

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 964**

51 Int. Cl.:

G01N 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2003 E 03425633 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **31.03.2004 EP 1403630**

54 Título: **Dispositivo para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos en elementos estructurales y estéticos y uso del mismo**

30 Prioridad:

30.09.2002 IT rm20020486

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2013

73 Titular/es:

**CENTRO SVILUPPO MATERIALI S.P.A. (100.0%)
VIA DI CASTEL ROMANO 100-102
00129 ROMA, IT**

72 Inventor/es:

**MANNUCCI, GIANLUCA;
DEMOFONTI, GIUSEPPE;
COPPOLA, TOMMASO;
VITTORI, OSVALDO y
GUAGNELLI, MAURO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 394 964 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos en elementos estructurales y estéticos y uso del mismo

- 5 El presente invento se refiere a un dispositivo para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos, provocados por medios y herramientas operativos de diferente tipo que impactan en elementos estructurales y estéticos, por ejemplo daños tales como perforaciones, abolladuras y arañazos provocados por cucharas excavadoras en elementos estructurales como por ejemplo tuberías subterráneas o submarinas.
- 10 El presente invento se refiere además a un método para utilizar el dispositivo anteriormente mencionado para evaluar la resistencia al impacto de elementos estructurales, por ejemplo tuberías incluso posiblemente sometidas a presión, y elementos estéticos, por ejemplo fachadas continuas de edificios.
- 15 En lo que sigue, con la denominación de elementos estructurales se hace referencia a elementos de tamaños enormes, normalmente fabricados de metal, hormigón pretensado, cemento reforzado y similares, que desempeñan una función estructural estática. Por ejemplo, es posible mencionar piezas de infraestructura, armazones, conductos enterrados, sumergidos o al aire, plataformas, suelos para almacenamiento o pistas de aterrizaje, contenedores, quillas y similares.
- 20 En lo que sigue, con la denominación de elementos estéticos se hace referencia a elementos de tamaño medio/grande, normalmente fabricados de vidrio, plástico, material compuesto, metal, hormigón y similares, que no desempeñan una función estructural estática, pero que deben ser capaces de soportar impactos o tensiones excepcionales. Por ejemplo, es posible mencionar piezas de infraestructura, armazones, fachadas continuas de edificios/barcos/aviones, paneles de insonorización y similares.
- 25 Este tipo de elementos pueden ser voluminosos y/o estar situados en una posición apenas controlable, en particular, por ejemplo pueden estar enterrados o en una posición difícilmente accesible y, por lo tanto, están sometidos potencialmente a accidentes en los cuales un cuerpo operativo exterior (por ejemplo una máquina operativa, el ancla de un barco, etc.) daña el elemento en cuestión.
- 30 Por ejemplo, en el campo de los conductos, una herramienta como por ejemplo el diente de una cuchara excavadora, una perforadora, una fresadora o una pala podrían golpear un conducto, un elemento de soporte o similar, provocando una perforación, una abolladura o un arañazo que podría reducir la capacidad del elemento para desempeñar su propia función estructural. En otros casos, el propio elemento estructural podría golpear un obstáculo fijo, en algún caso afilado, como por ejemplo una roca.
- 35 Lo que se necesita es predecir si, después del suceso de impacto, el elemento es capaz de seguir desempeñando su propia función de forma segura, y durante cuánto tiempo.
- 40 Por ejemplo, en el campo de conductos enterrados, se admite generalmente que los daños mecánicos debidos a excavadoras representan en el mundo una de las principales causas de fallo en la red de tuberías de gas terrestres. De hecho, debido al impacto con la cuchara de una excavadora, se puede producir un daño superficial o una perforación en la superficie exterior de la tubería, afectando a la integridad estructural del conducto.
- 45 En el caso de una perforación, se produce una pérdida inmediata de la capacidad de contención de la tubería y, dependiendo del tamaño de dicha perforación, se pueden producir consecuencias sobre la capacidad para transportar el fluido y sobre la integridad del entorno circundante.
- 50 Estudios llevados a cabo sobre este tipo de daños han conducido al desarrollo de diferentes modelos en la literatura (véanse, por ejemplo, las obras de *British Gas*, *Gas de France*, etc.) capaces de predecir los efectos de abolladuras y arañazos en términos de integridad estructural residual de la tubería dañada.
- A pesar de la enorme cantidad de trabajo ya realizado, en realidad se han llevado a cabo pocos estudios para conectar los parámetros de la excavadora con el proceso de formación de daños y, por lo tanto, con los tamaños de la abolladura y del arañazo.
- Para llenar este hueco es necesario realizar ensayos a escala real que reproduzcan el proceso de daño sobre el conducto presurizado.
- Los resultados de tales ensayos son de máxima importancia para: 1) determinar la capacidad de una excavadora preestablecida para dañar un conducto de gas presurizado dado; y 2) proporcionar un modelo numérico de evaluación analítica del daño.
- Las excavadoras reales no son apropiadas para ser usadas como "herramientas de ensayo", dado que la controlabilidad y la reproducibilidad del ensayo no son satisfactorias.
- Este ejemplo se puede llevar fácilmente a otros campos y a otros tipos de daños. A modo de ejemplo, se podría desear predecir la resistencia de una plataforma usada para el aterrizaje de un helicóptero, donde la herramienta que provoca el daño podría ser el tren de aterrizaje de tipo esquí del propio helicóptero.

El documento US 4.506.949 explica un dispositivo para la comprobación automática de soldaduras entre piezas tubulares, que incluye un rodillo que se mueve sobre raíles y que lleva un brazo telescópico orientable por rotación alrededor de su eje.

- 5 En el documento JP 07186036A se explica un dispositivo que comprende un brazo mecánico articulado; medios para impulsar el brazo mecánico de acuerdo con una trayectoria horizontal, vertical o una combinación horizontal/vertical y para ajustar dicha trayectoria y dicha fuerza.

- 10 El problema técnico subyacente al presente invento es proporcionar un dispositivo de evaluación que permita eludir los inconvenientes mencionados con referencia al estado del arte conocido, permitiendo obtener datos concretos y numerosos sobre los daños típicos para elementos estructurales y estéticos para los cuales también se quiere tener disponibles modelos que predigan los efectos de dichos daños.

Este problema es solucionado por un dispositivo para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos, que comprende:

un brazo mecánico articulado;

- 15 medios para impulsar un brazo mecánico articulado en una trayectoria horizontal o vertical, o en una combinación horizontal/vertical, y con una fuerza predeterminada y

medios para establecer, controlar y ajustar dicha trayectoria y dicha fuerza;

el cual está provisto de un soporte para un elemento estructural o estético a ensayar, de una herramienta de ensayo soportada por el brazo mecánico articulado y de medios para evaluar el impacto entre la herramienta de ensayo y la superficie del tramo de elemento afectado por el contacto.

- 20 La principal ventaja del dispositivo de acuerdo con el presente invento radica en la posibilidad de realizar ensayos con fuerza (estática y dinámica), dirección de impacto y características de la herramienta variables dentro de un amplio rango de posibles objetos que impactan y de elementos estructurales y estéticos sometidos a impacto.

Por ejemplo, en el caso de tuberías, el dispositivo y el uso del mismo permiten obtener los parámetros útiles para predecir el comportamiento *in situ* de la propia tubería en el caso de daños mecánicos provocados por excavadoras.

- 25 A continuación se describirá el presente invento de acuerdo con una realización preferente del mismo, dada a modo de ejemplo y no con fines limitativos, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

* la figura 1 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de evaluación de acuerdo con el invento;

* la figura 2 muestra una vista en alzado lateral del dispositivo de la figura 1;

* la figura 3 muestra una vista en perspectiva de un detalle del dispositivo de la figura 1;

- 30 * la figura 4 muestra un diagrama de bloques que ilustra el funcionamiento del dispositivo de la figura 1;

Se describe un dispositivo para evaluar tramos de tubería sometida a presión, diseñada para ser enterrada. La herramienta para la cual se ha concebido este ejemplo es el diente de una cuchara excavadora. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, con la palabra "herramienta", se hará referencia a cualquier objeto capaz de provocar un daño mecánico en cualquier elemento estructural, por ejemplo, taladros, cucharas sin dientes, fresadoras o arados mecánicos, palas, piedras. Además, también se podría desear ser capaz de simular la interferencia estática con objetos para provocar daños, por ejemplo el daño provocado al apoyar tuberías sobre las crestas puntiagudas de rocas, bases metálicas subterráneas, etc.

- 35 Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, se designa de forma global con el número 1 un dispositivo para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos.

- 40 Este dispositivo comprende una base 2 a la cual está fijado un primer elemento 3 fijo, con un brazo 4 mecánico articulado que comprende, en el extremo del primer elemento 3 situado enfrente de la base 2, una primera articulación 5 conectada a un segundo elemento 6 giratorio provisto a su vez de una segunda articulación 7 conectada a un tercer elemento 8 giratorio.

- 45 Por efecto de dichos elementos 6, 8 giratorios el brazo 4 mecánico articulado tiene el movimiento permitido sobre un plano de trabajo, identificable en el plano de la figura 2.

El tercer elemento 8 giratorio está conectado a un cabezal 9 de impacto porta-herramientas, el cual se describirá con mayor detalle más adelante en este mismo documento, que soporta una herramienta 10 de ensayo.

- 50 El dispositivo propuesto comprende primeros medios 11, 12 para la impulsión del brazo 4 mecánico articulado para mover la herramienta 10 de ensayo en una dirección con componente axial sobre dicho plano de trabajo, con una fuerza predeterminada.

- En la presente realización, los primeros medios 11, 12 para impulsión comprenden dos actuadores oleodinámicos controlados por dos servo-controles electrohidráulicos en bucle cerrado colocados en realimentación sobre la posición. Dichos medios de accionamiento están situados, el primero 11 entre el primer elemento 3 fijo y el segundo elemento 6 giratorio, y el segundo actuador 12 extensible, entre el segundo elemento 6 giratorio y el tercer elemento 8 giratorio. Los dos actuadores pueden ser controlados a la vez y por lo tanto pueden reproducir una trayectoria compuesta describiendo el movimiento del brazo articulado de una excavadora.
- En cambio, la base 2 comprende una mesa 13 de soporte giratorio, que soporta un tramo 14 de elemento, el cual está fijado a la mesa 13 por medio de una estructura 17 con forma de silla de montar que lo fija de forma transversal y longitudinal, con el fin de simular por ejemplo una tubería subterránea.
- Se debe observar que la estructura 17 con forma de silla de montar, construida con elementos con forma de U, tendrá que ser dimensionada de manera particular dependiendo del elemento a ensayar. Dicha estructura comprenderá soportes elastoméricos, no mostrados, para reproducir las condiciones de apoyo de forma óptima.
- De acuerdo con diferentes variantes, la mesa 13 de soporte se podría diseñar para alojar y sujetar firmemente cualquier tipo de elemento estructural o estético.
- En el caso de un elemento tubular sometido a presión, el tramo 14 de tubería comprende en sus propios extremos respectivas abrazaderas 15 que soportan fondos 16 de cierre para sellar el tramo 14 de tubería.
- Si se requiere la presencia de presión interna, el dispositivo 1 comprende una primera unidad central de presurización, de tipo convencional y no mostrada, capaz de comunicar al fluido contenido en el interior del tramo 14 de tubería una presión apropiada para llevar a cabo el ensayo, por ejemplo 10 MPa. Dicho fluido puede ser un fluido incompresible para hacer claramente visibles posibles fugas, es decir, simple agua.
- La unidad central de presurización y los medios mencionados anteriormente para sellar el tramo 14 de tubería representan medios para presurizar el tramo 14 de tubería.
- El dispositivo 1 comprende segundos medios de accionamiento situados entre la base 2 y la mesa 13 de soporte, para permitir que la mesa gire hasta una posición predeterminada, caracterizados por una angulación precisa elegida con antelación a la realización del ensayo, para simular el ángulo entre el brazo de impacto y el elemento a ensayar.
- Dichos segundos medios de accionamiento comprenden un tercer actuador 18 oleodinámico para mover horizontalmente la mesa 13 de soporte y por lo tanto la herramienta de ensayo. Dicho actuador está conectado a una segunda unidad central de presurización.
- Haciendo referencia a la figura 3, se describe en ella el cabezal 9 de impacto. Dicho dispositivo se proporciona para que sea intercalado entre el brazo 4 articulado y un cabezal 19 porta-transductor al cual está físicamente fijada la herramienta 10 de ensayo.
- El cabezal 9 de impacto está construido para permitir simular, en el caso de un impacto desalineado con respecto a la generatriz superior del tramo 14 del elemento a ensayar, el desplazamiento transversal de la herramienta 10 de ensayo debido, por ejemplo, al hundimiento de la excavadora. El sistema está provisto de guías insertadas fabricadas de acero cementado y rectificado, con placas de recirculación de rodillos, las cuales permiten el deslizamiento transversal del cabezal 9 de impacto con respecto al brazo 4 minimizando el rozamiento.
- Cuatro grupos de muelles 20 se oponen al movimiento, para implementar una rigidez por ejemplo comparable con la rigidez transversal máxima medida experimentalmente en las excavadoras. También se proporciona la posibilidad de eliminar dos de los cuatro grupos de muelles, para implementar una rigidez igual a la mitad de la máxima. La desalineación inicial se puede ajustar desde 0 hasta 150 mm. La carrera máxima es igual a 275 mm, para una desalineación máxima final de 425 mm.
- Por medio de un grupo de freno de zapata deslizante con precarga ajustable, se implementa una carrera inicial sin aumentar la fuerza de reacción transversal, con el fin de simular la recuperación de las holguras en los acoplamientos del brazo de la excavadora. La fuerza trasversal se puede ajustar dentro del rango 5-15 kN.
- La herramienta 10 de ensayo tiene una estructura para imitar el daño provocado por la cuchara de una excavadora, que podría ser un diente de cuchara real.
- Sin embargo, se debe observar que es posible fijar al cabezal de impacto una herramienta de ensayo que reproduce la forma de cualquier objeto que pudiera golpear o interferir con el elemento estructural y/o estético.
- Se aplicará de esta forma la carga que provoca el daño del elemento 14, de acuerdo con la presente realización, por medio de dicho diente de cuchara. La carga dinámica o estática aplicada se mide por medio de un transductor de fuerza capaz de detectar la fuerza aplicada de acuerdo con 3 componentes ortogonales; dicho transductor está situado entre el cabezal 19 porta-transductor y el elemento 10 de impacto.

El cabezal 19 porta-transductor es del tipo que se puede ajustar manualmente al comienzo del ensayo estableciendo el ángulo de unión del elemento 10 de impacto.

El dispositivo 1 de evaluación comprende medios para ajustar la dirección y la fuerza con la cual el dispositivo inflige golpes al tramo del elemento 14 a ensayar, designándose globalmente dichos medios con el número 21 (figura 4).

- 5 Los citados medios 21 de ajuste comprenden una unidad 22 de cálculo en la cual se introducen los parámetros, de acuerdo con los cuales se tiene que mover la herramienta 10 de ensayo, que es una ley de movimiento $x(t)$, $z(t)$ en el plano x, z , designada con el número 23, sobre la cual se mueve el brazo 4 mecánico articulado.

- 10 Basándose en un software 24 específico, la unidad 22 de cálculo transforma la ley 23 de movimiento de la herramienta 10 en una ley operativa de dichos primeros medios para impulsión, es decir en funciones 25 operativas $a(t)$, $b(t)$ para los comandos 11, 12 servo respectivos. Actuando de forma adecuada sobre los muelles 20 y sobre la holgura y sobre la intensidad de los frenos de zapata que existen en el cabezal 9 de impacto, el cabezal tiene la posibilidad de moverse dentro del plano transversal al plano de impacto (el plano que contiene a los actuadores 11 y 12) realizando una trayectoria/giro en el espacio.

- 15 Dichas funciones 25 operativas se envían a una unidad 26 servo-controladora digital la cual, por medio de controladores 27 específicos, transmite dichas funciones a los servo-cilindros 30, 31 alimentados y controlados por las respectivas servo-válvulas 28, 29. El conjunto de servo-cilindros 30, 31 y de las respectivas servo-válvulas constituyen los primeros medios 11 y 12 para impulsar anteriormente mencionados.

- 20 Como se ilustra en la figura 4, la acción de los servo-cilindros 30, 31 se traduce en un desplazamiento del elemento de impacto montado sobre el cabezal 9 porta-herramientas, provocando una interacción con el tramo del elemento 14 a ensayar.

Las señales de desplazamiento de cada servo-cilindro 30 y 31, señales captadas en tiempo real por medio de los transductores de desplazamiento LVDT situados sobre cada uno de ellos (figura 4), son procesadas por la unidad 26 servo-controladora para garantizar que la aplicación de la ley 25 de movimiento es realizada correctamente por cada servo-cilindro 30 y 31.

- 25 Con el fin de evaluar los efectos del golpe infligido, el transductor mencionado anteriormente del cabezal 19 porta-transductor está constituido por una célula de carga 32 capaz de detectar a lo largo de las tres direcciones, por medio de sensores dinamométricos apropiados, los valores de la fuerza asociada a dicho golpe, siendo estos valores, traducidos por un software 33 específico y por medio de un amplificador 34 apropiado, transferidos a la citada unidad 26 servo-controladora con un doble propósito: representar y registrar las fuerzas y las posiciones importantes para el ensayo en curso y proporcionar señales de realimentación para simular correctamente la rigidez del elemento de impacto por medio de limitaciones a la fuerza aplicada.

- 30 El dispositivo 1 de acuerdo con el invento comprende medios para evaluar el impacto entre la herramienta 10 de ensayo y la superficie del tramo 14 del elemento afectada por el contacto.

- 35 Dichos medios de evaluación pueden comprender una videocámara 35 situada cerca del tramo 14 del elemento (figura 2), por ejemplo del tipo con grabación de alta velocidad, para poder observar el impacto, y un dispositivo de detección tri-dimensional, por ejemplo del tipo láser, capaz de registrar el perfil del elemento dañado después del impacto, preferiblemente con una precisión de 0,05 mm.

De esta manera es posible reunir toda la información acerca de la abolladura y del arañazo experimental, para análisis específicos posteriores.

- 40 También es sujeto del presente invento un método para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos usando el dispositivo descrito anteriormente, el cual está compuesto por:

- * posicionar a lo largo del eje x el tramo del elemento 14 a ensayar, garantizando un área de continuidad superficial del elemento, preferiblemente igual a ± 600 mm;
- 45 * hacer girar alrededor del eje z vertical el tramo del elemento 14 en un rango entre 0° y 180° , para llevar a cabo ensayos con diferentes posiciones angulares relativas entre los ejes del elemento y del dispositivo 1, con el fin de realizar un programa de ensayos completo, siendo suficiente con un posicionamiento discreto con referencias por ejemplo cada 5° ;
- * hacer girar el transductor de fuerza, para variar el ángulo de impacto desde 0° hasta 90° ; y
- 50 * posicionar de una manera desalineada el transductor de fuerza con respecto al plano del dispositivo 1; el posicionamiento es continuo fijando una desalineación deseada máxima por ejemplo de 350 mm en un lado sólo con respecto al eje del dispositivo 1.

Cada uno de los movimientos anteriores tendrá que proporcionar dispositivos de bloqueo, no mostrados, para garantizar la fijación de la posición durante toda la duración del ensayo.

El área de trabajo se posicionará sobre la mesa 13 de soporte para reproducir las condiciones de impacto reales.

La velocidad máxima del cabezal de impacto será de 5 m/s. En el punto de impacto, la inclinación del vector velocidad con respecto al eje z estará en el rango entre 0° y 85°.

5 A modo de ejemplo, la máxima fuerza estática que el sistema tiene que ser capaz de generar en el contacto diente-tubería es 300 kN en la dirección z y 200 kN en la dirección x. Bajo condiciones de impacto dinámico, la fuerza ejercida podría ser incluso mayor y dependerá del valor de la velocidad de impacto y de las posibles masas adicionales utilizadas. De esta forma, el aparato tendrá que estar diseñado para resistir tensiones dinámicas de hasta 500 kN en la dirección z y 200 kN en la dos direcciones x e y.

10 La rigidez del sistema de ensayo (bastidor, estructura con forma de silla de montar, brazos o pórtico) tendrá que ser tal que garantice la repetibilidad del ensayo y sin embargo mayor que la rigidez total del "sistema excavador" determinada por la rigidez de los brazos y de todas las piezas estructurales, por la rigidez del sistema oleodinámico de a bordo, por la limitación de fuerzas después de: intervención de válvulas máximas generales, elevación de la propia excavadora, hundimiento del terreno bajo las orugas, etc.

15 Para reproducir el efecto de hundimiento del sistema real en el aparato de ensayo, se tendrá que proporcionar una corrección de software como se ha descrito anteriormente, en tiempo real durante la ejecución del ensayo, de la trayectoria que depende de las fuerzas que surgen de la interacción diente-tubo. La corrección tendrá que ser parametrizada con el fin de reproducir diferentes tipos de excavadora. La definición de dicha corrección depende de la disponibilidad de datos experimentales o resultados de cálculos relacionados con los parámetros anteriores.

20 La energía del impacto se podría variar, siendo la velocidad la misma, añadiendo masas apropiadas sobre el dispositivo de aplicación de la carga.

El sistema tendrá que ser capaz de monitorizar, representar gráficamente y numéricamente y registrar las siguientes señales y/o de procesar las mismas:

- * tres componentes de fuerza en las direcciones x, y, z (sistema de referencia integral con la célula de carga);
- * dos posiciones de los actuadores 11, 12;
- 25 * tres componentes de fuerza en el sistema de referencia fijo con respecto al dispositivo 1;
- * dos componentes de posición en las direcciones x, z (sistema de referencia fijo con respecto al dispositivo 1);
- * dos componentes de velocidad en las direcciones x, z (sistema de referencia fijo con respecto al dispositivo 1); y
- 30 * dos componentes de aceleración en las direcciones x, z (sistema de referencia fijo con respecto al dispositivo 1);

Basándose en el modo de aplicación descrito anteriormente, es posible montar un experimento para simular los efectos de una excavadora real.

35 El primer paso del experimento consistirá en identificar la información necesaria para planificar el ensayo, por ejemplo tipo y principales características de la excavadora, modos de excavación y posición relativa entre la excavadora y el tubo. Dicha información se puede transferir inmediatamente al dispositivo de evaluación, considerando también que la herramienta 10 de ensayo puede ser un diente real de la excavadora.

Partiendo de dicha información, es posible planificar el ensayo de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- 40 1. basándose en las características de la excavadora y en los modos de excavación, identificación de una trayectoria sobre el plano de agresión x, z al tramo de tubería;
2. establecimiento de las máximas fuerzas estáticas que se pueden predecir verticalmente y horizontalmente como el límite para las máximas fuerzas verticales y horizontales durante la formación de arañazos que está generalmente asociado con las velocidades bajas del diente en la etapa de excavación real, dichas limitaciones se obtienen por medio del ciclo para el control de la rigidez de la excavadora descrito anteriormente;
- 45 3. determinación de la velocidad de impacto basándose en la combinación entre la máxima energía cinética del impacto dinámico y la máxima fuerza de impacto; y
4. reproducción de la rigidez transversal de la excavadora ajustando los muelles 20 sobre el cabezal 9 de impacto, permitiendo implementar un arañazo con forma de serpentina completamente similar a los reales.

50 Ejemplos de ensayos, comparados con los daños reales provocados por una excavadora, han llevado a la formación de daños muy similares a los reales.

A modo de ejemplo adicional, el elemento estructural que se quiere someter a ensayo podría ser una plataforma usada para el aterrizaje de helicópteros, del tipo usado en plataformas petrolíferas.

5 En este caso, la herramienta de ensayo podría ser el tren de aterrizaje de tipo esquí de un helicóptero, el cual podría ser impulsado en diferentes direcciones, con las velocidades y fuerzas típicas para simular la velocidad de aterrizaje y el peso de un helicóptero.

Este ensayo se podría repetir un número de veces suficiente para evaluar los daños infligidos sobre una superficie seleccionada de una plataforma. A partir de este análisis se pueden obtener datos útiles para un modelo de la resistencia estructural de la plataforma, los cuales permitirían la sustitución de la misma antes de fallos o accidentes.

10 Para el dispositivo de evaluación anteriormente mencionado y para el uso relacionado del mismo, una persona con experiencia en la técnica, con el fin de satisfacer necesidades adicionales y contingentes, podría introducir modificaciones y variantes adicionales, comprendidas todas sin embargo en el alcance protector del presente invento, como es definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos que comprende:
un brazo (4) mecánico articulado;
5 medios (11, 12) para impulsar un brazo (4) mecánico articulado de acuerdo con una trayectoria horizontal, vertical o una combinación horizontal/vertical, y con una fuerza predeterminada; y medios (21) para establecer, controlar y ajustar dicha trayectoria y dicha fuerza; caracterizado por el hecho de estar provisto de un soporte (13) para un elemento (14) a ensayar estructural o estético, con una herramienta (10) de ensayo soportada por el brazo mecánico articulado y con medios (35, 36) para evaluar el impacto entre la herramienta (10) de ensayo y la superficie del tramo (14) del elemento afectada por el contacto.
- 10 2. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una base (2) a la cual está conectado un primer elemento (3) fijo de dicho brazo (4) mecánico articulado, el cual además comprende, en el extremo del primer elemento (3) situado enfrente de la base (2), una primera articulación (5) conectada a un segundo elemento (6) giratorio, a su vez provisto de una segunda articulación (7) conectada a un tercer elemento (8) giratorio.
- 15 3. El dispositivo (1) de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, en el cual dichos medios para impulsión comprenden un primer actuador (11) extensible servo-controlado, situado entre el primer elemento (3) fijo y el segundo elemento (6) giratorio, y un segundo actuador (12) extensible servo-controlado, situado entre el segundo elemento (6) giratorio y el tercer elemento (8) giratorio.
4. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual dichos actuadores (11, 12) son del tipo en bucle cerrado colocados en realimentación sobre la posición.
- 20 5. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicho soporte comprende una mesa (13) de soporte giratoria.
6. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual dicho tramo de elemento (14) a ensayar está fijado a la mesa (13) de soporte por medio de una estructura (17) de apoyo para fijar dicho elemento de manera transversal y longitudinal.
- 25 7. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual dicha estructura (17) de apoyo está provista de elementos con forma de U con tamaños seleccionados en el caso de que el elemento (14) a ensayar esté constituido por un tramo de tubería.
8. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la estructura (17) de apoyo comprende soportes elastoméricos, para reproducir la restricción de apoyo.
- 30 9. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende medios (15, 16) para presurizar el elemento estructural a ensayar, en particular un tramo (14) de tubería.
10. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicho soporte (13) se puede hacer girar hasta una posición predeterminada.
- 35 11. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un cabezal (9) de impacto porta-herramientas que soporta a dicha herramienta (10) de ensayo, teniendo dicho cabezal (9) de impacto un cabezal (19) porta-transductor al cual está fijada físicamente la herramienta (10) de ensayo, el cual tiene un transductor (32) de fuerza con tres componentes.
12. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un cabezal (9) de impacto porta-herramientas que soporta a dicha herramienta (10) de ensayo, estando dicho cabezal (9) de impacto ensamblado con el deslizamiento permitido sobre guías y estando provisto de grupos de muelles (20), para permitir el movimiento transversal de dicho cabezal de impacto de acuerdo con una ley de fuerza-desplazamiento preestablecida dependiendo de las características y del número de muelles utilizados.
- 40 13. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un cabezal (9) de impacto porta-herramientas que soporta a dicha herramienta (10) de ensayo, teniendo dicho cabezal (9) de impacto un grupo de freno de zapata deslizante con precarga ajustable, implementando de esta forma una carrera inicial sin incrementar la fuerza de reacción transversal.
- 45 14. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la herramienta (10) de ensayo se elige dentro del grupo que comprende: un diente de cuchara, un taladro de perforadora, una fresadora, una pala, un tren de aterrizaje para helicóptero de tipo esquí o de tipo rueda, un elemento macizo con forma similar a una roca, un elemento para choques.
- 50 15. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dichos medios (21) de ajuste comprenden una unidad (22) de cálculo, en la cual se introducen los parámetros de acuerdo con los cuales se tiene que mover la

herramienta (10) de ensayo en el plano del dispositivo (1) y los cuales se transforman en una función operativa de los citados medios (11, 12) de accionamiento.

- 5 16. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicaciones 11 y 15, en el cual dicho transductor constituye una célula de carga (32) capaz de detectar a lo largo de las tres direcciones, por medio de sensores dinamométricos, los parámetros del impacto de la herramienta (10) de ensayo los cuales son transferidos a una unidad (26) servo-controladora para representar y registrar las fuerzas y posiciones importantes para el ensayo en curso y para proporcionar señales de realimentación para simular correctamente la rigidez del elemento de impacto limitando la fuerza aplicada.
- 10 17. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los medios para evaluar el impacto entre la herramienta (10) de ensayo y la superficie del tramo (14) de la tubería afectada por el impacto comprenden una videocámara (35) situada cerca del tramo (14) de la tubería, para poder registrar el impacto.
- 15 18. El dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual los medios para evaluar el impacto entre la herramienta (10) de ensayo y la superficie del elemento (14) a ensayar afectado por el impacto comprenden un dispositivo para la detección tri-dimensional capaz de registrar el perfil del elemento a ensayar después del impacto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
19. Un método para evaluar la resistencia a la formación de daños mecánicos usando el dispositivo de las reivindicaciones 1 a 18, el cual comprende los pasos sucesivos de:
 - posicionar a lo largo de un eje (x) un tramo de un elemento (14) a ensayar, garantizando un área de
 - 20 hacer girar alrededor de un eje (z) vertical el tramo del elemento (14) a ensayar dentro de un rango de entre 0 grados y 180 grados;
 - hacer girar el ángulo de impacto entre la herramienta (10) de ensayo y el tramo del elemento (14) a ensayar entre 0 y 90 grados; y
 - 25 posible posicionamiento de forma desalineada de la herramienta (10) de ensayo, para implementar impactos en planos paralelos al plano de agresión vertical al elemento (14) a ensayar, conteniendo el plano los actuadores (11, 12) del dispositivo.
20. El método de acuerdo con la reivindicación 19, en el cual la velocidad máxima de la herramienta (10) de ensayo es de al menos 5 m/s.
21. El método de acuerdo con la reivindicación 19, en el cual se monitorizan las siguientes cantidades:
 - 30 tres componentes de fuerza en las tres direcciones;
 - dos posiciones de los actuadores (11, 12);
 - tres componentes de fuerza en el sistema de referencia fijo con respecto al dispositivo (1);
 - dos componentes de posición sobre el plano de agresión (x, z);
 - dos componentes de velocidad sobre el plano de agresión (x, z); y
 - 35 dos componentes de aceleración sobre el plano de agresión (x, z).

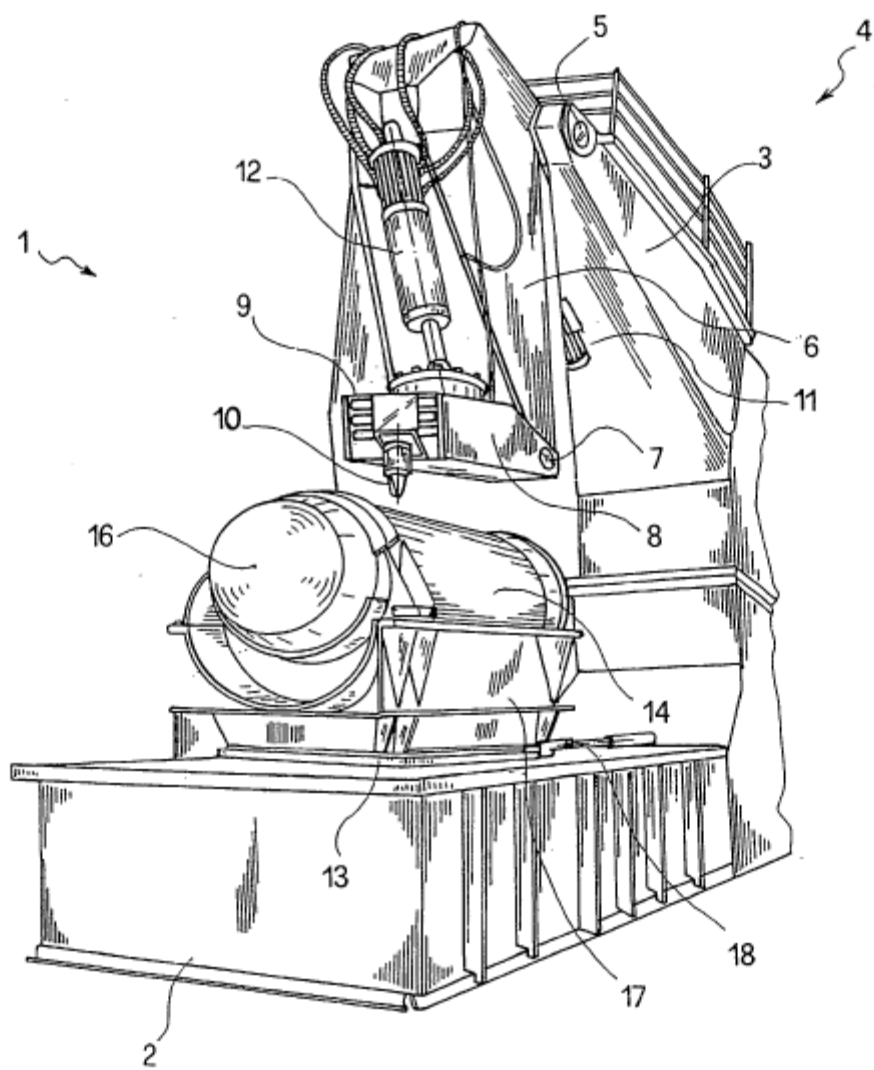


fig.1

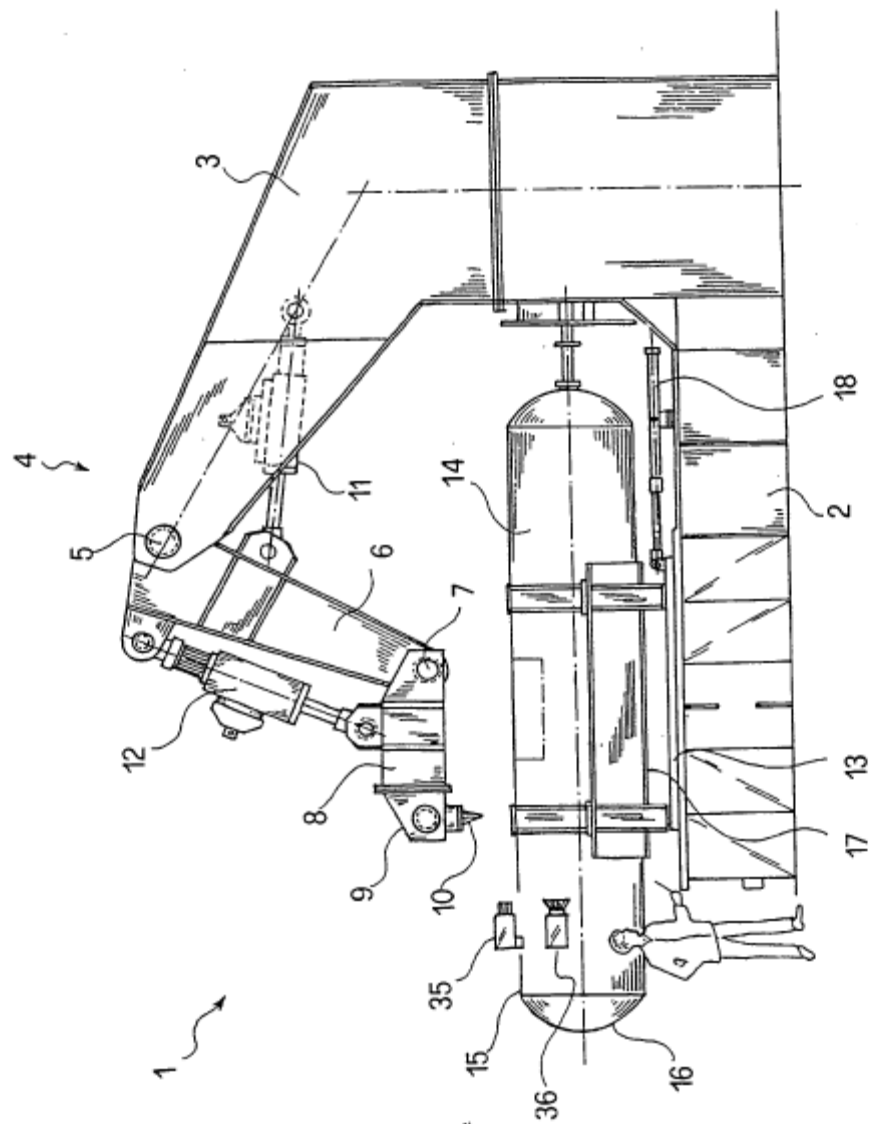


fig.2

