

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 861**

21 Número de solicitud: 202231107

51 Int. Cl.:

**B62D 35/00**

(2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**23.12.2022**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.08.2024**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (66.7%)**  
**Campus Las Lagunillas, s/n**  
**23071 Jaén (Jaén) ES y**  
**UNIVERSIDAD DE GRANADA (33.3%)**

72 Inventor/es:

**JIMÉNEZ GONZÁLEZ, José Ignacio;**  
**GUTIÉRREZ MONTEZ, Cándido;**  
**GARCÍA BAENA, Carlos;**  
**CAMACHO SÁNCHEZ, José Manuel;**  
**MARTÍNEZ BAZÁN, Carlos y**  
**LORITE DÍEZ, Manuel**

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

57 Resumen:

Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1) con al menos una arista (13) en su parte trasera (11), que comprende al menos un elemento flexible (2) con al menos un panel (21) de superficie plana, configurado para ser unido a dicha arista (13), siendo especialmente diseñado para ser instalado en el lado trasero de un vehículo (1) terrestre, tal como un camión o un autobús, con el propósito de reducir sensiblemente la resistencia aerodinámica, adaptándose a las condiciones cambiantes del flujo de forma pasiva, dando lugar a ahorros considerables de combustible.

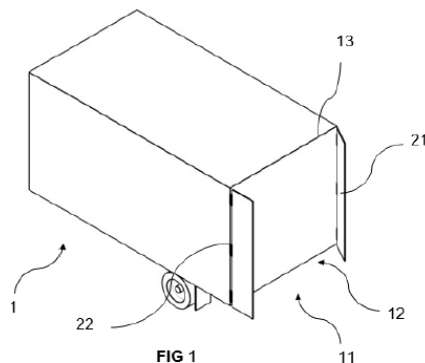


FIG 1

## DESCRIPCIÓN

### DISPOSITIVO PARA REDUCIR LA RESISTENCIA AERODINÁMICA EN VEHÍCULOS

#### 5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente solicitud de patente tiene por objeto un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos terrestres con al menos una arista en su parte trasera, que comprende al menos un elemento flexible con al menos un panel de superficie plana,  
 10 configurado para ser unido a dicha arista, según la reivindicación 1, incorporando adicionalmente notables innovaciones y ventajas.

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Es conocido que la oposición al avance de un vehículo rodado se debe principalmente, entre otros factores, a la resistencia a la rodadura por rozamiento, y la resistencia aerodinámica al aire, o arrastre, siendo esta última la más importante cuantitativamente. Las investigaciones para reducir la resistencia a la rodadura se centran en los neumáticos, tanto en su composición como en su diseño. Sin embargo, las posibilidades de actuación sobre la  
 20 resistencia aerodinámica son mayores, siendo más efectivas en las partes trasera y delantera del vehículo. Para cuantificar dicha resistencia aerodinámica, se calcula la fuerza que ejerce el aire sobre el vehículo. Dicha magnitud se suele expresar en la bibliografía científica en forma adimensional mediante el coeficiente de arrastre o "drag"  $C_x$ :

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

25

Donde: 'p' es la densidad del aire, 'V' es la velocidad del vehículo y 'A' el área frontal del mismo. Principalmente las fuentes de arrastre son la fricción y las diferencias de presión, dadas por la forma del vehículo. En el caso de vehículos pesados, la mayoría de la  
 30 resistencia viene marcada por la componente de la presión, puesto que la separación masiva del flujo en la parte trasera del vehículo, genera una región de recirculación en la estela cercana, que induce bajas presiones en la base del vehículo.

Las actuaciones para reducir dicha resistencia pueden involucrar modificaciones en el diseño de todo el vehículo; tanto en la parte delantera, en la trasera, en la parte inferior del mismo, entre el carro de tracción y el semirremolque, etc. Las modificaciones delanteras afectan fundamentalmente a la cabina, en el caso de vehículos pesados, 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  $C_x$ , influye en el control de la estela tras el vehículo, minimizando las fluctuaciones y vibraciones en el mismo.

- Es conocida la estrategia de intentar mejorar la aerodinámica del vehículo por medio de la modificación del tamaño e intensidad de la zona de recirculación de la estela, colocando sistemas traseros en el perímetro o lateral del tráiler, consiguiendo así una recuperación en la distribución de presión en la base. Entre los sistemas pasivos locales, más extendidos por su menor coste, se incluyen generalmente el uso de deflectores o generadores de vórtices en la arista superior de la base, cavidades traseras de paneles rectos o inclinados, sistemas hinchables, o platos divisores.

- Un documento ilustrativo de lo que es conocido en el estado de la técnica, sería lo descrito en la patente WO2013022388A1, que divulga un sistema aerodinámico para reducir la resistencia al viento de un vehículo, en particular un vehículo comercial, un remolque o un semirremolque. Un alerón está dispuesto debajo de una sección final de un bastidor de dicho vehículo, y comprende medios de fijación para fijar dicho alerón a un dispositivo antiempotramiento trasero de un vehículo. También se describe un método para equipar un vehículo existente con un sistema aerodinámico de manera que un alerón se une a una superficie inferior o a un dispositivo de protección contra el empotramiento trasero de dicho vehículo para proporcionar un coeficiente de arrastre mejorado de dicho vehículo.

- Sin embargo, este tipo de sistemas traseros rígidos estáticos poseen inconvenientes importantes, a pesar de poder mostrar reducciones del coeficiente de arrastre. En concreto, el rendimiento de los mismos fuera de las condiciones de diseño decae considerablemente, especialmente cuando existen condiciones transitorias, de flujo cruzado y/o una intensidad turbulenta elevada, debido al aumento del área efectiva y el desprendimiento brusco del flujo. Así el uso de cavidades rectas rígidas se revela no obstante como ineficaz frente al coeficiente de arrastre o "drag"  $C_x$ , para procesos transitorios cortos o cuando el ángulo de guiñada crece entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ .

Así, y a la vista de todo lo anterior, se aprecia la necesidad de dar todavía con un dispositivo especialmente diseñado para ser instalado en el lado trasero de un vehículo terrestre, tal como un camión o un autobús, con el propósito de reducir sensiblemente la resistencia aerodinámica, adaptándose a las condiciones cambiantes del flujo de forma pasiva, dando lugar a ahorros considerables de combustible.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se encuadra en el campo de la automoción, buscando mejorar las prestaciones aerodinámicas de vehículos terrestres para el transporte, tales como camiones tipo tráiler y autobuses. En concreto se describen distintos tipos de dispositivos traseros perimetrales, formados por uno o varios paneles rígidos rectos, montados flexiblemente al marco del tráiler mediante bisagras flexibles de rigidez finita, en los laterales de la base. Estos paneles o alerones rectos plegables están configurados para su fijación a las aristas del lado trasero de un vehículo terrestre mediante muelles o bisagras torsionales o flejes metálicos de espesor calibrado, cuya constante de rigidez se define según un estudio experimental paramétrico. Con ello se busca minimizar la resistencia aerodinámica del vehículo en condiciones alineadas del flujo y con flujo cruzado con ángulo de guiñada  $\beta$  de hasta  $10^\circ$ , siendo esta la situación que se encuentra habitualmente en condiciones normales de conducción en carretera.

Los ensayos experimentales realizados en túnel de viento con modelos a escala de camiones verifican que el dispositivo consigue una mejora adicional relevante, con respecto al efecto generado por dispositivos de rígidos estáticos, utilizados en la técnica anterior. En particular, la mejora aerodinámica se produce por reconfiguración pasiva de las lamas rígidas montadas elásticamente, que se deflectan hacia el interior bajo acción del flujo, como consecuencia de la diferencia de presión generada en la estela cercana, en un proceso cuasi-estático, gracias al grado de libertad dado por las bisagras de rigidez torsional finita. Esto hace más aerodinámico el desprendimiento del flujo, que genera un tamaño de estela cercana con región de recirculación más pequeña. Dicho fenómeno de reconfiguración de las lamas es más acentuado en condiciones de flujo cruzado con ángulos de guiñada no nulos. En dicha situación, las lamas montadas elásticamente en la zona de barlovento tienden a alinearse con el flujo según el ángulo de guiñada, mientras que las lamas montadas a sotavento, sufren un desplazamiento angular mayor. Con ello, el tamaño de la

estela cercana se reduce considerablemente y se recupera presión en la base, reduciendo el coeficiente de arrastre en valores superiores al 15% para ángulos de guiñada entre 5° y 10°.

- 5 Precisar que 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, el vehículo tiene un cuerpo principal con forma esencialmente de paralelepípedo, como por ejemplo un camión con una caja de forma paralelepipedica, en un tren formado por vagones de forma paralelepipedica,
- 10 u otros. Por otra parte, el término “lado trasero” del vehículo hace referencia a una superficie trasera plana, tomando como referencia la dirección natural de desplazamiento de dicho vehículo, del cuerpo principal esencialmente paralelepédico del vehículo. 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
- 15 natural de movimiento de dicho vehículo, del cuerpo principal esencialmente paralelepédico del vehículo. El término “anchura” referido a un panel se refiere a la dimensión del panel según el eje Z o vertical, siendo una dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento del vehículo. El término “longitud” referido a un panel se refiere a la dimensión del panel según una dirección perpendicular a la superficie del lado trasero
- 20 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.

- Por otro lado, el término “panel” hace referencia a un alerón configurado para su fijación a
- 25 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. Y específicamente, el término “panel flexible” hace referencia a un alerón rígido configurado para su fijación a una arista del lado trasero del vehículo mediante una unión flexible. Por contra, el término “panel estático” hace referencia a un alerón rígido
- 30 configurado para su fijación a una arista del lado trasero del vehículo, de forma que la posible rotación o deflexión del panel esté restringida. Adicionalmente, 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. Y el término “superficie exterior” de un panel hace referencia a la superficie de
- 35 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 del panel fijado a una arista está orientada según una dirección que se aleja del vehículo.

- 5 En cuanto a las características mecánicas básicas de la unión torsional flexible y el sistema del panel flexible, mencionar en primer lugar la referencia formada por un eje X perpendicular al lado trasero del vehículo, un eje Y horizontal contenido en el lado trasero del vehículo en dirección perpendicular a la arista de dicho lado trasero a la que se fija el panel, siendo el eje Z el perpendicular a los otros dos ejes X e Y, conformando un triedro  
10 directo. Añadir que cada panel flexible se comporta como un sistema de un grado de libertad rotacional en función del desplazamiento angular  $\theta$  según la ecuación:

$$J \theta'' + c \theta' + k \theta = T$$

- 15 Donde 'J' es el momento polar de inercia del sistema respecto del eje de la unión flexible en las aristas del lado trasero, 'c' es el coeficiente de amortiguamiento del panel flexible móvil y 'k' es la rigidez torsional de la bisagra, muelle torsional o fleje; mientras que  $\theta''$  y  $\theta'$  representan respectivamente la segunda y primera derivada del desplazamiento angular. Finalmente, T es el par de excitación del desplazamiento generado por el flujo en  
20 movimiento.

El conjunto global debe poseer unas características de momento de inercia, amortiguamiento y rigidez torsional tal que el valor de la frecuencia natural ' $f_n$ ' del panel flexible, venga dada por una ecuación específica, reseñada más abajo, poniendo en una  
25 relación matemática concreta los valores de la rigidez torsional 'k', y del momento polar de inercia 'J'.

Para conseguir dicha frecuencia natural, se pueden combinar las distintas características del muelle torsional o fleje (rigidez en Nm/rad) y el momento polar de inercia 'J' (en kg\*m<sup>2</sup>/rad),  
30 dado por la masa del panel en kg (densidad  $\rho_s$  en kg/m<sup>3</sup>) y las dimensiones del mismo (longitud, anchura y altura, l x an x al). La unión flexible puede poseer también un sistema de apriete que modifique el amortiguamiento del panel flexible 'c'. A mayor apriete, mayor coeficiente 'c' y menor será la amplitud vibratoria.

Más en particular, el dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos con al menos una arista en su parte trasera, comprende al menos un elemento flexible con al menos un panel de superficie plana, configurado para ser unido a dicha arista, de manera que se produce una mejora significativa de las prestaciones aerodinámicas del vehículo. Por

- 5 elemento flexible se entiende un elemento en el que al menos una de sus partes integrantes es flexible, contando con propiedades físicas medibles por la constante de rigidez 'k' (en Nm/rad, muelle). Aclarar con el término "panel" se hace referencia a un alerón configurado para su fijación a una arista del lado trasero del vehículo.
- 10 Añadir que el efecto técnico ventajoso se produce en concreto al sustituir los paneles estáticos, solución ya conocida en el estado de la técnica, por paneles flexibles que se adaptan pasivamente al flujo, en condiciones de flujo alineado y cruzado, y transitorias, mediante reconfiguración progresiva, minimizando la resistencia aerodinámica del vehículo.
- 15 Más específicamente, el elemento flexible posee características calibradas de rigidez torsional 'k' y momento de inercia 'J', tal que la frecuencia natural 'f<sub>n</sub>' del sistema es menor de 10 Hz, donde la frecuencia natural 'f<sub>n</sub>' viene dada por la ecuación:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{J}}$$

20

, donde las unidades de la rigidez torsional 'k' vienen en N\*m/rad, y las del momento de inercia 'J' en kg\*m<sup>2</sup>/rad. De este modo se hace posible calibrar las características del elemento flexible asociado al panel, en particular seleccionando la rigidez torsional y amortiguamiento del muelle torsional 'k' en forma adimensional mediante la frecuencia

25 natural de las vibraciones en vacío. Como valores preferidos, aunque no limitativos, se puede escoger valores de frecuencia natural 'f<sub>n</sub>' de 5 Hz. De este modo el dispositivo de la invención es capaz de adaptarse a condiciones cambiantes de flujo, con una mejora significativa de la resistencia aerodinámica tanto en condiciones alineadas de flujo como en situaciones de desalineamiento de en torno a un 10-15% de la resistencia aerodinámica del

30 vehículo terrestre.

Cabe mencionar que la parte flexible del elemento flexible es una unión flexible del panel a la arista de la parte trasera del vehículo, de manera que el panel puede ser flexible o rígido,

ofreciendo dicha libertad de diseño, siendo más fácil de producir, y más económico, un panel rígido.

Adicionalmente, la unión flexible comprende una bisagra, de manera que el panel puede girar con respecto a la parte trasera del vehículo, siendo todavía una unión robusta y sólida, capaz de soportar el peso y los vaivenes del panel durante la marcha del vehículo.

En una realización preferida de la invención, la unión flexible comprende un elemento del grupo de muelle torsional, el muelle lineal o el fleje, el cual presenta una rigidez rotacional calibrada, de modo que el panel puede oscilar, en un movimiento de ida y vuelta, sobre el eje de rotación definido por la bisagra.

Concretamente, en el muelle torsional la rigidez 'k' viene dada por el número de espiras del muelle, y por el diámetro del hilo metálico. Los extremos del muelle torsional o rotacional pueden quedar fijados a la bisagra mediante soldadura o cogida atornillada.

Por su parte, en el caso del muelle lineal la rigidez 'k' viene dada por el número de espiras del muelle y el diámetro del hilo metálico. De igual modo los extremos del muelle lineal son fijados a la bisagra de baja rozamiento mediante soldadura o cogida atornillada.

En el caso del fleje, puede ser metálico o elastomérico, con un espesor calibrado, cuya rigidez flexural viene dada por el producto del módulo de Young del material del fleje 'E' (Pa o N/m<sup>2</sup>) y el momento de inercia 'I'. El fleje está cogido a la base estructural del vehículo mediante una pieza que empotra el extremo del mismo, ya sea mediante soldadura o sistema de presión atornillado; mientras que el extremo insertado en el perfil se aprisiona mediante sistema de apriete mediante tornillo. Este sistema admite la sujeción adicional del panel mediante bisagras de bajo rozamiento o con un cojinete lubricado por seguridad, complementarias al uso de flejes y utilizadas para evitar eventual rotura de fleje. Adicionalmente la sujeción de la bisagra puede presentar deslizaderas o tornillos colisos para hacer compatible el giro con deformación del fleje que confiere flexibilidad.

Según otra realización de la invención, el elemento flexible comprende al menos un panel flexible, de manera que el propio panel, en su flexibilidad, contribuye a adaptarse a la aerodinámica del vehículo durante la marcha.



Opcionalmente, la anchura del panel coincide substancialmente con la longitud de la arista de la parte trasera del vehículo, de manera que el panel abarca toda la arista desde un extremo a otro ofreciendo una mayor superficie de interacción con el aire, incrementando las prestaciones aerodinámicas.

5

Alternativamente, la anchura del panel es menor que la longitud de la arista de la parte trasera del vehículo, de manera que se habilita la posibilidad de la presencia de varios paneles en las diversas aristas perpendiculares que integran a parte trasera del vehículo, sin que se produzca impactos ni rozamientos entre los diversos paneles en su movimiento de vaivén.

10

Es también parte de la presente invención, el vehículo que comprende un cuerpo principal con forma substancialmente de paralelepípedo con al menos un marco cuadrangular con una pluralidad de aristas en su parte trasera, el cual comprende al menos un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos según lo descrito anteriormente. Así, un marco cuadrangular comprende una arista lateral izquierda, una arista lateral derecha, una arista horizontal superior y una arista horizontal inferior.

15

Más concretamente, el vehículo comprende al menos dos elementos flexibles unidos a las dos aristas laterales del marco cuadrangular, conformando lo que sería la configuración básica del dispositivo, estando esta de modo preferido conformada por dos paneles flexibles fijados respectivamente en las aristas laterales del lado trasero del vehículo mediante uniones flexibles, ofreciendo unas prestaciones incrementadas de adaptabilidad al flujo de aire, contando con un grado de flexibilidad tanto en el propio panel como en la unión a la parte trasera del vehículo.

20

25

Ventajosamente, el vehículo comprende una pluralidad de elementos flexibles en al menos dos aristas paralelas del marco cuadrangular, abarcando en conjunto toda o una parte sustancial de la longitud de la arista, configurando un sistema multipanel, siendo así más adaptable al flujo del viento en las diferentes alturas del vehículo. Dichos paneles múltiples pueden estar montados de modo elástico en cada lateral vertical. En la parte trasera se puede montar a su vez paneles estáticos o flexibles en los lados superior e inferior de la base, formando una cavidad, permitiendo con lo cual una recuperación mayor de la presión en la base.

30

35

Más en particular, el vehículo comprende al menos un panel rígido en al menos una arista horizontal y un elemento flexible en al menos una arista lateral. De este modo se pueden establecer diferentes configuraciones, incluyendo sistemas multipaneles, elásticos montados en cada lateral vertical, y a su vez paneles estáticos o flexibles en los lados superior e inferior de la base, formando una cavidad, y permitiendo una recuperación mayor de la presión en la base.

Complementariamente, el vehículo comprende al menos dos paneles rígidos o flexibles en las aristas horizontales superior e inferior, adicionalmente a los paneles en las aristas laterales, configurando una cavidad cerrada, permitiendo una recuperación mayor de la presión en la base.

Opcionalmente, el vehículo comprende al menos dos elementos flexibles en las aristas laterales izquierda y derecha, adicionalmente a dos paneles rígidos o flexibles en las aristas horizontales superior e inferior, configurando una cavidad cerrada parcialmente flexible, permitiendo una recuperación mayor de la presión en la base.

Preferentemente, el vehículo comprende cuatro elementos flexibles, dos en las aristas laterales izquierda y derecha, y otros dos en las aristas horizontales superior e inferior, configurando una cavidad cerrada completamente flexible, permitiendo una recuperación mayor de la presión en la base. Precisar que los paneles flexibles en las aristas horizontales superior e inferior presentan una menor anchura para permitir la deflexión compatible de los cuatro paneles sin interferir mecánicamente entre sí.

En los dibujos adjuntos se muestra, a título de ejemplo no limitativo, un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, constituido de acuerdo con la invención. Otras características y ventajas de dicho dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, objeto de la presente invención, resultarán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida, pero no exclusiva, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con dos paneles en las aristas laterales, de acuerdo con la presente invención;

Figura 2- Vista en planta de la parte trasera de un vehículo con las líneas del flujo de aire saliente y en recirculación en la estela, de acuerdo con la presente invención;

Figura 3- Vista en planta de la parte trasera de un vehículo con las líneas del flujo de aire incidente, de acuerdo con la presente invención;

5 Figura 4- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con dos elementos flexibles en las aristas laterales y dos paneles rígidos en las aristas horizontales, de acuerdo con la presente invención;

Figura 5- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con dos elementos flexibles en las aristas laterales y dos elementos flexibles en las aristas horizontales, de menor  
10 longitud, de acuerdo con la presente invención;

Figura 6- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con tres elementos flexibles en cada una de las aristas laterales, de acuerdo con la presente invención;

Figura 7- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con cinco elementos flexibles en cada una de las aristas laterales, de acuerdo con la presente invención;

15 Figura 8- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con cinco elementos flexibles en cada una de las aristas laterales y dos elementos rígidos en las aristas horizontales, de acuerdo con la presente invención;

Figura 9- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con cinco elementos flexibles en cada una de las aristas laterales y dos elementos flexibles en las aristas  
20 horizontales, de acuerdo con la presente invención;

Figura 10- Vista en perspectiva de la parte trasera de un vehículo con dos elementos rígidos en las aristas horizontales, de acuerdo con la presente invención;

Figura 11A- Vista en planta de la unión flexible con un muelle torsional entre la parte trasera de un vehículo y un panel, de acuerdo con la presente invención;

25 Figura 11B- Vista en perspectiva de la unión flexible con un muelle torsional entre la parte trasera de un vehículo y un panel, de acuerdo con la presente invención;

Figura 12A- Vista en planta de la unión flexible con un muelle lineal entre la parte trasera de un vehículo y un panel, de acuerdo con la presente invención;

Figura 12B- Vista en perspectiva de la unión flexible con un muelle lineal entre la parte  
30 trasera de un vehículo y un panel, de acuerdo con la presente invención;

Figura 13A- Vista en planta de la unión flexible con un fleje entre la parte trasera de un vehículo y un panel, de acuerdo con la presente invención;

Figura 13B- Vista en perspectiva de la unión flexible con un fleje entre la parte trasera de un vehículo y un panel, de acuerdo con la presente invención;

35

**DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE**

A la vista de las mencionadas figuras y, de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la invención, comprendiendo las partes y elementos que se indican y describen en detalle a continuación.

En la figura 1 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con dos paneles (21) en las aristas laterales (13a, 13b), siendo una configuración básica de la presente invención. Muestra en concreto de forma general el panel (21) unido a una arista lateral (13a, 13b) mediante tres bisagras (22a) flexibles que permiten el giro o desplazamiento angular alrededor de sus ejes, hasta posiciones determinadas por la rigidez finita de dichas uniones.

En la figura 2 se puede observar una vista en planta de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con las líneas del flujo de aire saliente y en recirculación en la estela. En concreto se muestra dos paneles (21) laterales deflectados mediante reconfiguración pasiva por efecto de condiciones de flujo alineado y del grado de libertad rotacional provisto por las uniones flexibles (22). Adicionalmente, se muestra un esquema de modificación de la burbuja de recirculación que consigue el dispositivo frente al tamaño original.

En la figura 3 se puede observar una vista en planta de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con las líneas del flujo de aire incidente. Se muestra también los dos paneles (21) laterales deflectados mediante reconfiguración pasiva por efecto de condiciones de flujo cruzado y del grado de libertad rotacional provisto por las uniones flexibles (22), ilustrando diferencias entre deflexión de ambos paneles (21), estando el inferior alineado con la dirección del flujo.

En la figura 4 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con dos elementos flexibles (2) en las aristas laterales (13a, 13b) y dos paneles (21) rígidos en las aristas horizontales (13c, 13d). Dichos paneles (21) rígidos están rigidamente unidos al vehículo (1), con soportes rígidos, como escuadras, de manera que su orientación es fija, mientras que los laterales (21) laterales son paneles (21) flexibles fijados a las aristas laterales (13a, 13b) con uniones flexibles (22) elásticas.

En la figura 5 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con dos elementos flexibles (2) en las aristas laterales (13a, 13b) y dos elementos flexibles (2) en las aristas horizontales (13c, 13d), de menor longitud, de cara a hacer compatible las deformaciones y oscilaciones de los diversos paneles (21).

5

En la figura 6 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con tres elementos flexibles (2) en cada una de las aristas laterales (13a, 13b). Dichos elementos flexibles (2) pueden moverse independientemente para adaptarse a condiciones cambiantes del flujo en la dirección vertical.

10

En la figura 7 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con cinco elementos flexibles (2) en cada una de las aristas laterales (13a, 13b), los cuales pueden moverse independientemente para adaptarse a condiciones cambiantes del flujo en la dirección vertical.

15

En la figura 8 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con cinco elementos flexibles (2) en cada una de las aristas laterales (13a, 13b) y dos paneles (21) rígidos en las aristas horizontales (13c, 13d). Dichos cinco elementos flexibles (2) pueden moverse independientemente para adaptarse a condiciones cambiantes del flujo en la dirección vertical. Por otro lado, los dos paneles (21) rígidos ocupan todo el ancho de la arista horizontal (13c, 13d) del vehículo (1), aunque pueden disponerse en una realización alternativa con menor longitud e inclinación fija no horizontal.

20

En la figura 9 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con cinco elementos flexibles (2) en cada una de las aristas laterales (13a, 13b) y dos elementos flexibles (2) en las aristas horizontales (13c, 13d), los cuales pueden moverse independientemente para adaptarse a condiciones cambiantes del flujo en la dirección vertical. En este caso particular, los paneles (21) flexibles horizontales poseen una longitud menor que la del ancho horizontal (13c, 13d) de la arista del vehículo (1).

25

30

En la figura 10 se puede observar una vista en perspectiva de la parte trasera (11) de un vehículo (1) con dos paneles (21) rígidos en las aristas horizontales (13c, 13d). Dichos paneles (21) pueden ser flexibles o rígidos, de orientación fija. Alternativamente, se puede instalar un único panel en sólo una arista horizontal (13c, 13d).

35

En la figura 11A se puede observar una vista en planta de la unión flexible (22) con un muelle torsional (22b) entre la parte trasera (11) de un vehículo (1) y un panel (21), mientras que en la figura 11B se puede observar una vista en perspectiva de la unión flexible (22) con un muelle torsional (22b) entre la parte trasera (11) de un vehículo (1) y un panel (21).

5

En la figura 12A se puede observar una vista en planta de la unión flexible (11) con un muelle lineal (22c) entre la parte trasera (11) de un vehículo (1) y un panel (21), mientras que en la figura 12B se puede observar una vista en perspectiva de la unión flexible (22) con un muelle lineal (22c) entre la parte trasera (11) de un vehículo (1) y un panel (21).

10

En la figura 13A se puede observar una vista en planta de la unión flexible (11) con un fleje (22d) entre la parte trasera (11) de un vehículo (1) y un panel (21), mientras que en la figura 13B se puede observar una vista en perspectiva de la unión flexible (11) con un fleje (22d) entre la parte trasera (11) de un vehículo (1) y un panel (21).

15

En esencia la presente invención se basa en la implementación de paneles (21) flexibles en la parte trasera (11) de un vehículo (1) terrestre de cara a reducir su resistencia aerodinámica. En una realización concreta de la invención se incluyen dos paneles (21) rígidos unidos mediante una unión flexible (22) a las aristas laterales (13a, 13b) de la parte trasera (11) de un vehículo (1) como puede ser un camión genérico. Dichos paneles (21) rígidos pueden tener 2,70m de anchura en sentido vertical, la cual viene a ser la altura estándar de cajas de conjuntos camión tráiler, y 0,40m de altura o dimensión longitudinal en la dirección del sentido de la marcha, siendo esta dimensión la adecuada en base a los resultados experimentales obtenidos previamente y la normativa vigente, y un espesor de 0,03 m.

20

El material elegido para los paneles (21) debe ser suficientemente resistente para poder operar en condiciones reales durante un tiempo prolongado además de ser suficientemente liviano para no aumentar el consumo de energía del vehículo (1). Para ello, se propone utilizar fibra de carbono u otro polímero mixto. Una vez seleccionados las dimensiones y materiales de los paneles (21) rígidos, se debe escoger la articulación deseada como unión flexible (22). En la presente realización se escogen muelles torsionales (22b) adicionalmente a una bisagra (22a), conformando una unión flexible (22), la cual permite el movimiento de los paneles (21) para que éstos se adapten al flujo incidente. Estas bisagras (22a) con un muelle torsional (22b) están atornilladas o empotradas mediante fijación pegada o

35

embebida, en el panel (21) y en la parte trasera (11), y tendrán limitada su apertura por encima de 90° para que los paneles (21) se deformen preferentemente hacia la zona interior de la base.

- 5 Más en particular, tal y como se observa en las figuras 1 y 11A, el dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1) con al menos una arista (13) en su parte trasera (11) comprende al menos un elemento flexible (2) con al menos un panel (21) de superficie plana, configurado para ser unido a dicha arista (13), considerando que cada panel (21) flexible se comporta como un sistema de un grado de libertad rotacional en función del  
10 desplazamiento angular  $\theta$  según la ecuación:

$$J \theta'' + c \theta' + k \theta = T$$

- En dicha ecuación, 'J' es el momento polar de inercia del sistema respecto del eje de la  
15 unión flexible (22) en las aristas (13) de la parte trasera (11), 'c' es el coeficiente de amortiguamiento del sistema panel (21) flexible con su unión flexible (22), y 'k' es la rigidez torsional del muelle torsional (22b), del muelle lineal (22c) o del fleje (22d), mientras que ' $\theta$ ' y ' $\theta$ ' representan respectivamente la segunda y primera derivada del desplazamiento angular. Finalmente, 'T' es el par de excitación del desplazamiento generado por el flujo en  
20 movimiento.

- En cuanto al panel (21), su anchura en sentido vertical es, preferiblemente, de entre 0,2 - 1,2 metros. La altura o dimensión longitudinal en el sentido de la marcha es, preferentemente, inferior a 20 cm, tanto para paneles (21) estáticos como flexibles. Paneles (21) más largos  
25 permiten conseguir mayores reducciones de la resistencia aerodinámica, aunque la altura o dimensión longitudinal máxima de los paneles (21) puede estar limitada por motivos prácticos tales como legislación aplicable, facilidad de montaje/desmontaje, facilidad de apertura de la parte trasera (11) del vehículo (1), resistencia mecánica de los paneles (21), etc.

- 30 Los materiales de una realización preferente son de baja densidad, como polímeros termoplásticos, elastómeros o termoestables, y todas sus variantes compuestas con aligeramiento de la densidad, a través de estructuras interiores a modo de panel en sándwich o en panel de abeja, o impresos en 3D. Alternativamente, los paneles (21) pueden

estar hechos de otro material ligero seleccionado de entre: fibra compuesta, fibra de carbono, o aluminio.

Adicionalmente, tal y como se observa en las figuras 11A y 12A, el elemento flexible (2) posee características calibradas de rigidez torsional  $k$  y momento de inercia  $J$ , tal que la frecuencia natural  $f_n$  del sistema es menor de 10 Hz, donde la frecuencia natural  $f_n$  viene dada por la ecuación:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{J}}$$

Concretamente, un panel de fibra de carbono, con una densidad de  $1750 \text{ kg/m}^3$ , de 2,7 m de anchura en vertical, 0,4 m de altura o dimensión longitudinal, y 0,03 m de espesor, presenta un momento de inercia 'J' obtenido:  $3,03 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{rad}$ . En base a dicha anchura en vertical, y a velocidades de funcionamiento entre 10 y 25 m/s (36-90 km/h), se obtiene una 'fn' de 0,155 Hz. Para esta 'J' y 'fn', la rigidez torsional 'k' necesaria es de  $2,87 \text{ Nm/rad}$ .

Más específicamente, tal y como se observa en las figuras 1 y 11B, la parte flexible del elemento flexible (2) es una unión flexible (22) del panel (21) a la arista (13).

Adicionalmente, tal y como se observa en las figuras 11B y 12B, la unión flexible (22) comprende una bisagra (22a). La bisagra (22a) es de bajo rozamiento, o alternatively, un cojinete lubricado, también de bajo rozamiento.

Más concretamente, tal y como se observa en las figuras 11A, 12A y 13A, la unión flexible (22) comprende un elemento del grupo de muelle torsional (22b), el muelle lineal (22c) o el fleje (22d), el cual presenta una rigidez rotacional calibrada.

Opcionalmente, tal y como se observa en las figuras 6 y 8, el elemento flexible (2) comprende al menos un panel (21) flexible.

Según una realización preferente de la invención, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, la anchura (21a) del panel (21) coincide substancialmente con la longitud (14) de la arista (13) de la parte trasera (11) del vehículo (1).



Alternativamente, tal y como se observa en las figuras 5 y 9, la anchura (21a) del panel (21) es menor que la longitud (14) de la arista (13) de la parte trasera (11) del vehículo (1).

5 Es también objeto de la presente invención, tal y como se observa en las figuras 2 y 4, un vehículo (1) que comprende un cuerpo principal con forma substancialmente de paralelepípedo con al menos un marco (12) cuadrangular con una pluralidad de aristas (13) en su parte trasera (11), que comprende al menos un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1) según lo descrito anteriormente.

10 En una realización preferida de la invención, tal y como se observa en las figuras 5 y 6, el vehículo (1) comprende al menos dos elementos flexibles (2) unidos a las dos aristas laterales (13a, 13b) del marco (12) cuadrangular.

15 Opcionalmente, tal y como se observa en las figuras 6 y 7, el vehículo (1) comprende una pluralidad de elementos flexibles (2) en al menos dos aristas (13) paralelas del marco (12) cuadrangular.

20 Alternativamente, tal y como se observa en las figuras 4 y 8, el vehículo (1) comprende al menos un panel (21) rígido en al menos una arista horizontal (13c, 13d) y un elemento flexible (2) en al menos una arista lateral (13a, 13b).

Por otro lado, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, el vehículo (1) comprende al menos dos paneles (21) rígidos o flexibles en las aristas horizontales superior (13c) e inferior (13d).

25 Complementariamente, tal y como se observa en las figuras 6 y 7, el vehículo (1) comprende al menos dos elementos flexibles (2) en las aristas laterales izquierda (13a) y derecha (13b).

30 Según una realización preferente de la invención, tal y como se observa en las figuras 5 y 9, el vehículo (1) comprende cuatro elementos flexibles (2), dos en las aristas laterales izquierda (13a) y derecha (13b), y otros dos en las aristas horizontales superior (13c) e inferior (13d).

35 Los detalles, las formas, las dimensiones y demás elementos accesorios, así como los componentes empleados en la implementación del dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos, podrán ser convenientemente sustituidos por otros que sean

técnicamente equivalentes, y no se aparten de la esencialidad de la invención ni del ámbito definido por las reivindicaciones que se incluyen a continuación de la siguiente lista.

**Lista referencias numéricas:**

- 5
- 1      vehículo
- 11     parte trasera
- 12     marco
- 13     arista
- 10    13a   arista lateral izquierda
- 13b   arista lateral derecha
- 13c   arista horizontal superior
- 13d   arista horizontal inferior
- 14     longitud
- 15    2      elemento flexible
- 21     panel
- 21a   anchura
- 22     unión flexible
- 22a   bisagra
- 20    22b   muelle torsional
- 22c   muelle lineal
- 22d   fleje

## REIVINDICACIONES

1- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1) con al menos una arista (13) en su parte trasera (11), caracterizado por que comprende al menos un elemento flexible (2) con al menos un panel (21) de superficie plana, configurado para ser unido a dicha arista (13).

2- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según la reivindicación 1, caracterizado por que el elemento flexible (2) posee características calibradas de rigidez torsional  $k$  y momento de inercia  $J$ , tal que la frecuencia natural  $f_n$  del sistema es menor de 10 Hz, donde la frecuencia natural  $f_n$  viene dada por la ecuación:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{J}}$$

3- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según la reivindicación 2, caracterizado por que la parte flexible del elemento flexible (2) es una unión flexible (22) del panel (21) a la arista (13).

4- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según la reivindicación 3, caracterizado por que la unión flexible (22) comprende una bisagra (22a) de rigidez rotacional calibrada.

5- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según la reivindicación 4, caracterizado por que la bisagra flexible (22a) comprende uno del grupo de muelle torsional (22b), el muelle lineal (22c) o el fleje (22d).

6- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el elemento flexible (2) comprende al menos un panel (21) flexible.

7- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la anchura (21a) del panel (21) coincide substancialmente con la longitud (14) de la arista (13) de la parte trasera (11) del vehículo (1).

8- Dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la anchura (21a) del panel (21) es menor que la longitud (14) de la arista (13) de la parte trasera (11) del vehículo (1).

5

9- Vehículo (1) que comprende un cuerpo principal con forma substancialmente de paralelepípedo con al menos un marco (12) cuadrangular con una pluralidad de aristas (13) en su parte trasera (11), que comprende al menos un dispositivo para reducir la resistencia aerodinámica en vehículos (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

10

10- Vehículo (1) según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende al menos dos elementos flexibles (2) unidos a las dos aristas laterales (13a, 13b) del marco (12) cuadrangular.

15

11- Vehículo (1) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, caracterizado por que comprende una pluralidad de elementos flexibles (2) en al menos dos aristas (13) paralelas del marco (12) cuadrangular.

20

12- Vehículo (1) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que comprende al menos un panel (21) rígido en al menos una arista horizontal (13c, 13d) y un elemento flexible (2) en al menos una arista lateral (13a, 13b).

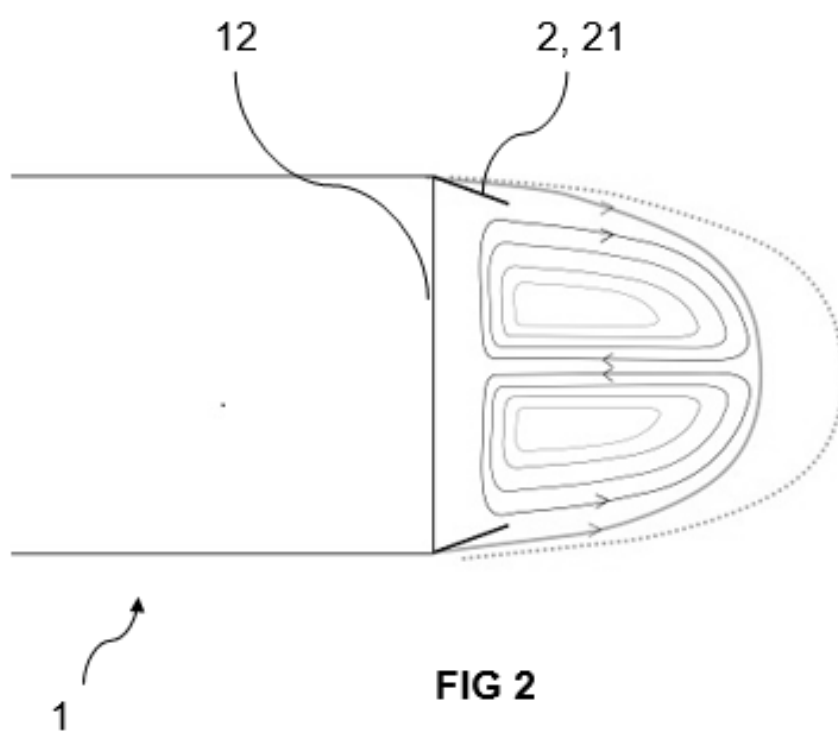
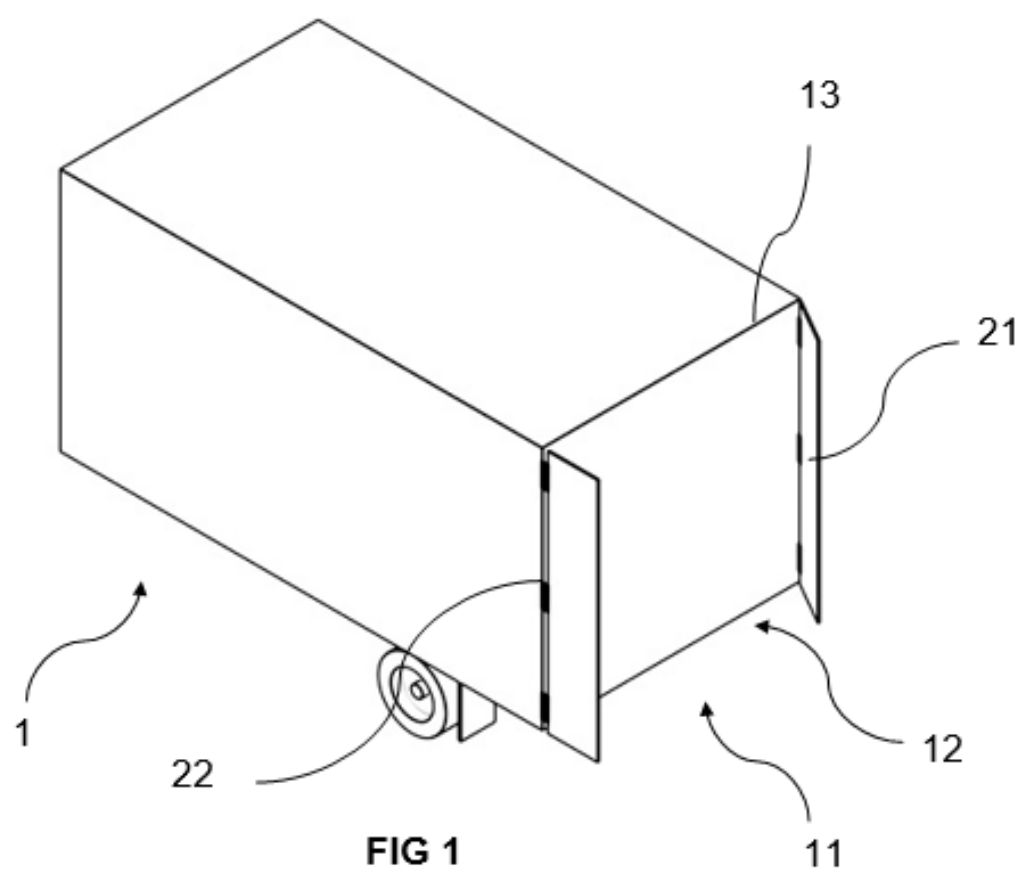
25

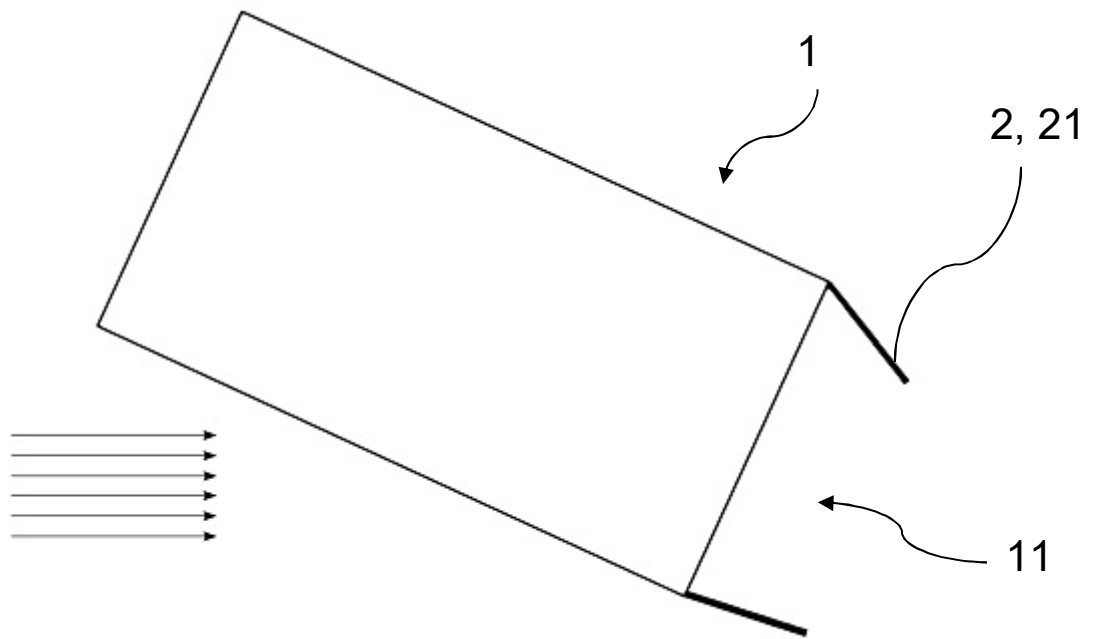
13- Vehículo (1) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que comprende al menos dos paneles (21) rígidos o flexibles en las aristas horizontales superior (13c) e inferior (13d).

14- Vehículo (1) según la reivindicación 13, caracterizado por que comprende al menos dos elementos flexibles (2) en las aristas laterales izquierda (13a) y derecha (13b).

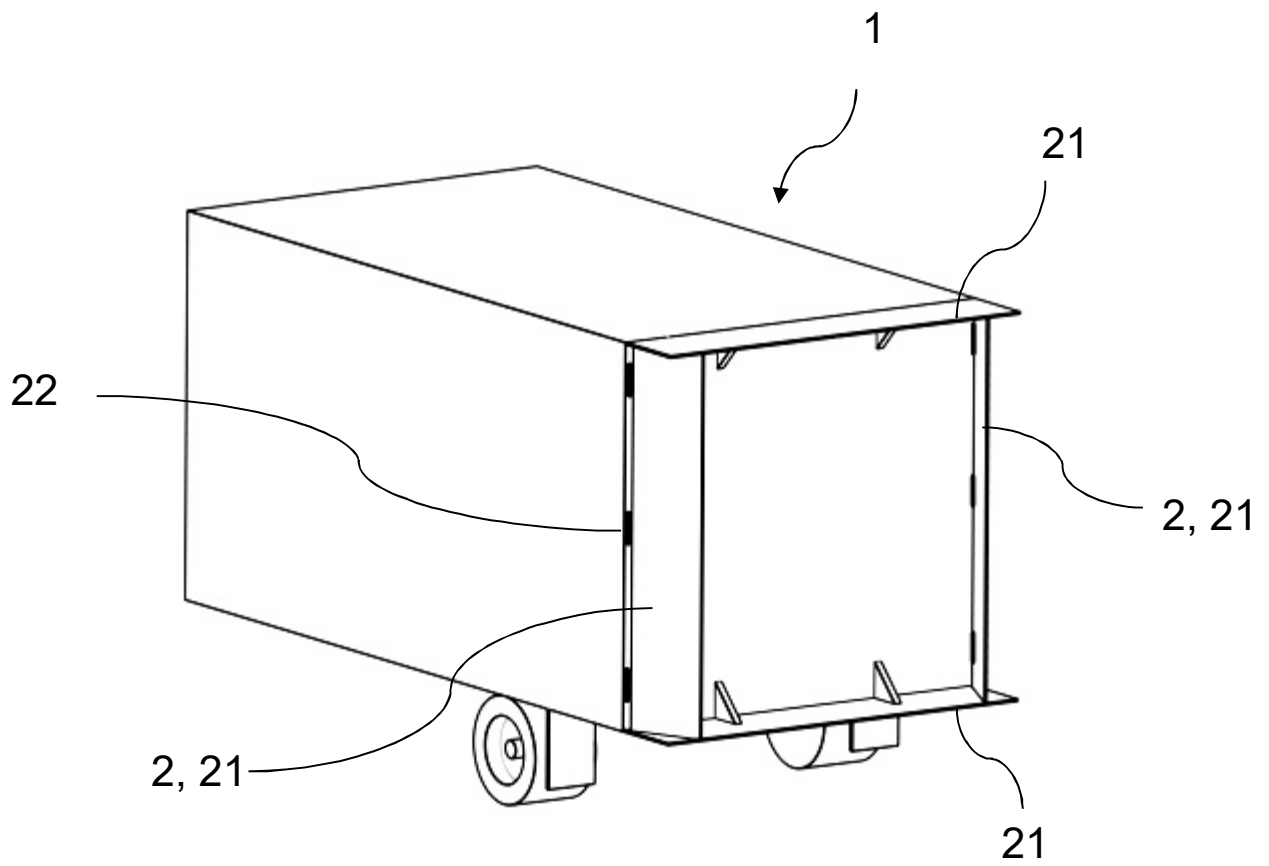
30

15- Vehículo (1) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que comprende cuatro elementos flexibles (2), dos en las aristas laterales izquierda (13a) y derecha (13b), y otros dos en las aristas horizontales superior (13c) e inferior (13d).

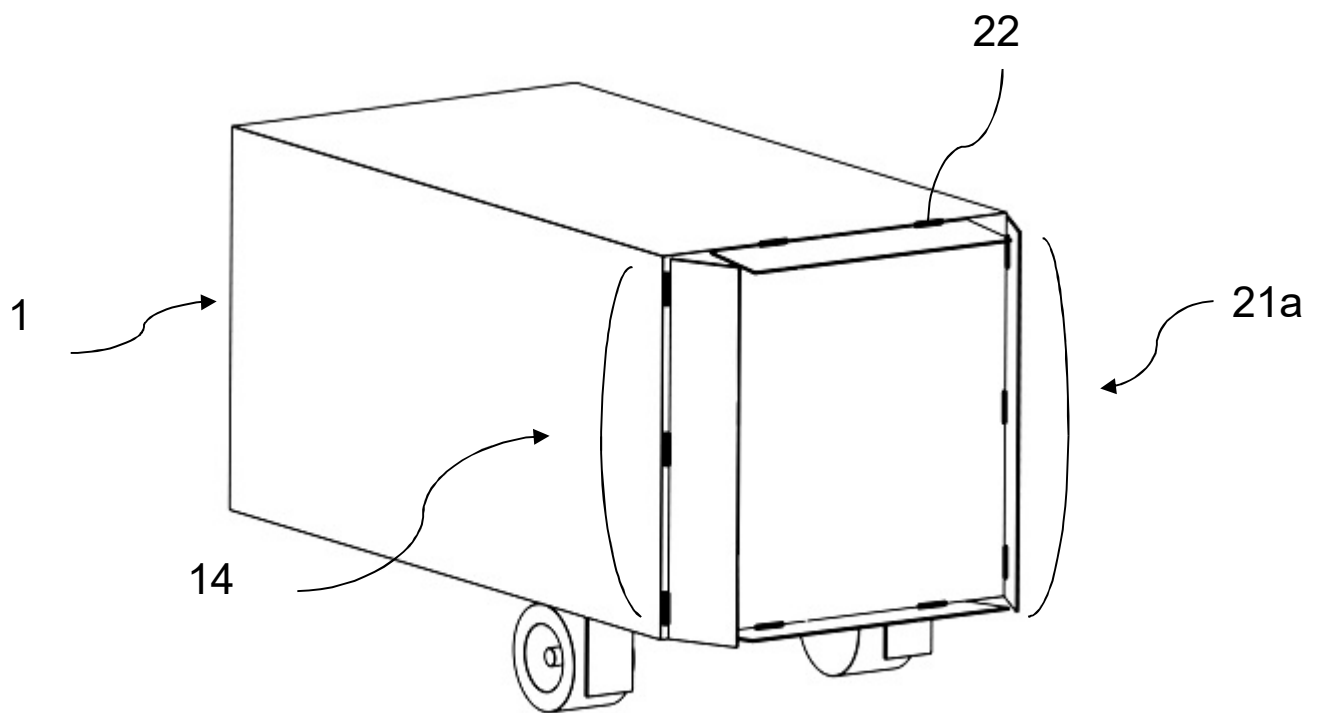




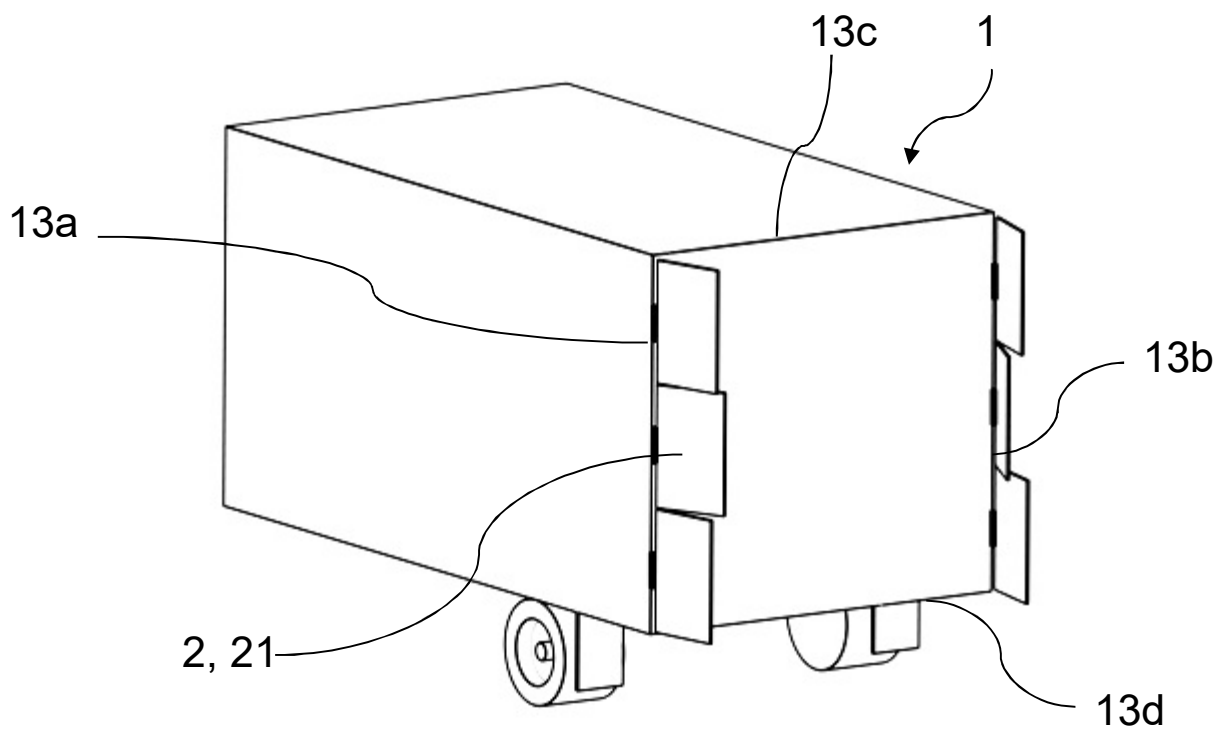
**FIG 3**



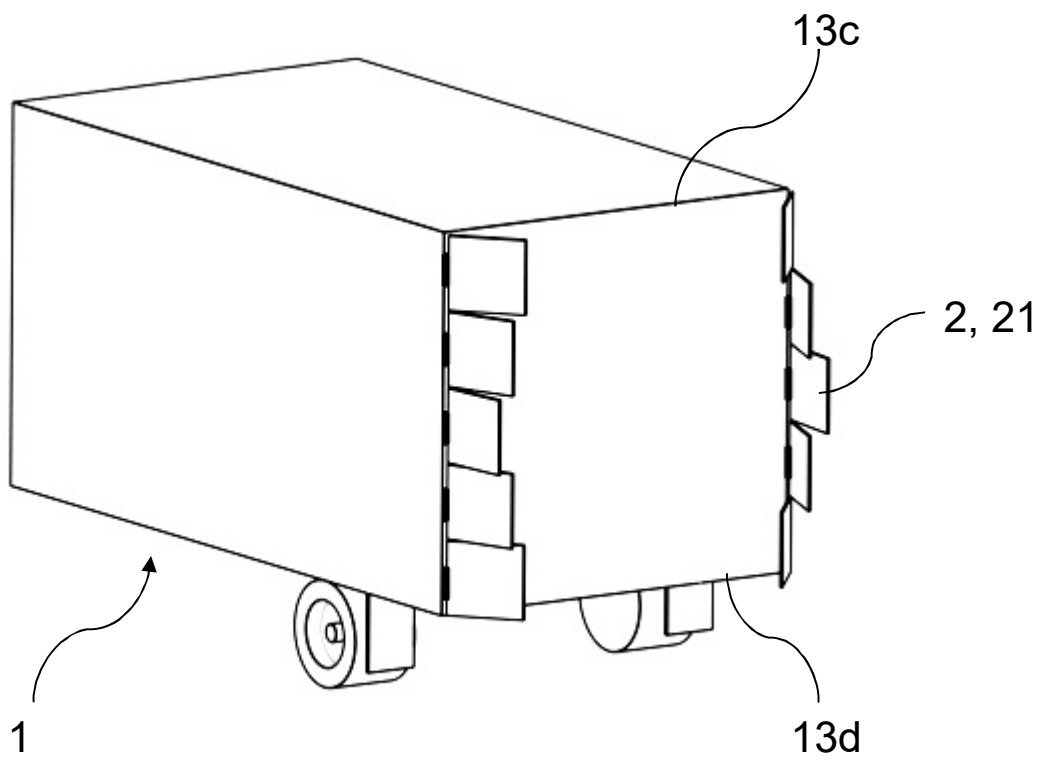
**FIG 4**



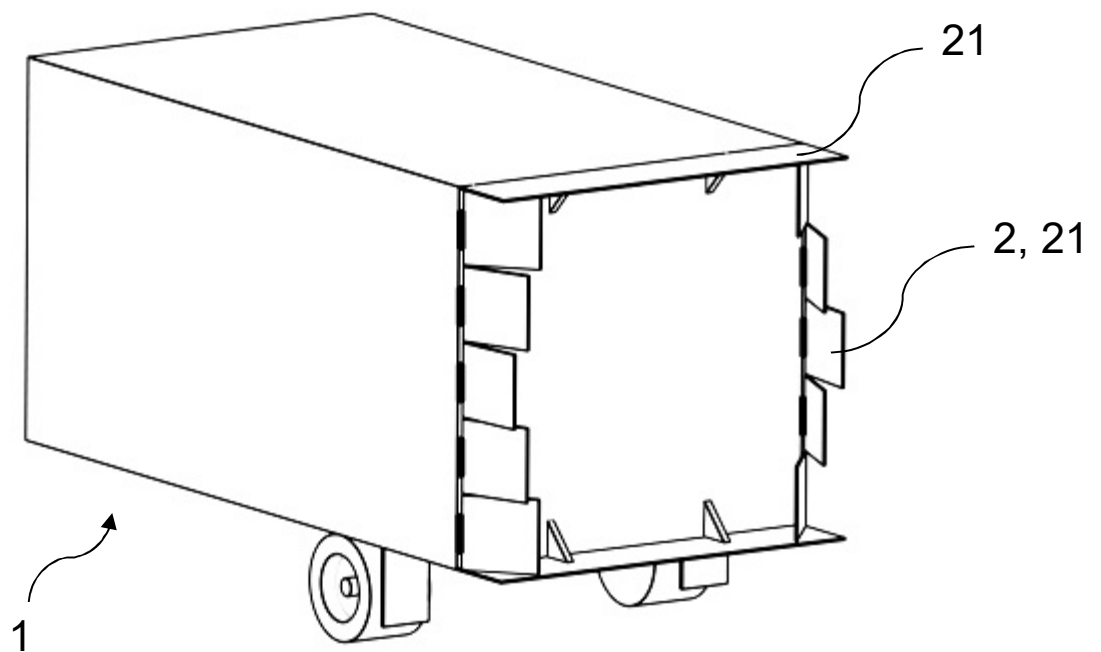
**FIG 5**



**FIG 6**

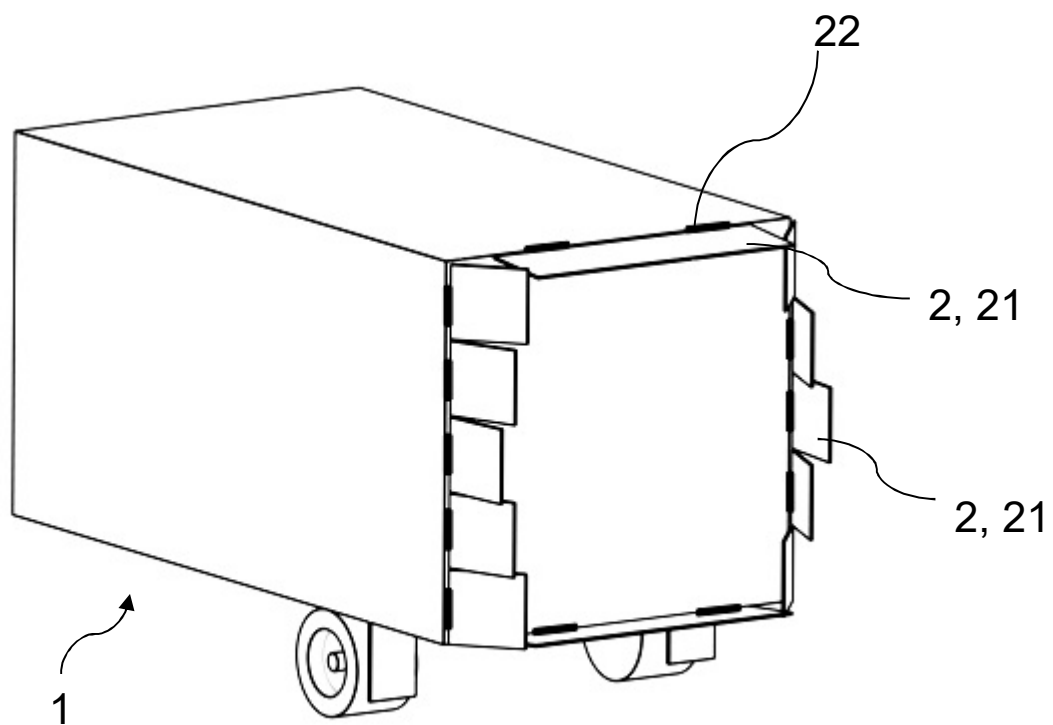


**FIG 7**

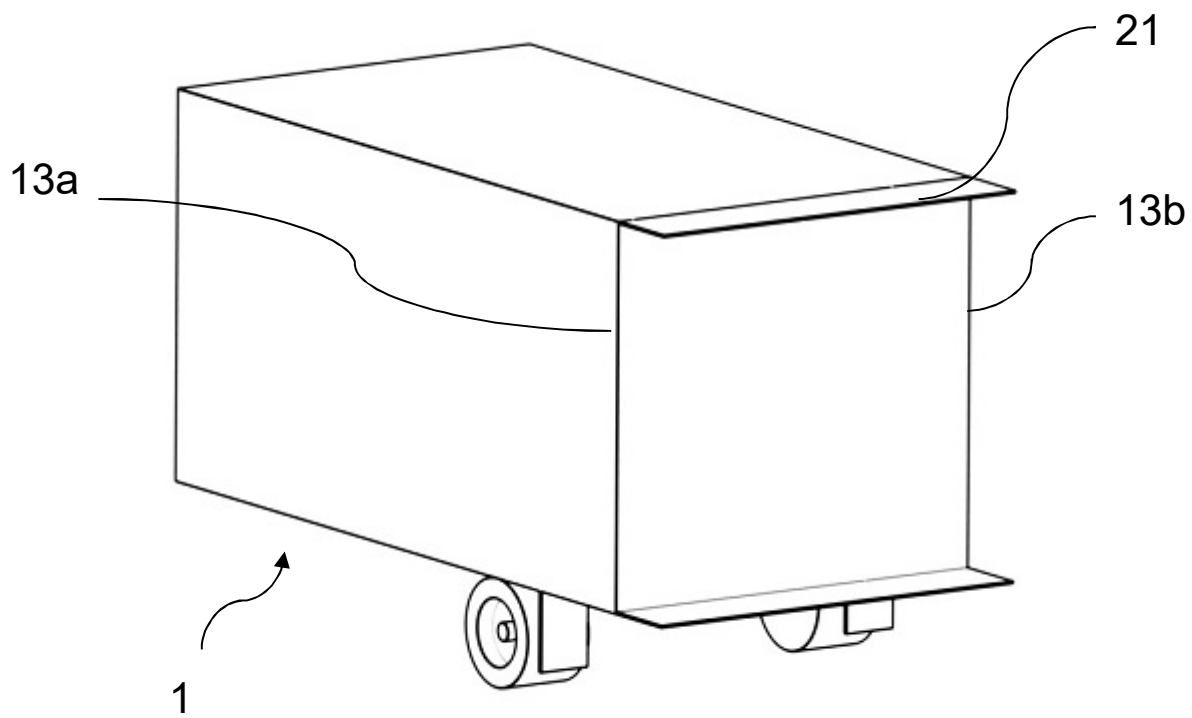


**FIG 8**

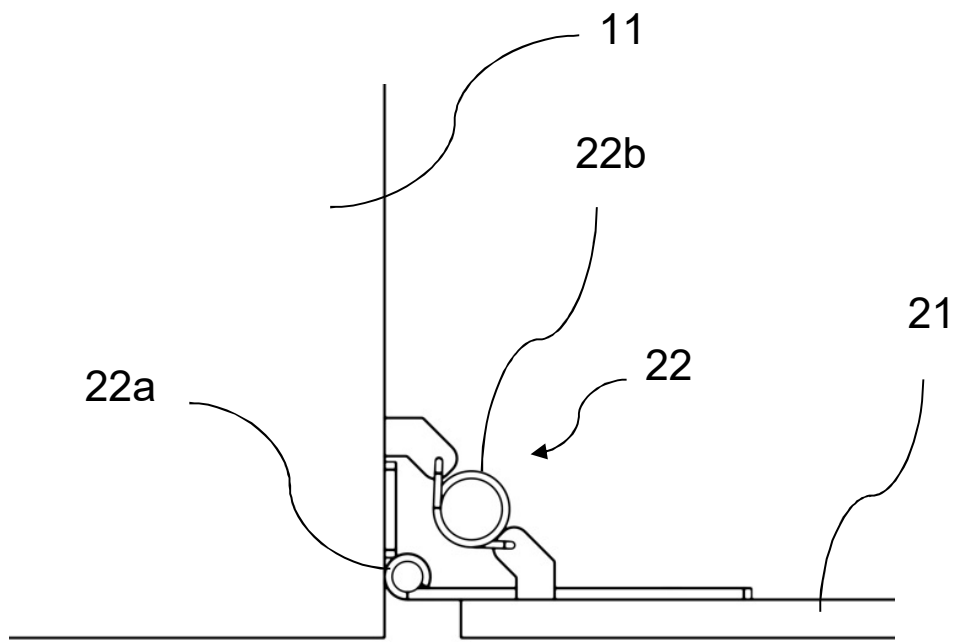




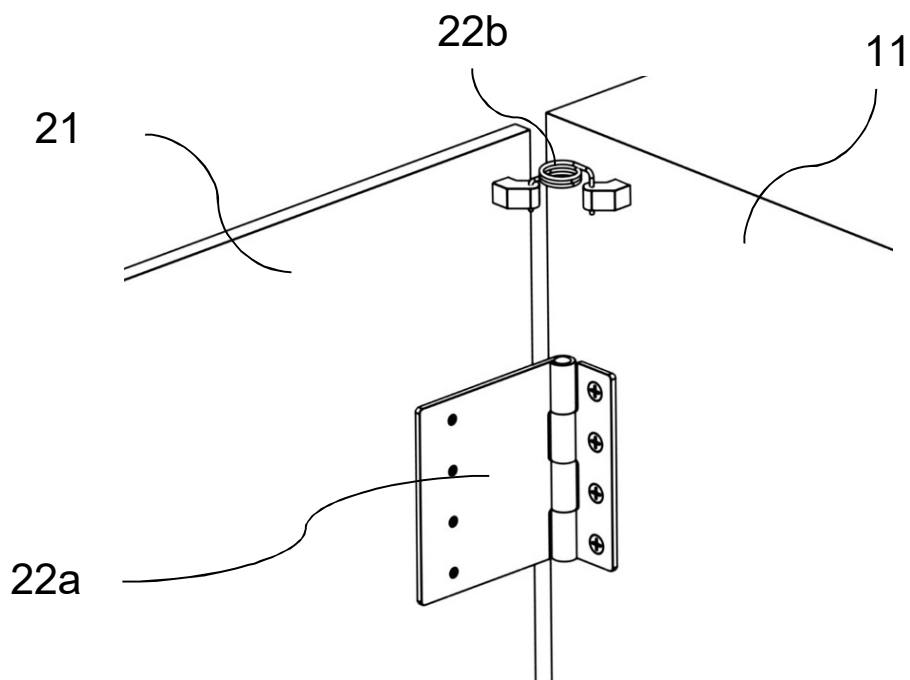
**FIG 9**



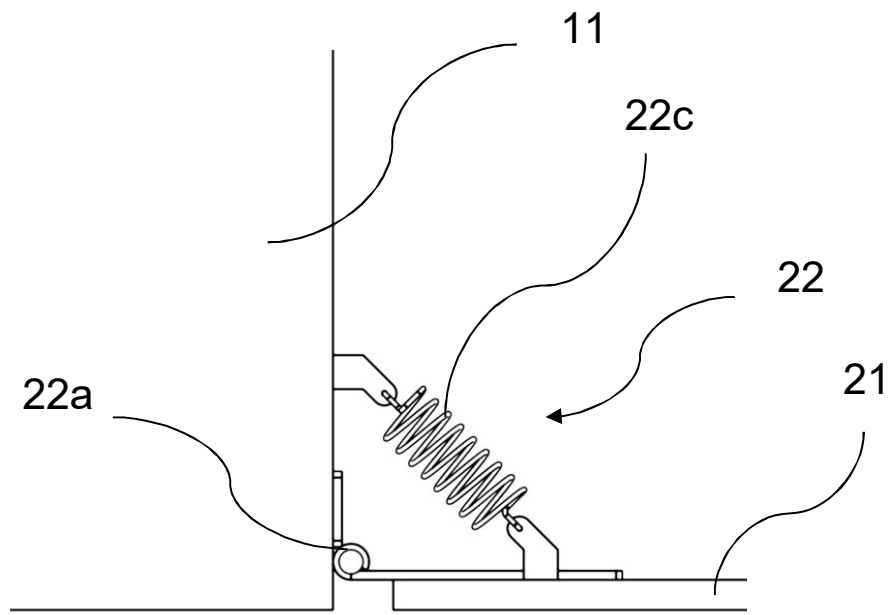
**FIG 10**



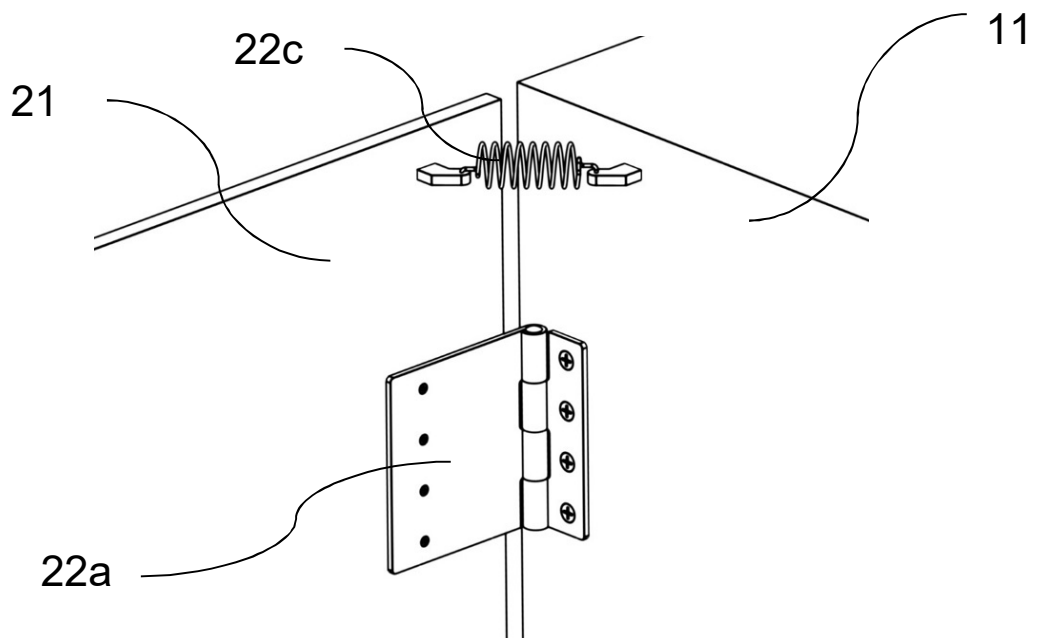
**FIG 11A**



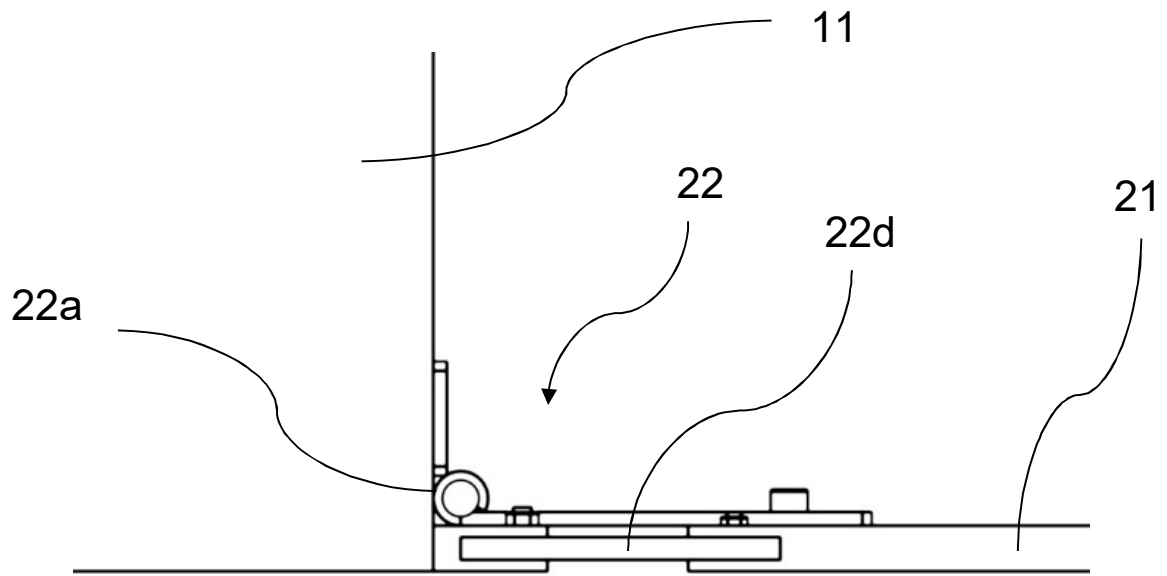
**FIG 11B**



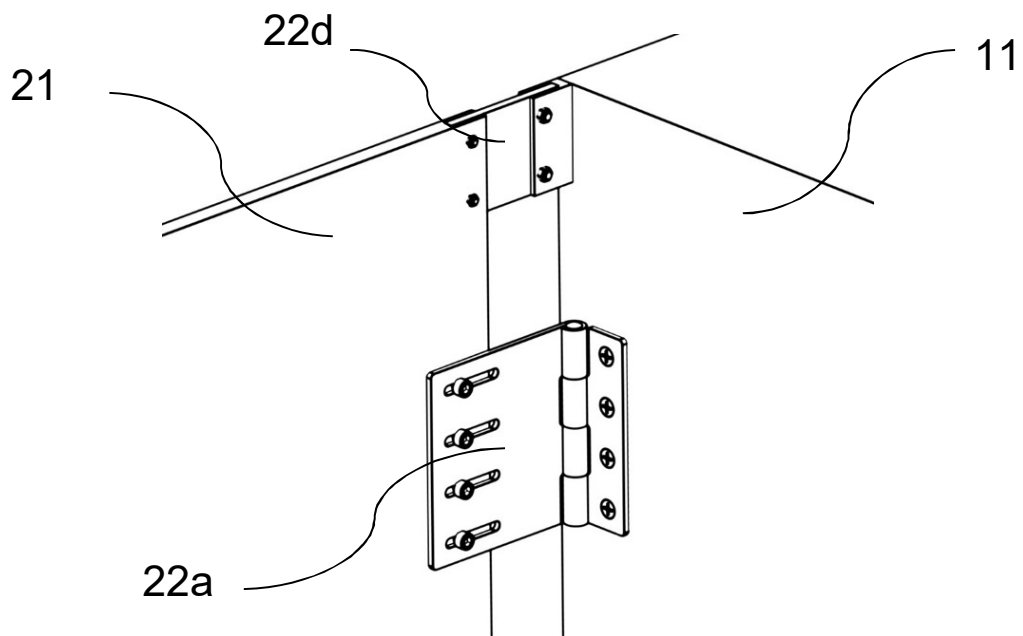
**FIG 12A**



**FIG 12B**



**FIG 13A**



**FIG 13B**



- ②① N.º solicitud: 202231107  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.12.2022  
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 |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| X         | US 2010106380 A1 (SALARI KAMBIZ et al.) 29/04/2010, (Todo el documento)                                                | 1-15                       |
| X         | WO 2014210360 A1 (AEROVOLUTION CORP) 31/12/2014, (Párrafo [0014] a Párrafo [0033]; Figuras)                            | 1-15                       |
| X         | WO 2017099794 A1 (BRADLEY CALVIN RHETT et al.) 15/06/2017, (Párrafo [0028] a Párrafo [0042]; Figuras)                  | 1                          |
| X         | WO 2012051174 A1 (ADVANCED TRANSIT DYNAMICS INC et al.) 19/04/2012, (Página 8, Línea 2 a Página 28, Línea 22; Figuras) | 1                          |
| A         | EP 1035006 A1 (BURY LAMBERT M) 13/09/2000, (Párrafo [0038] a Párrafo [0047]; Figuras)                                  | 1-15                       |
| A         | US 2011221231 A1 (VISSER KENNETH DALE et al.) 15/09/2011, (Párrafo [0035] a Párrafo [0064]; Figuras)                   | 1-15                       |

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  
20.04.2023

Examinador  
J. Hernández Torrego

Página  
1/2

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