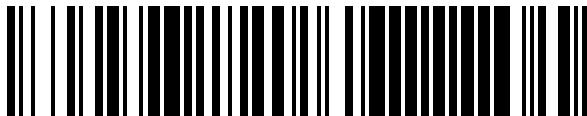


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **1 325 647**

(21) Número de solicitud: 202531249

(51) Int. Cl.:

G09B 23/36 (2006.01)
A01D 17/00 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

(22) Fecha de presentación:

26.06.2025

(30) Prioridad:

29.07.2024 ES U202431454

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

16.12.2025

(71) Solicitantes:

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
(100,00%)
Avda. de Séneca, 2
28040 Madrid (Madrid) ES**

(72) Inventor/es:

**SÁNCHEZ CALABUIG, M^a Jesús;
BLANCO MURCIA, Francisco Javier y
ZANITONI, Morgane**

(54) Título: **SIMULADOR DE PALPACIÓN RECTAL Y ECOGRAFÍA REPRODUCTIVA DE GRANDES ANIMALES**

ES 1 325 647 U

DESCRIPCIÓN

SIMULADOR DE PALPACIÓN RECTAL Y ECOGRAFÍA REPRODUCTIVA DE GRANDES ANIMALES

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se encuadra en el sector de los simuladores veterinarios didácticos. Más concretamente, de los simuladores de imágenes ecográficas en 10 animales.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

En el campo de la medicina, tanto humana como veterinaria, la simulación es una gran herramienta docente que facilita el acceso al aprendizaje práctico de los estudiantes universitarios. En el caso de los estudios en veterinaria, además, el reconocimiento de la necesidad de cuidar el bienestar animal impulsa la utilización de recursos alternativos al animal vivo.

Entre los métodos de diagnóstico por imagen, la ecografía supone una gran ayuda para el veterinario en diversos campos, especialmente, en la detección y evaluación de problemas abdominales, cardíacos, ginecológicos, oftalmológicos, transrectales, urológicos o del sistema musculoesquelético, así como en el diagnóstico y seguimiento de la gestación tanto en pequeños como en grandes animales.

En medicina humana hay varios documentos que proponen distintos simuladores para el diagnóstico mediante ecografía. Entre ellos, el documento CN211555286U describe un sistema educativo de diagnóstico virtual por ultrasonidos. Este sistema comprende un paciente simulado, un aparato de simulación de diagnóstico por ultrasonidos, una sonda simulada de ultrasonidos y una camilla portátil. El sistema dispone de tres 30 modos de funcionamiento:

- simulación de ultrasonidos normal de hombre/mujer,
- reproducción de vídeo de ultrasonidos y
- función de diagnóstico de enfermedades clínicas comunes.

Después de iniciar la exploración, se mueve la sonda según la posición del órgano

para mostrar la información ecográfica del órgano correspondiente. Según el caso clínico que se haya buscado estudiar, se mostrarán en la pantalla aquellos contenidos que ilustren el caso cuando se coloque la sonda en el punto correspondiente. El aparato de simulación y diagnóstico dispone de un microordenador conectado a una pantalla de cristal líquido, un ratón, un teclado, y a la sonda simulada de ultrasonidos.

El documento CN112991854A también divulga un método, dispositivo y sistema de enseñanza ultrasónica, así como equipos electrónicos, cuyo objetivo es mejorar el efecto de la enseñanza del uso médico de los ultrasonidos. El sistema de enseñanza por ultrasonidos comprende un modelo del cuerpo humano que se ha obtenido mediante impresión 3D a partir de datos del cuerpo humano recopilados de un cadáver real. El sistema comprende, además: un sensor de posición utilizado para detectar diferentes posiciones en el modelo del cuerpo humano, un dispositivo de posicionamiento utilizado para detectar una señal de detección del sensor de posición y determinar una posición de detección del sensor en el modelo del cuerpo humano de acuerdo con la señal de detección y un ordenador que se utiliza para determinar una imagen ultrasónica del cuerpo humano. El ordenador se utiliza, además, para mostrar la imagen ultrasónica del cuerpo humano y/o la imagen anatómica del cuerpo humano.

20

WO2008065600A2 describe un método, un aparato y un sistema para fusionar imágenes de ultrasonido en tiempo real con imágenes médicas preadquiridas.

US6775404B1 se refiere a un aparato y método para el registro 3D interactivo de imágenes de ultrasonido y resonancia magnética basado en un sensor de posición magnético y con fines de ecografía intraoperatoria. La ecografía intraoperatoria se integra con sistemas que registran interactivamente imágenes de ecografía intraoperatoria bidimensionales y de resonancia magnética tridimensionales. El registro se basa en el seguimiento de una sonda ecográfica con un sensor de posición magnético. Se utiliza un algoritmo para transformar las coordenadas de puntos entre dos espacios diferentes. Se puede realizar un procedimiento de calibración y utilizar un fantoma para determinar y analizar errores de registro.

35 US2018286287A1, recogen algunas características comunes con los ya comentados y reflejan el estado de la técnica al respecto de la simulación de procedimientos de

diagnóstico por ultrasonidos/ecografía así como el posicionamiento de una sonda en una red de puntos de interés.

Por otro lado, el documento *Virtual Neonatal Echocardiographic Training System (VNETS): An Echocardiographic Simulator for Training Basic Transthoracic Echocardiography Skills in Neonates and Infants* (Siassi et al., *IEEE journal of translational engineering in health and medicine*, 6, 4700113) describe un proyecto en el que se buscaba desarrollar un simulador ecocardiográfico basado en un maniquí capaz de simular toda la gama de ecocardiogramas pediátricos en 2D. Presentan una plataforma hardware del simulador que consiste en un maniquí, un ordenador portátil, un dispositivo de seguimiento magnético y un sensor de seis grados de libertad incorporado en un transductor ficticio.

Hay fabricantes de simuladores de ecografía en pacientes humanos que disponen de diferentes modelos de simulación realista de ultrasonidos, como el simulador de ecografía pediátrica y neonatal - TTE, TEE y POCUS o el simulador para ecografía PoCUS - Bodyworks de la empresa More Than Simulators™. Estos simuladores permiten cambiar el escenario de simulación desde un dispositivo electrónico para las distintas patologías que se quieran estudiar en el cuerpo.

20

En cuanto a los simuladores para la exploración de animales existen algunos ejemplos como son los de 3B Scientific (Bovine Theriogenology Model) y Medical Factory (Simulador Avanzado de Inseminación Artificial de Vaca), que comercializan sendos simuladores bovinos para palpación rectal del tracto vaginal; otros fabricantes como Breed 'n Betsy o Satc Solution comercializan otros simuladores de palpación rectal para ganado o animales de granja.

La empresa More Than Simulators™ ya citada fabrica un simulador bovino compacto para parto y ecografía que incluye los tractos reproductivos removibles para simular ultrasonido y parto, un modelo de ternero de parto, diversas herramientas para asistir al parto (como correa y manija) y un simulador de ultrasonido utilizando tecnología de sensores para simular 14 escenarios de simulación. Permite realizar prácticas de ultrasonidos en bovinos y de partos de terneros colocando el simulador de parto sobre una mesa para que los estudiantes practiquen la extracción de terneros en una variedad de posiciones y utilizando correas de tracción.

Queda, por lo tanto, un amplio campo de mejora en el sector de los simuladores veterinarios, especialmente en un área tan importante para el bienestar animal como es la exploración del aparato reproductor de los grandes animales en condiciones tanto fisiológicas, como patológicas así como durante la preñez.

5

EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN

Simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales.

- 10 Se proporciona un simulador de palpación rectal de grandes animales realizado con precisión a nivel de estructura del modelo anatómico del aparato genital hembra, basado en imágenes de alta precisión de un útero y ovarios reales de matadero. Consta, además, de una red de conexión eléctrica que permite visualizar en tiempo real imágenes ecográficas correspondientes exactamente a la zona palpada como se 15 describe en el modelo de utilidad ES1311823Y, que protege un simulador de ecografía en animales.

Un aspecto de la presente invención se refiere a un cuerpo del simulador o estructura externa en cuyo interior se coloca un módulo anatómico interno bovino impreso en 3D 20 que incluye un aparato reproductor simulado y el esqueleto pélvico y que está diseñado como herramienta de simulación para la formación veterinaria, particularmente en ecografía reproductiva. El aparato reproductor simulado está fabricado con un material flexible que emula la textura y consistencia del útero real de una vaca. Este material puede ser un material elastómero, como látex, siliconas de distinta densidad, material 25 termoplástico de poliéster poliuretano (TPU). Por otro lado, el esqueleto pélvico se fabrica con un material más rígido como pueden ser el ácido poliláctico (PLA) o la resina. El módulo anatómico interno se sustenta sobre un soporte metálico, preferentemente de acero o de aluminio.

30 La impresión tridimensional del módulo anatómico interno se realiza a partir de archivos digitales obtenidos mediante tomografía axial computarizada (TAC) de aparatos reproductores bovinos reales, lo que garantiza una representación anatómica precisa. Tras la impresión, se integran en su superficie sensores eléctricos, tal y como se explica en el modelo de utilidad ES1311823Y, en varios puntos estratégicos que 35 corresponden a zonas anatómicamente relevantes, especialmente: cérvix, cuerpo

uterino, cuernos uterinos (izquierdo y derecho, en sus porciones distal y craneal), ligamentos útero-ováricos y ovarios (izquierdo y derecho).

5 Cada sensor eléctrico está conectado, mediante cables numerados, a una unidad externa que simula una sonda ecográfica. Esta unidad se conecta a su vez a un ordenador con un *software* diseñado y registrado para la invención. Al entrar en contacto la sonda ecográfica con alguno de los sensores, el sistema activa la reproducción de imágenes ecográficas correspondientes a la zona anatómica estimulada.

10

El *software* incluye un banco extenso de imágenes y vídeos de ecografías reales, codificados alfanuméricamente, lo que permite generar un número prácticamente ilimitado de escenarios fisiológicos y patológicos. Entre estos se incluyen distintas fases del ciclo reproductivo bovino, estados gestacionales y patologías asociadas.

15

La invención incluye una red de conexión eléctrica formada por, al menos, una cinta de cobre insertada en el modelo anatómico interno que reproduce el aparato reproductor de un bovino; cada una de las cintas se une mediante un cable eléctrico a un conector instalado en el exterior del aparato anatómico que se está utilizando. La 20 conexión de cada cable eléctrico conecta independientemente a través de un conector con el circuito externo a través de un conector exterior. Además, la red de conexión eléctrica cuenta con una plataforma electrónica capaz de detectar el cierre de, al menos, un circuito y está conectada con el conector externo, con una sonda ecográfica simulada y con un equipo de procesamiento de datos y visualización de ecogramas.

25

El equipo de procesamiento de datos y visualización de ecogramas puede ser un ordenador con su correspondiente pantalla, tanto ordenador personal como portátil, puede ser una tableta, un teléfono móvil o cualquier otro dispositivo electrónico digital programable y está configurado para seleccionar un determinado escenario o situación fisiológica/patológica, además, dispone de un programa informático que reproduce un

30

vídeo en bucle de una ecografía correspondiente al escenario seleccionado cuando la sonda ecográfica simulada cierra un circuito eléctrico al presionar sobre un sensor. Los distintos escenarios pueden ser: distintos escenarios: animal sano o enfermo, diferentes patologías, hembras preñadas en varias etapas de gestación o en condiciones patológicas ligadas a la misma. El/los sensores son capaces de cerrar el 35 circuito eléctrico cuando la sonda ecográfica simulada contacta con un sensor.

Para reproducir en bloque cada vídeo correspondiente a una ecografía de un escenario, el equipo de procesamiento de datos y visualización de ecogramas contiene una base de datos de imágenes ecográficas, que puede incluir imágenes distribuidas 5 en distintos escenarios que asocian cada sensor con una imagen, que puede cambiar en cada escenario en un número infinito de posibilidades: vídeos de estructuras fisiológicas de cada parte anatómica, vídeos de estructuras anatómicas en condiciones patológicas, vídeos de varias etapas de la gestación (de 29 a 50 días, 120 días, 240 días...) o en condiciones patológicas ligadas a la misma (reabsorción embrionaria, 10 momificación,...).

La invención incluye un dispositivo simulador anatómico bovino de tamaño real destinado a la formación de estudiantes y profesionales de medicina veterinaria en técnicas de palpación rectal, diagnóstico de gestación y manipulación del aparato 15 reproductor de la vaca. El simulador presenta un diseño modular, con un aparato reproductor simulado, impreso en 3D con material elastómero, que puede cambiarse fácilmente por otro aparato reproductor simulado que reproduzca otra condición del estado de la vaca. Presenta también una estructura externa que, a modo de carcasa inspirada en la anatomía de la vaca, da cobijo al módulo anatómico interno con 20 sensores y un soporte del módulo anatómico interno que se comporta como un chasis estructural proporcionando estabilidad al conjunto de la invención y facilitando el transporte seguro del simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales. Los sensores y cableado se integran en el simulador y en sus paredes como se describe en el modelo de utilidad ES1311823Y.

25

Este simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales permite prácticas de:

- Palpación rectal bovina
- Diagnóstico de gestación
- 30 - Localización y manipulación de cuernos uterinos
- Entrenamiento en condiciones fisiológicas y patológicas
- Diagnóstico ecográfico

35 Su utilización en entornos controlados permite reducir el uso de animales vivos para prácticas básicas, cumpliendo con principios de bienestar animal y bioética educativa.

Entre las ventajas del simulador, cabe destacar:

- Modularidad: permite la utilización de aparatos reproductores simulados intercambiables para simular múltiples condiciones clínicas.
- 5 - Realismo: reproducción externa anatómica y texturizada y base de datos de imágenes ecográficas en todo tipo de situaciones fisiológicas y patológicas.
- Movilidad: incluye un soporte metálico con dimensiones adaptadas para facilitar su transporte.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

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 un juego de figuras en donde, con carácter 15 ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1. Vista general de los distintos elementos del simulador de ecografía.

Figura 2. Soporte del módulo anatómico interno. A, vista superior; B, vista lateral.

20

Figura 3. Vista posterior de la estructura externa.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

25 La presente invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos, que no pretenden ser limitativos de su alcance.

Ejemplo 1. Elaboración del módulo anatómico interno (aparato reproductor simulado y esqueleto pélvico)

30 Para reproducir el aparato reproductor de una vaca de la manera más precisa posible, se procedió a la obtención del material biológico necesario. Para ello, se adquirieron dos tractos reproductivos completos (incluyendo vagina, útero y ovarios) de vaca, en el matadero Carnes Sierra Madrid S.A., ubicado en Collado Villalba (Madrid). Estas muestras se colocaron en posición anatómica dentro de cajas de plástico mediante un

sistema de sujeción con cintas y, posteriormente, se congelaron para garantizar la preservación de su estructura fisiológica.

A su vez, se recogieron diversos componentes del esqueleto pélvico bovino: dos 5 sacros, una pelvis completa y una hemipelvis seccionada longitudinalmente a nivel de la sínfisis pública.

Todos estos elementos anatómicos se sometieron a estudios de Tomografía Axial Computarizada (TAC) en las instalaciones del Hospital Veterinario Vetsia, en Leganés 10 (Madrid). Las imágenes virtuales obtenidas gracias al TAC se emplearon para realizar informáticamente una malla tridimensional, que sirvió de base para la impresión 3D con un material que permitiera acercarse, lo máximo posible, al tacto percibido durante una palpación real. De esta forma, se imprimió, en los talleres de impresión de la Plataforma de Talleres de Apoyo a la Investigación de la UCM.

15

Para la fabricación del aparato reproductor simulado completo (vagina, cérvix, cuerpo y cuernos uterinos y ovarios) en 3D a escala real, se evaluaron diferentes texturas del mismo material. La selección recayó en el segundo modelo menos duro de la escala que fue el material elastómero TPU (termoplástico de poliéster poliuretano de densidad 20 media), ya que su rigidez y propiedades mecánicas se asemejan más a las del tejido uterino real que los de los otros materiales utilizados. Este material presenta una estructura fibrosa integrada que, además, facilita la integración de sensores sin comprometer la durabilidad de la pieza.

25 Para reproducir la pelvis se utilizó ácido poliláctico (PLA).

Una vez completada la fase de diseño y selección de materiales, se procedió a la impresión 3D del módulo anatómico interno con la tecnología y materiales adecuados para su función en el simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva, que se 30 realizó en la empresa Abax (Villanueva de la Cañada, Madrid).

Ejemplo 2. Obtención de imágenes ecográficas.

Se obtuvieron imágenes ecográficas del aparato genital de vacas mediante ecografía transrectal. El material gráfico se recogió en campo durante varios años consiguiendo 35 imágenes ecográficas de calidad que se corresponden a condiciones en la especie

bovina:

- Animales sanos:
 - o ecogramas del útero en su totalidad (cérvix, cuerpo y cuernos uterinos en fase de estro)
 - o ecogramas de ovarios y apreciación de la dinámica folicular:
 - estructuras visibles: folículos predominantes, dominantes y satélites, cuerpo lúteo con o sin cavidad;
 - fases estrales: diestro, estro.
- Animales en gestación:
 - o Gestación viable: 29, 30, 32, 33, 39, 46, 47, 50, 120, 240 días;
 - o Pérdida de la gestación (restos embrionarios): 28, 30 y 32 días.
- Animales con patologías:
 - o Uterinas: Neumovagina, metritis (5 y 15 días postparto), piómetra (30 y 40 días postparto), endometritis (20 y 48 días postparto)
 - o Ováricas: anestro tipo I, II y III, quistes luteínicos, folículos quísticos

Ejemplo 3. Elaboración de un simulador de ecografía reproductiva bovina.

En las zonas anatómicas seleccionadas del aparato reproductor simulado del Ejemplo 1, se pegaron fragmentos de cinta de cobre adhesiva recortados para adaptarse a las formas anatómicas del modelo utilizado, constituyendo así los sensores (9). Se utilizó cinta de cobre adhesiva conductora Kapton EMI, de 50 mm de anchura. Al final de las cintas de cobre se realizó una conexión de cable (8) mediante soldadura, y posterior conexión con el conector (6). Estas piezas de cobre pegadas a la estructura se utilizan como sensores (9), al ser elementos de material piezoelectrónico integrados en las paredes del aparato reproductor simulado y capaces de convertir el contacto con una sonda de ecografía (5) en una señal eléctrica. Los cables (8) de cada sensor (9) se introdujeron mediante punción en el interior de la estructura anatómica y se unieron a un conector (6) externo macho.

La sonda ecográfica (5) se conectó tanto a los sensores (9) instalados en el aparato reproductor simulado de una hembra (7) como a una pantalla (1) en la que se proyectaban ecogramas (2) de las zonas correspondientes al contacto con la sonda ecográfica (5), a través de una placa electrónica (4) y un PC (3).

Ejemplo 4. Programa informático.

Se desarrolló un *software* basado en LabVIEW cuyo funcionamiento descriptivo es el siguiente.

- 5 A nivel *hardware* el sistema se compone de un ordenador personal o PC (3) con Windows 10, en el que se ejecuta el *software* elaborado en la Plataforma de Talleres de Apoyo a la Investigación de la Universidad Complutense de Madrid. Dicho *software* se comunica, a través de un puerto USB libre, con un sistema *hardware* embebido, fabricado en la misma Plataforma de Talleres, que se fundamenta en una placa 10 electrónica (4), que es una placa de microcontrolador comercial, modelo “Arduino UNO”, a la que se han añadido los componentes electrónicos adecuados para poder detectar el cierre de varios circuitos eléctricos. La comunicación entre el *software* de PC (3) y el circuito microcontrolado por USB, se realiza a través del protocolo Lynx de National Instruments. El equipo microcontrolador se conecta, a su vez, a un cable que 15 acaba en forma de sonda ecográfica (5) simulada.

Ejemplo 5. Conexiones del simulador de ecografía reproductiva bovina.

Para completar el simulador de ecografía reproductiva bovina, se realizó una conexión para PC por USB con conexión a una plataforma electrónica (4) Arduino Uno Marca

20 Aceele que conecta, a su vez, con:

- conector (6) DIN 8 contactos para conector donde se unen por soldadura todos los cables (8) procedentes de cada sensor (9), es decir, de cada cinta de cobre colocada en las zonas anatómicas determinadas insertadas en el aparato reproductor simulado;
- sonda ecográfica (5) con conector eléctrico.

25

Las cintas de cobre cortadas en piezas, pegadas en zonas anatómicas determinadas, presentan un cable (8) de cobre soldado que discurre internamente por el aparato reproductor simulado y se une al conector (6) macho y constituyen un conjunto de conexiones que denominamos morfología.

30

En la pantalla (1), se muestra una imagen ecográfica o ecograma (2) que varía en función de la zona de contacto de la sonda ecográfica (5) simulada con la morfología. Además, mediante un *display* de cuadros dentro de la pantalla, se activa el color verde en un cuadrado numerado del 1-10 desde la parte superior, para permitir conocer el 35 sensor anatómico que se está activando. Las imágenes están almacenadas en el

programa informático descrito en el Ejemplo 4 y se asocian en escenarios, que representan distintas situaciones fisiológicas y/o patológicas, como las descritas en el Ejemplo 2.

5 **Ejemplo 6. Funcionamiento del *software* del PC (3).**

En el PC (3), se instaló el programa informático (*software*) descrito en el ejemplo 4 y se conectó la plataforma electrónica (4) Arduino UNO, que conecta la sonda ecográfica (5) y la morfología mediante un conector (6) DIN 8, como se describe en el Ejemplo 5.

10 Dentro del *software* se configura el tipo de espécimen (especie animal, sexo) conectado al sistema junto con un abanico de escenarios (por ejemplo, estado de salud, diversas posibilidades de patologías, semana de preñez, etc.), a través de un selector desplegable configurado de forma textual, a través de un fichero en el propio ordenador personal (3).

15

Una vez seleccionado el espécimen y el escenario, cuando la sonda ecográfica (5) se sitúa sobre un sensor (9), el *software* comienza a reproducir un vídeo, en bucle, de una ecografía correspondiente a la zona anatómica, si la sonda no contacta con ningún sensor, la imagen que aparece en la pantalla corresponde a la imagen de una sonda

20 ecográfica operativa, que no contacta con ninguna estructura. Cada vez que el conector o sensor de la sonda ecográfica (5) toca alguno de los puntos anatómicos donde se ha insertado un sensor (9), el *software* cambia automáticamente el vídeo y muestra el vídeo en bucle de la imagen correspondiente a esa estructura anatómica en dicho espécimen y escenario, determinada con un código de número, escenario y punto anatómico.

25

Cada vez que el operador cambia de punto de contacto con otro sensor (9) con la sonda ecográfica (5) simulada, el *software* detecta el cierre del circuito y comienza a reproducir el vídeo referente a la zona activada hasta que el circuito deje de estar

30 cerrado o se cierre un nuevo circuito.

La aplicación se ejecuta hasta que el operador presiona el botón de Salida.

35

Ejemplo 7. Soporte del módulo anatómico interno

Para sostener el módulo anatómico interno, se elaboró un soporte mediante un armazón fabricado en perfiles de aluminio de 20 mm de sección, ensamblados mediante tornillos, es decir, un chasis metálico de perfiles huecos que sirve como base 5 para el simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva (Figura 2). Este chasis permite una sujeción firme y estable del módulo anatómico interno durante su uso y, además, facilita el transporte de todo el simulador.

La estructura de este soporte forma una base trapezoidal elevada que se puede 10 colocar sobre una mesa y cuyas dimensiones son: 755 mm de longitud, 510 mm de anchura en la base más larga (10) del trapecio que se corresponde con la parte anterior de la grupa de la vaca y 400mm de anchura en la base más corta (11), que se corresponde con la parte posterior de la grupa de la vaca (Figura 2A); una altura con respecto a la mesa donde se coloca la estructura de 210 mm en las patas traseras (12) 15 del soporte, situadas en la base que se corresponde con la parte posterior de la grupa de la vaca; una altura con de 205 mm en las patas delanteras (13) del soporte, situadas en la base que se corresponde con la parte anterior de la grupa de la vaca (Figura 2B). Sobre la base trapezoidal elevada se fijaron dos tipos de soportes (Figura 2B):
- dos soportes verticales (14) de 235 mm de altura destinados a la fijación de la parte 20 posterior del esqueleto pélvico bovino impreso en PLA) como se describe en el Ejemplo 1.
- dos soportes inclinados (15) diseñados para sostener la parte anterior de dicho esqueleto pélvico bovino.

25 En este ejemplo, se utilizaron tubos cuadrados de aluminio (aunque también podían haber sido de acero).

El esqueleto pélvico se montó sobre los soportes verticales e inclinados del soporte del módulo anatómico interno.

30 La base trapezoidal elevada se cubrió con una tapa de madera para evitar cualquier roce o golpe con el chasis metálico, tanto en su manejo como durante los posibles desplazamientos del simulador.

Ejemplo 8. Elaboración de una estructura externa o cuerpo del simulador.

Se realizó una estructura externa, hueca, en resina epoxi y mediante impresión 3D, con la que se cubrieron todas las estructuras descritas en los Ejemplos 1 y 7 para representar la grupa y parte posterior de una vaca, con acabado pintado tipo Holstein

5 (blanco con manchas negras), simulando la apariencia realista del animal (Figura 3).

Para facilitar el acceso al interior del simulador y poder hacer cambios o modificaciones en el módulo anatómico interno, la estructura externa se elaboró en dos partes (16a y

10 16b) de forma que puede abrirse longitudinalmente. De esta manera, se puede cambiar con facilidad el aparato reproductor simulado por otro que represente otras

condiciones reproductivas (ciclo estral, gestación, patologías, etc.).

El diseño anatómico se planificó de manera que la estructura externa o cuerpo del simulador permite al estudiante posicionarse adecuadamente para la práctica clínica.

15 15 Las dimensiones de la estructura externa y los orificios practicados fueron los siguientes:

- dimensiones de la estructura externa: 700 mm (ancho) x 510 mm (alto) x 650 mm (profundidad),

- orificio superior (17), de 60 mm de diámetro: para la salida de cola;

20 - orificio intermedio (18) u orificio rectal, de 120 mm de diámetro: destinado a la simulación del recto, en el cual se implantó un tubo de látex de 350 mm de longitud que permite el acceso manual al aparato reproductor simulado;

- orificio inferior (19) vaginal, de 105 mm de diámetro: para la fijación del conjunto formado por la vagina y el útero simulado;

25 - ajustes y sujetaciones: la estructura externa se elaboró en dos partes longitudinales que, en este ejemplo, se ensamblaron mediante bisagras, permitiendo el acceso al interior de la propia estructura externa para la instalación de los diferentes módulos reproductivos. Como se aprecia en la Figura 3, la división de las dos partes no se realizó en la mitad de la estructura externa para permitir que los orificios (17, 18 y 19)

30 quedaran completamente integradas en una de las dos partes.

La cola (20) de la vaca puede ser de diversos materiales. En este ejemplo se confeccionó en tela y se introdujo en el orificio (17) situada en la parte superior de la parte posterior de la vaca.

El orificio intermedio (18) da acceso al orificio rectal. A través del orificio se accede a la simulación del recto elaborada con látex.

El orificio inferior (19) da acceso a la vagina simulada. A través de ella se accede a los
5 cables (8) y la conexión del aparato reproductor simulado que se describe en el Ejemplo 1 en el que se habrán incluido cintas de cobre como se describe en el Ejemplo 3, y que se posiciona sobre el esqueleto pélvico, con el conector (6) entre la sonda y el ordenador del simulador de ecografía. El aparato reproductor simulado se sujetó mediante ligamentos simulados que se anclaron al ilion, replicando la fijación
10 anatómica natural y el conjunto se estabilizó con pinzas. Estos ligamentos se realizaron con cintas de 30x30 cm de silicona y un grosor de 5 mm.

REIVINDICACIONES

1. Simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales que incluye:
 - 5 - un módulo anatómico interno formado por un aparato reproductor simulado e intercambiable y un esqueleto pélvico ambos elaborados mediante impresión 3D a partir de archivos digitales obtenidos mediante tomografía axial computarizada (TAC) de aparatos reproductores bovinos reales;
 - un soporte del módulo anatómico interno fabricado en metal;
 - 10 - una estructura externa que reproduce el tercio trasero de una vaca, presenta tres orificios circulares (17, 18 y 19) y está dividida longitudinalmente en dos partes no simétricas (16a, 16b); y
 - un simulador de ecografía en animales que consiste en una red de conexión eléctrica formada por:
 - 15 - al menos, una cinta de cobre insertada en el aparato reproductor simulado y dicha, al menos, una cinta es un sensor (9) que se une mediante un cable (8) a un conector (6) externo;
 - una plataforma electrónica (4) capaz de detectar el cierre de, al menos, un circuito y conectada con el conector (6) externo, con una sonda ecográfica (5) simulada y con un equipo de procesamiento de datos y visualización de ecogramas;
 - 20 donde el equipo de procesamiento de datos y visualización de ecogramas está configurado para seleccionar un tipo de espécimen y un escenario; el/los sensores (9) son capaces de convertir el contacto con la sonda ecográfica (5) simulada en una señal eléctrica; el equipo de procesamiento de datos y visualización de ecogramas dispone de un programa informático que reproduce un vídeo en bucle de una ecografía correspondiente al espécimen y escenario seleccionados cuando la sonda ecográfica (5) simulada cierra un circuito eléctrico al contactar sobre un sensor (9).
 - 25
 - 30 2. Simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales según la reivindicación 1 en el que el aparato reproductor simulado está elaborado con material elastómero.
 - 35 3. Simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales según la reivindicación 2 en el que el material elastómero es un material termoplástico de

poliéster poliuretano (TMU).

4. Simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el esqueleto pélvico está
 - 5 elaborado con ácido poliláctico (PLA) o resina
 5. Simulador de palpación rectal y ecografía reproductiva de grandes animales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el metal del soporte del módulo anatómico interno se selecciona entre aluminio y acero.
- 10
6. Simulador de ecografía en animales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la plataforma electrónica (4) es una placa de microcontrolador.
 7. Simulador de ecografía en animales según cualquiera de las reivindicaciones
- 15
- 15 anteriores en el que los sensores (9) son de material piezoeléctrico.

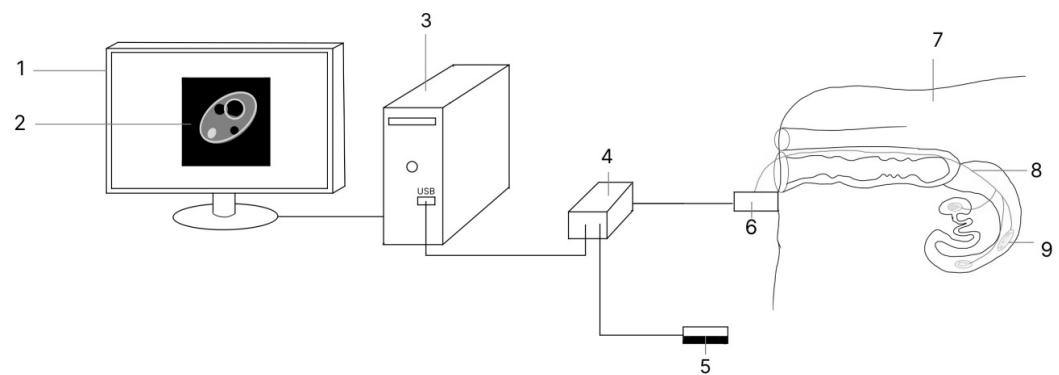


Fig. 1

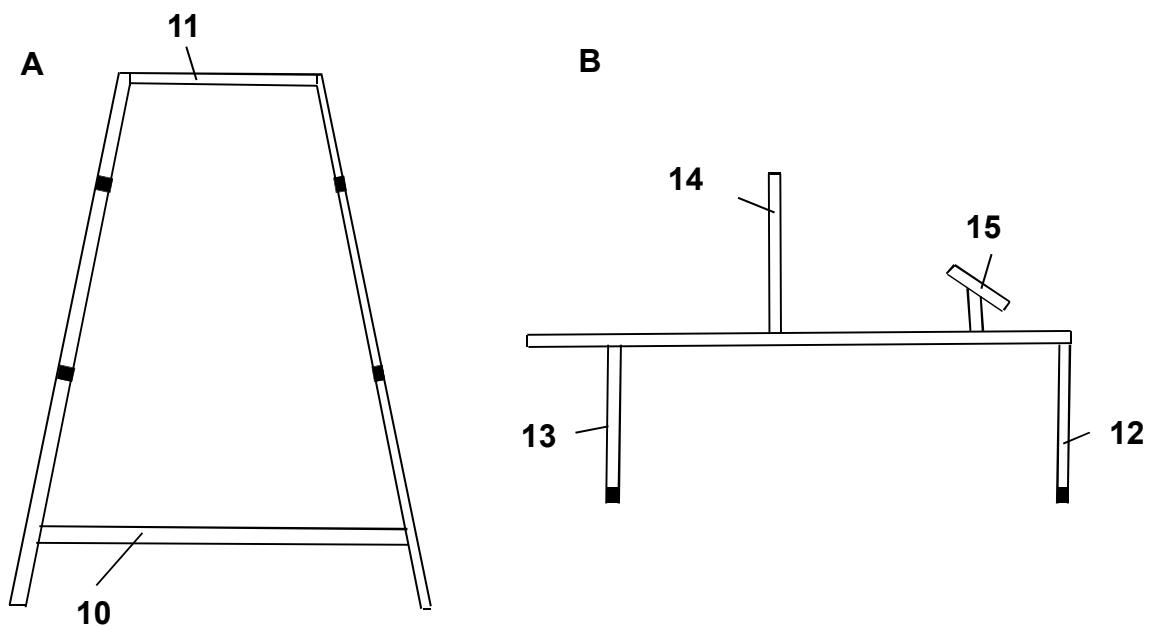


Fig. 2

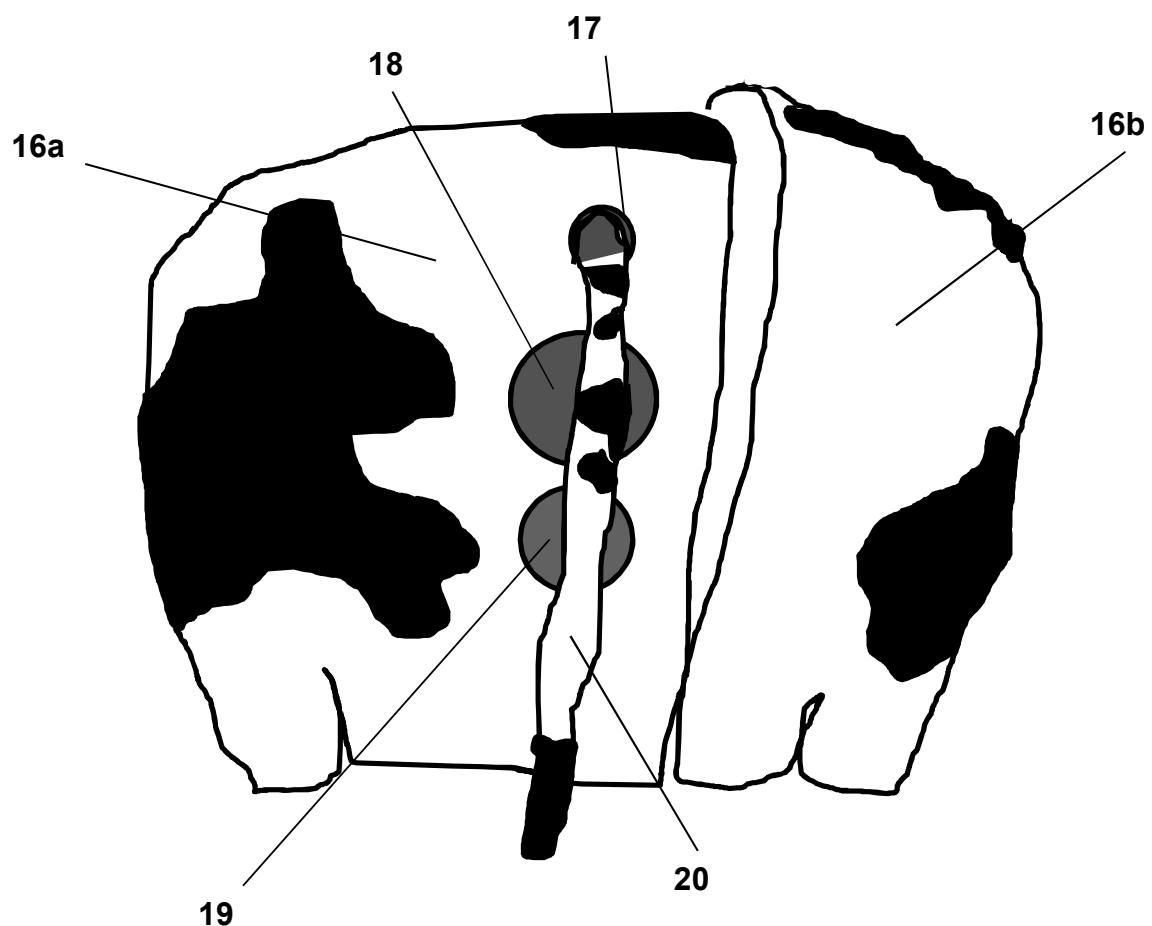


Fig. 3