

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 722 573**

21 Número de solicitud: 201831172

51 Int. Cl.:

E02D 13/06 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

03.12.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.08.2019

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

11.11.2019

Fecha de concesión:

04.05.2021

45 Fecha de publicación de la concesión:

11.05.2021

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**ESCOLANO SÁNCHEZ, Félix;
MAS LÓPEZ, María Isabel;
MAZARIEGOS DE LA SERNA, Alberto y
SÁNCHEZ LAVIN, José Ramón**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **Dispositivo óptico de comprobación de la hincia de un pilote**

57 Resumen:

Dispositivo óptico de comprobación de la hincia de un pilote que comprende una estructura portante, una cámara (1), un brazo (5) articulado, que a su vez comprende un punto de referencia (11); un sensor-iluminador (3), configurado para iluminar la superficie del pilote (12) y el punto de referencia (11) mediante un patrón de iluminación láser, así como para medir distancias con respecto al pilote (12); un equipo (6) de procesado de las imágenes tomadas por la cámara (1) y de las distancias medidas por el sensor-iluminador (3); donde dicho equipo (6) está configurado para medir, sobre cada imagen tomada por la cámara (1), una distancia, Y_f , entre la franja de contraste (4) y el punto de referencia (11) y, mediante triangulación, calcular la distancia real, Y_m , sobre el pilote (12) entre la franja de contraste (4) y la proyección del punto de referencia (11) sobre la superficie del pilote (12).

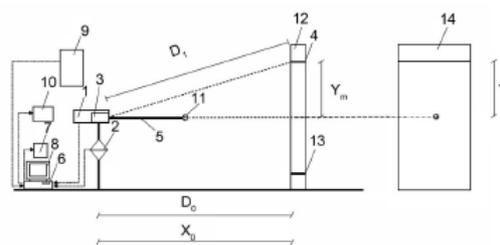


FIG. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a un dispositivo óptico de comprobación de la hincada en pilotes, especialmente en pilotes prefabricados. Se trata de un dispositivo digital que, mediante la toma consecutiva de imágenes de un pilote, realiza un seguimiento del proceso de hincada de un pilote, hasta que se verifica que se dan unas condiciones en las que puede darse por terminado el proceso de hincada.

El dispositivo óptico de comprobación de la hincada en pilotes objeto de la invención tiene aplicación en el ámbito de la industria de la construcción de infraestructuras, así como en el ámbito de la industria dedicada al diseño, fabricación y explotación comercial de dispositivos digitales de metrología.

Problema técnico a resolver y Antecedentes de la invención

En la actualidad son varias las técnicas existentes para realizar la comprobación de la hincada de pilotes prefabricados en obras de construcción. Entre ellas, se pueden destacar las mencionadas a continuación.

Medida de Rechazo:

Esta medida está definida, en España, en el Código Técnico de la Edificación de 2006 (CTE-2006). Se mide el "RECHAZO" (penetración cada 10 golpes), para controlar que se ha alcanzado la capacidad de carga que debe soportar el pilote.

Pruebas estáticas de carga:

Esta prueba está definida por la sociedad americana de estándares y ensayos sobre materiales (ASTM, del inglés *American Society for Testing and Materials*), bajo la

norma ASTM D1143. En este tipo de ensayos y con la ayuda de otros pilotes o anclajes como reacción, se somete al pilote a cargas superiores a la máxima de servicio, observándose su comportamiento y obteniéndose la curva carga-asiento.

5 Analizador de Hinca de Pilotes (AHP):

Se trata de una prueba dinámica de carga. Este ensayo permite de una forma no destructiva analizar tanto las condiciones del terreno como el desarrollo de la hincada, controlando la integridad del pilote y su capacidad de carga diferenciada en fuste y punta. Se referencia en numerosas normativas españolas (ROM-0.5-05, UNE - EN 12699, Código Técnico de la Edificación: Documento Básico SE-C-2006, Guía de Cimentaciones del Ministerio de Fomento, etc.), e internacionales (ASTM D-4945, Eurocódigos).

15 Prueba de Integridad de Pilotes (PIT):

Esta prueba está definida en la norma ASTM D5882. Se emplea para controlar específicamente la integridad de los pilotes. Está basado también en la teoría de la propagación de onda de choque a través de los mismos, midiendo reducciones o incrementos de la sección del pilote. Este ensayo también se encuentra recogido en la normativa citada en el punto anterior del AHP.

Los sistemas actuales, como los mencionados anteriormente, permiten determinar en la obra con fiabilidad suficiente, el momento a partir del cual la hincada de un pilote prefabricado se considera aceptable (alcanza su capacidad de carga).

No obstante, dichos sistemas son costosos y requieren que el pilote ensayado venga preparado desde la planta de fabricación con la instrumentación necesaria para su auscultación en la propia obra durante su hincado. Esto limita la frecuencia de realización de ensayos y puede suponer en función del terreno atravesado y de la capacidad de carga exigida, un riesgo, bien de dejar pilotes insuficientemente hincados en el terreno, o por el contrario de sobreexponer el elemento a un exceso de golpeo con el posible deterioro del material o inclinación del elemento.

35

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote.

5 La presente invención se refiere también a un procedimiento de comprobación óptica de la hincada de un pilote.

Mediante el dispositivo y el procedimiento de la presente invención, se consigue aportar una solución a la problemática citada en el apartado anterior.

10 El dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote incorpora:

- una estructura portante, que comprende un sistema inercial configurado para eliminar y/o corregir movimientos del terreno debidos al proceso de hincada de un pilote, donde la estructura portante comprende:

15

- o una cámara, configurada para tomar imágenes de la superficie del pilote;

20

- o un brazo articulado (y preferentemente también extensible y/o telescópico), que a su vez comprende un punto de referencia;

25

- o un sensor-iluminador, configurado para iluminar la superficie del pilote y el punto de referencia mediante un patrón de iluminación láser, así como para medir:

30

- una distancia, D_1 , desde dicho sensor-iluminador a una franja de contraste fijada a la superficie del pilote, y;
- una distancia, D_0 , desde el sensor-iluminador a la proyección del punto de referencia iluminado por la luz láser sobre la superficie del pilote;

35

- un equipo de procesamiento de las imágenes tomadas por la cámara y de las distancias medidas por el sensor-iluminador; y

- un monitor, configurado para mostrar las imágenes procesadas, tomadas por la cámara, conteniendo la información de las distancias medidas por el sensor-iluminador;

5 donde el equipo de procesado está configurado para medir, sobre cada imagen tomada por la cámara, una distancia **Yf** entre la franja de contraste y el punto de referencia y (mediante triangulación o cambio de escala) calcular la distancia real **Ym** sobre el pilote entre la franja de contraste y la proyección del punto de referencia sobre la superficie del pilote.

10

De manera preferente, el dispositivo de la invención incluye un sistema de aviso de finalización de hinca, configurado para emitir una señal identificativa de la finalización del proceso de hinca del pilote. Preferentemente, el sistema de aviso está configurado para emitir una señal acústica y/o visual.

15

Según una realización preferente, el equipo de procesado está configurado para producir dos tipos de imágenes mediante la combinación de las imágenes tomadas por la cámara y las distancias medidas por el sensor-iluminador, a saber:

20

- unas imágenes de intensidad, donde cada imagen de intensidad contiene una imagen del pilote, y en donde cada imagen de intensidad tiene asociada una información en tres campos, X, Y, Z, donde:

25

- o el campo X tiene asociada una distancia horizontal desde el sensor-iluminador hasta el pilote;

- o el campo Y tiene asociada una distancia vertical, **Yf**, desde cada punto correspondiente a la franja de contraste hasta el punto de referencia, y;

30

- o el campo Z tiene asociado un nivel de intensidad, en escala de grises, donde la franja de contraste y el punto de referencia comprenden un espectro de reflexión luminoso diferente del resto de la superficie iluminada del pilote, lo cual permite distinguir en la

imagen la franja de contraste y el punto de referencia del resto de la superficie iluminada del pilote;

- 5 - unas imágenes de rango, donde cada imagen de rango contiene una imagen del pilote, y en donde cada imagen de rango tiene asociada una información en tres campos, X, Y, Z, donde:

10 o el campo X tiene asociada una distancia horizontal desde el sensor-iluminador hasta el pilote;

15 o el campo Y tiene asociada una distancia vertical, correspondiente a la distancia real Y_m sobre el pilote entre la franja de contraste y la proyección del punto de referencia sobre la superficie del pilote (esta distancia, Y_m , se obtiene por trigonometría y/o por cambio de escala, a partir de los valores de Y_f , D_0 y D_1), y;

o el campo Z tiene asociada la distancia, D_1 desde el sensor iluminador hasta la franja de contraste (4).

20 La medición de las distancias por parte del sensor-iluminador requiere, de manera preferente, que el brazo articulado (preferentemente telescópico), que posiciona el punto de referencia frente a la cámara, esté en posición horizontal, para lo cual es necesario nivelarlo antes de la realización del ensayo (antes del comienzo de la toma de medidas y de imágenes).

25

El valor de "X" en las imágenes de rango y en las imágenes de intensidad puede ser directamente coincidente con el valor de D_0 medido por el sensor-iluminador, siempre que el sensor-iluminador y el punto de referencia (situado sobre el brazo articulado) estén posicionados en el mismo plano horizontal. El sensor-iluminador determina la distancia "X" para cada una de las imágenes de la secuencia de imágenes tomada por la cámara, es decir, con cada pulso que acciona la cámara.

30

De manera preferente, el patrón de iluminación emitido por el sensor-iluminador es una línea vertical que pasa por la franja de contraste y por el punto de referencia.

35

El equipo de procesado está preferentemente instalado en un estante amortiguado y estabilizado frente a eventuales vibraciones del terreno.

5 El dispositivo incorpora preferentemente un sistema de almacenamiento de secuencias de imágenes basado en un estante con capacidad para discos duros extraíbles.

El monitor del dispositivo es preferentemente una pantalla táctil.

10 Según una realización preferente del dispositivo, éste incorpora una interfaz de introducción de datos (que puede ser la mencionada pantalla táctil) para la introducción de posibles fallos que pudieran producirse durante el proceso de hinca y/o durante la adquisición de imágenes por parte de la cámara, así como para la introducción de posibles parámetros a tener en cuenta para la determinación fiable de
15 un momento de finalización del proceso de hinca del pilote.

De manera preferente, la cámara y el sensor-iluminador están alineados en un mismo plano.

20 También de manera preferente, el dispositivo está configurado para obtener imágenes en tres dimensiones de la superficie del pilote.

Las imágenes obtenidas tienen preferentemente una resolución tal que permite detectar fisuras, grietas, deterioros y desviaciones en el pilote hincado, respecto a una
25 situación inicialmente prevista.

Tal y como ya se ha mencionado, la presente invención se refiere también a un procedimiento de comprobación óptica de la hinca de un pilote.

30 El procedimiento de comprobación óptica de la hinca de un pilote comprende:

- fijar una franja de contraste a la superficie de un pilote;

ES 2 722 573 B2

- 5 - disponer un punto de referencia fijado al terreno (en una posición fija con respecto al terreno; de manera preferente, el punto de referencia está fijo al brazo articulado, que a su vez está fijado con respecto al sistema inercial de la estructura portante, el cual a su vez está situado en una posición fija respecto al terreno);
- 10 - proyectar, mediante un sensor-iluminador, un patrón de iluminación láser sobre la superficie del pilote, de manera que dicho patrón de iluminación pasa por la franja de contraste y por el punto de referencia, proyectando dicho punto de referencia sobre la superficie del pilote;
- tomar, mediante una cámara, una secuencia de imágenes del pilote, en su proceso de hinca sobre el terreno;
- 15 - medir, mediante el sensor-iluminador, la distancia D_1 entre el sensor-iluminador y la franja de contraste y la distancia D_0 entre el sensor-iluminador y la proyección del punto de referencia sobre la superficie del pilote;
- 20 - determinar, a partir de las medidas tomadas por el sensor-iluminador, una distancia horizontal "X" entre el sensor-iluminador y el pilote (esta distancia horizontal "X" puede ser coincidente con el valor de D_0 , siempre y cuando el sensor-iluminador y el punto de referencia estén posicionados sobre el mismo plano horizontal);
- 25 - calcular, a partir de las medidas tomadas por el sensor-iluminador, y a partir de las imágenes tomadas por la cámara, una distancia Y_m entre la franja de contraste y la proyección del punto de referencia sobre la superficie del pilote. Esta distancia Y_m puede calcularse a partir de una distancia Y_f
- 30 medida sobre las imágenes del pilote, entre la franja de contraste y el punto de referencia.

De manera preferente, el procedimiento de la invención comprende emitir un aviso indicador de la finalización del proceso de hincado del pilote, cuando se detecta que se produce el “rechazo” en el proceso de hincado.

5 En el dispositivo objeto de la presente invención, el sensor y la cámara utilizados están basado en la visión artificial y en la tecnología láser. Se ilumina con el láser la franja de contraste adherida a la superficie del pilote a hincar y un punto de referencia que permanece fijo con el sensor mediante un brazo articulado y se toman imágenes de ambos con la cámara.

10

Dadas las posiciones fijas de láser, cámara y punto de referencia, en la imagen adquirida se puede determinar (en cada imagen o frame), la posición relativa de la franja de contraste con el punto de referencia fijo con el sensor (Y_i), así como también se puede determinar por triangulación las distancias desde el sensor tanto a la franja de contraste como al punto de referencia ambos iluminados por el láser. Esta técnica permite por tanto que de cada imagen se pueda obtener, por un lado las distancias a los puntos iluminados (franja de contraste y punto de referencia), y por otro el que sobre la propia imagen obtenida en cada frame, se pueda medir la distancia entre dicha franja de contraste y el punto de referencia (Y_i). De este modo obtenemos datos cromáticos de la imagen y podemos tomar medidas sobre cada imagen digital del elemento inspeccionado.

15
20

Breve descripción de las figuras

25 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, la siguiente Figura en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente.

30 Figura 1: muestra un esquema general del dispositivo de la invención en la que se puede observar sus elementos constituyentes.

Descripción detallada

La presente invención se refiere, como ya se ha mencionado anteriormente, a un dispositivo óptico de comprobación de la hinca de un pilote (12).

Está previsto que en el pilote exista una zona de junta de pilotes (13).

5

Según una realización preferente de la invención, tal y como se aprecia en la Figura 1, el dispositivo de la invención incluye los siguientes elementos: una cámara (1) de visión digital, empleada para realizar la comprobación automática; un sistema inercial (2) para eliminar o corregir movimientos en el equipo de medida, debidos a las vibraciones introducidos por la hinca; un sensor-iluminador láser (3) lineal de alta potencia; una franja de contraste (4) adherida sobre la cara filmada del pilote (12); un brazo (5) telescópico articulado que durante el ensayo permanece solidario con la cámara (1) digital; al menos un equipo (6) que incluye procesador, hardware y electrónica para el control de la adquisición y grabación de imágenes, preferentemente basado en varios ordenadores instalados sobre un estante o rack industrial amortiguado y estabilizado; un sistema de almacenamiento (7) de secuencias de imágenes (14) basado en un estante o rack con capacidad para discos duros extraíbles; un monitor (8) para la visualización de resultados de la adquisición y grabación de imágenes (14); un sistema de alimentación eléctrica (9) de los equipos instalados, y; un sistema de aviso (10) de finalización de hinca, el cual produce una señal perceptible por el personal que maneja el dispositivo y/o la máquina de hinca (dicha señal es preferentemente acústica y/o visual).

En cuanto al sensor-iluminador láser (3), se trata de un sensor-iluminador láser lineal de alta potencia asociado a la cámara (1) digital.

25

En cuanto a la cámara (1), se trata de una cámara digital de alta resolución y alta sensibilidad luminosa. La cámara (1) se emplea para hacer la comprobación automática de la hinca del pilote (12). La cámara (1) proporciona imágenes (14), preferentemente con una cadencia mínima de 18 fotogramas o frames por segundo. La adquisición de imágenes (14) por parte de la cámara (1) está controlada por una señal de sincronismo. El sensor-iluminador láser (3) proporciona información para la obtención, mediante la cámara (1), de dos tipos de imágenes (14), a saber, imágenes de intensidad e imágenes de rango. Las imágenes de intensidad contienen información de los valores de niveles de grises. Las imágenes de rango contienen

35

información de la distancia entre el sensor-iluminador (3) y la superficie iluminada del pilote (12).

El dispositivo comprende una estructura portante, preferentemente de tipo mecánico-hidráulico, para el posicionamiento del sensor-iluminador (3) y la cámara (1) a la distancia del pilote (12) necesaria para realizar la adquisición de las imágenes (14). Esta estructura incorpora el brazo (5) telescópico articulado y el sistema inercial (2). La estructura portante permite incorporar a las imágenes (14), mediante el brazo (5), un punto de referencia (11) fijo respecto a la posición del sensor-iluminador (3) y la cámara (1) durante el ensayo. La estructura portante es capaz de soportar las cargas, mediante el sistema inercial (2), con la máxima estabilidad posible de modo que se disminuyen las vibraciones que podrían afectar a la adquisición de las imágenes (14).

El brazo (5) telescópico articulado está configurado, preferentemente, con una unión lo suficientemente rígida al sistema inercial (2), para evitar otros movimientos añadidos por causa de la hinca.

En cuanto al equipo (6) que incluye procesador, hardware y electrónica para el control de la adquisición y grabación de imágenes (14), éste equipo (6) incorpora preferentemente varios ordenadores, tarjetas contadoras de pulsos y digitalizadores de vídeo o "frame grabbers" instalados sobre un rack industrial amortiguado y estabilizado. El rack industrial puede estar a su vez instalado en la estructura portante, perfectamente anclado a la misma. Sobre estos ordenadores se ejecuta una aplicación software para la adquisición y grabación en disco duro de secuencias de imágenes (14), adquiridas en el escenario de trabajo.

En cuanto al sistema de almacenamiento (7) de secuencias de imágenes (14), se trata preferentemente de un rack con capacidad para discos duros extraíbles con capacidad suficiente para el almacenamiento de una gran cantidad de datos de vídeo. Este sistema es empleado para el almacenamiento de la información adquirida en el escenario de trabajo. Las imágenes (14) de alta resolución son almacenadas en los discos duros sin comprimir, por lo que se requiere una muy alta velocidad de transferencia de datos entre memoria y disco duro.

En cuanto al monitor (8), se trata preferentemente de una pantalla TFT táctil utilizada para visualizar las imágenes (14) proporcionadas por la cámara (1) digital y los

resultados durante la adquisición y grabación en disco duro de secuencias de imágenes (14). En el proceso de grabación se muestran en pantalla indicadores del rendimiento del sistema de adquisición y grabación, así como indicadores de posibles fallos que pudieran producirse durante dicho proceso; esto es, para la obtención de las formulaciones que permitan determinar el momento de finalización de la hinca, está previsto tener que considerar parámetros externos que tenga que introducir el operario, así como recoger posibles daños y/o incidentes que pudieran producirse durante el proceso de la hinca.

10 El dispositivo de la invención permite la comprobación automática a alto rendimiento de la hinca de pilotes (12) prefabricados. El dispositivo está basado en el análisis de imagen utilizando técnicas digitales de visión artificial. Mediante la adquisición de imágenes (14) de alta resolución de la superficie del pilote (12), la franja de contraste (4) adherida al pilote (12) y el punto de referencia (11) solidario al brazo (5), iluminada
15 con el sensor-iluminador láser (3), se pueden detectar y analizar las fisuras, deterioros, en el pilote (12) y los desplazamientos debidos a la hinca entre la franja de contraste (4) y el punto de referencia (11).

El dispositivo utiliza una cámara (1) digital de alta velocidad y alta resolución
20 conjuntamente con un láser de alta potencia y proyección lineal que pueden estar alineados en un mismo plano vertical. La configuración óptica facilita la detección de los desplazamientos, gracias a la información que se obtiene de la superficie inspeccionada.

25 Mediante esta técnica un patrón de iluminación conocido, una línea vertical en este caso, se proyecta desde un láser sobre el objeto a inspeccionar (franja de contraste (4) adherida al pilote (12)). La cámara (1) digital se coloca a una distancia fija y con un ángulo oblicuo con respecto a la luz proyectada. La intersección entre el patrón de luz emitida y el campo de visión de la cámara (1) digital define el rango de trabajo de la
30 cámara (1); esto es, el laser ilumina la superficie a fotografiar por la cámara (1) digital de forma sincronizada y es necesario determinar la distancia "X" entre el sensor-iluminador (3) y el pilote (12) para que esto sea factible y pueda grabarse todo el pilote (12) en cada imagen (14) o fotograma (frame) en función de la cámara elegida, y esto a la máxima distancia posible, ya que de esta manera (a la máxima distancia posible
35 del pilote (12)) el dispositivo estará sometido a una menor energía que amortiguar, introducida por la hinca del pilote (12).

La posición de los puntos iluminados en la superficie del objeto se visualiza en la imagen (14) obtenida por la cámara (1), pudiéndose calcular trigonómicamente (mediante fórmulas trigonométricas convencionales de triangulación) la distancia de
5 estos puntos a la cámara (1).

El proceso se realiza en un único paso, en el que se realiza la adquisición y grabación de secuencias de imágenes del pilote (12) con las franjas de contraste (4) adheridas durante el proceso de la hinca, iluminado de forma activa por el sensor-iluminador (3)
10 láser instalado en el propio dispositivo. Dichas secuencias de imágenes son almacenadas en discos duros, y son procesadas en un ordenador personal. Este equipo (6) toma como entrada las secuencias de imágenes grabadas, las procesa y en base a los datos introducidos del terreno en que se produce la hinca y las formulaciones aplicables en cada caso, analiza los resultados y determina el momento
15 en que puede darse por terminado el proceso de la hinca.

Las formulaciones mencionadas se elaboran en base a los resultados empíricos, obtenidos en la ejecución repetida del ensayo (preferentemente obtenidos mediante ensayo en prototipos de laboratorio), dando lugar a distintas curvas, en función del tipo
20 de terreno y otros parámetros del pilote (12) hincado, lo cual permite desarrollar modelos matemáticos de comportamiento “terreno-pilote” diferenciados. Estos modelos matemáticos “terreno-pilote”, aplicables en cada caso, indican el momento en el que se llega al “rechazo”, momento en el que puede darse por concluido el proceso de hinca del pilote (12) sobre el terreno.

El dispositivo está configurado asimismo para generar un informe que contiene los datos del terreno introducidos y los resultados obtenidos respecto a la detección de las fisuras o grietas, deterioros, desviaciones o inclinaciones, o incidencias producidas en el pilote (12) ensayado durante el proceso de la hinca.
25

La adquisición por parte de la cámara (1) es accionada mediante una señal de sincronismo externo. Se utiliza un monitor (8) o pantalla táctil que realiza las funciones de teclado de incidencias. Mediante el teclado de incidencias, el operador introduce manualmente cualquier información de interés adicional, para su posterior tratamiento
30 y procesado. El procesador recibe las imágenes de la cámara (1) y la información proporcionada por el teclado de incidencias. Toda esta información es estructurada y

almacenada en los discos duros del equipo (6). Durante el proceso de adquisición y grabación, el procesador muestra por el monitor (8) las imágenes adquiridas por la cámara (6), proporcionando un indicador sobre el correcto funcionamiento del dispositivo, así como un segundo indicador que muestra la frecuencia real de grabación de imágenes en disco duro.

Debido a las condiciones en las que debe funcionar el dispositivo (próximo a la hincapi del pilote (12)), todo el dispositivo debe ser resistente a vibraciones y presentar un buen aislamiento térmico y mecánico. Por este motivo, el equipo (6) hardware de adquisición, así como el sistema de almacenamiento, están instalados sobre un rack industrial amortiguado y estabilizado frente a vibraciones. El disponer de la información en 3D facilita el análisis de la información a la hora de detectar deterioros en la superficie del elemento ensayado.

Los ficheros generados por los procesadores contienen imágenes de intensidad, con información de los valores de niveles de grises, e imágenes de rango, con información de la distancia entre el sensor-iluminador (3) y la superficie iluminada. Tanto las imágenes de intensidad como las de rango se pueden tratar como una base de datos que contiene tres campos "x", "y" y "z".

En las imágenes de intensidad el campo "x" indica la distancia en horizontal de cada punto iluminado respecto al dispositivo (eje longitudinal horizontal), el campo "y" indica la cota de cada punto iluminado en la dirección vertical y el campo "z" indica un valor numérico de intensidad del nivel de gris. Este valor numérico de la intensidad de gris permite distinguir numéricamente y con precisión en los fotogramas (frames) la franja de contraste (4) y el punto de referencia (11), del resto de la superficie del pilote (12). Para las tonalidades de gris, se toma de manera preferente un sistema numérico de colores RGB que asigna un valor de intensidad a cada píxel.

En las imágenes de rango el campo "x" indica lo mismo que en las de intensidad, sin embargo, los valores contenidos en el campo "z" indican la distancia desde el sensor-iluminador (3) hasta el punto iluminado. En la Figura adjunta, se muestran dos distancias designadas como D_0 y D_1 . D_0 es la distancia desde el sensor-iluminador (3) hasta el punto de referencia (11) sobre el pilote (12). D_1 es la distancia desde el sensor-iluminador (3) hasta la franja de contraste (4). La distancia D_1 se introduce como valor del campo "z" en las imágenes de rango.

La distancia D_0 puede corregirse mediante el coseno del ángulo ω entre la horizontal y el segmento que une el sensor-iluminador (3) y el punto de referencia (11). De esta forma se puede calcular la distancia horizontal "X" entre el sensor-iluminador (3) y el pilote (12). La coordenada vertical "Yf" (ver Figura1) se puede obtener midiendo, sobre cada fotograma (frame), la distancia entre la franja de contraste (4) iluminada y el punto de referencia (11) iluminado. Se puede contrastar este valor de la "Yf" así obtenido, con el valor calculado por trigonometría "Ym" correspondiente a la distancia real, sobre el pilote (12), entre la franja de contraste (4) iluminada y el punto de referencia (11) iluminado.

Según una forma de realización particular (tal y como se muestra en la Figura 1), el sensor-iluminador (3) está situado en un mismo plano horizontal con el punto de referencia (11) (es decir, el ángulo ω es igual a cero). De esta forma, la distancia D_0 proporcionada por el sensor es directamente la distancia "X" entre el sensor-iluminador (3) (y la cámara (1)) y el pilote (12). En este caso, la distancia Yf medida sobre la imagen (14) coincide con la distancia real (Ym) sobre el pilote (12), sin más que aplicar el correspondiente cambio de escala en la imagen (14).

Además, los ficheros generados durante la adquisición contienen la información adicional proporcionada por el operario desde el teclado de incidencias. A partir de toda esta información se realiza el procesado de las imágenes (14) contenidas en las secuencias para efectuar por un lado la búsqueda de inclinación o desvío respecto al eje definido en la hinca y por otro determina el posicionamiento relativo de la franja de contraste (4) respecto al punto de referencia (11) solidario con el brazo (5) del dispositivo, para evaluar el avance de la hinca.

Según una posible forma de realización, las imágenes de rango tienen una resolución de 1 milímetro en las direcciones horizontal (campo "x") y vertical (campo "y") y de 0,5 milímetros en la distancia radial (campo "z"). El análisis de la geometría es el último paso realizado en el procesado de las imágenes de rango y de él se obtienen los valores de los desplazamientos en la dirección radial del pilote (12).

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo óptico de comprobación de la hinca de un pilote **caracterizado** por que comprende:

5

- una estructura portante, que comprende un sistema inercial (2) configurado para eliminar y/o corregir movimientos del terreno debidos al proceso de hinca de un pilote (12), donde la estructura portante comprende:

10

o una cámara (1), configurada para tomar imágenes (14) de la superficie del pilote (12);

o un brazo (5) articulado, que a su vez comprende un punto de referencia (11);

15

o un sensor-iluminador (3), configurado para iluminar la superficie del pilote (12) y el punto de referencia (11) mediante un patrón de iluminación láser, así como para medir:

20

▪ una distancia (D_1) desde dicho sensor-iluminador (3) a una franja de contraste (4) adherida a la superficie del pilote (12), y;

25

▪ una distancia (D_0) desde el sensor-iluminador (3) a la proyección del punto de referencia (11) iluminado por la luz láser sobre la superficie del pilote (12);

- un equipo (6) de procesamiento de las imágenes (14) tomadas por la cámara (1) y de las distancias medidas por el sensor-iluminador (3); y

30

- un monitor (8), configurado para mostrar las imágenes (14) procesadas, tomadas por la cámara (1), conteniendo la información de las distancias medidas por el sensor-iluminador (3);

donde el equipo (6) de procesado está configurado para medir, sobre cada imagen (14) tomada por la cámara (1), una distancia, Y_f , entre la franja de contraste (4) y el punto de referencia (11) y calcular la distancia real, Y_m , sobre el pilote (12) entre la franja de contraste (4) y la proyección del punto de referencia (11) sobre la superficie del pilote (12).

5

2. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según la reivindicación 1, **caracterizado** por que comprende un sistema de aviso (10) de finalización de hincada, configurado para emitir una señal identificativa de la finalización del proceso de hincada del pilote (12).

10

3. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según la reivindicación 2, **caracterizado** por que el sistema de aviso (10) está configurado para emitir una señal acústica y/o visual.

15

4. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el equipo (6) de procesado está configurado para producir dos tipos de imágenes mediante la combinación de las imágenes (14) tomadas por la cámara (1) y las distancias medidas por el sensor-iluminador (3), a saber:

20

- unas imágenes de intensidad, donde cada imagen de intensidad contiene una imagen del pilote (12), y en donde cada imagen de intensidad tiene asociada una información en tres campos, X, Y, Z, donde:

25

o el campo X tiene asociada una distancia horizontal desde el sensor-iluminador (3) hasta el pilote (12);

30

o el campo Y tiene asociada la distancia vertical, Y_f , desde cada punto correspondiente a la franja de contraste (4) hasta el punto de referencia (11), y;

o el campo Z tiene asociado un nivel de intensidad, en escala de grises, donde la franja de contraste (4) y el punto de referencia (11)

comprenden un espectro de reflexión luminoso diferente del resto de la superficie iluminada del pilote (12);

- 5 - unas imágenes de rango, donde cada imagen de rango contiene una imagen del pilote (12), y en donde cada imagen de rango tiene asociada una información en tres campos, X, Y, Z, donde:

10 ○ el campo X tiene asociada una distancia horizontal desde el sensor-iluminador (3) hasta el pilote (12);

○ el campo Y tiene asociada una distancia vertical, correspondiente a la distancia real Y_m sobre el pilote (12) entre la franja de contraste (4) y la proyección del punto de referencia (11) sobre la superficie del pilote (12), y;

15 ○ el campo Z tiene asociada la distancia (D_1) desde el sensor iluminador (3) hasta la franja de contraste (4).

20 5. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el patrón de iluminación emitido por el sensor-iluminador (3) es una línea vertical situada entre la franja de contraste (4) y por el punto de referencia (11).

25 6. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el equipo (6) de procesado está instalado en un estante amortiguado y estabilizado frente a eventuales vibraciones del terreno.

30 7. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que comprende un sistema de almacenamiento (7) de secuencias de imágenes (14) basado en un estante con capacidad para discos duros extraíbles.

8. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el monitor (8) es una pantalla táctil.
- 5 9. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que comprende una interfaz de introducción de datos.
- 10 10. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la cámara (1) y el sensor-iluminador (3) están alineados en un mismo plano.
- 15 11. Dispositivo óptico de comprobación de la hincada de un pilote según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el brazo (5) articulado es extensible.
12. Procedimiento de comprobación óptica de la hincada de un pilote, **caracterizado** por que comprende:
- 20 - fijar una franja de contraste (4) a la superficie de un pilote (12);
- disponer un punto de referencia (11) fijado al terreno;
- 25 - proyectar, mediante un sensor-iluminador (3), un patrón de iluminación láser sobre la superficie del pilote (12), de manera que dicho patrón de iluminación pasa por la franja de contraste (4) y por el punto de referencia (11), proyectando dicho punto de referencia (11) sobre la superficie del pilote (12);
- 30 - tomar, mediante una cámara (1), una secuencia de imágenes (14) del pilote (12), en su proceso de hincada sobre el terreno;
- medir, mediante el sensor-iluminador (3), la distancia (D_1) entre el sensor-iluminador (3) y la franja de contraste (4) y la distancia (D_0) entre el sensor-

iluminador (3) y la proyección del punto de referencia (11) sobre la superficie del pilote (12);

- 5 - determinar, a partir de las medidas tomadas por el sensor-iluminador (3), una distancia horizontal, X , entre el sensor-iluminador (3) y el pilote (12);
- 10 - calcular, a partir de las medidas tomadas por el sensor-iluminador (3), y a partir de las imágenes (14) tomadas por la cámara (1), una distancia real Y_m entre la franja de contraste (4) y la proyección del punto de referencia (11) sobre la superficie del pilote (12).

13. Procedimiento de comprobación óptica de la hincada de un pilote según la reivindicación 14, **caracterizado** por que comprende emitir un aviso indicador de la finalización del proceso de hincada del pilote (12) cuando se detecta que se produce el rechazo en el proceso de hincada.

15

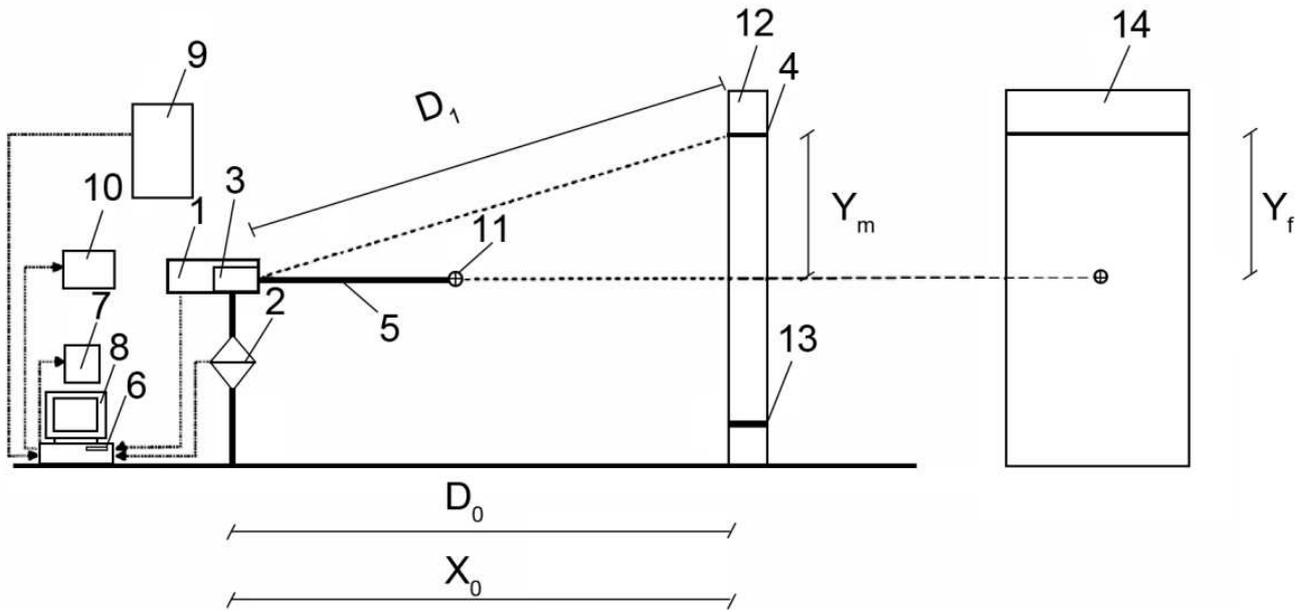


FIG. 1