

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 902**

21 Número de solicitud: 201631052

51 Int. Cl.:

B62D 35/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

29.07.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.01.2018

Fecha de la concesión:

27.04.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.05.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)
Campus las Lagunillas, S/N
23006 Jaén (Jaén) ES**

72 Inventor/es:

**GUTIÉRREZ MONTES, Cándido;
RUIZ RUS, Javier;
BOLAÑOS JIMÉNEZ, Rocío;
MARTÍNEZ BAZÁN, Carlos;
JIMÉNEZ GONZÁLEZ, José Ignacio;
LORITE DÍEZ, Manuel y
CANO LOZANO, José Carlos**

54 Título: **Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos terrestres**

57 Resumen:

La invención describe un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, que comprende al menos un panel (2) destinado a fijarse a al menos una arista (A) del lado trasero (LT) de dicho vehículo, y donde al menos el perfil de la superficie exterior (2e) de dicho panel (2) tiene una forma curva optimizada para reducir la resistencia aerodinámica del vehículo (100). Por ejemplo, la forma curva puede obtenerse mediante la aplicación de un estudio paramétrico acompañado de simulaciones numéricas que emplean el modelo turbulento IDDES.

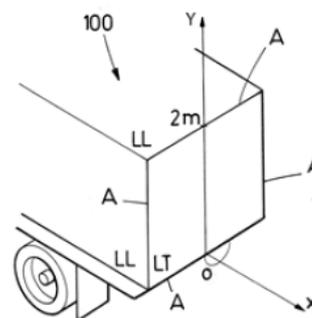


FIG.2

ES 2 651 902 B2

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos terrestres

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece de manera general al campo de la automoción, y más concretamente a los dispositivos utilizados para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos terrestres.

10

El objeto de la presente invención es un novedoso dispositivo diseñado para ser instalado en el lado trasero de un vehículo terrestre, tal como camión o un autobús, con el propósito de reducir sensiblemente la resistencia aerodinámica.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La oposición al avance de un vehículo rodado se debe principalmente, entre otros factores, a la resistencia a la rodadura (rozamiento) y la resistencia aerodinámica (al aire) o arrastre, siendo esta última la más importante cuantitativamente. Sobre la resistencia a la rodadura los esfuerzos para su reducción se centran en los neumáticos, tanto en su composición como en su diseño. Sin embargo, las posibilidades de actuación sobre la resistencia aerodinámica son mayores, siendo más efectivas en las partes trasera y delantera del vehículo. Para cuantificar la resistencia aerodinámica, se calcula la fuerza axial que ejerce el aire sobre el vehículo y se suele expresar en la bibliografía científica en forma adimensional mediante el coeficiente de arrastre o "drag":

25

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}$$

donde: ρ es la densidad del aire, V es la velocidad del vehículo y A el área frontal del mismo.

30

El elevado interés en la reducción de la resistencia aerodinámica estriba en la estrecha relación entre ésta y el consumo de combustible del vehículo y, en consecuencia, con las emisiones de dióxido de carbono generadas por el vehículo. Las estimaciones actuales del consumo de combustible en vehículos pesados establecen que cerca del 20% del consumo de combustible total se invierte en vencer dicha resistencia aerodinámica. Así pues, cuanto menor sea la resistencia aerodinámica, menor serán el consumo de combustible y las

emisiones de gases de efecto invernadero.

Las actuaciones para reducir dicha resistencia pueden involucrar modificaciones en todo el vehículo: en la parte delantera, en la trasera, en la parte inferior del mismo, entre el carro de 5 tracción y el semirremolque, etc. Las modificaciones delanteras afectan fundamentalmente a la cabina, por lo que suelen estar más restringidas por necesidades técnicas y constructivas. Por tanto, la zona con mayor potencial es la parte trasera del vehículo, ya que además de conseguir reducciones del coeficiente de arrastre, influye en el control de la estela tras el vehículo, minimizando las fluctuaciones y vibraciones en el mismo.

10

Las estrategias y actuaciones dedicadas a dicho fin se agrupan según el tipo de control que realizan: pasivo, activo en lazo abierto, o activo en lazo cerrado, entendiéndose como control activo aquel que requiere de un aporte externo de energía para su funcionamiento. El control activo se puede realizar de muy diversas formas, por ejemplo, mediante la 15 introducción de un soplado en la parte trasera del camión, mientras que el control pasivo suele estar relacionado con una alteración de la superficie exterior del vehículo. Los dos primeros tipos de control, control pasivo y control activo en lazo abierto, funcionan del mismo modo independientemente de las condiciones del flujo alrededor del vehículo, esto es, no requieren realimentación ni información exterior. Por el contrario, el control activo de lazo 20 cerrado actúa según las condiciones del flujo, dependiendo por tanto su funcionamiento de la velocidad y presión alrededor del vehículo en cada momento. Aunque eficaz, el control activo en lazo cerrado suele ser más complejo, requiriendo sensores y actuadores para llevar a cabo el control del flujo.

20

25 Por lo tanto, el control pasivo destaca como la solución más viable y de menor coste. El control pasivo puede realizarse de diferentes modos, como por ejemplo modificando la rugosidad de la superficie, añadiendo elementos tales como vástagos inductores de vórtices o cilindros de control secundarios, o modificando la geometría de la parte trasera del vehículo mediante la disposición de alerones o paneles. Este documento se centra en la 30 modificación geométrica de la parte trasera del vehículo. A continuación, se describen brevemente algunos documentos de patente que describen soluciones de este tipo.

30

El documento WO/2015/007942 describe un sistema de paneles rectos configurados para instalarse en la superficie trasera de un vehículo de modo que forman una multicavidad de al 35 menos cuatro cavidades de forma preferentemente cuadrada o rectangular, como se puede apreciar en la Fig. 1a de esta solicitud.

35

El documento US 4,682,808 describe un dispositivo de reducción de arrastre consistente en unos paneles que se fijan a la parte posterior del vehículo de modo que capturan al menos dos vórtices que a su vez orientan el flujo hacia dentro en la parte posterior del cuerpo del
5 vehículo, de modo que a efectos prácticos se consigue una reducción del área posterior del vehículo. Un ejemplo de este dispositivo se muestra en la Fig. 1b de esta solicitud.

El documento US 5,498,059 propone distintos sistemas basados en cavidades y diferentes configuraciones de paneles en la parte trasera. Por ejemplo, la Fig. 1c de la presente
10 solicitud muestra un ejemplo del dispositivo formado por cuatro paneles rectos que constituyen esencialmente una prolongación de las cuatro superficies laterales del vehículo.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15 La presente invención describe un nuevo tipo de dispositivo perimetral formado por varios paneles o alerones plegables configurados para su fijación a las aristas del lado trasero de un vehículo terrestre y que están dotados de un perfil curvo obtenido según los resultados de un estudio paramétrico para minimizar la resistencia aerodinámica del vehículo. Es decir, esta estrategia permite obtener la forma óptima para el perfil de los paneles que conforman
20 el dispositivo, de modo que se maximiza analíticamente la reducción de la resistencia aerodinámica. Las simulaciones numéricas realizadas verifican que el dispositivo consigue una mejora adicional relevante del efecto generado por dispositivos de forma plana utilizados en la técnica anterior.

25 En este documento, el término "*vehículo terrestre*", o simplemente "*vehículo*", hace referencia a cualquier tipo de vehículo destinado a desplazarse sobre la superficie terrestre, como puede ser un coche, un camión, un tren, u otros. De manera general, se supondrá un vehículo que tiene un cuerpo principal con forma esencialmente de paralelepípedo, como por ejemplo un camión con una caja de forma paralelepípedica, en un tren formado por
30 vagones de forma paralelepípedica, u otros.

En este documento, el término "*lado trasero*" del vehículo hace referencia a una superficie trasera plana, tomando como referencia la dirección natural de desplazamiento de dicho
35 vehículo, del cuerpo principal esencialmente paralelepípedo del vehículo.

En este documento, el término "*lado lateral*" del vehículo hace referencia a cualquiera de las

cuatro superficies planas ubicadas a los lados derecho, izquierdo, superior, e inferior, tomando como referencia la dirección natural de movimiento de dicho vehículo, del cuerpo principal esencialmente paralelepípedo del vehículo.

5 En este documento, el término “anchura” referido a un panel se refiere a la dimensión del panel según el eje z de acuerdo con el sistema de referencias que se describe más adelante. En otras palabras, la anchura del panel corresponde a la dimensión del panel según una dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento del vehículo.

10 En este documento, el término “longitud” referido a un panel se refiere a la dimensión del panel según una dirección perpendicular a la superficie del lado trasero del vehículo. Es decir, es la distancia entre la base del panel, que se fija al lado trasero del vehículo, y la punta o extremo libre del panel, según una dirección paralela a la dirección de desplazamiento del vehículo.

15

En este documento, el término “panel” hace referencia a un alerón configurado para su fijación a una arista del lado trasero del vehículo. La anchura del panel puede coincidir con la longitud de la arista correspondiente de manera que el panel abarque toda la arista desde un extremo a otro. Alternativamente, el panel puede tener una anchura menor que la arista completa, por ejemplo por motivos legales, para facilitar la apertura de la caja del vehículo, o por otras razones. También es posible utilizar varios paneles sensiblemente menos anchos que la arista correspondiente que en conjunto abarcan toda o una parte sustancial de la longitud de la arista. Por otra parte, no es necesario que cada panel corresponda a una única pieza física. Por ejemplo, los cuatro paneles correspondientes a las cuatro aristas del lado trasero de un vehículo pueden estar conectados entre sí formando una única pieza con forma esencialmente rectangular, o bien dos piezas complementarias con forma esencialmente de U.

30 En este documento, el término “superficie interior” de un panel hace referencia a la superficie de dicho panel que, cuando el panel está fijado a la arista correspondiente del vehículo, está orientada hacia el centro del lado trasero del vehículo. En otras palabras, la superficie interior del panel fijado a una primera arista está enfrentada a la superficie interior del panel fijado a una segunda arista opuesta a la primera. Similarmente, el término “superficie exterior” de un panel hace referencia a la superficie de dicho panel que, cuando el panel está fijado a la arista correspondiente del vehículo, está orientada en sentido opuesto a la posición del centro del lado trasero del vehículo. Es decir, la superficie exterior

35

del panel fijado a una arista está orientada según una dirección que se aleja del vehículo.

La presente invención describe un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos que comprende al menos un panel destinado a fijarse a al menos una arista del lado trasero de dicho vehículo, y donde al menos el perfil de la superficie exterior de dicho panel tiene una forma curva optimizada para reducir la resistencia aerodinámica del vehículo. Concretamente, la forma curva de la presente solicitud se obtiene mediante la aplicación de un estudio paramétrico acompañado de simulaciones numéricas que emplean un modelo turbulento IDDES (Improved Delayed Detached Eddy Simulation), aunque es concebible la utilización de otros modelos para la obtención de formas curvas optimizadas de este tipo.

En principio, la configuración óptima del dispositivo está formada por cuatro paneles destinados a fijarse respectivamente en las cuatro aristas del lado trasero de un vehículo. Sin embargo, por diversos motivos de índole práctica son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, puede eliminarse el panel de la arista inferior debido a que su influencia en el coeficiente aerodinámico del vehículo es limitada. Otra posibilidad es que el dispositivo esté formado por un único panel dispuesto, por ejemplo, en la arista superior. La principal diferencia entre los paneles de la invención y los paneles conocidos hasta ahora, como por ejemplo algunos de los paneles descritos en los documentos mencionados en el apartado anterior, es que se sustituyen paneles de forma recta por paneles que tienen, al menos en su superficie exterior, una forma curva especialmente calculada para minimizar la resistencia aerodinámica del vehículo. Ello permite mejorar sensiblemente las prestaciones del dispositivo, como se mostrará con mayor detalle más adelante en este documento.

Se define a continuación de manera cualitativa la forma del perfil de la superficie exterior de un panel según una realización preferida de la invención. Para ello, se toma un sistema de referencia formado por un eje x perpendicular al lado trasero del vehículo, y un eje y contenido en el lado trasero del vehículo en dirección perpendicular a la arista de dicho lado trasero a la que se fija el panel. Con este sistema de referencia, la forma preferida del perfil de la superficie exterior de cada panel describe un descenso inicial en dirección negativa del eje y , alcanza un valor mínimo en dicho eje y , y termina con ascenso en dirección positiva del eje y , o bien con un tramo esencialmente paralelo al eje x , hasta la punta.

En principio, curvas de este tipo pueden definirse matemáticamente utilizando diferentes expresiones, aunque en otra realización preferida de la presente invención se usa

concretamente una expresión polinómica de tipo:

$$(y_{\text{ext}}/L) = a_{\text{ext}} (x/L)^4 + b_{\text{ext}} (x/L)^3 + c_{\text{ext}} (x/L)^2 + d_{\text{ext}} (x/L) + h_{\text{ext}}/L,$$

- 5 donde L es la longitud total del panel y donde el coeficiente h_{ext} es la distancia entre el origen de coordenadas y la arista a la que se fija el panel.

Se define así una familia de curvas que, para cada longitud L dada, permiten disminuir sensiblemente la resistencia aerodinámica con relación a los paneles planos conocidos. Los inventores de la presente solicitud han descubierto que esta expresión se adapta perfectamente a las necesidades del modelo empleado, permitiendo disminuir la resistencia aerodinámica sin una complejidad excesiva. Para obtener la expresión específica de la curva en cada caso particular, únicamente es necesario seleccionar la longitud total L deseada, y el coeficiente h_{ext} (que, ubicando adecuadamente el origen del sistema de coordenadas, puede hacerse coincidir con la altura del lado trasero del vehículo, por ejemplo).

De acuerdo con una realización aún más preferida, los coeficientes a_{ext} , b_{ext} , c_{ext} , y d_{ext} adoptan un valor que se encuentra dentro de los siguientes rangos:

$$-0,768 < a_{\text{ext}} < -0,512$$

$$1,648 < b_{\text{ext}} < 2,472$$

$$-1,776 < c_{\text{ext}} < -1,184$$

$$-0,240 < d_{\text{ext}} < -0,160$$

Aún más preferentemente, los valores óptimos de los coeficientes a_{ext} , b_{ext} , c_{ext} , y d_{ext} que permiten obtener la máxima reducción de resistencia aerodinámica posible para cada longitud L dada son aproximadamente los siguientes:

$$a_{\text{ext}} \approx -0,64$$

$$b_{\text{ext}} \approx 2,06$$

$$c_{\text{ext}} \approx -1,48$$

$$d_{\text{ext}} \approx -0,20$$

Por tanto, la expresión óptima de la curva que define la superficie exterior del dispositivo según la presente invención adopta la forma siguiente:

$$(y_{\text{ext}}/L) = -0,64 (x/L)^4 + 2,06 (x/L)^3 - 1,48 (x/L)^2 - 0,20 (x/L) + h_{\text{ext}}/L,$$

Hasta ahora se ha descrito la superficie exterior del panel, ya que es la que tiene un mayor
 5 impacto en la resistencia aerodinámica que presenta el vehículo. Por tanto, en caso de que
 fuese necesario por motivos prácticos, tales como mejorar la resistencia mecánica, sencillez
 de fabricación, facilidad de fijación a las aristas, etc., sería posible que la superficie interior
 no tuviese una forma optimizada. Por ejemplo, la superficie interior podría ser esencialmente
 plana o de cualquier otra forma que permitiese plegar el panel al mismo tiempo que
 10 asegurase una resistencia mecánica suficiente.

Sin embargo, en una realización especialmente preferida de la invención también el perfil de
 la superficie interior tiene una forma curva optimizada para reducir la resistencia
 aerodinámica del vehículo. En este caso, la forma del perfil de la superficie interior puede
 15 obtenerse también mediante la aplicación de un estudio paramétrico acompañado de
 simulaciones numéricas que emplean un modelo turbulento IDDES.

Para describir de forma cualitativa la forma del perfil de la superficie interior del panel según
 una realización preferida de la invención, se toma el mismo sistema de coordenadas
 20 descrito anteriormente. Así, la forma preferida del perfil de la superficie interior del panel
 describe también un descenso inicial en dirección negativa del eje y, alcanza un valor
 mínimo en dicho eje y, y termina con ascenso en dirección positiva del eje y, o bien con un
 tramo esencialmente paralelo al eje x, hasta una punta. De manera general, esto significa
 que las superficies interior y exterior son esencialmente paralelas.

Más preferentemente, la curva del perfil de la superficie interior del panel se define por
 medio de la expresión polinómica:

$$(y_{\text{int}}/L) = a_{\text{int}} (x/L)^4 + b_{\text{int}} (x/L)^3 + c_{\text{int}} (x/L)^2 + d_{\text{int}} (x/L) + h_{\text{int}}/L,$$

30 donde L es la longitud total del panel y donde el coeficiente h_{int} coincide con el valor h_{ext}
 menos el espesor del panel.

Similarmente a lo descrito anteriormente, para obtener la expresión específica de la curva en
 35 cada caso particular únicamente es necesario seleccionar la longitud total L deseada, y el
 coeficiente h_{int} (por ejemplo, a través de la selección del espesor deseado para el panel en

su conjunto).

De acuerdo con una realización aún más preferida, los coeficientes a_{int} , b_{int} , c_{int} , y d_{int} correspondientes la fórmula que define la forma del perfil de la superficie interior del panel adoptan un valor que se encuentra dentro de los siguientes rangos:

$$\begin{aligned} & - 0,588 < a_{int} < - 0,392 \\ & 1,328 < b_{int} < 1,992 \\ & - 1,644 < c_{int} < - 1,096 \\ & - 0,084 < d_{int} < - 0,056 \end{aligned}$$

Aún más preferentemente, los valores óptimos de los coeficientes a_{int} , b_{int} , c_{int} , y d_{int} que permiten obtener la máxima reducción de resistencia aerodinámica posible para cada longitud L dada son aproximadamente los siguientes:

$$\begin{aligned} a_{int} & \approx - 0,49 \\ b_{int} & \approx 1,66 \\ c_{int} & \approx - 1,37 \\ d_{int} & \approx - 0,07 \end{aligned}$$

Por tanto, la expresión óptima de la curva que define la superficie interior del dispositivo según la presente invención adopta la forma siguiente:

$$(y_{int}/L) = - 0,49 (x/L)^4 + 1,66 (x/L)^3 - 1,37 (x/L)^2 - 0,07 (x/L) + h_{int}/L,$$

En lo que respecta a la longitud de los paneles de la presente invención, ésta se elige en función de las necesidades de cada caso. Idealmente, paneles más largos permiten conseguir mayores reducciones de la resistencia aerodinámica, aunque evidentemente la longitud máxima de los paneles puede estar limitada por motivos prácticos tales como legislación aplicable, facilidad de montaje/desmontaje, facilidad de apertura del lado trasero del vehículo, resistencia mecánica de los paneles, etc. En cualquier caso, según una realización preferida de la presente invención, la longitud óptima del panel es de entre 0,2 - 1,2 metros. En lo que respecta al espesor, debe ser preferentemente inferior a 20 cm. En general, el espesor será el mínimo posible siempre que los paneles sean suficientemente rígidos como para evitar su rotura y su deflexión, aunque evitando que sean demasiado grandes de modo que puedan dificultar su implementación y manipulación.

Por último, los paneles pueden estar fabricados de cualquier material siempre que tenga una resistencia mecánica suficiente como para soportar las fuerzas a las que estará sometido durante su vida útil, y que su instalación no aumente de forma significativa el peso del vehículo ni ocasione vibraciones que puedan afectar a su estabilidad y manejabilidad. Por ejemplo, preferentemente los paneles están hechos de un material seleccionado de entre: fibra compuesta, fibra de carbono, plástico rígido, y aluminio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10

Las Figs. 1 a-c muestran tres ejemplos de dispositivos para la reducción de la resistencia aerodinámica de acuerdo con la técnica anterior.

15

La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva de la porción trasera de un vehículo con el sistema de referencia utilizado para definir la forma de los paneles de la presente invención.

La Fig. 3 muestra una vista lateral detallada de la forma de un ejemplo de panel según la presente invención.

20

La Fig. 4 muestra una vista lateral detallada del rango de formas posibles que puede adoptar el panel de la presente invención para el ejemplo mostrado en la Fig. 3 en función de la variación de los coeficientes de los polinomios.

25

La Fig. 5 muestra una vista en perspectiva de la porción trasera de un vehículo al que se han fijado cuatro paneles de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 6 muestra una vista posterior del vehículo de la Fig. 6.

30

La Fig. 7 muestra una vista superior del vehículo de la Fig. 6.

La Fig. 8 muestra una vista lateral del vehículo de la Fig. 6.

La Fig. 9 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de dispositivo según la invención formado por una única pieza.

35

La Fig. 10 muestra una vista en perspectiva de otro ejemplo de dispositivo según la

invención formado por un conjunto desplegable de piezas a modo de lamas.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 A continuación, se describe con mayor detalle el proceso de cálculo de la forma de las superficies interior (2i) y exterior (2e) de un ejemplo de panel (2) de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas.

10 La optimización de la forma de ambas superficies comienza con un perfil recto para, a partir de ahí, ir modificando los polinomios que definen la geometría de los perfiles de acuerdo con un proceso de optimización según la influencia observada en la capa de fluido alrededor del cuerpo. Este estudio da como resultado final una forma curva suavizada que constituye la solución óptima para las condiciones del flujo existentes alrededor del modelo estudiado.

15 El estudio paramétrico de optimización se ha realizado en unas condiciones simplificadas adecuadas que posibilitan la obtención de una forma óptima de los paneles y garantizan la convergencia del método, siendo:

$$20 \quad \text{Re} = \frac{\rho V H}{\mu} \approx 2000 ,$$

donde H es la altura del modelo de vehículo (100) utilizado, V es la velocidad del vehículo, ρ es la densidad del aire, y μ la viscosidad del aire. El número de Reynolds elegido para el estudio paramétrico se corresponde con una velocidad pequeña para un modelo de vehículo (100) de dimensiones reales, pero aporta estabilidad y robustez a la técnica empleada para la obtención de los perfiles curvos.

De cara a la comprobación de su aplicabilidad, se han realizado simulaciones numéricas bajo condiciones realistas del flujo que existe alrededor de este tipo de vehículos (100) a un número de Reynolds más elevado:

$$30 \quad \text{Re} = \frac{\rho V H}{\mu} \approx 2 \cdot 10^5 ,$$

Éstas últimas simulaciones sólo sirven para evaluar la eficacia de la presente invención, obtenida en el estudio simplificado, bajo condiciones más realistas utilizando un modelo

turbulento IDDES que es el más realista a la hora de reproducir el flujo turbulento en este tipo de cuerpos romos. El modelo turbulento IDDES está definido principalmente en los dos artículos siguientes:

5 M. L. Shur, P. R. Spalart, M. K. Strelets, and A. K. Travin. "A Hybrid RANS-LES Approach With Delayed-DES and Wall-Modelled LES Capabilities". International Journal of Heat and Fluid Flow. 29:6. December 2008. 1638-1649

10 M. S. Gritskevich, A. V. Garbaruk, J. Schutze, F. R. Menter. "Development of DDES and IDDES Formulations for the $k-\omega$ Shear Stress Transport Model". Flow, Turbulence and Combustion. 88(3). 431–449. 2012

15 La posible variación entre las condiciones a número de Reynolds elevado simuladas y las reales es previsiblemente despreciable, ya que el coeficiente de arrastre tiende hacia un valor constante al aumentar el número Re, que corresponde a un aumento de la velocidad del vehículo (100). Los modelos utilizados en el estudio numérico son representativos de vehículos de gran carga y similares al propuesto por Ahmed, S. R., Ramm, G., & Faitin, G. (1984) en "Some salient features of the time-averaged ground vehicle wake", SAE-TP-840300.

20 En este ejemplo, se particularizan las expresiones generales descritas más arriba en este documento para el caso de paneles (2) cuya longitud (L) es de 30 cm. Se eligen 30 cm de longitud debido a que, aunque idealmente se obtienen mayores reducciones de la resistencia aerodinámica para longitudes mayores, existen restricciones de tipo legal y práctico que limitan la longitud máxima permitida. Por otra parte, se ha utilizado un sistema de referencia formado por un eje x perpendicular al lado trasero (LT) del vehículo (100), y un eje y contenido en el lado trasero (LT) del vehículo (100) en dirección perpendicular a la arista (A) de dicho lado trasero (LT) a la que se fija el panel. La disposición del sistema de referencia se puede apreciar con mayor detalle en la Fig. 2, que muestra un vehículo (100)

25 que comprende cuatro lados laterales (LL) y un lado trasero (LT). El lado trasero (LT) comprende cuatro aristas (A) que constituyen las líneas de corte entre dicho lado trasero (LT) y los lados laterales (LL). En este ejemplo concreto, se considera un vehículo (100) que presenta un cuerpo en forma de paralelepípedo con una altura de 2 metros respecto al origen de coordenadas.

35 Como resultado, se obtienen dos polinómios dimensionales que expresan la curvatura de las

superficies interior (2i) y exterior (2e) de los paneles (2), teniendo en cuenta $L=0,3$ m, $h_{ext}=2,00$ m y $h_{int}=1,96$. Las expresiones resultantes son las siguientes:

$$y_{ext} = -23,70x^4 + 22,89x^3 - 4,93x^2 - 0,202x + 2$$

$$y_{int} = -18,15x^4 + 18,44x^3 - 4,57x^2 - 0,07x + 1,96$$

5

donde y_{ext} define la forma del perfil de la superficie exterior (2e) del panel (2) e y_{int} define la forma del perfil de la superficie interior (2i) del panel (2), y donde las magnitudes se expresan en unidades del Sistema Internacional. Una vista del perfil del panel (2) se muestra en la Fig. 3. En línea discontinua se ha dibujado la forma de un panel recto de un tipo similar a los utilizados en la técnica anterior.

10

Además, como se ha descrito con anterioridad en este documento, es posible realizar pequeñas modificaciones en la forma del perfil del panel (2) al mismo tiempo que se mantiene una sensible reducción del coeficiente de arrastre en comparación con los diseños planos conocidos. Por ejemplo, la Fig. 4 muestra la familia de curvas generada permitiendo una variación del 20% para cada uno de los coeficientes de los polinomios de la expresión que define la forma de la superficie interior (2i) y la superficie exterior (2e). Esta variación del 20% de los coeficientes da como resultado los rangos permisibles para cada coeficiente que se han descrito más arriba en este documento. Si bien las curvas de la Fig. 4 se alejan ligeramente de la curva óptima descrita más arriba, cualquier panel (2) definido de este modo también permite reducir sensiblemente la resistencia aerodinámica de un vehículo (100) en comparación con los diseños planos de la técnica anterior.

15

20

En el estudio de evaluación de la eficacia de la presente invención, se ha comparado el porcentaje de reducción de la resistencia aerodinámica obtenido con respecto a un vehículo carente de dispositivo trasero utilizando un dispositivo de cuatro paneles (2) según la presente invención con el porcentaje de reducción obtenido con paneles rectos. En concreto, el presente cuadro muestra el porcentaje de reducción obtenido usando cuatro paneles rectos de 1,2 metros y 0,3 metros de longitud respectivamente y el porcentaje de reducción obtenido usando el dispositivo de la invención de 0,3 metros de longitud. Como se puede apreciar, la reducción alcanzada usando paneles rectos de 1,2 metros de longitud es de aproximadamente el 30%, mientras que usando paneles rectos de 0,3 metros de longitud es de aproximadamente el 28%. Por lo tanto, el porcentaje de reducción apenas se ve afectado por la longitud, dentro de los rangos estudiados. En cambio, usando el dispositivo

30

de la presente invención con paneles (2) de 0,3 metros de longitud se consigue una reducción de aproximadamente el 42%, lo que constituye una mejora considerable.

Dispositivo empleado	Paneles rectos (L=1,2 m)	Paneles rectos (L=0,3 m)	Paneles de la invención (L=0,3 m)
Reducción resistencia aerodinámica (%)	30	28	42

5 La Fig. 5 muestra una vista isométrica de la parte trasera de un vehículo (100) que tiene cuatro paneles (2) según la invención fijados a las respectivas cuatro aristas de su lado trasero (LT). En este ejemplo, la longitud de los paneles (2) es de unos 0,3 metros, lo que evita que interfieran con elementos de señalización o placas identificativas del vehículo (100).

10 Para permitir el despliegue de los paneles (2), el dispositivo comprende además unas bisagras (3) dispuestas en la unión entre las aristas (A) del lado trasero (LT) y los paneles (2). Así, es posible utilizar cualquier tipo de accionamiento, por ejemplo neumático, hidráulico, electrónico o manual, para desplazar las placas (2) desde su posición de uso
15 esencialmente perpendicular al lado trasero (LT) hasta una posición replegada esencialmente paralela a dicho lado trasero (LT).

El dispositivo comprende además unas escuadras (4) que se apoyan sobre la superficie interior (2i) de los paneles (2), por ejemplo situadas en su parte central, para proporcionar
20 una rigidez suficiente frente a la deflexión de modo que se mantenga la forma de los paneles (2) y se reduzcan las posibles vibraciones.

Además, para garantizar la estanqueidad y rigidez transversal de la región trasera formada, el dispositivo de la invención puede comprender además unos elementos (5) de unión
25 imantados para facilitar el acoplamiento de los extremos de los paneles (2). En efecto, los extremos de los paneles (2) deben unirse entre sí a través de una forma curva relativamente compleja, lo que puede resultar complicado si no se usan los elementos (5) de unión imantados mencionados.

30 Las Figs. 9 y 10 muestran dos ejemplos adicionales de dispositivo según la presente invención formado por un único panel (2) fijado a la arista superior del lado trasero (LT) del vehículo (100). Concretamente, el panel (2) de la Fig. 9 está compuesto por una única pieza, mientras que el panel de la Fig. 10 está compuesto por una pluralidad de láminas

configuradas para alternar entre una posición replegada y una posición extendida según la dirección de la longitud (L). La Fig. 10 muestra la posición extendida, que es la posición de uso donde el panel (2) adopta la forma curva que se ha definido con anterioridad en este documento. Cuando no se va a utilizar el dispositivo, las láminas que constituyen este panel 5 (2) se repliegan hasta quedar amontonadas en paralelo unas a otras junto a la arista del vehículo (100). Las láminas pueden tener una cierta flexibilidad para mejorar el plegado.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, que comprende al
 5 menos un panel (2) destinado a fijarse a al menos una arista (A) del lado trasero (LT) de
 dicho vehículo (100), caracterizado por que al menos el perfil de la superficie exterior (2e) de
 dicho panel (2) tiene una forma curva optimizada para reducir la resistencia aerodinámica
 del vehículo (100), pudiendo obtenerse dicha forma curva mediante la aplicación de un
 10 estudio paramétrico acompañado de simulaciones numéricas que emplean un modelo
 turbulento IDDES.

2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde la forma del perfil de la superficie
 exterior (2e) del panel (2), definida tomando como referencia un eje x perpendicular al lado
 trasero (LT) del vehículo (100), y un eje y contenido en el lado trasero (LT) del vehículo
 15 (100) en dirección perpendicular a la arista (A) de dicho lado trasero (LT) a la que se fija el
 panel (2), presenta un descenso inicial en dirección negativa del eje y, alcanza un valor
 mínimo en dicho eje y, y termina con un ascenso en dirección positiva del eje y, o bien con
 un tramo esencialmente paralelo al eje x, hasta una punta (2p).

20 3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, donde la forma del perfil de la superficie
 exterior (2e) del panel (2) está definida mediante una expresión polinómica de tipo:

$$(y_{\text{ext}}/L) = a_{\text{ext}} (x/L)^4 + b_{\text{ext}} (x/L)^3 + c_{\text{ext}} (x/L)^2 + d_{\text{ext}} (x/L) + h_{\text{ext}}/L,$$

donde L es la longitud total del dispositivo y el coeficiente h_{ext} es la distancia entre el origen
 de coordenadas y la arista (A) a la que se fija el panel (2).

25

4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, donde los coeficientes a_{ext} , b_{ext} , c_{ext} , y d_{ext}
 adoptan un valor que se encuentra dentro de los siguientes rangos:

$$- 0,768 < a_{\text{ext}} < - 0,512$$

$$1,648 < b_{\text{ext}} < 2,472$$

30

$$- 1,776 < c_{\text{ext}} < - 1,184$$

$$- 0,240 < d_{\text{ext}} < - 0,160$$

5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, donde los coeficientes a_{ext} , b_{ext} , c_{ext} , y d_{ext}
 tienen un valor óptimo de:

35

$$a_{\text{ext}} \approx -0,64$$

$$b_{\text{ext}} \approx 2,06$$

$$c_{\text{ext}} \approx -1,48$$

$$d_{\text{ext}} \approx -0,20$$

6. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde también el perfil de la superficie interior (2i) de dicho al menos un panel (2) tiene una forma curva optimizada para reducir la resistencia aerodinámica del vehículo (100), pudiendo obtenerse dicha forma curva mediante la aplicación de un estudio paramétrico acompañado de simulaciones numéricas que emplean el modelo turbulento IDDES.

7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, donde la forma del perfil de la superficie interior (2i) del panel (2), definida tomando como referencia un eje x perpendicular al lado trasero (LT) del vehículo (100), y un eje y contenido en el lado trasero (LT) del vehículo (100) en dirección perpendicular a la arista (A) de dicho lado trasero (LT) a la que se fija el panel (2), presenta un descenso inicial en dirección negativa del eje y, alcanza un valor mínimo en dicho eje y, y termina con ascenso en dirección positiva del eje y, o bien con un tramo esencialmente paralelo al eje x, hasta la punta (2p).

8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, donde la forma del perfil de la superficie interior (2i) del panel (2) está definida mediante una expresión polinómica de tipo:

$$(y_{\text{int}}/L) = a_{\text{int}} (x/L)^4 + b_{\text{int}} (x/L)^3 + c_{\text{int}} (x/L)^2 + d_{\text{int}} (x/L) + h_{\text{int}}/L,$$

donde L es la longitud total del dispositivo y donde el coeficiente h_{int} coincide con el valor h_{ext} menos el espesor del dispositivo.

9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, donde los coeficientes a_{int} , b_{int} , c_{int} , y d_{int} adoptan un valor que se encuentra dentro de los siguientes rangos:

$$- 0,588 < a_{\text{int}} < - 0,392$$

$$1,328 < b_{\text{int}} < 1,992$$

$$- 1,644 < c_{\text{int}} < - 1,096$$

$$- 0,084 < d_{\text{int}} < - 0,056$$

10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, donde los coeficientes a_{int} , b_{int} , c_{int} , y d_{int} tienen un valor óptimo de:

$$a_{\text{int}} \approx - 0,49$$

$$b_{\text{int}} \approx 1,66$$

$$c_{\text{int}} \approx - 1,37$$

$$d_{\text{int}} \approx - 0,07$$

11. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la longitud total (L) óptima del panel (2) es de entre 0,2 - 1,2 metros.
- 5 12. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el espesor del panel (2) es inferior a 20 cm.
13. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el panel (2) está hecho de un material seleccionado de entre: fibra compuesta, fibra de carbono, plástico rígido, y aluminio.
- 10 14. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende unas bisagras (3) dispuestas en la unión entre la arista (A) del lado trasero (LT) y el panel (2).
- 15 15. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende unas escuadras (4) que se apoyan sobre la superficie interior (2i) del panel (2) para proporcionar una rigidez suficiente frente a la deflexión.
- 20 16. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además unos elementos (5) de unión imantados para facilitar el acoplamiento de los extremos de los paneles (2).
- 25 17. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el panel (2) está formado por una pluralidad de láminas configuradas para alternar entre una posición replegada y una posición extendida según la dirección de la longitud (L) del panel (2).

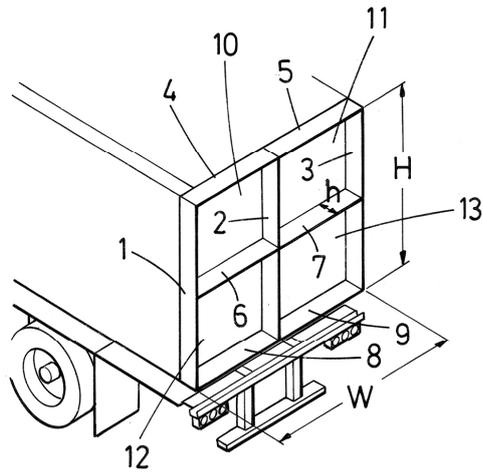


FIG.1a (TÉCNICA ANTERIOR)

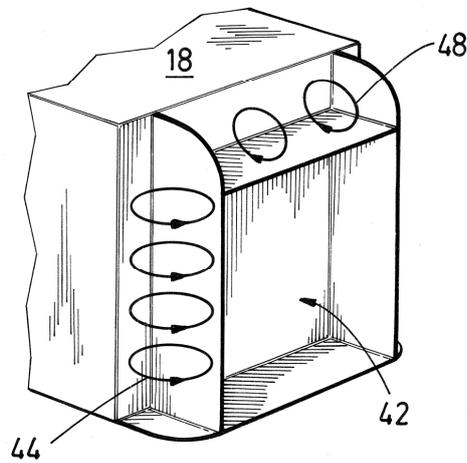


FIG.1b (TÉCNICA ANTERIOR)

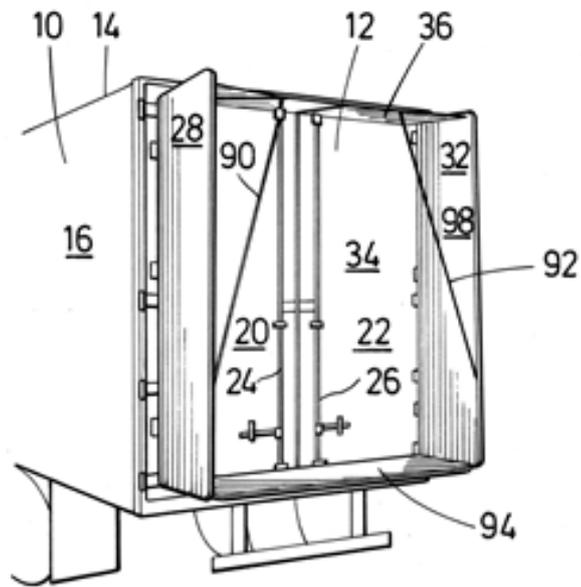


FIG.1c (TÉCNICA ANTERIOR)

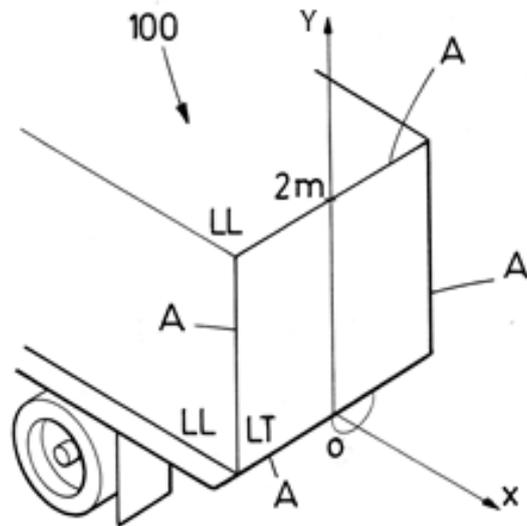


FIG.2

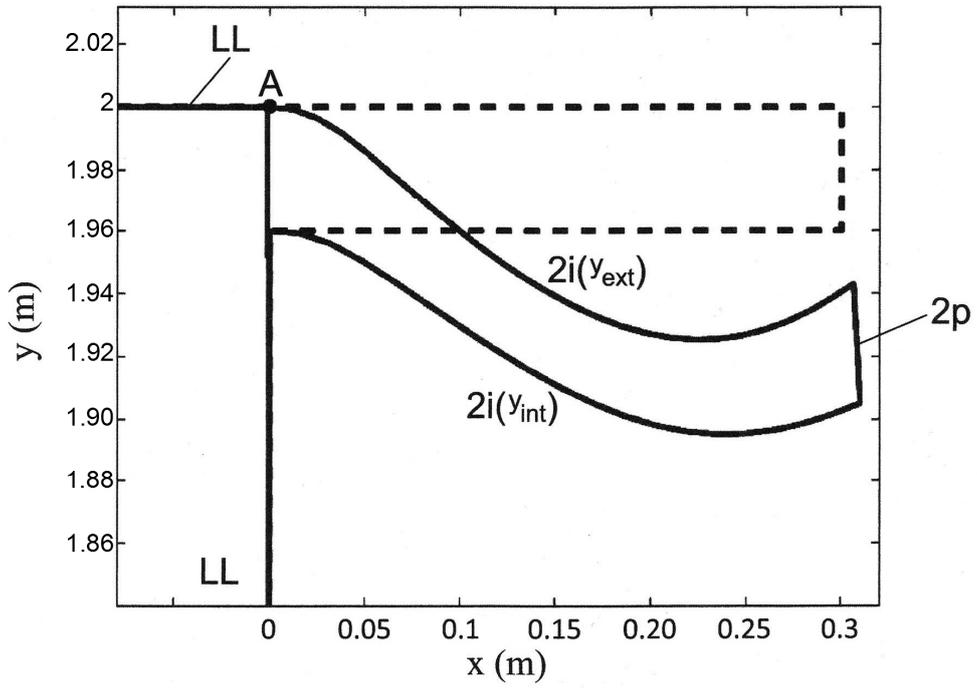


FIG. 3

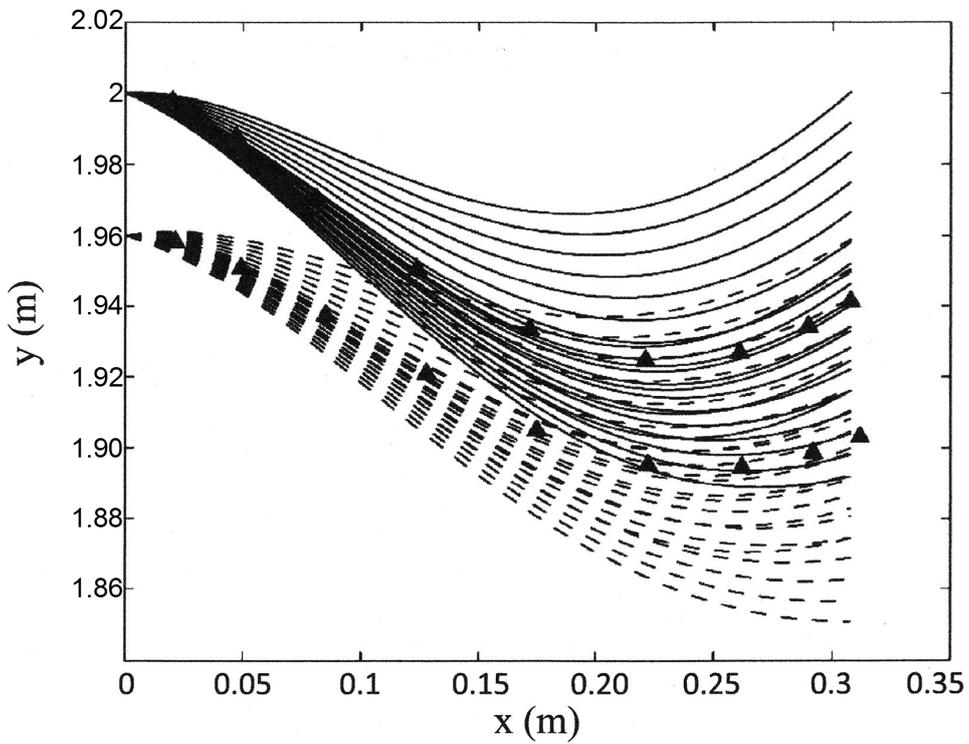


FIG. 4

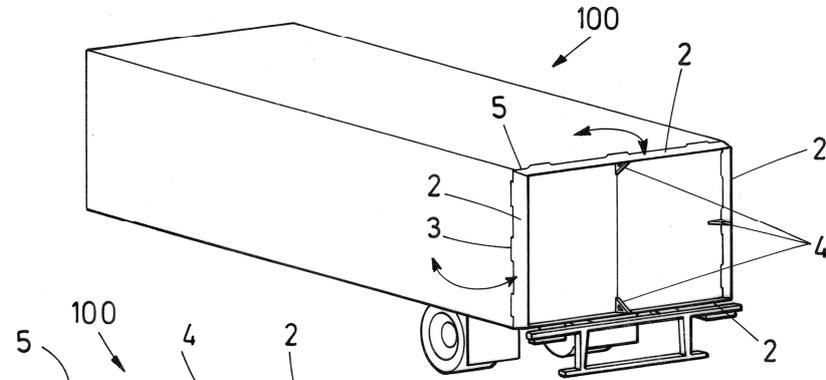


FIG. 5

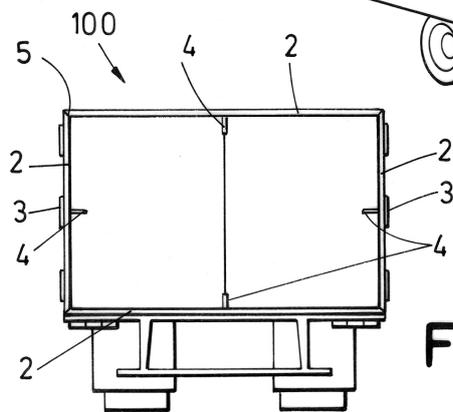


FIG. 6

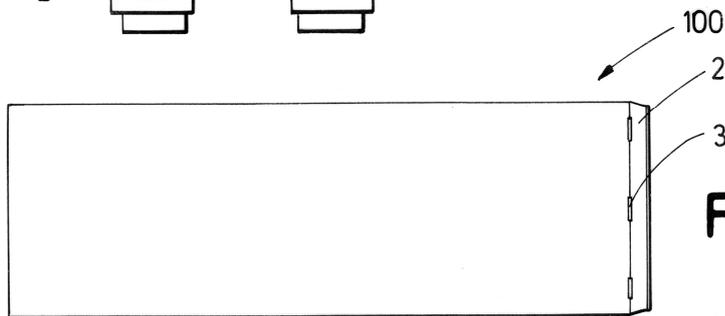


FIG. 7

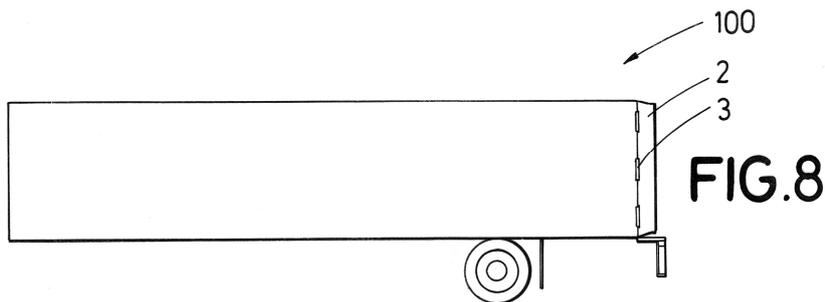


FIG. 8

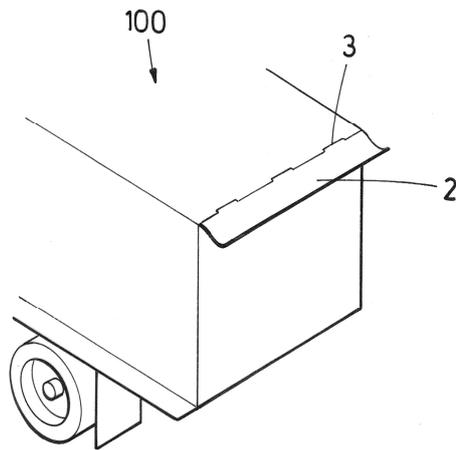


FIG. 9

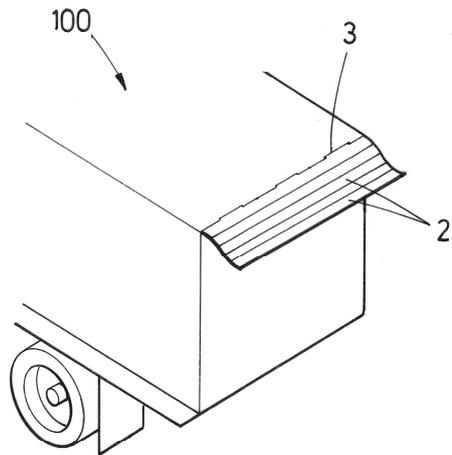


FIG. 10



- ②① N.º solicitud: 201631052
②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.07.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **B62D35/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2016137234 A1 (BARSOTTI et al.) 19/05/2016, párrafos [0030]-[0052]; figuras 1-7	1,6
A	MARTÍN-ALCÁNTARA, A. et al.: "DRAG REDUCTION INDUCED BY THE ADDITION OF A MULTI-CAVITY AT THE BASE OF A BLUFF BODY". Journal of Fluids and Structures, 21/04/2014, Vol. 48.	1,6
A	ERIK JOHANSSON: "AEROACOUSTIC STUDY ON THE ROOFBAR OF A TRUCK USING CFD". MASTER'S THESIS 2013:66, 2013, páginas. 11-17	1,6
A	WO 2012051174 A1 (ADVANCED TRANSIT DYNAMICS INC et al.) 19/04/2012, página 8, línea 2-página 19, línea 28; figuras 1-10	12-15,17
A	US 2014292023 A1 (VISSER) 02/10/2014, resumen; párrafo [0132]; figuras 15,16,21,22	16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
25.10.2017

Examinador
F. García Sanz

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B62D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.10.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-17	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-17	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2016137234 A1 (BARSOTTI et al.)	19.05.2016
D02	MARTÍN-ALCÁNTARA, A. et al.: "DRAG REDUCTION INDUCED BY THE ADDITION OF A MULTI-CAVITY AT THE BASE OF A BLUFF BODY". Journal of Fluids and Structures, Vol. 48	21.04.2014
D03	ERIK JOHANSSON: "AEROACOUSTIC STUDY ON THE ROOFBAR OF A TRUCK USING CFD". MASTER'S THESIS 2013:66	2013
D04	WO 2012051174 A1 (ADVANCED TRANSIT DYNAMICS INC et al.)	19.04.2012
D05	US 2014292023 A1 (VISSER)	02.10.2014

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 (los numerales entre paréntesis se aplican al mismo), que se considera el más próximo del estado de la técnica, se refiere a un sistema y a un método para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos terrestres, que comprende (ver, p. ej., las figuras 2,4 y las partes descriptivas correspondientes) un chorro de ranura (106D) dispuesto en el lado trasero (110) inclinado del vehículo (100), en donde las características fundamentales (entre ellas las geométricas) de dicho chorro de ranura (y de los otros tres (106A-C) distribuidos por la carrocería) para reducir la resistencia aerodinámica se pueden obtener (relacionado con las reivindicaciones 1ª y 6ª) por la aplicación de parámetros, junto con simulaciones numéricas que emplean (ver, p. ej., el párrafo [0041]) un modelo turbulento IDDES ("Improved Delayed Detached Eddy Simulation").

Por lo tanto, el documento D01, aunque se refiere a un sistema para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, que tiene características técnicas comunes con el dispositivo de la 1ª reivindicación (única independiente) de la solicitud de patente en estudio, se diferencia fundamentalmente en que no da a conocer que sea un panel, destinado a fijarse a una arista del lado trasero del vehículo, el que se somete a un estudio paramétrico, junto con simulaciones numéricas que emplean un modelo IDDES, para obtener su superficie exterior optimizada.

Por lo explicado anteriormente, no parece que ni D01 ni ninguno de los documentos que se han tenido en cuenta, o cualquier combinación de los mismos, se puedan considerar de particular relevancia para la invención en estudio, *en la medida que puede interpretarse*. Además, los documentos D02 a D05 describen únicamente el Estado de la técnica para la misma. Por otra parte, no parece obvio que un experto en la materia de los dispositivos para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, y similares, pudiera concebir dicha invención a partir de dichos documentos.

Por ello, la presente solicitud parece que cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva según las exigencias de los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.
