

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 703**

51 Int. Cl.:  
**B62D 25/20** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05802578 .4**  
96 Fecha de presentación: **11.11.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1812276**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2007**

54 Título: **ELEMENTO ESTRUCTURAL.**

30 Prioridad:  
**11.11.2004 SE 0402781**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.12.2011**

73 Titular/es:  
**VOLVO LASTVAGNAR AB**  
**405 08 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:  
**HEDLUND, Anders y**  
**FREDÖ, Claes**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 369 703 T3

## DESCRIPCIÓN

Elemento estructural

### 5 SECTOR TÉCNICO

La presente invención se refiere a un elemento estructural, tal como un panel, es decir, una pieza de material de construcción fabricado para formar parte de una superficie, de manera que la anchura y altura del panel son grandes en comparación con el grosor. El elemento estructural está destinado a su utilización en un vehículo, máquina lavadora, ventilador, o cualquier otro dispositivo que esté sometido a cargas transitorias y/o cíclicas y/o cargas al azar. La presente invención también se refiere a un procedimiento para el diseño de un elemento estructural.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas estructurales sometidos a cargas cíclicas, tales como vehículos, ventiladores o máquinas lavadoras presentan, normalmente, vibraciones estructurales. Estas vibraciones pueden provocar ruidos y problemas de fatiga y pueden molestar y alterar a las personas situadas en la vecindad de dichos sistemas, por lo que pueden constituir un riesgo para la seguridad. Las amplitudes de la vibración se pueden reducir parcialmente utilizando estructuras rígidas o reforzadas, aplicando resortes u otros tipos de medios de amortiguación o utilizando material de amortiguación para absorber la energía mecánica relacionada con las vibraciones. No obstante, estas soluciones no se pueden utilizar siempre, porque pueden cambiar el diseño del sistema, el peso o los costes del mismo.

El documento US 6793276 da a conocer un piso para vehículos que está dividido en una serie de paneles sustancialmente rectangulares. Estos paneles están dispuestos de manera que la vibración en una modalidad 2x1, en la que dos antinodos son generados en la dirección del vehículo y un antinodo es generado en la dirección de anchura del vehículo, tiene lugar en los paneles del piso cuando se introducen vibraciones de una frecuencia predeterminada de 240 a 260 Hz, en los paneles del piso, desde el exterior del vehículo. Esto significa que dos secciones adyacentes de cada panel de piso se hacen vibrar en fase opuesta pero con la misma amplitud, de manera que los sonidos irradiados desde cada sección se anulan entre sí y existe una disminución considerable de la radiación acústica y, como consecuencia, se pueden reducir los ruidos de la carretera, entre 240 y 260 Hz. Los elementos de refuerzo que constituyen el armazón del vehículo aíslan cada uno de los paneles del piso, de manera que la vibración acoplada entre dichos paneles de piso y otros paneles de piso y estructuras circundantes queda mitigada, de manera que la modalidad de vibración deseada 2x1 se puede excitar en cada panel de piso.

Una desventaja de este sistema es que si no se suprime el acoplamiento de la vibración, el sonido que se irradia desde los paneles del piso queda anulado de manera insuficiente. Además, la zona de vibración de los paneles de piso debe ser sustancialmente rectangular, a efectos de generar vibraciones en modalidad 2x1, lo que limita las opciones de diseño del fabricante del vehículo.

El documento JP 09 2022269 da a conocer un procedimiento para la reducción de los sonidos emitidos por un panel de carrocería de un vehículo en el que se ajusta un parámetro estructural del panel, de forma que el panel tiene un bajo rendimiento de emisiones a una frecuencia determinada.

El documento DE 102 15 911 se refiere a un componente realizado a base de chapa metálica que tiene un área de refuerzo que incrementa la resistencia que adopta la forma de una estructura en forma de tabla de lavar ondulada. El componente tiene una zona de conexión realizada por un proceso de embutición, de manera que el componente se encuentra más o menos libre de curvatura. El componente está dotado de ondulaciones situadas paralelamente al borde del área de refuerzo.

### 50 RESUMEN DE LA INVENCION

Un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un elemento estructural, tal como un panel o un travesaño, o una estructura más compleja que provoque menores problemas de vibraciones en comparación con los elementos estructurales conocidos.

Este objetivo se consigue mediante un elemento estructural embutido con una forma modal, es decir, con cualquiera de las modalidades de vibración estacionaria de las que es capaz el elemento estructural o una combinación de las mismas, es decir, una superposición de una serie de modalidades de vibración, dado que se ha descubierto que la topografía óptima de un elemento estructural sometido a carga cíclica es dicha forma modal.

De acuerdo con una forma de realización de la invención, la modalidad de vibración, o cada una de las modalidades de vibración es amplificada por un factor superior a cero o menor de cero, pero que no es igual a cero antes de ser embutida en el elemento estructural por conformación por prensado o moldeo, por ejemplo. El factor C puede adoptar cualquier valor excepto cero. Siempre que la topografía del elemento estructural corresponda a una forma modal, la amplitud de los picos y valles de la forma modal pueden ser los mismos, o más pequeños, o más grandes

que la amplitud de los picos y valles de la modalidad de vibración. Si C es menor de cero, la dirección de embutición será opuesta a la dirección de embutición cuando C es superior a cero.

Este factor de ampliación es el factor por el que aumenta o disminuye la profundidad máxima de un pico o valle de la modalidad de vibración del elemento estructural. Por ejemplo, si la profundidad máxima de un pico o valle de una modalidad de vibración del elemento estructural es de 0,1 mm y la modalidad de vibración se amplifica por un factor 200, entonces la profundidad máxima de la forma modal embutida en el elemento estructural será de 20 mm. Se debe observar que la expresión "profundidad" está destinada al significado de distancia en la que un punto de la superficie de un elemento estructural no embutido se desplaza hacia arriba o hacia abajo para producir un elemento estructural embutido.

Una mejora significativa de rendimiento se consigue en comparación con elementos estructurales convencionales que utilizan material de amortiguación, nervios de refuerzo y travesaños, o modelos de embutición seleccionados, según otros criterios, utilizando el elemento estructural de la invención.

El elemento estructural embutido de la invención no solamente reducirá el ruido irradiado desde el mismo debido a la vibración, sino que mostrará también una resistencia y rigidez incrementadas debido a su topografía contorneada u ondulada. Además, dado que no se añade estructuras de refuerzo u otros materiales al elemento estructural, éste se puede fabricar con un reducido coste y peso en comparación con elementos estructurales convencionales. Otras ventajas adicionales consisten en la reducción de molestias, reducción de fatiga humana y somnolencia, seguridad y fiabilidad mejoradas.

De acuerdo con una realización de la invención, una modalidad de vibración estacionaria es una modalidad normal, es decir, una modalidad de vibración libre o una forma de desviación operativa (ODS), es decir, una modalidad de vibración forzada. Las modalidades normales, que son llamadas también modalidades naturales o vectores propios ("eigenvectors") están asociadas con una frecuencia natural (frecuencia resonante) del elemento estructural. Las formas de desviación operativa son la suma de una serie de modalidades en la que la modalidad de vibración resultante, depende de la frecuencia de forzamiento y la distribución de excitación. La forma de desviación operativa es estacionaria o cambia a lo largo del tiempo y se puede comprender como la suma de datos modales (tales como, por ejemplo, frecuencia natural, forma modal, amortiguación) más los datos de forzamiento.

Cada elemento estructural tiene sus propias modalidades de vibración, frecuentemente exclusivas, que dependen básicamente de la geometría y la forma en la que el elemento estructural está montado o está soportado, y que se puede calcular utilizando el método FEM (Método de Elementos Finitos) o que se puede medir por medio de sensores.

De acuerdo con otra realización de la invención, la forma modal del elemento de estructura  $\Phi_{total}$  se define por una de las siguientes ecuaciones: en las que las modalidades individuales del elemento estructural, no embutido, se designan por  $\Phi_n$ , siendo n el número modal; la amplitud de embutición para la modalidad n es  $C_n$ , y el valor absoluto de una modalidad se designa con el símbolo  $| |$ ;

$$\Phi_{total} = C\Phi_n$$

$$\Phi_{total} = C|\Phi_n|$$

$$\Phi_{total} = C_1\Phi_1 + C_2\Phi_2 + \dots C_n\Phi_n$$

$$\Phi_{total} = C_1|\Phi_1| + C_2|\Phi_2| + \dots C_n|\Phi_n|$$

De acuerdo con otra realización de la invención, dicha forma modal es determinada utilizando los valores absolutos o reales de una o varias modalidades. Si se utilizan valores absolutos, las partes convexas del elemento estructural embutido están dirigidas en la misma dirección. Si se utilizan valores reales, las partes convexas de la forma modal no estarán dirigidas en la misma dirección, sino que sobresaldrán del elemento estructural en la ambas direcciones perpendiculares a la superficie del elemento estructural (excepto que la forma modal sea la primera modalidad 1:1, que por definición tiene solamente una dirección). En algunas aplicaciones, pueden tener que utilizarse valores absolutos, por ejemplo, debido a las limitaciones de espacio a un lado del elemento estructural.

$\Phi_{total}$  puede ser definido de manera alternativa como la suma de valores absolutos y valores reales, en combinación.

La presente invención también se refiere a un vehículo que comprende un elemento estructural, de acuerdo con cualquiera de las realizaciones de la invención. Dicho elemento estructural puede constituir, como mínimo, una parte del piso o carrocería del vehículo.

La presente invención se refiere además a un procedimiento para el diseño de un elemento estructural, tal como un panel o travesaño, o una estructura más compleja. El procedimiento comprende las etapas para determinar una o varias modalidades de vibración de un elemento estructural, tal como un elemento estructural sustancialmente plano o preconformado, y embutir dicho elemento estructural con una forma modal, es decir, cualquiera de las modalidades de vibración estacionaria ( $\Phi_n$ ), de las que es capaz el elemento estructural, o una combinación de las mismas, al conformar, por ejemplo, por prensado o moldeo.

De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento comprende la etapa de amplificar la modalidad de vibración o cada una de ellas por un factor superior a cero o menor de cero, pero no igual a cero, para obtener una forma modal que corresponde a una única modalidad de vibración amplificada o una superposición de modalidades de vibración amplificadas, antes de embutir una forma modal en el elemento estructural.

De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento comprende la etapa de determinar una serie de formas modales para un elemento estructural y determinar las propiedades de vibración/acústicas y/o físicas de un elemento estructural que tiene cada una de dichas formas modales. La forma modal que tiene las propiedades deseadas para una aplicación particular es seleccionada y el elemento estructural es embutido con esta forma modal. La forma modal óptima se puede determinar, por lo tanto, por cálculo, antes de que sea embutido un elemento estructural.

De acuerdo con otra realización de la invención, el procedimiento comprende la etapa de seleccionar la forma modal que tiene, como mínimo, una modalidad de vibración dentro de la banda de frecuencia deseada, por ejemplo, dentro de una banda de frecuencia en la que se espera que los órdenes de energía de un motor exciten solamente durante cortos intervalos de tiempo. De manera alternativa, o simultáneamente, una forma modal que tiene, como mínimo, una rigidez local dentro de un rango deseado de rigidez se selecciona dependiendo de la aplicación, pudiéndose disponer parte del elemento estructural o la totalidad del elemento estructural, de manera que tenga una rigidez específica. La frecuencia de la primera modalidad de vibración de un elemento estructural embutido es una buena medición del incremento de rigidez del elemento estructural embutido en comparación con un elemento estructural no embutido y es, también, un indicador de la reducción de vibración que se puede esperar.

De acuerdo con otra realización de la invención, el procedimiento comprende la etapa de determinar la frecuencia en la que existe un problema relacionado con vibraciones en el elemento estructural, y seleccionar una forma modal que reduce o elimina el problema de vibración de aquella frecuencia. De acuerdo con otra realización del procedimiento, éste comprende la etapa de determinar la frecuencia a la que irradia la mayor parte del ruido por el elemento estructural y, seleccionando la forma modal que reduce o elimina la transmisión de ruido a aquella frecuencia. Las funciones de transferencia de sonido ( las NTF ) ( es decir, Pa/N ), funciones de transferencia acústica ( $\text{Pa}/\text{m}^3/\text{s}^2$ ), o vectores de transferencia acústicos no acoplados que relacionan la vibración de un elemento estructural con la presión sonora, se puede calcular, por ejemplo, en un análisis de transmisión de ruido para identificar las modalidades de vibración más ruidosas del elemento estructural.

De acuerdo con otra realización de la invención, el procedimiento comprende la etapa de determinar la forma modal de un elemento estructural al incrementar o disminuir iterativamente el factor de amplitud en etapas finitas y/o incrementar o disminuir la profundidad de embutición en etapas finitas. Las propiedades de vibración/acústicas y/o físicas de un elemento estructural, que tiene cada una de dichas formas modales, se determinan a continuación seleccionando la forma modal que tiene las propiedades deseadas para una aplicación particular, y se efectúa la embutición de un elemento estructural con dicha forma modal. Las interacciones puede continuar hasta que se ha obtenido la frecuencia máxima deseada o profundidad de embutición. La frecuencia (f) es directamente proporcional a la raíz cuadrada del coeficiente de rigidez del elemento estructural (k) dividido por la masa (m) del elemento estructural;

$$f \propto \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Una profundidad de embutición grande tiene como resultado un gran incremento de la rigidez local del elemento estructural y un incremento grande de la frecuencia natural, mientras que, en contraste, una profundidad de embutición reducida tiene como resultado un pequeño incremento de la rigidez local del elemento estructural y un

pequeño incremento de la frecuencia natural. La rigidez y frecuencia natural del elemento estructural se pueden seleccionar, por lo tanto, para adecuarse a las exigencias, ajustando la profundidad de embutición.

De acuerdo con otra realización de la invención, dichas modalidades de vibración son calculadas, mediante FEM, por ejemplo, o son medidas por medio de sensores. Una vez se ha determinado una modalidad de vibración, ésta puede ser superpuesta sobre el elemento estructural del cual se han determinado las formas modales, tales como panel preconformado plano o no plano. La frecuencia natural y la forma modal del elemento estructural quedan afectadas por la forma de embutición.

De acuerdo con una realización de la invención, dichas modalidades de vibración son modalidades normales, es decir, modalidades vibración libre o formas de desviación operacional, es decir, modalidades de vibración forzada.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, dicha forma modal es determinada utilizando el valor absoluto o el valor real de una o varias modalidades de vibración.

De acuerdo con una realización de la invención, dichas modalidades de vibración del elemento estructural son determinadas preferentemente en un elemento estructural montado o soportado en la aplicación particular en la que será utilizado.

De acuerdo con otra realización adicional de la invención, el procedimiento comprende la etapa de embutición del elemento estructural con una serie de modalidades de vibración amplificadas o no amplificadas, una cada vez, o al mismo tiempo, es decir, por embutición del elemento estructural con una forma modal que es una superposición de modalidades de vibración amplificadas o no amplificadas.

La presente invención se refiere también a un producto de programa de ordenador que comprende un programa de ordenador que contiene medios de código de programa de ordenador dispuestos para provocar que un ordenador o un procesador lleven a cabo, por lo menos, una de las etapas de un procedimiento, de acuerdo con cualquiera realizaciones de la invención, almacenadas en un medio legible por ordenador o una onda portadora.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se explicará adicionalmente a continuación por medio de ejemplos no limitativos, haciendo referencia a las figuras adjuntas, en las que;

La figura 1 muestra un vehículo que comprende un panel de piso,

La figura 2 muestra la transmisión acústica de un panel conocido, no embutido, y de un panel embutido, de acuerdo con una realización de la invención,

La figura 3 es un gráfico de la velocidad de rotación de un motor con respecto a la frecuencia,

La figura 4 muestra la forma en la que se puede determinar una forma modal, de acuerdo con una realización de la invención,

La figura 5 muestra un panel, según la invención, y un panel de tipo conocido, y

La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra las etapas de un procedimiento, de acuerdo con una realización de la invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

La figura 1 muestra un vehículo comercial pesado 10 que comprende un panel sustancialmente plano 12, cuya posición ha sido indicada en líneas de trazos. El panel del piso 12 está conectado al armazón del vehículo por soldadura por puntos, por ejemplo. El panel 12 puede comprender cualquier material que proporcione un cierto grado de rigidez, tal como acero, aluminio, plástico o materiales compuestos.

La figura 2 muestra la transmisión acústica desde un panel conocido 11, no embutido, y un panel embutido 13, de acuerdo con una realización de la invención. La transmisión acústica del panel varía cuando ha sido embutido. La frecuencia de la primera modalidad de vibración del panel embutido 13, según la invención, es, por ejemplo, superior que la frecuencia de la primera modalidad de vibración del panel no embutido 11, tal como se puede apreciar desde la posición de los dos primeros picos en el lado de la izquierda de la figura 2. El panel 13 de la invención ha sido embutido con una forma modal que desplaza la frecuencia de la primera modalidad de vibración a una banda de frecuencia que no es tan molesta para las personas situadas en las proximidades del panel.

La figura 3 es un gráfico que se puede utilizar para identificar la frecuencia, o frecuencias, a las que se transmite la mayor parte del sonido por un panel de piso 12 y, posteriormente, para seleccionar la forma modal que reduce o elimina la transmisión de sonido a dicha frecuencia o dichas frecuencias. El gráfico muestra las frecuencias de vibración producidas por el motor y transmitidas a un panel de piso 12 cuando el motor funciona en su régimen de RPM más habitual 14 (por ejemplo, 1200 a 1800 RPM). El panel del piso vibra provocando que el aire situado dentro del compartimiento de pasajeros vibre y genere, por lo tanto, vibraciones y ruido no deseados. Una banda de frecuencia 16 define las frecuencias a las que se transmite la mayor parte del sonido hacia el vehículo y hacia el conductor del mismo, tal como 25-30 Hz (que es el régimen de rigor en punto muerto de un motor de 6 cilindros de un vehículo comercial pesado) o 30-100 Hz (que corresponde al 3er orden de dicho vehículo).

Al modificar la topografía del panel de piso 12, su frecuencia natural se desplaza hacia arriba y, por lo tanto, el panel de piso ya no resuena cuando es sometido a frecuencias de la banda de frecuencia 16. La banda de frecuencia objetivo en la que se tiene que desplazar la frecuencia natural del panel de piso 12 es la banda de frecuencia 18, de manera que la irradiación acústica desde el panel de piso provocada por el motor es más aceptable. La banda de frecuencia objetivo es, desde luego, distinta para diferentes motores. Aunque el panel de piso embutido irradiará energía acústica a esa frecuencia más elevada, los problemas de alta frecuencia son más fáciles de resolver que los problemas de baja frecuencia.

La figura 4 muestra la forma en que una forma de modalidad de óptima ( $\Phi_{total}$ ) 20 puede ser determinada de acuerdo con una realización de la invención. La figura 4 muestra tres modalidades de vibración del panel de piso ( $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  y  $\Phi_3$ ) sustancialmente plano 12, es decir, 22, 24 y 26. Los valores absolutos 28, 30, y 32 de estas tres modalidades se calculan y se multiplican por los factores  $C_1$ ,  $C_2$ , y  $C_3$ , respectivamente, antes de ser añadidos para obtener la forma de modalidad resultante 20. La forma de modalidad resultante  $\Phi_{total}$ , es impresa entonces en el panel 12. Dado que se han utilizado valores absolutos, las partes convexas del panel embutido sobresaldrán en la misma dirección.

La figura 5 muestra un panel sustancialmente rectangular 34, de acuerdo con una realización de la invención, que ha sido embutido con una forma modal óptima, cuyo contorno fue determinado utilizando un panel sustancialmente plano 12. El panel 34 embutido, según la invención, estéticamente agradable, excita la vibración en una modalidad específica con bajo rendimiento de irradiación acústica con respecto a la entrada de vibraciones en una banda de frecuencia predeterminada que resulta en ruido. Las modalidades de vibración más ruidosas del panel embutido 34 están situadas, por ejemplo, en frecuencias a las que la excitación del motor es pasada con rapidez durante el arranque. Se debe observar que el panel de la invención puede tener cualquier forma regular o irregular, y que no serán necesarios medios de refuerzo, dado que la rigidez del panel 34 se incrementa por el dibujo de la embutición.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo que muestra las etapas de un método para una realización de la invención. El procedimiento comprende las etapas de determinar una o varias modalidades de vibración de un elemento estructural, y amplificar la modalidad de vibración, o cada una de ellas, por un factor superior a cero o menor de cero, pero no igual a cero, para obtener una forma modal que corresponde a una modalidad de vibración amplificada única, o a una superposición de modalidades de vibración amplificadas. Las propiedades de vibración/acústica y/o físicas de un elemento estructural que tiene cada una de dichas formas modales, se determina a continuación y se selecciona la forma modal que tiene las propiedades deseadas para una aplicación específica, y el elemento estructural es embutido con dicha forma modal. Las etapas del procedimiento se pueden aplicar de forma iterativa en etapas finitas hasta que se ha alcanzado el objetivo deseado, tal como se ha mostrado por la flecha de trazos de la figura 6.

## EJEMPLO

Se realizaron algunos cálculos con un panel de acero de  $1\text{m}^2$  simplemente soportado ( $1005 \times 1005 \times 0,8 \text{ mm}$ ) utilizando FEM. Los valores absolutos de las primeras 9 modalidades de vibración del panel de acero fueron embutidas en nueve paneles de las mismas dimensiones, es decir, diferentes modalidades fueron embutidas en cada panel utilizando tres factores de amplificación distintos, y las modalidades de cada panel de acero embutido fueron estudiadas. Los resultados mostraron que la modalidad nº 4 proporcionaba el panel que tenía la mayor rigidez. El panel embutido con la forma modal correspondiente a la modalidad 4 tenía una primera modalidad en 121, 159 y 194 Hz para profundidades de embutición máximas de 30, 40 y 50 mm, respectivamente. La primera modalidad del primer panel de acero plano de  $1 \text{ m}^2$  no embutido apareció a una frecuencia de 3,8 Hz. Por lo tanto, utilizando un factor de amplificación que resultaba en una profundidad de embutición máxima de 40 mm se incrementó la frecuencia de la primera modalidad en un factor aproximado de 42, después de que el panel plano había sido embutido.

# REIVINDICACIONES

1. Elemento estructural, tal como un panel, caracterizado porque es embutido con una forma modal ( $\Phi_{total}$ ), es decir, con cualquiera de las modalidades de vibración estacionarias ( $\Phi_n$ ) de las que es capaz el elemento estructural, o una combinación de las mismas, es decir, una superposición de una serie de modalidades de vibración.

2. Elemento estructural, según la reivindicación 1, caracterizado porque la modalidad de vibración o cada una de las modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ) es amplificada por un factor (C) superior a cero o menor de cero, antes de ser embutida en el elemento estructural.

3. Elemento estructural, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dichas modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ) son modalidades de vibración libre o modalidades de vibración forzada.

4. Elemento estructural, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dicha forma modal ( $\Phi_{total}$ ) está definida por una de las siguientes ecuaciones, en las que las modalidades de vibración individuales se han designado  $\Phi_n$ , siendo n el número de la modalidad; el factor de amplitud para la modalidad n es  $C_n$ , y el valor absoluto de cada modalidad se indica por el símbolo | | :

$$\Phi_{total} = C\Phi_n$$

$$\Phi_{total} = C|\Phi_n|$$

$$\Phi_{total} = C_1\Phi_1 + C_2\Phi_2 + \dots C_n\Phi_n$$

$$\Phi_{total} = C_1|\Phi_1| + C_2|\Phi_2| + \dots C_n|\Phi_n|$$

5. Vehículo (10), caracterizado porque comprende un elemento estructural, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

6. Vehículo (10), según la reivindicación 5, caracterizado porque dicho elemento estructural constituye, como mínimo, una parte del piso o carrocería del vehículo.

7. Procedimiento para el diseño de un elemento estructural, tal como un panel, caracterizado porque comprende las etapas de determinar una o varias modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ) de un elemento estructural, tal como un elemento estructural (12), sustancialmente plano o preconformado, y embutiendo dicho elemento estructural con una forma modal ( $\Phi_{total}$ ), es decir, cualquiera de las diferentes modalidades de vibración estacionaria ( $\Phi_n$ ) de las que es capaz el elemento estructural, o una combinación de las mismas, es decir, una superposición de una serie de modalidades de vibración.

8. Procedimiento, según la reivindicación 7, caracterizado porque comprende la etapa de amplificar la modalidad de vibración, o cada una de ellas, por un factor (C), que es superior a cero, o menor de cero para obtener una forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que corresponde a una única modalidad de vibración amplificada ( $\Phi_n$ ) o una superposición de modalidades de vibración amplificadas ( $\Phi_n$ ).

9. Procedimiento, según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado porque comprende la etapa de determinar una serie de formas modales ( $\Phi_{total}$ ) para un elemento estructural (12), determinando las propiedades de vibración/acústicas y/o físicas de un elemento estructural que tiene cada una de dichas formas modales ( $\Phi_{total}$ ), seleccionando la forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que tiene las propiedades deseadas para una aplicación particular, y embutiendo el elemento estructural (12) con dicha forma modal ( $\Phi_{total}$ ).

10. Procedimiento, según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende la etapa de seleccionar la forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que tiene, como mínimo, una modalidad de vibración dentro de una gamma de frecuencia deseada y/o seleccionar la forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que tiene, como mínimo, una rigidez local dentro de un rango deseado de rigidez.

11. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado porque comprende la etapa de determinar la frecuencia a la que existe un problema relacionado con vibraciones en el elemento estructural (12), y seleccionado una forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que reduce o elimina el problema de vibraciones a dicha frecuencia.

12. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado porque comprende la etapa de determinar la frecuencia a la que se transmite la mayor parte de sonido por el elemento estructural (12) y seleccionando la forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que reduce o elimina la transmisión de sonido a dicha frecuencia.

13. Procedimiento, según la reivindicación 12, caracterizado porque comprende la etapa de seleccionar una forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que reduce o elimina la transmisión de sonido dentro de un rango de frecuencias de 25-35 Hz o 30-100 Hz.

14. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, caracterizado porque comprende la etapa de determinar la forma modal ( $\Phi_{total}$ ) de un elemento estructural (12) por incremento o disminución iterativos del factor de amplitud (C) en etapas finitas y/o incrementado o disminuyendo la profundidad de embutición en etapas finitas, determinando las propiedades de vibración/acústicas y/o físicas de un elemento estructural que tiene cada una de dichas modales ( $\Phi_{total}$ ), seleccionando la forma modal ( $\Phi_{total}$ ) que tiene las propiedades deseadas para una aplicación particular, y embutiendo el elemento estructural (12) con dicha forma modal ( $\Phi_{total}$ ).

15. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, caracterizado porque dichas modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ) son calculadas por medio, por ejemplo, de FEM, o son medidas por medio de sensores.

16. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 15, caracterizado porque dichas modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ) son modalidades de vibración o modalidades de vibración forzada.

17. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 16, caracterizado porque dicha forma modal ( $\Phi_{total}$ ) es determinada utilizando los valores absolutos o valores reales (28, 30, 32) de una o varias modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ).

18. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 17, caracterizado porque dicha forma modal ( $\Phi_{total}$ ) es definida por una de las siguientes ecuaciones, en las que las modalidades individuales son indicadas por  $\Phi_n$ , siendo n el número de modalidad, la amplitud de embutición para la modalidad n es  $C_n$ , y el valor absoluto de cada modalidad queda designada por el símbolo | | :

$$\Phi_{total} = C\Phi_n$$

$$\Phi_{total} = C|\Phi_n|$$

$$\Phi_{total} = C_1\Phi_1 + C_2\Phi_2 + \dots C_n\Phi_n$$

$$\Phi_{total} = C_1|\Phi_1| + C_2|\Phi_2| + \dots C_n|\Phi_n|$$

19. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 18, caracterizado porque comprende la etapa de determinar dichas modalidades de vibración del elemento estructural en un elemento estructural (12) montado o soportado en la aplicación específica en la que será utilizado.

20. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 19, caracterizado porque comprende la etapa de embutir el elemento estructural (12) con una serie de modalidades de vibración ( $C \cdot \Phi_n$ ) una cada vez, o a la misma vez, es decir, embutiendo el elemento estructural (12) con una forma modal ( $\Phi_{total}$ ), que es una superposición de las modalidades de vibración ( $\Phi_n$ ).

21. Producto de programa de ordenador, caracterizado por comprender un programa de ordenador que contiene medios de código de programa de ordenador dispuestos para provocar que un ordenador o un procesador ejecute, como mínimo, una de las etapas de un procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 20, almacenadas en un soporte legible por ordenador o una onda portadora.



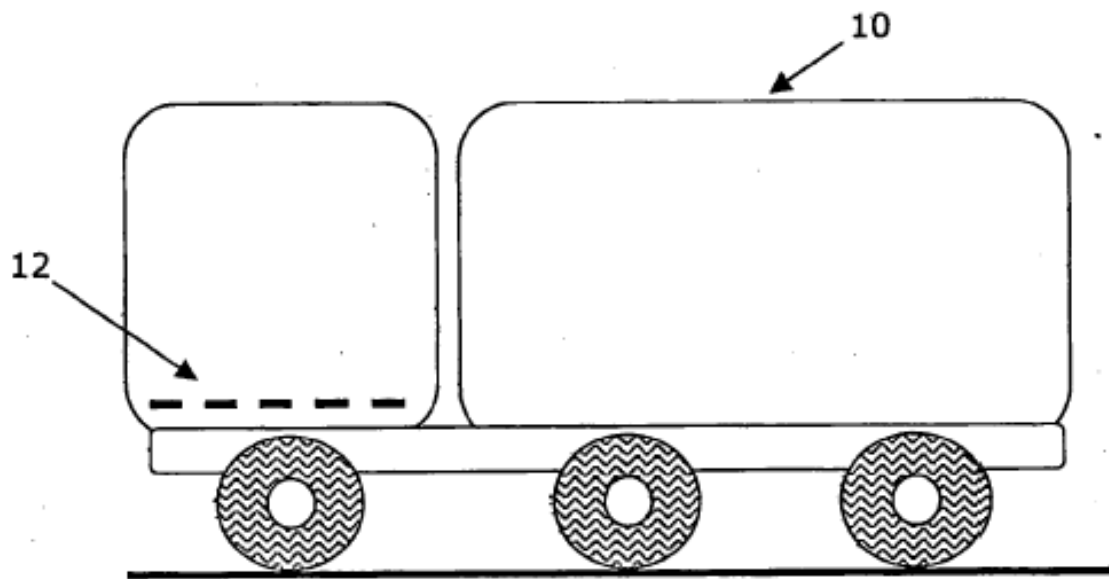


Fig. 1

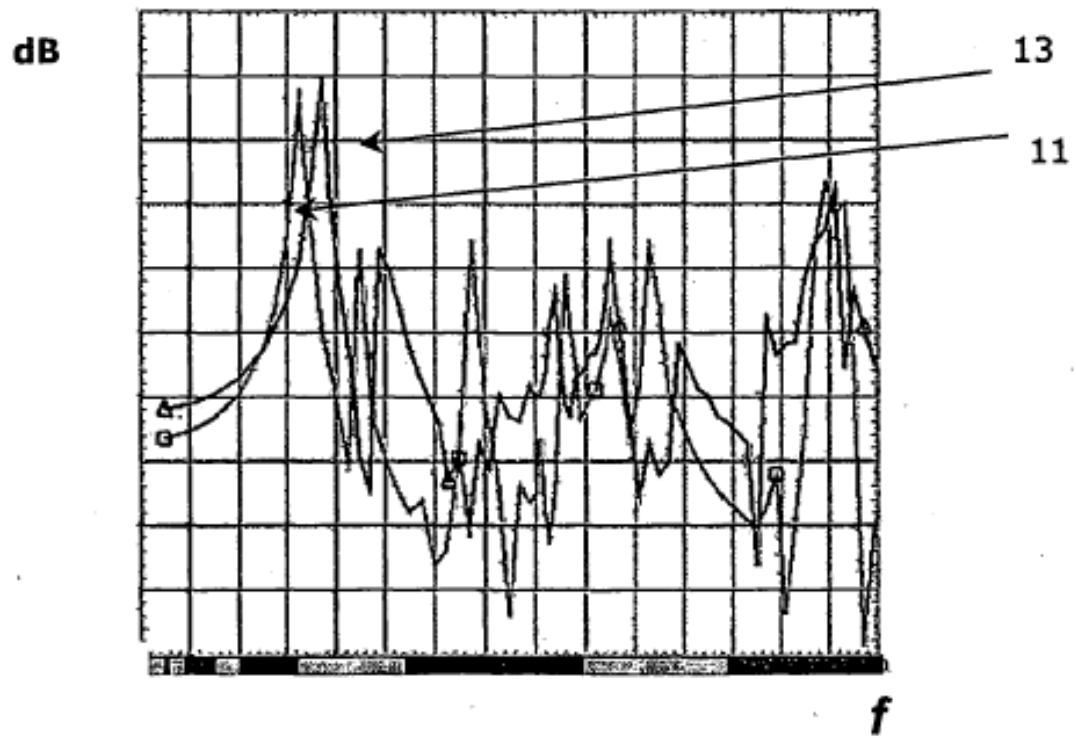


Fig. 2

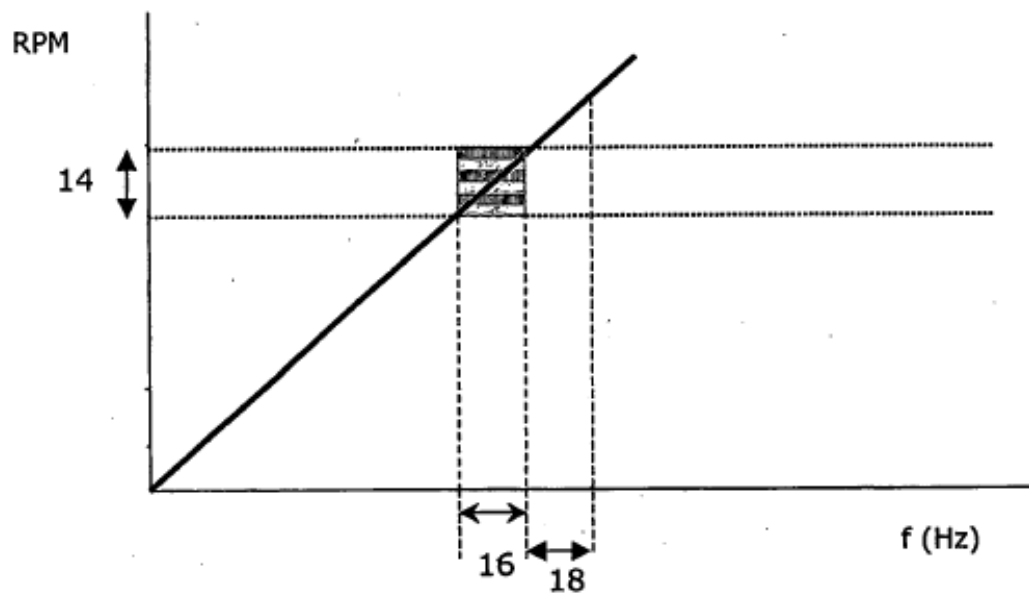


Fig. 3

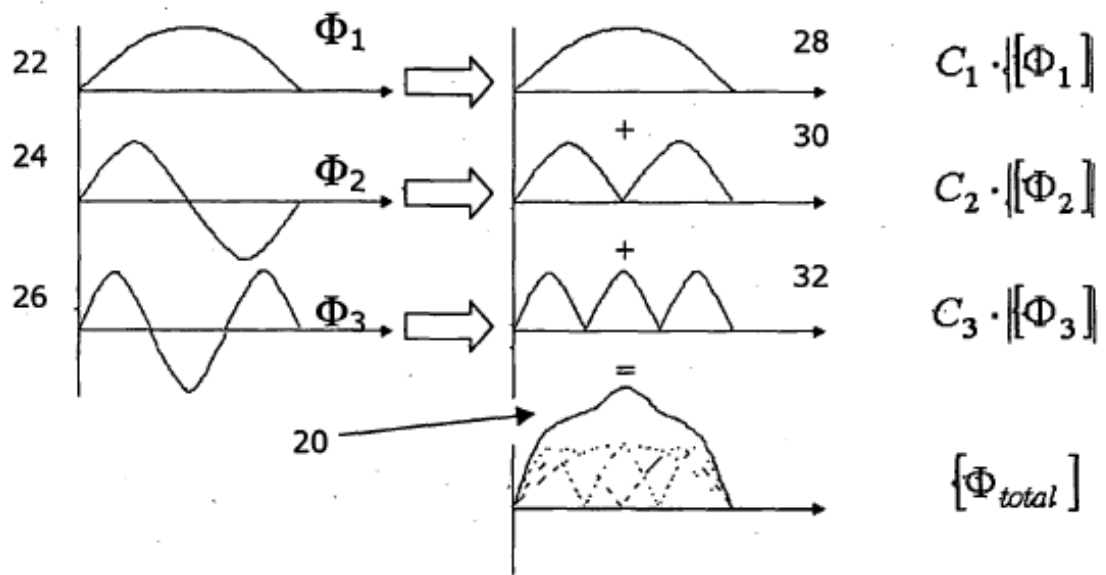


Fig. 4

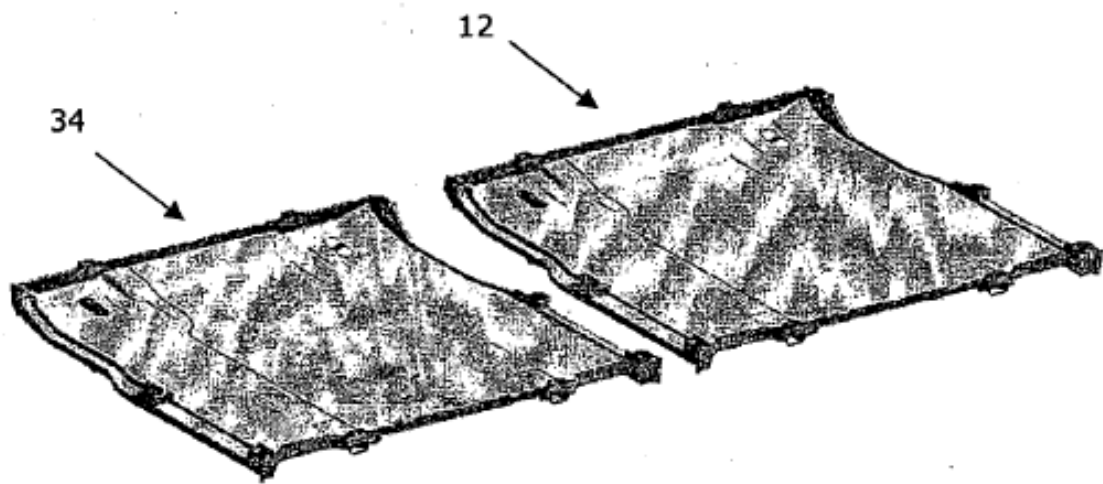


Fig. 5

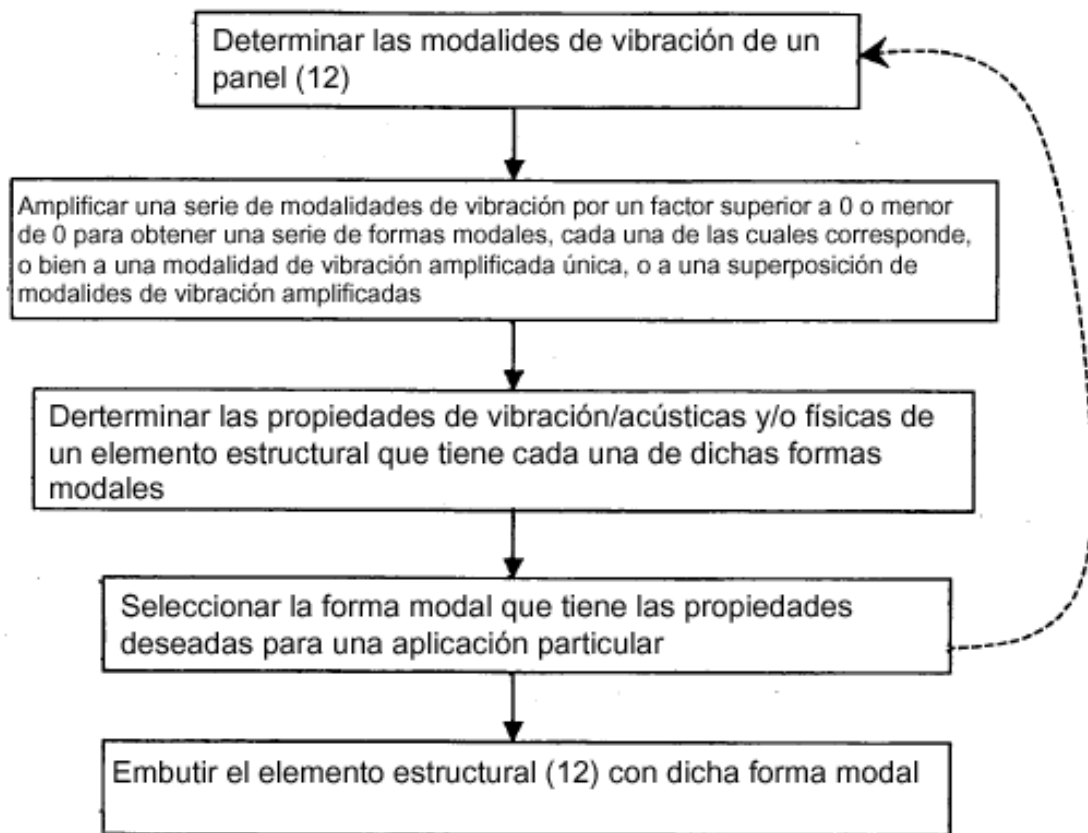


Fig. 6