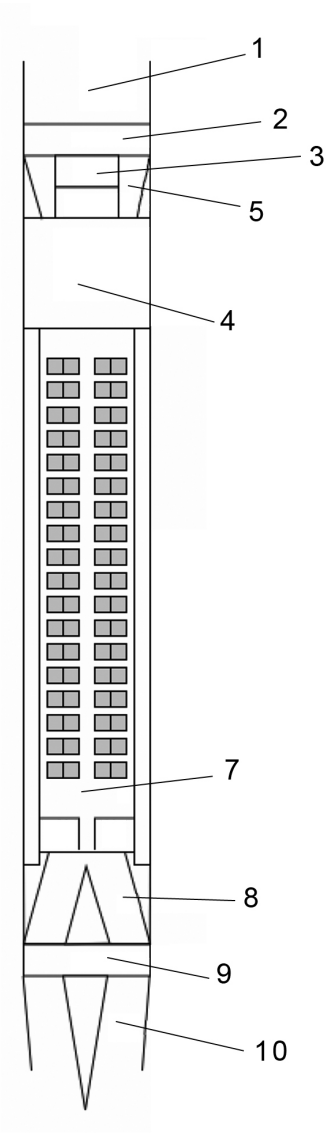

FIG.2

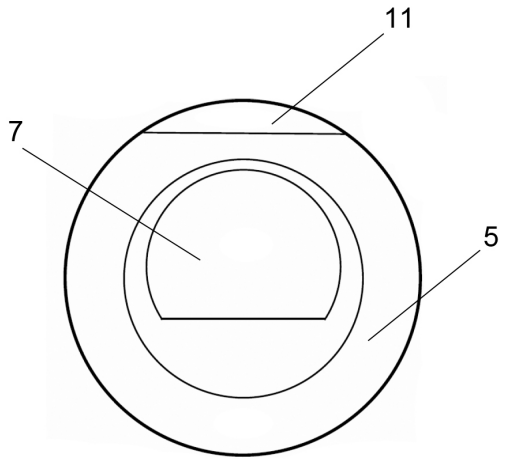

FIG.3

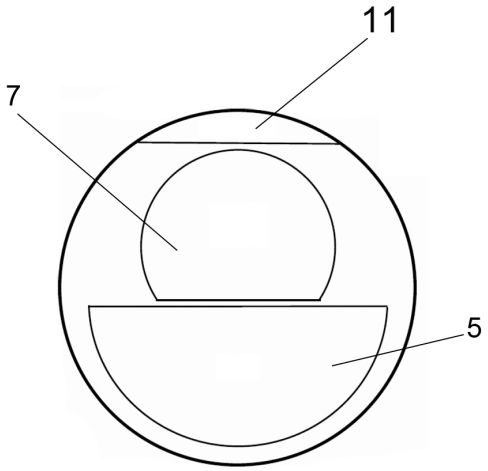

FIG.4

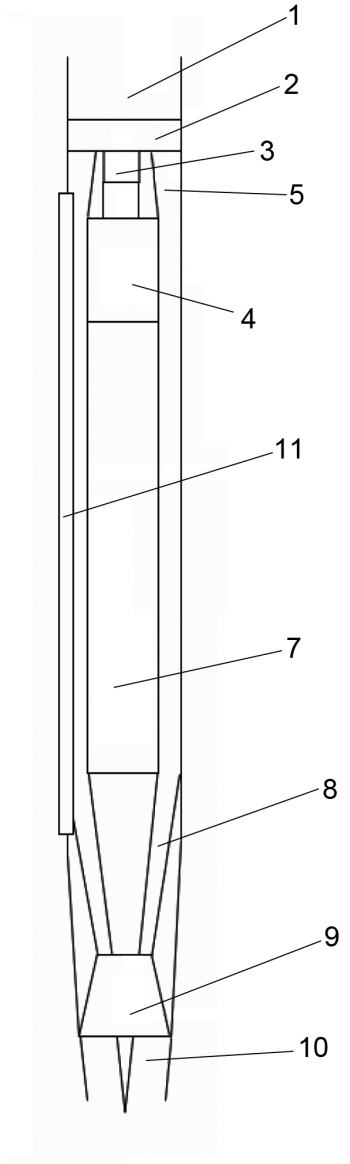

FIG.5

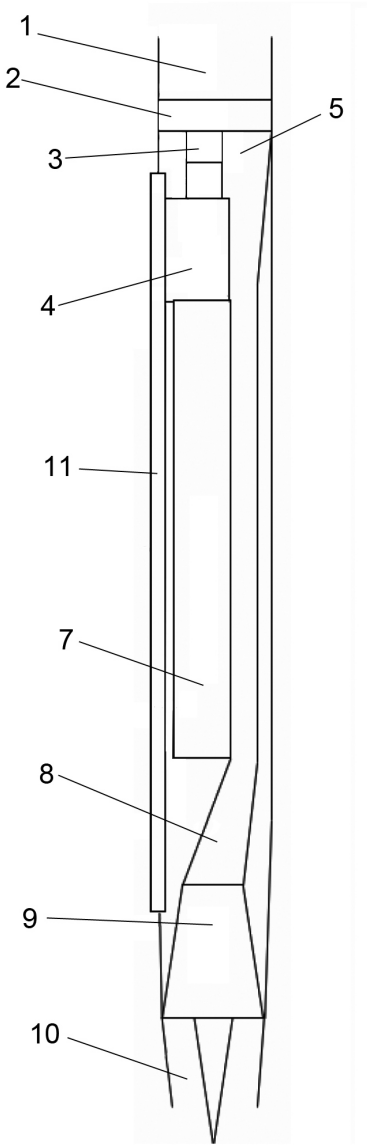

FIG.6

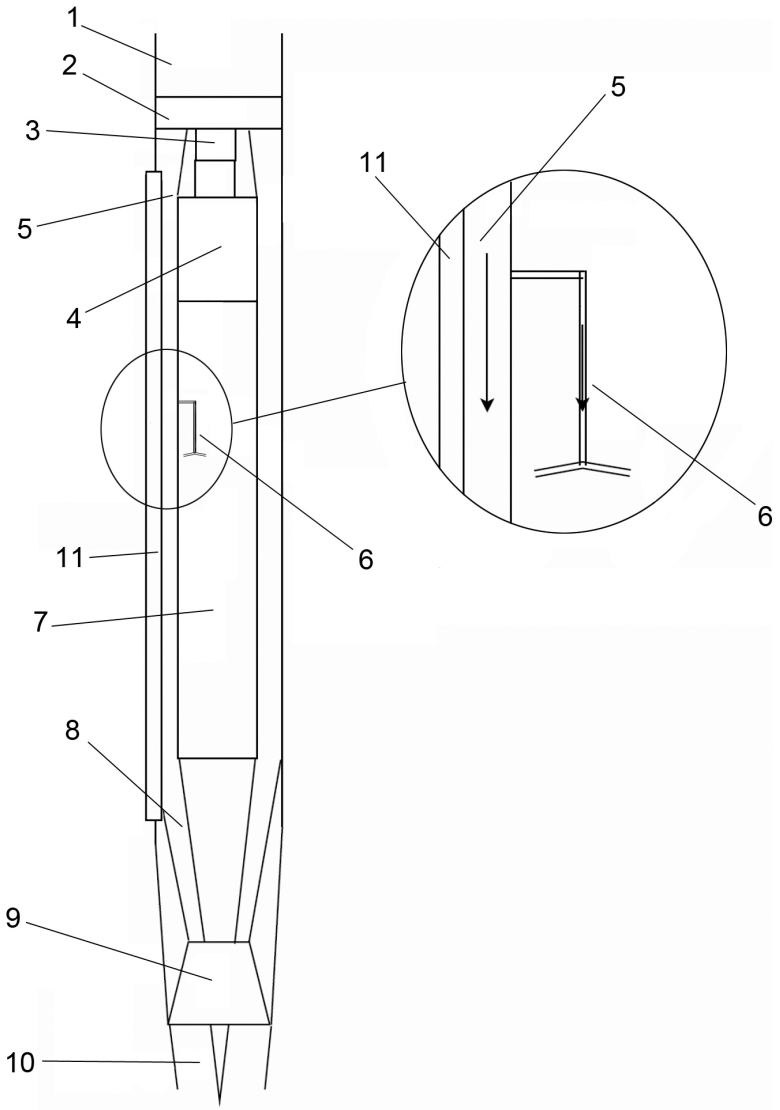

FIG.7