

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 724**

51 Int. Cl.:

A61D 17/00 (2006.01)

A01K 29/00 (2006.01)

A61B 5/107 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2016 PCT/IB2016/051058**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016 WO16135684**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2016 E 16716279 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 3261581**

54 Título: **Método mejorado y aparato relevante para la determinación de la puntuación de la condición corporal, el peso corporal y el estado de fertilidad**

30 Prioridad:

27.02.2015 IT UB20150404
08.09.2015 IT UB20153470

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

24.02.2021

73 Titular/es:

INGENERA SA (100.0%)
Via Cantonale 3
6944 Cureglia, CH

72 Inventor/es:

BIONDI, ANDREA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 807 724 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

Método mejorado y aparato relevante para la determinación de la puntuación de la condición corporal, el peso corporal y el estado de fertilidad

5 La presente invención se refiere a un método para la determinación de la puntuación de la condición corporal (BCS), el peso corporal y el estado de fertilidad de un ser vivo.

Además, la presente invención también se refiere a aparatos para la evaluación de la condición corporal, el peso corporal y el estado de fertilidad de un ser vivo, que implementar el método.

10 Más precisamente, la presente invención se refiere a un método para el cálculo de la puntuación de la condición corporal o BCS mediante el procesamiento del perfil de una o más regiones anatómicas del sujeto observado, que hace uso de al menos un perfilómetro, al menos una unidad de procesamiento de datos y al menos un programa que implementa un procesamiento específico del perfil. Dicho perfil se define aquí como la forma de la curva que describe al menos parte del perímetro externo de una sección de una región anatómica del sujeto bajo examen, estando dispuesta esta curva sobre un plano imaginario que cruza dicha región anatómica. En particular, el método de acuerdo con la presente invención requiere un perfil cuyo tamaño y forma estén unidos por cualquier relación de proporcionalidad (también desconocida) con el tamaño absoluto y la forma física del sujeto.

Dicho método introduce un nuevo indicador adimensional de la condición corporal, denominado índice de engorde sintético o índice de engorde FI o R , que, a diferencia de la puntuación de condición corporal, resulta invariable con respecto a la especie, la raza, el sexo, la edad y el tamaño absoluto del sujeto observado.

20 Este método también permite determinar, con buena aproximación, el peso del cuerpo de un ser vivo sobre la base del índice de engorde sintético FI (o la condición corporal equivalente) y otras características de información del sujeto, tales como la especie, la raza, el sexo, la edad.

25 Este método también introduce un nuevo indicador del estado de fertilidad del sujeto observado. Este índice es la combinación del índice de engorde FI (o la puntuación equivalente de condición corporal) con el estado de celo. La única indicación del celo se usa comúnmente hoy para maximizar las posibilidades de éxito en la inseminación artificial. Sin embargo, un sujeto puede estar en celo, pero no tener una condición corporal adecuada para la concepción. El índice de fertilidad aquí presentado e implementado tiene el propósito de perfeccionar el indicador de celo enriqueciéndolo con la información de la condición corporal, obteniendo el índice de fertilidad F.

30 El método introducido aquí para la medición de la condición corporal, el peso y el índice de fertilidad también resulta ser robusto a posibles errores en el uso de los aparatos por un operador y a posibles variaciones del esqueleto entre diferentes sujetos.

Dicho método también tiene la ventaja sobre la técnica anterior conocida de poder implementarse incluso en dispositivos simples (por ejemplo, teléfonos inteligentes) sin necesidad de aparatos adicionales. Esta es una consecuencia directa del hecho de que en el método de la invención se analiza el perfil, dejando a un lado su tamaño físico absoluto.

35 Estado de la técnica

Cada ser vivo, para realizar sus funciones biológicas, necesita energía siempre disponible. En lo que respecta al reino animal, al que se dirige la invención, la energía se extrae de los alimentos y se almacena en el organismo en forma de reservas de grasa.

40 La *puntuación de condición corporal* o BCS es un método de evaluación de la condición corporal de un animal, o de sus reservas de energía, que tradicionalmente se lleva a cabo de una manera visual y/o táctil por parte de un técnico debidamente capacitado.

45 Normalmente, en el caso de la evaluación de la condición corporal en el ganado bovino, esta puntuación se determina sobre la base de una escala de 1 a 5 (otras escalas diferentes se utilizan en diferentes países, sin embargo, están relacionados entre sí por transformaciones lineales), en el que la puntuación mínima 1 corresponde a un sujeto muy delgado y la puntuación máxima de 5 corresponde a un sujeto obeso.

Las puntuaciones intermedias indican: 2 persona delgada, 3 persona en forma, 4 persona gorda.

La escala anterior también proporciona puntuaciones intermedias de cuartos de punto, tales como las puntuaciones de 2,25 o 3,75, y similares.

50 A continuación, se considerará la BCS medida en una escala de 1 a 5, aunque, en todo el mundo se utilizan escalas de BCS con puntuaciones que van de 0 a 5 (en Francia), de 1 a 9 (o similares), que en cualquier caso están mutuamente vinculadas entre sí mediante una transformación lineal.

Al ser la BCS una evaluación visual subjetiva y dependiendo de la raza y de la especie, se observaron diferencias

- 5 considerables entre las encuestas llevadas a cabo por diferentes técnicos (problemas de subjetividad y repetibilidad de la evaluación). Esto da como resultado errores significativos en la aplicación de los modelos predictivos descritos en la técnica anterior, que se basan en BCS para la evaluación de la salud animal, para el equilibrio de la ración alimentaria en fases específicas de la vida del animal, para el diagnóstico de enfermedades metabólicas, para fertilización asistida, etc.
- 10 En la cría intensiva de animales de producción (por ejemplo, ganado vacuno, ovejas y cabras, cerdos), la BCS es una herramienta de análisis útil para el estado de salud y el balance energético de los animales, capaz de proporcionar, por medio de procesamiento apropiado, directrices generales sobre raciones alimenticias utilizadas y en la gestión de la reproducción.
- 15 En el marco de los rebaños para la producción de leche, se demostró que la evaluación solamente del peso corporal no es un buen indicador del proceso de movilización de la grasa para la producción de leche. Por esta razón, el método de evaluación de puntuación de condición corporal ha recibido considerable consideración como un medio para estimar la movilización de tejidos, por ejemplo, en el campo del ganado lechero (Domecq et al., 1997b; Flamenbaum et al., 1995).
- 20 Para facilitar la discusión, en la siguiente descripción, principalmente se considerará el campo específico de ganado de ordeño de ganado intensivo, sin limitar la aplicabilidad de la invención a cualquier otra especie en el reino animal. Cada consideración en el presente documento es fácilmente traducible en el contexto de cualquier otra especie de animales superiores.
- 25 En el marco de las vacas lecheras, la obesidad puede ser el resultado de una alimentación que no es adecuada en los últimos 3-4 meses de lactancia, un período en el que la producción de leche comienza a caer de forma natural y la carne tiende a acumularse en almacenes de exceso en el cuerpo.
- Incluso períodos excesivamente largos fuera de la lactancia (período "seco") o una nutrición rica también en esta etapa puede conducir a una excesiva condición corporal del animal (sobrecondición).
- 30 Se sabe que un bovino demasiado gordo está sujeto más probablemente a partos difíciles y, después del parto, sin duda presentará un muy pobre consumo de materia seca, con un aumento de la incidencia de los problemas metabólicos, tales como síndrome de la vaca grasa, cetosis, y similares, y en consecuencia la producción cae.
- Una delgadez excesiva (subcondición) en su lugar puede causar baja producción de leche y de bajo contenido de grasa en la leche, debido a la insuficiencia de las reservas de energía y de proteínas.
- 35 Se sabe que las vacas son también llamadas terneros, novillas o vacas en la base de la edad; en particular, los terneros son la carne de vacuno de cero a un año de vida, las novillas de uno a tres años de vida y las vacas durante tres años o menos de tres años si han parido al menos una vez.
- La BCS se pueden emplear de forma útil para la gestión de las novillas para evaluar, en sujetos delgados, la posibilidad de que no crezcan lo suficientemente rápido como para permitir el logro de la pubertad en alrededor de 13-15 meses de edad, con problemas de tamaño inadecuado en un primer parto y la consecuente baja producción durante la posterior lactancia.
- 40 Por otra parte, se demuestra que las novillas demasiado gordas tienen producciones más bajas en comparación con otras carnes de vacuno con peso adecuado a su vencimiento.
- La condición corporal de la vaca está en cambio continuo durante el ciclo de lactancia y, en consecuencia, también la BCS ideal varía dependiendo de la etapa de lactancia, de acuerdo con patrones conocidos, tales como, por ejemplo, la que se muestra en la Figura 1 adjunta.
- 45 Las vacas jóvenes están en la condición del equilibrio energético negativo y movilizan las reservas corporales para enfrentar esta fase, en la cual, por cada libra del peso movilizado, la producción de leche aumenta en aproximadamente siete libras.
- Las vacas o la carne de res en la lactancia tardía están en equilibrio positivo y tienden a recuperar la condición corporal perdida inmediatamente después del parto.
- 50 En general, la evaluación de BCS puede proporcionar información valiosa sobre la salud de los animales observados, ya sean para la producción (es decir, bovinos, caprinos, cerdos, y equinos) o para compañía (por ejemplo, perros y gatos).
- Como se muestra en la Figura 3 adjunta en el presente documento, el método tradicional de evaluación se basa en la apreciación visual y táctil de BCS de áreas preestablecidas del cuerpo, identificable principalmente a nivel de las nalgas, la espalda baja, parte posterior, ancas, punta de nalga y base de la cola, posiblemente en condiciones de sujeto relajado, porque la rigidez muscular puede comprometer la precisión de la observación.
- Es bien conocido que este tipo de evaluación visual y táctil de la BCS tiene grandes inconvenientes, tal como la alta

subjetividad de la evaluación, lo que implica una mala repetibilidad del valor numérico, con el paso del tiempo, para el mismo técnico y para diferentes técnicos, la cantidad significativa de tiempo necesario para llevar a cabo las observaciones necesarias sobre el animal y el alto costo asociado con la capacitación continua de los técnicos.

5 Recientemente, este método de evaluación visual y táctil se ha simplificado mediante el uso de los medios informáticos, tales como programas de aplicación para ordenadores portátiles personales, PDA, teléfonos inteligentes y tabletas.

Estos programas de aplicación guían al evaluador en el reconocimiento de rasgos morfológicos que se asocian con una puntuación determinada, para reducir el tiempo necesario para medir, transcribir, transmitir y procesar la BCS.

10 También hay programas más recientes, en los que uno trata de reducir el número de caracteres morfológicos a observar, así como para reducir aún más el tiempo requerido. En cualquier caso, es el evaluador quien, aunque guiado, expresa el juicio. Por lo tanto, todavía existe el problema de la subjetividad en la medición y su escasa repetibilidad.

También existen programas que permiten capturar fotos de los animales desde diferentes puntos de vista y ofrecen las herramientas gráficas para destacar en la imagen, en el postprocesamiento, los principales rasgos morfológicos.

15 Sin embargo, las imágenes no aparecen siempre que sean de buena calidad, ya que una imagen expuesta de una manera no apropiada puede ser demasiado oscura o demasiado clara, borrándose las sombras que proporcionan información sobre la tridimensionalidad de la superficie del cuerpo del sujeto observado. Sin embargo, es el técnico el que realiza el trabajo de reconocimiento de los rasgos morfológicos, de manera permanece el carácter subjetivo de la medición.

20 A continuación, se han desarrollado sistemas automáticos para la BCS y la evaluación de peso mediante análisis de imágenes bidimensionales.

Un ejemplo se representa mediante el documento US5474085, en el que se describe un sistema de tipo estático, que ejecuta una evaluación termográfica de los animales. En este caso, considerando la naturaleza estática del modelo geométrico, la cantidad de píxeles en la imagen térmica asociada a un animal está directamente correlacionada con su peso.

25 Un ejemplo adicional está representado por los documentos US5483441 y US5576949, que describen sistemas que analizar una pluralidad de imágenes de dos dimensiones, tales como imágenes simultáneas desde arriba y desde el lado del animal y/o imágenes realizadas en instantes sucesivos en un animal en movimiento, dentro de un sistema de cámaras y sensores con geometría fija y conocida.

30 Estos tipos de sistemas permiten determinar mediciones absolutas, tal como la altura, anchura y longitud, de la que BCS y/o el peso se pueden derivar por comparación con modelos animales con características conocidas.

Otro ejemplo está representado por el documento US5944598, que describe un sistema que extrae el perfil del animal desde una imagen y determina los parámetros geométricos del sistema, mediante la evaluación de la distancia entre el objeto observado y la herramienta de medición, por ejemplo, un telémetro láser. A partir del perfil, se derivan evaluaciones morfológicas y/o masivas.

35 La principal limitación de estos sistemas automatizados de evaluación es la complejidad de la aplicación general de la solución en el marco de un establo. Esto implica un alto costo, poca robustez de la solución y poca precisión y repetibilidad de los resultados.

40 Recientemente, los sistemas automáticos se han desarrollado para la evaluación de la BCS y el peso por medio de escaneado tridimensional.

Un ejemplo está representado por el documento US20140029808, que describe un sistema que realiza una exploración en tres dimensiones, por ejemplo, por medio de telémetros láser de tiempo de vuelo (TOF), que estiman la BCS analizando una nube de puntos, comparándolos con un conjunto de patrones de referencia asociados con diferentes valores de la BCS.

45 Otro ejemplo está representado por el documento US8351656, que describe un sistema que realiza una exploración en tres dimensiones, por ejemplo, por medio de luz estructurada, cámaras estereoscópicas y telémetros láser, que estiman el peso mediante el análisis de los puntos de la nube generada por los sistemas de adquisición y comparándolos con un conjunto de modelos de referencia.

50 En este caso, el dispositivo se realiza como una solución portátil y se aplican una serie de soluciones matemáticas para determinar la orientación y la ubicación del animal con respecto a la herramienta de medición.

Otro documento, US6377353, hace uso del método descrito anteriormente para derivar evaluaciones morfométricas.

El documento US6549289 describe el mismo principio de análisis tridimensional utilizando luz estructurada,

observada por un sistema de cámara estereoscópica, aplicada por la realización de cálculos de triangulación.

Incluso en el caso de esta clase de soluciones, la limitación principal consiste en la alta complejidad de la solución tecnológica que se ajusta mal al campo de aplicación del establo y la formación de los técnicos que operan normalmente en el mismo.

- 5 Estas soluciones son, por lo tanto, muy caras, muy delicadas y, por lo tanto, poco fiables en la aplicación en el campo.

Además, estas soluciones muestran poca precisión y repetibilidad de los resultados.

- 10 Hay patentes incluso como EP1537531 B1 (de WO 2004/012146 A1) y EP2370952B1 también caracterizadas por la detección de la nube de puntos de una región anatómica por escaneado tridimensional. Estas patentes implementan diferentes métodos de examen de las curvaturas principales de las superficies observadas, que sin embargo explotan completamente las características del escaneado tridimensional, lo que permite detectar las coordenadas absolutas de los puntos detectados y luego el tamaño absoluto.

- 15 Estos métodos, por lo tanto, requieren un sistema de exploración de tres dimensiones y, por lo tanto, no son aplicables en dispositivos simples, tales como los equipados con una sola cámara de dos dimensiones (por ejemplo, teléfonos inteligentes).

Además, los productos basados en estos métodos han demostrado ser poco precisos y repetibles en los límites de escala de medición de la condición corporal (por ejemplo, BCS < 2 para un sujeto muy magro y BCS > 4 para un sujeto muy gordo), exactamente donde el diagnóstico es más útil para definir la intervención más adecuada para restaurar un tipo adecuado de condición corporal.

- 20 Otras soluciones similares se dan en:

- US 2005/257748 A1, LEROY T ET AL: "Determinación automática de puntuación de la condición corporal de vacas lecheras en base a imágenes en 2D", CONFERENCIA EUROPEA SOBRE PRECISIÓN GANADERA 2, 2005, UPPSALA, WAGENINGEN ACADEMIC PUBL, NL, 1 de enero de 2005, páginas 251-255, XPO09127881, ISBN: 978-90-76998-68-8,

- 25 - WO 2010/063527 A1 (DELAVAL HOLDING AB [SE]; LIAO BOHAO [SE]; KRUKOWSKI MARILYN [SE]) 10 de junio de 2010,

- EP 2 027 770 A2 (ICEROBOTICS LTD [GB]) 25 de febrero de 2009,

- 30 - Marilyn Krukowski: "Determinación automática de la puntuación de la condición corporal de las vacas lecheras a partir de imágenes en 3D", Tesis de maestría en informática, ISSN: 1653-5715, 26 de enero de 2009 (26-01-2009), páginas 1-89, XP055051333, D6 KTH, Estocolmo, Suecia, <http://www.csc.kth.se> Recuperado de Internet: URL: http://www.nada.kth.se/utbildninglgrukthlexjobbkrapporlistor/2009/rappor09/krukowski_marilyn_09009.pdf [recuperado el 28/01/2013];

- US 2013/201470 A1 (ALLISON DAVID [US] ET AL) 3 de octubre de 2013;

- WO2010/107383 en (INNOVATOR SKAANE AB [SE]; FLODMARK CARL-ERIK [SE]) 23 de septiembre de 2010; y

- 35 - WO96/04551 A1 (MEAT RESEARCH CORP [AU]; FORREST ALEXANDER [AU]; GORDON ANTHONY JOHN [AU]) 15 de febrero de 1996.

En vista de lo anterior, por lo tanto, es objeto de la presente invención proporcionar un método y un aparato que superen las desventajas de la técnica anterior.

- 40 En particular, un objeto de la presente invención es implementar un método para calcular el FI y la BCS pertinentes, el peso corporal y el estado de fertilidad, que sea automático y fácil de implementar.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar aparatos de aplicación del método, que sean baratos, de fabricación sencilla, robustos y compatibles con el medio ambiente de uso y aplicables a cualquier animal, independientemente de la especie, raza, género, edad y tamaño absoluto.

- 45 Por lo tanto, es objeto de la presente invención un método y aparatos como el definido por las reivindicaciones independientes.

En las reivindicaciones dependientes se definen algunas realizaciones preferidas.

Descripción de la invención

A continuación, se describirá la presente invención, con fines ilustrativos, pero no limitativos, según sus realizaciones preferidas, con referencia particular a las figuras de los dibujos adjuntos, en las que:

- La Figura 1 muestra un gráfico de la técnica anterior que representa la tendencia típica del valor de la puntuación de la *condición corporal* (línea discontinua) y la producción de leche (línea continua) de un bovino con buena salud en función de los días de lactancia (reportado en las abscisas);
- 5 - La Figura 2 destaca algunos ejemplos de la región anatómica de interés morfológico, tal como la región lumbar (L), abdominal (A), sacra (S), femoral (F), pectoral (P), glútea (G) y dorsal (D) en diferentes especies de animales y en el hombre;
- La Figura 3 muestra un gráfico de la técnica anterior relevante para la correspondencia entre la condición corporal de un animal y la puntuación de BCS relevante;
- 10 - La Figura 4 muestra los gráficos de la técnica anterior relacionados con la correspondencia entre la condición corporal de un ser humano y la puntuación de IMC correspondiente;
- La Figura 5 muestra un diagrama de bloques del aparato de la presente invención;
- La Figura 6a muestra una primera realización del aparato de la Figura 5, de tipo portátil con control manual, que implementa un perfilómetro del tipo óptico;
- 15 - La Figura 6b muestra el aparato de la Figura 6a en uso por parte de un técnico en el campo de un establo de ganado lechero;
- La Figura 7 muestra el perfil lumbar en una vaca lechera, en una vista desde arriba;
- La Figura 8 muestra un procedimiento de dicho perfil de la Figura 7;
- La Figura 9 muestra la etapa de determinar los puntos de tangencia al perfil de acuerdo con el método de la presente invención;
- 20 - La Figura 10 muestra un diagrama de bloques del método de determinación de los puntos de tangencia al perfil;
- La Figura 11 muestra una segunda realización del aparato de la Figura 5, de tipo automático fijo aplicado en una caja de pesaje;
- La Figura 12 muestra la misma segunda realización del aparato de la Figura 5, de tipo automático fijo aplicado en una sala de ordeño de tipo giratorio;
- 25 - La Figura 13 muestra una tercera realización del aparato de la Figura 5, del tipo automático, móvil en una guía aérea en una sala de ordeño angular;
- La Figura 14 muestra un diagrama de bloques relacionado con las funciones de adquisición y control en la primera realización del aparato de la invención;
- La Figura 15 muestra un diagrama de bloques relacionado con las funciones de adquisición y control en la segunda y tercera realizaciones del aparato de la invención;
- 30 - La Figura 16 muestra un diagrama de bloques relacionado con las funciones de preprocesamiento y procesamiento presentes en todas las realizaciones del aparato de la invención;
- La Figura 17 muestra una cuarta realización del aparato de la Figura 5, del tipo automático estático de hueco, pudiéndose cruzar el hueco libremente por los animales;
- 35 - La Figura 18 muestra un primer ejemplo de resaltado del perfil mediante pintura coloreada aplicada manualmente;
- La Figura 19 muestra un segundo ejemplo de resaltado del perfil mediante pintura coloreada aplicada automáticamente;
- La Figura 20 muestra un tercer ejemplo de resaltado del perfil mediante la aplicación de un adhesivo coloreado;
- 40 - La Figura 21 muestra una realización adicional del aparato de la Figura 5, de tipo automático estático, obtenida colocando un número adecuado de cámaras de alta resolución sobre la caja de alojamiento de animales;
- La Figura 22 muestra una realización adicional del aparato de la Figura 5, de tipo manual estático, en el que el perfil se adquiere por medio de un perfilómetro de peine específico del tipo electrónico;
- La Figura 23 muestra una realización adicional del aparato de la Figura 5, del tipo dinámico automático, en el que el perfil se adquiere por medio de una tira adhesiva equipada con un conjunto de sensores flexibles de tipo electrónico; y
- 45 - La Figura 24 muestra una realización adicional del aparato de la Figura 5, en el que el perfil se adquiere por medio

de un escáner tridimensional, por ejemplo, del tipo de tiempo de vuelo (TOF).

El objeto de la presente invención es un aparato y un método para el cálculo de un nuevo índice sintético de engorde FI mediante la detección y el procesamiento de algunos rasgos morfológicos en animales. A partir de este último se deriva la puntuación de condición corporal o BCS. Se calcula la combinación de dicho FI y otros parámetros característicos de la morfología y el comportamiento del sujeto observado, el peso corporal y un índice de evaluación sintética del estado de fertilidad.

Con referencia a la Figura 5, se muestra un aparato D para el método de acuerdo con la presente invención, en el que dicho método consiste en detectar un perfil de una o más regiones anatómicas del sujeto observado, que utiliza al menos un perfilómetro, de al menos una unidad de procesamiento de datos y al menos un programa que implementa un método de procesamiento específico. Dicho perfil se define aquí como la forma de la curva que describe al menos parte del perímetro exterior de una sección de una región anatómica del sujeto bajo examen, estando dispuesta esta curva en un plano imaginario que cruza dicha región anatómica. En particular, el método de acuerdo con la presente invención requiere un perfil cuyo tamaño y forma estén unidos por cualquier relación de proporcionalidad (también desconocida) con el tamaño y la forma física absoluta del sujeto.

Dicho perfil es procesado luego por una unidad de procesamiento de datos, con el fin de obtener un índice sintético numérico que represente las reservas de grasa, y luego la condición corporal del propio sujeto. El aparato D comprende al menos un perfilómetro (que en el caso de la figura está constituido por una cámara 102), al menos una unidad de control 101 y al menos una unidad de procesamiento de datos E. En el caso en el que la unidad de procesamiento de datos sea remota, el aparato D incluirá al menos una unidad de comunicación de datos.

Hay una serie de principios físicos utilizados para detectar, con o sin contacto, dicho perfil en un espacio de superficie curvada. Entre ellos, hay alguien que es particularmente adecuado para el campo bajo examen. A modo de ejemplo, pero no de limitación, se ilustrarán algunas aplicaciones particulares de estos principios, de acuerdo con los propósitos de la presente invención. Es posible dividir estas aplicaciones en dos categorías principales: (a) detección del perfil sin contacto, (b) detección del perfil con contacto.

En general, vale la pena considerar que, de acuerdo con los propósitos de la presente invención, el método utilizado debe ser compatible con la aplicación en el campo abierto, en el caso de animales que viven con un manto más o menos irregular, dependiendo de la especie y la raza.

Entre las aplicaciones de no contacto entre el instrumento y el cuerpo del sujeto bajo consideración, están comprendidas las soluciones basadas en el análisis de imágenes detectadas por cámara de dos dimensiones.

En este caso, con el fin de resaltar una región anatómica específica del sujeto observado, de manera que se puede detectar por medio de un aparato de grabación de vídeo, se puede utilizar una fuente de luz estructurada. Suponiendo que el patrón consiste en una o más filas transversales a la columna vertebral del sujeto observado en una región anatómica específica (por ejemplo, región lumbar (L), abdominal (A), sacro (S), femoral (F), pectoral (P), glúteo (G), dorsal (D) o del cráneo en algunos casos especiales), es posible proyectar un patrón (luz estructurada) en el cuerpo del sujeto bajo examen, en la región anatómica de interés. En este caso, el aparato D incluirá una fuente de luz coherente (por ejemplo, un generador de línea láser) o no coherente 103, proyectando esta fuente de luz sobre el sujeto un conjunto de puntos discretos o continuos, para resaltar un perfil 109 de la región morfológica de interés

Este método utiliza el principio de triangulación óptica, una técnica que permite el cálculo de las distancias entre los puntos mediante la explotación de las propiedades de los triángulos. Este principio requiere el conocimiento exacto de la posición relativa de la cámara en relación con la fuente de luz estructurada y el objeto observado, ya que esto es esencial para calcular las coordenadas absolutas en el espacio de los objetos detectados.

En el método de acuerdo con la presente invención no hay necesidad de conocer el tamaño absoluto del objeto observado, por lo tanto, el principio de triangulación óptica se puede aplicar independientemente de la posición relativa de la cámara con respecto a la fuente de luz estructurada y al objeto observado.

Una característica de este tipo permite destacar la región anatómica de interés, incluso con otras técnicas, tales como:

a) dibujar un patrón en el cuerpo del sujeto o animal, en la región anatómica de interés, por ejemplo, pintando con una pintura colorida un conjunto de puntos discretos o continuos (por ejemplo, línea transversal a la columna vertebral);

b) resaltar la región anatómica de interés mediante la aplicación de una película adhesiva, que representa el patrón a utilizar para la siguiente etapa de análisis;

c) resaltar la región anatómica de interés mediante la aplicación de una banda elástica, que representa el patrón a utilizar para la siguiente etapa de análisis, alrededor de la región anatómica de interés.

En este caso también se utiliza el principio de triangulación óptica, pero, a falta de información sobre la geometría del sistema de medición, es posible detectar únicamente la información de proporcionalidad y de no obtener medidas absolutas. Para el método de acuerdo con la presente invención, la información de proporcionalidad es suficiente, incluso si las detecciones que contienen mediciones absolutas pueden explotarse.

5 Preferentemente, el patrón usado corresponde a una línea en un alto contraste con respecto al color de la superficie del sujeto observado, colocado transversalmente a la columna vertebral en la zona mediana de la región anatómica específica bajo examen (por ejemplo, los lomos, a medio camino entre las protuberancias de las caderas y el comienzo del pecho, como se muestra en el caso del ganado en las Figuras 2a, 6b y 7).

10 En el marco de soluciones de detección de tales curvas de nivel 109 sin contacto, el aparato D comprende una cámara 102, adaptada para adquirir al menos una imagen en dos dimensiones de dicho perfil, resaltado con uno de los métodos descritos.

15 Alternativamente, la cámara puede ser de tres dimensiones tipo (escáner 3D), por ejemplo, de tipo de tiempo de vuelo (TOF) o de tipo estereoscópico, en combinación con una unidad de control que extrae el perfil 109 de la nube de puntos de escaneado tridimensional. En este caso, es suficiente enfocarse en la región anatómica de interés, sin resaltar el perfil con uno de los métodos descritos.

El hecho se hace hincapié en que el presente método es independiente de la detección de mediciones absolutas, por lo tanto, puede aplicarse indiferentemente sobre cámaras convencionales (2D) y cámaras tridimensionales (3D), por ejemplo, de tipo estereoscópico, tiempo de vuelo, o desplazamiento de fase. Por esta misma razón, la posición relativa del dispositivo de grabación con respecto a un posible generador láser no es relevante.

20 Entre las aplicaciones con contacto físico, están las basadas en perfilómetros de contacto, tales como el perfilómetro de agujas o peine de calibre. Esta herramienta permite detectar el perfil de una superficie a lo largo de un plano que cruza dicha superficie y está constituido por un conjunto de agujas paralelas, coplanarias y alineadas, móviles a lo largo de una dirección. Esta herramienta permite detectar el perfil 109 de forma mecánica. La posición de las agujas individuales se mide y se digitaliza para reconstruir una imagen computarizada del perfil 109.

25 Incluso entre aplicaciones con contacto físico están las que consisten en detectar el contorno 109 mediante sensores de flexión. Este sistema consiste en una secuencia de sensores posicionados continuamente a lo largo de una banda. Cada sensor indica su grado de flexión a una unidad de control que determina la posición relativa de todos los sensores a lo largo de la tira, reconstruyendo una imagen computarizada del perfil 109.

30 Todas las posibles implementaciones descritas en el presente documento producen como salida una imagen del perfil 109 que la unidad de control 101 procesa previamente y envía a la unidad de procesamiento de datos E.

El aparato que implementa el método de acuerdo con la presente invención puede comprender también sensores de posición P, incluyendo el sensor de inclinación, tal como acelerómetros, giroscopios y magnetómetros.

Dicho aparato también puede incluir sistemas de localización espacial (por ejemplo, sistema de posicionamiento global o GPS).

35 Dicho aparato puede comprender además un lector de radiofrecuencia (por ejemplo, RFID ISO11784-785) que facilita la identificación electrónica de los animales.

Dicho aparato puede comprender además un sistema para la identificación y la localización espacial en tiempo real de los sujetos observados (sistema de localización en tiempo real o RTLS) que permite la detección de su posición y comportamiento instantáneo.

40 Dicho aparato puede comprender además un sistema para la detección del estado de celo del sujeto observado. En el caso del ganado lechero, se utilizan podómetros (para la detección del aumento repentino de la movilidad en relación con la aparición del celo), o sistemas de video para detectar el reflejo de montaje mediante la técnica de pintura de cola, o sistemas de detección de calor mediante análisis químico de la leche o la sangre (por ejemplo, detección de la concentración de progesterona). La combinación del estado de celo con la evaluación del BCS
45 permite definir un nuevo índice, el índice de fertilidad aquí definido, como se describe a continuación.

Dicho aparato puede interactuar con un control de la unidad local 101, que proporciona el procesamiento previo de los datos, tal como el cifrado y la compresión de datos, el almacenamiento dentro de la imagen, por ejemplo, por medio de técnicas de marca de agua, accesibles por medio de una interfaz de usuario, posiblemente provista de un brazo de extensión 105 para simplificar la toma adecuada de la región de interés anatómico.

50 Estos datos se transmiten luego a una unidad de procesamiento de datos E que proporciona su procesamiento mediante un algoritmo que se describirá en detalle a continuación. La unidad de procesamiento de datos se considera preferiblemente remota. Esta solución proporciona más potencia informática, un mantenimiento evolutivo y correctivo más suave del código y el cumplimiento de la política de continuidad del negocio y recuperación ante desastres (BC/DR) para la protección de datos.

A pesar de que, sin embargo, no excluye la posibilidad de que la unidad de procesamiento E pueda integrarse dentro de la unidad de control 101.

5 Dicho aparato D puede estar constituido por al menos un teléfono inteligente equipado con una aplicación de software apropiada para realizar la detección, un primer procesamiento de datos, el procesamiento directo o la transmisión y recepción de datos y visualización de resultados.

En general, el método proporciona el procesamiento en al menos unos datos de procesamiento de la unidad E de al menos un perfil como se definió anteriormente mediante un método de procesamiento, para obtener un índice numérico R indicativo de la cantidad de reservas de energía en la forma de grasa acumulada por el animal, en particular, en dicha región anatómica.

10 El método también proporciona la correlación por medio de dicha al menos una unidad de procesamiento de datos, por medio de una transformada matemática predefinida, dicho índice numérico R con una o más características de estado de dicho animal. Los parámetros numéricos de dicha transformada matemática pueden depender al menos por especie y raza del animal y se obtienen en comparación con una población de referencia evaluada visualmente de acuerdo con un método tradicional o un método de referencia diferente.

15 Haciendo referencia a las Figuras 6a y 6b, una primera realización del aparato D comprende un brazo de extensión 105 que es agarrado por un técnico 108 en un primer extremo y que soporta la unidad de control 101 en un segundo extremo. El botón 106 permite al técnico controlar el obturador de una fotografía incluso cuando el aparato está completamente estirado en la posición de medición, como se ilustra en la Figura 6b.

Dicha unidad de control 101 puede ser en este caso un teléfono inteligente, en el que la cámara 102 está integrada.

20 En el segundo extremo del brazo de extensión 105, un brazo de láser se puede conectar opcionalmente, formando así entre los mismos un ángulo adecuado que haga más fácil la colocación, por parte del técnico 108, del láser 103 en la región lumbar 109 del animal observado. De una manera preferida, pero no limitativa, este ángulo es de 135° . Esta solución es particularmente ventajosa en el campo del ganado lechero, que se caracteriza por un tamaño significativo en comparación con el operador 108.

25 En el extremo del brazo láser, el generador láser 103 está conectado, que es controlado por el sistema de control 101, que recibe a su vez el comando de liberación del técnico 108 por medio del botón 106 colocado en correspondencia con el primer extremo de dicho brazo de extensión 105.

30 Incluso la interfaz de usuario integrada en la unidad de control 101 proporciona comandos redundantes y de control de retroalimentación con respecto al botón 106. Típicamente, el botón 106 es útil en el caso de que la BCS se mida para sujetos que son grandes en comparación con el tamaño del técnico 108, tal como en el caso de un animal bovino 107.

En el caso de objetos pequeños, como en el caso de las ovejas y de las cabras, el técnico 108 puede sujetar el brazo 105 en la proximidad de la unidad de control 101, siendo así capaz de interactuar directamente con la interfaz de usuario.

35 Después de que el técnico 108 haya mostrado la región del cuerpo bajo observación mediante uno de los métodos descritos anteriormente (cuando sea necesario), se posicionará el aparato D para disparar con la cámara 102 esa región.

El técnico 108 presiona el actuador 106 para ajustar el perfil 109 mediante la cámara 102.

40 El propósito de tal aparato D es detectar al menos un perfil 109 de al menos una región de interés anatómica morfológica (por ejemplo, lumbar (L), abdominal (A), sacra (S), femoral (F), número inicial (P), glúteo (G), dorsal (D)) del sujeto 107. Otras regiones también pueden ser de interés, aunque para casos especiales (por ejemplo, animales salvajes).

45 Dicho perfil se define aquí como la forma de la curva que describe al menos parte del perímetro exterior de una sección de una región anatómica del sujeto bajo examen, estando dispuesta esta curva en un plano imaginario que cruza dicha región anatómica. En particular, el método de acuerdo con la presente invención requiere un perfil cuyo tamaño y forma estén unidos por cualquier relación de proporcionalidad (también desconocida) con el tamaño y la forma física absoluta del sujeto.

La unidad de control 101, mediante el uso de técnicas conocidas, cifra y comprime en un solo paquete la imagen, los datos personales del sujeto observado y, si está disponible, los datos registrados a partir de los siguientes sensores:

50 a) sensores de posición P, tal como un acelerómetro *san* y/o un magnetómetro y/o un giroscopio y/o un GPS y/o un localizador de *Wi-Fi*;

b) sistemas de identificación *RFID* y similares;

- c) sistemas de identificación y localización en tiempo real RTLS y similares;
- d) sistemas para detección de celo o detección de calor y similares.

La unidad de control 101 proporciona entonces la transmisión de dicho paquete de datos cifrados y comprimidos a la unidad de procesamiento de datos E.

- 5 Dicha unidad de procesamiento de datos E proporciona el descifrado, usando técnicas conocidas, de la información recibida, registrándolas en una base de datos y asociándolas a los registros del sujeto en consideración 107.

La unidad de procesamiento de datos E extraerá y procesará la imagen, automática o semiautomáticamente, con los procedimientos apropiados de la técnica anterior para el procesamiento digital, para extraer de manera eficiente y efectiva las coordenadas de los píxeles que describen el perfil 109 en el dominio de la imagen.

- 10 Las coordenadas de estos *píxeles* pueden entonces usarse para determinar, de acuerdo con el método que se describirá a continuación, los puntos de máximo P_M , tangencia P_1 y P'_1 y puntos intermedios P_2 y P'_2 , que se muestran en las Figuras 7 y 8.

- 15 Mediante la fórmula matemática que se indicará a continuación, la unidad de procesamiento E puede calcular el valor de un índice sintético de engorde FI, del que se derivará la BCS, asociarla a la fecha de medición y almacenarla en una base de datos en el registro del sujeto bajo examen 107, debidamente identificado por un número de identificación único.

Con referencia a las Figuras 9 y 10, el método para determinar el sujeto FI de la invención, resulta aplicable independientemente de la especie, raza, género, edad y tamaño absoluto del sujeto observado 107.

- 20 El método también es robusto ante posibles errores de uso de los aparatos por un operador y/o ante las variaciones esqueléticas entre diferentes sujetos.

El método de evaluación del índice de engorde sintético, correspondiente a la condición corporal del sujeto observado, se basa en la evaluación de grasa presente en al menos una región de interés morfológica anatómica (por ejemplo, lumbar (L), abdominal (A), sacro (S), femoral (F), pectoral (P), glúteo (G), dorsal (D)) del sujeto 107.

- 25 Se propone un método de cálculo, que tiene en cuenta un perfil 109 de una región anatómica del sujeto 107. Dicho perfil se puede obtener con un perfilómetro de triangulación óptica usando una cámara bidimensional en combinación con uno de los siguientes métodos para resaltar la región anatómica del sujeto observado. El primer método es usar una pintura coloreada para dibujar un patrón adecuado en la región anatómica seleccionada. Tal pintura puede aplicarse, por ejemplo, manualmente con un pincel o un crayón, para obtener una línea transversal a la columna vertebral. De manera similar, se puede usar una plantilla adhesiva precortada, que es aplicable a dicha
30 región anatómica, sobre la cual la pintura coloreada se pulverizará con una herramienta de pulverización (ver la Figura 18). Una posibilidad adicional es automatizar la aplicación mediante una herramienta provista de un número adecuado de boquillas para pulverizar la pintura de acuerdo con el patrón definido de forma manual o automática (ver la Figura 19). Las características de esa pintura o tratamiento químico deben ser el alto grado de permanencia, resistencia al agua, radiación solar y resistencia a la abrasión. Una característica adicional de dicho tratamiento debería ser la fácil detección mediante la cámara 102 del dispositivo en todas las condiciones de luz. Para este propósito, el barniz puede ser, por ejemplo, fluorescente o el tratamiento químico puede producir una caída localizada del cabello (por ejemplo, tratamiento con nitrógeno líquido).

- 40 El segundo método consiste en aplicar un adhesivo adecuado que tiene un alto contraste con respecto al color de la superficie del sujeto observado en la región anatómica de la medición. El adhesivo debe mostrar el patrón necesario para llevar a cabo la medición. Por ejemplo, el adhesivo puede ser rectangular y puede aplicarse en dicha región anatómica transversalmente a la columna vertebral, como se muestra en la Figura 20. Se puede obtener el mismo efecto con una banda elástica adecuada que reproduzca el patrón en la región anatómica de interés.

- 45 El tercer método es usar un generador láser 103 en una posición para proyectar el patrón de referencia en la región anatómica de la medición. Por ejemplo, el láser puede proyectar una línea transversalmente a la columna vertebral en dicha región anatómica.

- Una segunda realización consiste en la implementación de un perfilómetro de agujas o un peine de calibre del tipo electrónico. Tal dispositivo se caracteriza por la presencia de un número adecuado de agujas que son paralelas entre sí y móviles en una dirección. Dichas agujas están conectadas a transductores electrónicos que producen una señal eléctrica proporcional a la posición de cada aguja. Dichos transductores se conectan luego a una unidad de control 101, que puede extraer el perfil 109 de la región anatómica específica observada, en función de la señal eléctrica producida por cada transductor. En este caso, el técnico apoyará físicamente este perfilómetro en dicha
50 región anatómica, transversalmente a la columna vertebral. El perfil 109 así obtenido se transmite desde la unidad de control 101 y se procesa mediante la unidad de procesamiento E con el método descrito a continuación para determinar el grado de índice de engorde, la puntuación de la condición corporal, el peso, etc. En este caso, la transformada matemática que se utiliza para esta determinación depende al menos de la especie y/o raza, y/o sexo
55

y/o edad del animal y se obtiene en comparación con una población de referencia ponderada por medio de escalas apropiadas.

Una tercera realización es la implementación de un perfilómetro flexor-eléctrico aplicable al cuerpo del sujeto observado. Dicho perfilómetro consiste en una tira adhesiva o una banda elástica que integra dentro de sí transductores adecuados necesarios para la detección del perfil de dicha región anatómica. Tales transductores pueden ser, por ejemplo, resistivos o piezoeléctricos. Los datos recopilados al instante permiten derivar el perfil 109. Dichos datos, registrados continuamente desde dicho sensor, describen la evolución del perfil de dicha región anatómica a lo largo del tiempo. El técnico puede aplicar dicha cinta de perfilómetro como un adhesivo permanente o temporal en el cuerpo del sujeto observado. Del mismo modo, dicha cinta se puede aplicar con fieltro. Además, este dispositivo podría aplicarse debajo de la piel. Dicho dispositivo puede estar equipado con un RTLS (sistema de localización en tiempo real). De esta manera, el proceso de procesamiento central puede conocer en cualquier momento la identidad, la posición y la condición corporal de cada sujeto monitorizado. El conocimiento de la posición instantánea permite sacar conclusiones sobre el comportamiento de los sujetos. En particular, sobre el estado de celo, en función de ciertos indicadores como el aumento del movimiento y el reflejo de la inmovilidad. Como se describe a continuación, la combinación de FI, o BCS, con el estado de celo, permite determinar el índice de fertilidad de los sujetos de prueba. Dicho dispositivo también puede integrar un sensor de proximidad o presión para detectar el estado de celo por el llamado reflejo de montaje. De hecho, en el momento en que, por ejemplo, una vaca está en estado de celo, induce en sus acompañantes el reflejo de cobertura, que corresponde a la simulación de una hembra de una actitud masculina durante la cría. Esto provoca el aplastamiento de la región caudal del sujeto en celo, que puede detectarse mediante sensores adecuados. Esta información se agrega a la detectable usando RTLS, para aumentar la precisión.

Dicho dispositivo, monitorizando de forma casi continua al sujeto bajo examen, puede detectar otros estados notables, tales como las contracciones asociadas con el parto. En el campo zootécnico, en particular, la detección del momento del parto de un recién nacido resulta ser de particular importancia. Si bien las variaciones del BCS son relativamente lentas, las contracciones de parto producen cambios repentinos del perfil 109, de acuerdo con un patrón reconocible.

El perfil 109 se combina entonces con la información de los sensores que pueden estar presentes, transmitidas por una unidad de control 101, procesada por una unidad de procesamiento E y procesados de acuerdo con el método descrito a continuación para determinar el índice de engorde sintético, la puntuación de la condición corporal, el peso, etc.

En las Figuras 7, 8 y 9, el perfil 109 se muestra como producido por uno de los métodos descritos. En estas representaciones, se considera el caso en el que el sujeto observado es un animal bovino, pero el perfil 109 parece ser similar en el caso de otra raza también.

Con referencia a la Figura 2, en la Figura 2a, la región lumbar L y la sacra S en el caso del ganado, en la Figura 2b, las regiones lumbares L y pectoral P en el caso de las cabras, en la Figura 2c, la región dorsal D en el caso equino, en las Figuras 2d y 2e, se indica la región lumbar L en el caso de felinos y caninos, en la Figura 2f las regiones abdominales A, femoral F, glútea G, lumbar L, femoral F y pectoral P en el caso de los humanos.

En la parte media M de dichas regiones anatómicas, se produce una curva que describe un perfil de acuerdo con uno de los métodos descritos.

También se define un primer lado del sujeto observado 107, denominado convencionalmente el lado derecho RS, y un segundo lado opuesto al primero, denominado convencionalmente el lado izquierdo LS.

En las Figuras 7 y 8, a modo de ejemplo, se ilustra un perfil típico 109 de la región lumbar de un bovino, con un desarrollo izquierdo 109L en el lado izquierdo LS con respecto a la dirección de la columna vertebral S, y un desarrollo correcto 109R en el lado derecho LR con respecto a dicha columna vertebral S.

El inventor ha llevado a cabo una investigación exhaustiva que lo llevó a determinar que a partir de la forma de dicho perfil 109 es posible obtener un índice de engorde sintético FI y, en consecuencia, una puntuación de condición corporal o BCS que representa, con buena aproximación, la condición corporal del sujeto observado, como se muestra en una sección a continuación.

El método de análisis consiste en las siguientes etapas: (1) procesar el perfil 109 de modo que esté hecho de un número suficiente de puntos, distribuyéndose dichos puntos de manera uniforme y homogénea y proporcionándose un cierto grado de simetría con respecto a la columna vertebral; (2) extraer dos índices numéricos sintéticos representativos del lado izquierdo LS y del lado derecho RS de ese perfil; (3) obtener un índice sintético numérico, aquí definido índice de engorde o FI, como una función del índice relativo al lado derecho y uno relevante al lado izquierdo del perfil observado en la región anatómica (índice específico); (4) donde el perfil 109 ha sido detectado varias veces en la misma región anatómica, calculando su valor promedio; (5) donde se han examinado más regiones anatómicas, definiendo un índice sintético global resultante del promedio de los índices específicos de cada región anatómica; (5) obtener la puntuación de condición corporal o BCS en función del índice de engorde FI, mediante una fórmula de correlación matemática apropiada, por ejemplo, del tipo lineal.

Después de la determinación del FI y la BCS, utilizando datos característicos adicionales del sujeto observado, tales como especie, raza, edad y sexo, el método de información proporciona una buena aproximación de su peso corporal.

5 Por otra parte, el presente método permite derivar un índice sintético adicional, que representa el estado de fertilidad, la combinación del FI (o la BCS relativa) con el estado de celo del sujeto observado. Esta combinación se implementa utilizando una transformación matemática predefinida.

Ahora se describe, a modo de ejemplo, pero no a modo de limitación, una posible implementación de las etapas (2) y (3) destinadas a obtener un índice sintético representativo de la forma del perfil 109 de una región anatómica específica del sujeto bajo examen, caracterizada por ser adimensional y lo más independiente posible de la posición, la habilidad del operador, de las características esqueléticas del sujeto observado.

Mirando la Figura 8, y, en particular, las Figuras 8c y 8b, una vez denominado P_M el punto de máximo relativo, consideremos una primera línea recta α y una segunda línea recta β que pasan por P_M y son tangentes a la curva 109.

15 Sea P_1 el punto de tangencia entre la segunda línea recta β y la curva 109, P'_1 el punto de tangencia entre la primera línea recta α y la curva 109, P_B el punto de intersección entre la línea recta $\alpha\beta$ pasando por P_1 y P'_1 y la línea recta S perpendicular a la misma y pasando por P_M (correspondiente a la columna vertebral del sujeto observado), h el segmento $\overline{P_M P_B}$, b_1 el segmento $\overline{P_1 P_B}$, b'_1 el segmento $\overline{P'_1 P_B}$.

Consideremos una tercera línea recta γ , paralela al segmento $\overline{P_1 P'_1}$ que cruza la línea recta S en una posición intermedia entre P_M y P_B .

20 Sean P_2 y P'_2 los puntos de intersección entre dicha tercera línea recta γ y la curva 109, h' el segmento $\overline{P_M P_2}$, b_2 el segmento $\overline{P_2 P_H}$, b'_2 el segmento $\overline{P'_2 P_H}$.

Teniendo en cuenta la Figura 8d, sea α_2 el ángulo entre $\overline{P_M P_2}$ y $\overline{P_2 P'_2}$, α_1 el ángulo comprendido entre $\overline{P_2 P_1}$ y $\overline{P_1 P'_1}$, α'_2 el ángulo entre $\overline{P_M P'_2}$ y $\overline{P'_2 P_2}$, α'_1 el ángulo comprendido entre los segmentos $\overline{P'_2 P'_1}$ y $\overline{P'_1 P_1}$.

Sean los ángulos $\beta_1, \beta_2, \beta'_1$ y β'_2 los ángulos complementarios de respectivamente $\alpha_1, \alpha_2, \alpha'_1$ y α'_2 (es decir, de modo

25 que $\alpha_i + \beta_i = \frac{\pi}{2}$).

La relación matemática propuesta en esta patente, la correspondiente al índice sintético de engorde FI, para la evaluación de la condición corporal es una función de estos ángulos:

$$(1) \quad R = f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha'_1, \alpha'_2)$$

30 Especificando un lado izquierdo LS y un lado derecho RS con respecto a la columna vertebral S, es posible calcular R solo para el lado izquierdo (R_L) y R solo para el lado derecho (R_R), obteniendo R como un promedio de R_L y R_R , por ejemplo, como el promedio aritmético:

$$(2) \quad R_L = f(\alpha_1, \alpha_2), \quad R_R = f(\alpha'_1, \alpha'_2)$$

$$(1a) \quad R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

35 Alternativamente, es posible calcular el promedio de los ángulos en el lado izquierdo y derecho y luego derivar R en función de estos ángulos promedio:

$$(1b) \quad R = f(\overline{\alpha_1}, \overline{\alpha_2})$$

en el que $\overline{\alpha_1}$ y $\overline{\alpha_2}$ son los promedios de los respectivos ángulos izquierdo LS y derecho RS del perfil 109 con respecto a la columna S, por ejemplo, calculados como medios aritméticos:

$$\overline{\alpha_1} = \frac{\alpha_1 + \alpha'_1}{2}, \quad \overline{\alpha_2} = \frac{\alpha_2 + \alpha'_2}{2}$$

40 El índice R no mide matemáticamente de ninguna manera una convexidad, al contrario de lo que se suponía en los dos documentos de prioridad de la presente solicitud.

Una forma preferida de implementación de (1), (1a), (1b) y (2) es una función de la relación de dichos ángulos y

ángulos promedio:

$$(1c) \quad R = f\left(\frac{\alpha_2 + \varphi}{\alpha_1 + \varphi}, \frac{\alpha'_2 + \varphi}{\alpha'_1 + \varphi}\right)$$

$$(2a) \quad R_L = f\left(\frac{\alpha_2 + \varphi}{\alpha_1 + \varphi}\right), R_R = f\left(\frac{\alpha'_2 + \varphi}{\alpha'_1 + \varphi}\right), R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

en la que φ es un desplazamiento angular genérico, tal que $\varphi \in [-\pi, \pi]$.

- 5 Una forma preferida de implementación de (1c) y (2a) es en función de la relación de dichos promedios de ángulos, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$(1d) \quad R = f\left(\frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}\right) = f\left(\frac{\alpha_2 + \alpha'_2 + 2\varphi}{\alpha_1 + \alpha'_1 + 2\varphi}\right)$$

por ejemplo, implementable como:

$$(1d') \quad R = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}\right)^i$$

- 10 en la que los coeficientes k_i son constantes, n es un número natural tal que $n \geq 1$, $\left(\frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}\right)^i$ es la i -ésima potencia de la relación de los ángulos promedio, que están desfasados por φ . El caso especial de (1d) es para $n = 1$:

$$(1d'') \quad R = k_0 + k_1 \frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}$$

El caso particular de (1d'') es aquel en el que $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $k_0 = 0$, $k_1 = 1$. En este caso, R es una función de la relación de ángulos complementarios a α_1 y α_2 (ángulos β_1 y β_2 de la Figura 8d):

$$(1d''') \quad R = \frac{\frac{\alpha_2 + \alpha'_2}{2} + \frac{\pi}{2}}{\frac{\alpha_1 + \alpha'_1}{2} + \frac{\pi}{2}} = \frac{\beta_2 + \beta'_2}{\beta_1 + \beta'_1}$$

15

Del mismo modo, (2a) se puede implementar de la siguiente manera:

$$(2b) \quad R_L = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\alpha_2 + \varphi}{\alpha_1 + \varphi}\right)^i, \quad R_R = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\alpha'_2 + \varphi}{\alpha'_1 + \varphi}\right)^i$$

Con

$$R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

- 20 en el que los coeficientes k_i están en constante, $n \geq 1$ y φ es el desplazamiento de fase.

El caso especial de (2b) es para $n = 1$ y $\varphi = \frac{\pi}{2}$:

$$(2b') \quad R_L = k_0 + k_1 \cdot \frac{\alpha_2 + \frac{\pi}{2}}{\alpha_1 + \frac{\pi}{2}}, R_R = k_0 + k_1 \cdot \frac{\alpha'_2 + \frac{\pi}{2}}{\alpha'_1 + \frac{\pi}{2}}, R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

Una forma adicional de implementación de (1) se basa en la relación de tangentes de estos ángulos:

$$(1e) \quad R = f\left(\frac{\tan(\alpha_2 + \varphi)}{\tan(\alpha_1 + \varphi)}, \frac{\tan(\alpha'_2 + \varphi)}{\tan(\alpha'_1 + \varphi)}\right)$$

o, considerando individualmente los dos lados LS y RS:

$$(1e') \quad R_L = f\left(\frac{\tan(\alpha_2 + \varphi)}{\tan(\alpha_1 + \varphi)}\right), \quad R_R = f\left(\frac{\tan(\alpha'_2 + \varphi)}{\tan(\alpha'_1 + \varphi)}\right), \quad R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

Una forma adicional de implementación de (1) se basa en la relación de la media de las tangentes de estos ángulos:

$$(1e'') \quad R = f\left(\frac{\overline{t_2}}{\overline{t_1}}\right)$$

5

en el que estos promedios pueden calcularse, por ejemplo, como promedios aritméticos:

$$\overline{t_1} = \frac{\tan(\alpha_1 + \varphi) + \tan(\alpha'_1 + \varphi)}{2} \quad \text{e} \quad \overline{t_2} = \frac{\tan(\alpha_2 + \varphi) + \tan(\alpha'_2 + \varphi)}{2}$$

Estas fórmulas representan los promedios de las tangentes para el lado derecho RS y el lado izquierdo LS del perfil 109, con respecto a la columna vertebral S.

10 La forma de implementación preferida de (1e) es:

$$(1e''') \quad R = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\overline{t_2}}{\overline{t_1}}\right)^i$$

en la que los coeficientes k_i son constantes, n es un número natural tal que $n \geq 1$, $\left(\frac{\overline{t_2}}{\overline{t_1}}\right)^i$ es la i -ésima potencia de la relación de dichos valores promedio de las tangentes.

15 Teniendo en cuenta la simplicidad, a modo de ejemplo, el caso de $n = 1$, $k_0 = 0$, $k_1 = 1$, $\varphi = 0$, R puede calcularse a partir de (1e''') como:

$$(1f) \quad R = \frac{\tan(\alpha_2) + \tan(\alpha'_2)}{\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha'_1)}$$

Del mismo modo, los componentes se pueden obtener solo para el lado derecho RS y el lado izquierdo LS:

$$(2c) \quad R_L = \frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)}, \quad R_R = \frac{\tan(\alpha'_2)}{\tan(\alpha'_1)}$$

a partir del cual:

$$(2c') \quad R = \frac{R_L + R_R}{2} = \frac{\frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)} + \frac{\tan(\alpha'_2)}{\tan(\alpha'_1)}}{2} = \frac{\tan(\alpha_1)\tan(\alpha'_2) + \tan(\alpha'_1)\tan(\alpha_2)}{2\tan(\alpha_1)\tan(\alpha'_1)}$$

20

El índice R representa un nuevo índice sintético para la evaluación de la condición corporal, que definimos aquí el índice de engorde o FI.

Un caso particular es el de los músculos y la simetría del esqueleto del sujeto observado 107 con respecto a la columna vertebral. En este caso tenemos que:

25

$$(1g) \quad R = R_L = R_R.$$

Un caso especial es la situación en la que el perfil 109 no se proporciona por completo. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en el caso en que la imagen tomada por la cámara 102 está parcialmente cubierta o en el caso de que se detecte el perfil de una parte de la región anatómica bajo examen. Esto puede ocurrir en el caso de animales de producción, por ejemplo, en un matadero después de que el animal fue sacrificado (post mortem). En este caso, al final de la línea de sacrificio, inmediatamente antes de ser almacenado en frío para el proceso de colgar para

30

5 madurar, el animal, dividido en dos partes, se clasifica según un procedimiento estandarizado. En Europa, por ejemplo, se utiliza el sistema de clasificación SEUROP, según el cual el ganado se clasifica según la categoría, la conformación muscular y la presencia de grasa. La forma está indicada por las letras S, E, U, R, O, P, que se refieren al desarrollo muscular; S excepcional con perfiles muy convexos y altos rendimientos de sacrificio cuantitativos y cualitativos; P bajo, con perfiles rectos y bajos rendimientos cuantitativos y cualitativos.

En este contexto, el método descrito en el presente documento se puede aplicar ventajosamente, en el caso particular en el que solo se considera la mitad de la curva representada en la Figura 8. Tal condición está cubierta por el caso particular (1g) en el que las dos medias curvas son iguales y simétricas con respecto a la línea de la columna vertebral.

10 Sustancialmente, en este caso, se trata de adquirir solo un desarrollo lateral del perfil 109 y completar esta curva calculando el desarrollo en el otro lado como desarrollo especular con respecto a la dirección de la columna vertebral. El resto del proceso es idéntico, excepto que las fórmulas se simplifican gracias a la simetría.

Es posible aplicar el método para el cálculo del índice R varias veces en la misma región anatómica y/o una pluralidad de regiones anatómicas del mismo animal. En este caso, se calculará un índice total, por ejemplo, como el promedio de los valores de R de cada medición, por ejemplo, por medio del promedio aritmético:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

siendo n el número de mediciones en el mismo animal, y R_i el valor del índice de engorde para la i -ésima medición.

20 El índice de engorde, calculado por las fórmulas (1d), (1e), (1f), (2b), (2c), representa un excelente indicador de estado de engorde de acuerdo con lo que ya se ha discutido, independientemente de la especie, la raza, el sexo, la edad y el tamaño absoluto del sujeto observado.

Sin embargo, los valores numéricos resultantes no están dentro de la misma escala normalmente utilizada en la práctica común por los evaluadores técnicos.

25 Como se ilustra en la Figura 3 y de acuerdo con lo descrito anteriormente, el índice denominado Puntuación de Condición Corporal, normalmente utilizado a nivel internacional, varía en una escala de 1 a 5 (en algunos países se usan diferentes escalas, como de 0 a 5 en Francia o de 1 a 9, en cualquier caso, relacionadas entre sí por transformaciones lineales).

Para obtener a partir de R una puntuación similar, es necesario aplicar una función de transformación:

$$(6) \quad BCS = \psi(R, S, B, M, E)$$

en la que R es el índice de engorde, S es la especie, B es la raza, M es el sexo y E es la edad del sujeto observado.

30 Configurando S, B y M, y considerando un grupo de edad específico, la función $\psi(R, S, B, M, E)$ se puede calcular de la siguiente manera (también para otras puntuaciones tales como el índice de masa corporal principal):

$$(7) \quad BCS = \psi(R, S_0, B_0, M_0, E_0) = \sum_{i=0}^n k_i R^i$$

35 con $n \geq 1$ el orden de la función ψ . Los parámetros k_i son coeficientes que dependen de la especie, la raza, el sexo, el grupo de edad y pueden determinarse empíricamente en función de un grupo de sujetos de referencia cuyo BCS ha sido evaluado por expertos técnicos.

El método descrito es particularmente eficaz en la determinación de la BCS para la leche de la raza Holstein. Las pruebas realizadas muestran que la fórmula (7) debe aplicarse con un alto grado de aproximación con los mismos parámetros k_i al ganado Holstein, independientemente de la edad, la etapa de la lactancia y el número de partes (novilla primípara o multípara).

40 En el caso del hombre, el índice sintético más utilizado es el índice de masa corporal o IMC, definido por la siguiente fórmula:

$$BMI = \frac{m}{h^2}$$

en donde m es el peso en kg del sujeto observado y h^2 es el cuadrado de su altura.

45 Una versión modificada de IMC se define como IMC principal, correspondiente a la relación entre el IMC del sujeto observado y el límite superior de IMC de la población de referencia.

5 En la medida en que el IMC principal es una relación de dos valores diferentes de IMC, IMC principal es un número adimensional. Los sujetos con un IMC principal de menos de 0,74 tienen bajo peso; aquellos entre 0,74 y 1,00 tienen un peso óptimo; y los mayores de 1,00 tienen sobrepeso. El IMC principal es útil desde un punto de vista clínico porque expresa de manera sintética, para el sujeto observado, el porcentaje de desviación del límite superior. Por ejemplo, una persona con IMC 34 tiene un IMC principal = 1,36 (con respecto a un límite superior de 25), entonces él/ella está un 36% por encima de su peso máximo.

En las poblaciones del sudeste asiático y China, el IMC principal debería usarse calculando un límite superior de 23, en lugar de 25 (típico de las poblaciones occidentales).

El IMC principal (BMI_p) se correlaciona con el índice R de acuerdo con una función del tipo:

10
$$BMI_p = \zeta(R, C, M, E)$$

en la que C es el grupo de pertenencia étnica, M el sexo y E la edad del sujeto observado.

Al fijar C , M y E , uno tiene que:

$$BMI_p = \zeta(R, C_0, M_0, E_0) = \sum_{i=0}^n z_i R^i$$

15 en el que z_i son coeficientes determinados experimentalmente, R^i es la i -ésima potencia del índice R , n es el orden de la expresión.

Además de la BCS y el IMC, hay varios otros índices, tales como el índice de forma corporal basado en superficie (SBSI), en cualquier caso, relacionado por una transformación matemática al índice de engorde R .

Una característica importante de dicho índice R es el alto grado de independencia de la altura h del perfil 109.

20 Esto implica una independencia sustancial de R con respecto a los cambios en la posición de la herramienta de grabación 102 o las variaciones esqueléticas entre individuos de la misma condición corporal.

Por ejemplo, una variación en la inclinación relativa de la cámara 102 con respecto al sujeto observado 107, siendo igual el perfil 109 en el dominio real, produce una curva, en el dominio de la imagen, que es más o menos aplanada.

25 Para ilustrar esta característica, tomemos en consideración la Figura 8e. Consideremos la condición en la que el experto técnico detecta dos mediciones, por ejemplo, tomando dos fotos, cambiando ligeramente la posición de la cámara entre una foto y la otra. Esto produce un cambio de perspectiva y, por lo tanto, un cambio en la forma del perfil 109 en el dominio de la imagen. En la Figura 8e, las dos curvas se representan esquemáticamente como se obtienen como resultado de la variación en la inclinación del dispositivo.

30 En este ejemplo, se observa que la altura h de la curva cambia en un 25%. Se puede observar fácilmente que la proporción de las tangentes no sufre variación y la proporción de los ángulos sufre una variación débil. Por el contrario, mediciones como el área de la curva sufren una variación muy importante.

Aquí hay algunos datos experimentales que ilustran y confirman lo que se dijo, en referencia a las curvas que se muestran en la Figura 8e.

35 Consideremos un perfil 109 visto desde dos ángulos diferentes por medio de un sistema de triangulación de exploración. La misma condición es observable, por ejemplo, en dos bovinos con la misma condición corporal y observados desde el mismo instrumento con la misma inclinación, caracterizada por una estructura esquelética diferente, en particular, uno de los dos sujetos se caracteriza por una columna muy prominente. En tales condiciones posibles, el perfil 109 en el dominio de la imagen sufrirá la deformación que se muestra en la Figura 8e. Por ejemplo,

$$\frac{P_H P_B}{3} = \frac{2}{3} \frac{P_M P_B}{3}$$

consideremos una línea recta y tal que

Para la primera imagen uno tiene:

40
$$\begin{cases} h_2 = 193, & b = 617, & A = 62210 \\ \alpha_1 = 16,3^\circ, & \alpha_2 = 19,8^\circ, & \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = 1,22, & \frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)} = 1,23 \end{cases}$$

Para la segunda imagen uno tiene:

$$\begin{cases} h_1 = 241, & b = 617, & A = 77763 \\ \alpha_1 = 20,1, & \alpha_2 = 24,3, & \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = 1,21, & \frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)} = 1,23 \end{cases}$$

5 Como se puede ver, una variación del 25% en la altura de la curva produce una variación del 20% del área bajo la curva, mientras que la proporción de los ángulos en los dos casos experimenta un cambio de menos del 1% y la proporción de las tangentes no cambia. Dado que el método propuesto determina el índice de engorde sintético R y, en consecuencia, la BCS, en función de la relación de estos ángulos, entonces se puede decir que el FI y la BCS son suficientemente insensibles a los cambios en la posición de la herramienta de grabación 102 con respecto a su ubicación ideal.

10 El hecho de que una deformación similar a la mostrada en la Figura 8e también puede ser debido a una posición más o menos prominente de la columna vertebral a considerar. De hecho, las dos curvas que se muestran en la Figura 8e podrían corresponder a dos animales diferentes, caracterizados por una estructura esquelética diferente, pero con la misma puntuación de condición corporal (BCS). Es correcto que la forma de la columna afecta poco el índice de gordura y, en consecuencia, la BCS, porque la forma de la columna no proporciona información sobre las reservas de grasa acumuladas por el sujeto observado.

15 Esta peculiaridad del método propuesto muestra una diferencia importante con muchos de los métodos de la técnica anterior que examinan las dimensiones absolutas del sujeto observado (y su procesamiento, tal como el cálculo del área o volumen bajo la curva), por ejemplo, obtenido por escaneado tridimensional.

20 En virtud de esta característica y al hecho de que el método propuesto es independiente del tamaño real del perfil plano 109, dicho método es aplicable en una gama mucho más amplia de dispositivos que los métodos basados en el uso de cámaras tridimensionales (por ejemplo, cámara de tiempo de vuelo, TOF), tal como en teléfonos inteligentes y, en general, en dispositivos con una sola cámara de baja resolución.

Otra característica opcional del método objeto de la invención consiste en el modo de determinación de los puntos P_1 y P_1 , como puntos de tangencia al perfil 109 del sujeto observado 107.

Se considera, por ejemplo, extraer de la imagen grabada, mediante un procedimiento de procesamiento de imagen digital, perteneciendo los píxeles a la curva 109.

25 Se considera haber reconocido N píxeles, se indicará con P_i el i -ésimo píxel de la curva 109 y con P_M el máximo de la curva. Con referencia a la Figura 9, consideremos la línea recta que pasa por P_M y P_i que tiene la ecuación:

$$(9) \quad y = m_i x + c_i$$

en la que:

$$\begin{cases} m_i = \frac{y_M - y_i}{x_M - x_i} \\ c_i = \frac{x_M y_i - x_i y_M}{x_M - x_i} \end{cases}$$

30 Con referencia al diagrama de la Figura 9, el algoritmo para la determinación del punto de tangencia de la curva se basa en la comparación iterativa entre el valor asumido por la línea recta (9) en el punto de abscisa x_{i+1} y la ordenada y_{i+1} del punto P_{i+1} .

El punto de tangencia P_T se identifica cuando se verifica la siguiente condición:

$$(10) \quad m_i x_{i+1} + c_i > y_{i+1}$$

35 El significado de esta condición se deduce fácilmente de la Figura 9.

40 La identificación de los dos puntos de tangencia de la curva, que se indica en la Figura 7 con P_i y P_i permite aplicar efectivamente la fórmula para el cálculo del índice de engorde sintético R y en consecuencia el (6) para el cálculo de BCS también en el caso en el que el sujeto observado se caracterice por una conformación asimétrica (por ejemplo, ganado bovino). En el caso en que se observa un animal bovino, la distribución interna de los órganos determina una asimetría débil entre el lado derecho y el izquierdo. Además, es frecuente que el animal se pare con una de las patas traseras más avanzadas con respecto a la otra. Esto implica que el perfil 109R está inclinado y deformado con respecto al perfil 109L.

El método se acaba de describir para la determinación de los puntos de tangencia P_i y P_i permite superar este

problema.

Este método también es ventajoso para reducir la influencia en la medición de la inclinación del dispositivo de medición con respecto a la columna vertebral. La interfaz de usuario se puede equipar con un nivel que indica en tiempo real el posicionamiento correcto del instrumento, de tal manera que se ayude al técnico 108, en el momento de la medición, a colocar el instrumento de manera adecuada.

Con el algoritmo de individuación de los puntos de tangencia que acabamos de describir, el conjunto de puntos efectivamente significativos de la curva se reduce, a medida que se eliminan las colas del perfil 109 (la curva de intersección entre un plano hipotético y una anatomía específica observada región del sujeto 107).

Dado que el FI y la BCS representan índices sintéticos de reservas de grasa del sujeto observado, es posible usar el valor de BCS obtenido de la fórmula (6) o el valor de FI obtenido de la fórmula (1d), (1e) y (1f) como regresor, junto con la raza, la edad y el sexo del sujeto observado, para obtener una buena aproximación del peso corporal.

Esto puede hacerse por medio de una regresión polinómica sobre la base de un grupo de referencia de sujetos de especies conocidas, raza, sexo, edad y peso.

Por lo tanto, una vez que se fijan las especies, la raza y el sexo, el peso resulta ser una función de la edad E y BCS B :

$$(11) \quad P = \xi(E, B)$$

Un ejemplo de dicha función está representado por una regresión polinómica que tiene la siguiente forma:

$$(11') \quad \begin{cases} P_m = m_1 + m_2E + m_3E^2 + m_4B + m_5B^2 + m_6EB + m_7E^2B + m_8E^3B \\ P_f = n_1 + n_2E + n_3E^2 + n_4B + n_5B^2 + n_6EB + n_7E^2B + n_8E^3B \end{cases}$$

en la que la primera fórmula es el peso P_m de un sujeto masculino, edad E y $BCS = B$.

La segunda fórmula es el peso P_f de un sujeto femenino, edad E y $BCS = B$.

Evidentemente, las fórmulas (11) son específicas para la especie, raza y grupo de edad.

En el caso de animales de producción, las razas de cruces deben tratarse como una raza por sí misma.

El método para la determinación de los parámetros m_i y n_i de la regresión se conoce en la literatura y se basa en el uso de los valores de peso, BCS, edad, sexo, raza y especies de un grupo de sujetos de referencia.

En el caso de animales de producción, como el ordeño de carne de res, el método propuesto para la determinación del FI, la BCS y el peso corporal, se puede combinar ventajosamente con la determinación del celo para determinar un nuevo índice del estado de fertilidad definido aquí índice de fertilidad F .

En las producciones intensivas, de hecho, la fertilización se produce en casi todos los casos de forma artificial (inseminación artificial o FA). Dado que, como se sabe, la producción de leche por un bovino se debe al parto y que la curva de producción de leche tiene su máximo en los primeros meses después del parto y luego disminuye, el período de parto debe reducirse al mínimo para maximizar el rendimiento productivo.

Sin embargo, la vaca es fértil durante algunas horas, por lo que es esencial determinar el tiempo de celo para proceder a la reproducción asistida en el momento de las máximas posibilidades de fertilización.

Sin embargo, las posibilidades de una fertilización exitosa no solo dependen del estado de celo del sujeto, sino también de su condición física. De hecho, se sabe que es poco probable que un sujeto en malas condiciones físicas sea fertilizado. Existen numerosos estudios en la literatura que demuestran la correlación entre las variaciones de BCS y la fertilidad, por ejemplo, en vacas lecheras. En resumen, se conoce la existencia de un mecanismo de defensa del cuerpo que impide la concepción de un nuevo ser vivo en el caso de que la persona tenga una condición física inadecuada. Probablemente esto se deba al hecho de que en la naturaleza una condición física inadecuada, tal como la delgadez extrema (BCS entre 1 y 2 en la escala de 1-5), se asocia con la escasez de recursos alimenticios en el medio ambiente, y entonces a una probabilidad extremadamente baja para que la madre concluya con éxito el embarazo y que el nonato sobreviva en el medio ambiente.

En la producción intensiva de leche, no es raro encontrar carne de res muy magra o muy grasa, o al menos por debajo o por encima de la condición corporal óptima. Esto se debe a muchos factores que distinguen una buena cría de una mala reproducción, pero en cualquier caso debido al hecho de que la carne para la producción intensiva de leche ha sido genéticamente seleccionada para producir grandes cantidades diarias de leche en proporción a su peso corporal. Esto implica una precariedad extrema del equilibrio energético del ganado, que debe mantenerse de una manera adecuada a la etapa de lactancia en la que se encuentra, para que su equilibrio energético sea lo más

equilibrado posible. Sin embargo, una relación desfavorable entre el costo de alimentación y el costo del precio de venta de la leche haría que el ganado no fuera económico. Por lo tanto, el criador busca constantemente el equilibrio adecuado entre la calidad y la cantidad de alimento, el estado de salud del ganado y la producción de leche, a menudo teniendo que aceptar un cierto grado de ineficiencia en su proceso. En este contexto, un peso económico significativo está constituido por el costo de las dosis de semen para la inseminación artificial.

En resumen, en el delicado equilibrio económico de las granjas que producen leche, fallar una inseminación significa perder el valor de la semilla (a menudo muy costoso) y retrasar un mes el lanzamiento de la producción de leche de ese sujeto.

A la luz de lo que se ha ilustrado, con el fin de maximizar la probabilidad de fertilización, es sustancial observar tanto el estado de celo como la condición corporal (BCS o FI) del ganado lechero.

Hay una serie de técnicas de la técnica anterior para la determinación del celo en ganado lechero que pueden combinarse ventajosamente con la presente invención para el cálculo del FI y de la BCS. Estas soluciones explotan los rasgos de comportamiento o las características biológicas asociadas con el estado de celo. Algunos se citan a modo de ejemplo: los podómetros y los collares electrónicos, que detectan el aumento de la motilidad del sujeto; la llamada "pintura de cola" y sus versiones electrónicas, que detectan el reflejo creciente, inducido por el estado de celo de una vaca en sus compañeros; el análisis químico de la leche, dirigido a identificar químicos específicos asociados con el estado de celo.

Se define, en el presente contexto, para un sujeto bajo celo, un índice de fertilidad F como el cambio porcentual entre el valor de BCS_r real y el valor de BCS_i ideal del sujeto en relación con su etapa de lactancia, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$(12) \quad F = E \cdot \frac{BCS_r}{BCS_i}$$

en la que E representa el estado de celo ($E = 0$ ausencia de celo, $E = 1$ sujeto en celo), considerando la escala BCS [1; 5], BCS_i normalmente varía en el intervalo [2,5; 3,5].

Según (12), el índice de fertilidad F puede asumir los siguientes valores y significados:

1. $F = 0$, indica la ausencia de celo, independientemente de la condición del cuerpo;
2. $F \cong 1$, indica una condición de celo con una condición corporal óptima ($BCS_r \cong BCS_i$);
3. $F > 1$, indica un estado de celo en "sobrecondición";
4. $0 < F < 1$, indica un estado de celo en "subcondición".

Entonces, si F tiene valores cercanos a 1, entonces la probabilidad de una inseminación exitosa es máxima.

En la Figura 1 se muestra un gráfico de la técnica anterior en el que la línea de tiempo se informa sobre la abscisa, en la que el cero corresponde a la fecha del último parto, la línea de puntos 102 representa la tendencia de la BCS ideal (BCS_i) y la línea continua 101 representa la tendencia de la producción de leche.

Una segunda configuración del aparato D objeto de la invención puede usarse para hacer plantas estacionarias del tipo automático. El aparato D puede instalarse ventajosamente encima de aquellos entornos confinados en los que los animales deben cerrarse por un corto periodo de tiempo por razones funcionales, tales como pesaje, examen veterinario y/o administración de fármacos, ordeño. En particular, el aparato D puede usarse para la medición automática de la BCS dentro de la caja de contención y/o pesaje, dentro del robot de ordeño, en el marco de las salas de ordeño.

A modo de ejemplo de dicha segunda configuración, consideremos la Figura 11, en la que la instalación del aparato D dentro de una caja de pesaje B para ganado se muestra esquemáticamente. La misma metodología es aplicable en cualquier otro tipo de condición en la que el sujeto 107 está bloqueado en una posición conocida. Esto permitirá colocar la unidad de control 101 de tal manera que enmarque de manera óptima la región de la anatomía (por ejemplo, la región lumbar) del sujeto observado 107, en el que el perfil 109 se resalta por medio de uno de los métodos descritos. El comando de adquisición de la imagen, o secuencia de imágenes, puede ser dado manualmente por un técnico utilizando un control remoto, que desempeñaría la función del botón 106. Como alternativa, si hay una puerta delantera y/o trasera, se pueden usar interruptores de límite que permiten a la unidad de control identificar el momento en el que el animal está realmente presente dentro de la caja. Para este propósito, también se pueden emplear ventajosamente otros tipos de sensores de presencia, tales como infrarrojos, microondas, sensores ultrasónicos, lectores RFID en el caso en que el animal esté equipado con transpondedores para la identificación electrónica. Con el mismo objetivo, dentro de la unidad de control, se puede implementar una aplicación de *detección de movimiento* que permite detectar la presencia de un animal, determinando automáticamente el momento óptimo para la adquisición de la imagen.

Del mismo modo, la identificación del animal puede ser realizada manualmente por el examinador por medio de un terminal remoto que está conectado por radiofrecuencia a la unidad de control 101. En la alternativa, para automatizar el proceso, la unidad de control 101 puede conectarse a un lector RFID indicado en la figura con la letra R. Otra alternativa posible aplicable en el campo de los animales de pieles o animales provistos de una marca en la parte trasera consiste en la implementación de una aplicación de software para el reconocimiento automático de tales manchas y/o marcas, grabadas por la cámara 102, con el fin de identificar de manera única al sujeto 107.

En esta segunda configuración, el aparato D puede interactuar con otros instrumentos de medición presentes en el mismo, tal como el terminal de pesaje T para el registro simultáneo del peso del animal 107, el medidor de leche en el caso de los robots de ordeño, el sistema de detección de celo, otros terminales remotos para el registro, por parte de veterinarios y/o técnicos, de los medicamentos administrados y/o la profilaxis realizada y/o cualquier otro tipo de examen o nota útil.

En las mismas unidades de control y procesamiento del sistema aquí propuesto, se puede integrar ventajosamente un algoritmo para el reconocimiento del estado de celo del sujeto observado, mediante el método de pintura de cola. Como se sabe, dicho método consiste en pintar la cola de una vaca con una pintura fluorescente adecuada. En el momento en que ese individuo está en celo, el reflejo de cobertura se induce en los compañeros, lo que causa en el sujeto observado una abrasión de la región caudal. Tal abrasión determina la eliminación parcial o total de la pintura aplicada previamente. Este cambio es detectable por medio del mismo aparato de grabación de video 102 utilizado para la detección del perfil 109.

Con referencia a la Figura 12, la segunda configuración del aparato D puede instalarse en la sala de ordeño rotativa. Esto implica, como ya se ilustra en la Figura 11, que dicha unidad de control 101 y dicha cámara 102 (por ejemplo, integrada en la unidad de control 101) se coloca en un soporte colocado hacia arriba con respecto al sujeto observado 107, en el que al menos un perfil 109 ha sido resaltado, por medio de uno de los métodos descritos.

En este tipo de sala de ordeño, los animales corren en una especie de carrusel, de modo que, al fijar el aparato D que cuelga del techo, como se muestra en la Figura 12, todos los animales pasarán debajo del mismo, en una posición conocida, antes de salir del carrusel. Un disparador automático (por ejemplo, interruptor fotoeléctrico, interruptor mecánico, sensor de proximidad) desempeñará la función del botón 106 ilustrado en las Figuras 6a y 6b, comunicando a la unidad de control 101 el momento óptimo en el que se realizará la adquisición de la imagen mediante la cámara 102. También en este caso, todas las soluciones de identificación de animales y soluciones de interfaz con otros sistemas y el técnico son aplicables, ya ilustradas en el caso de instalación dentro de la caja de pesaje (primera configuración).

Una tercera configuración del aparato D objeto de la invención puede usarse para hacer sistemas móviles del tipo automático. De hecho, el aparato D puede montarse en una guía de aire que opera su manipulación automática dentro de una sala de ordeño. Esta configuración es aplicable a cualquier tipo de habitación (por ejemplo, espiga, paralela).

A modo de ejemplo de una tercera configuración de este tipo del aparato D, consideremos la Figura 13, en la que el aparato D objeto de la invención está instalado en una sala de ordeño del tipo "espiga". En esta sala, durante la etapa de ordeño, los animales están atrapados en posiciones conocidas. En este contexto, la unidad de control 101 puede suspenderse ventajosamente en una pista de aire 110, junto con dicha cámara 102. En esta configuración, el aparato D se mueve a lo largo de la guía de aire 110 mediante el motor 111 por medio de elementos de transmisión de movimiento adecuados (por ejemplo, correa, cadena, tornillo) y recibe el comando de liberación de la fotografía por medio de un disparador automático adecuado (por ejemplo, sensor fotoeléctrico, interruptor mecánico, sensor de proximidad) que realiza la función del botón 106 ilustrado en las Figuras 6a y 6b, comunicando a la unidad de control 101 el tiempo óptimo en el que se capturará la imagen durante el movimiento a lo largo de la guía. Los disparadores deben colocarse en correspondencia con cada animal. La velocidad de obturación de la cámara 102 y el sistema de iluminación de la sala deben ser adecuados a la velocidad a la que se pretende mover el dispositivo D, para que las imágenes se vean nítidas y bien expuestas. La misma solución es aplicable a cualquier otro tipo de sala de ordeño (por ejemplo, de tipo "paralelo"). También en esta tercera configuración, se pueden aplicar ventajosamente todas las soluciones de identificación de animales y la solución para la interfaz con otros sistemas y con el técnico, que ya se han descrito para las configuraciones anteriores.

Con referencia a la Figura 17, una cuarta configuración posible consiste en realizar un paso que los animales puedan atravesar. Mediante sensores de proximidad adecuados del tipo descrito en las configuraciones anteriores y/o mediante sistemas electrónicos apropiados para identificar animales del tipo descrito en las configuraciones anteriores, se puede determinar la posición real del animal en tránsito a través del espacio. De esta manera, es posible determinar el momento óptimo en el que se toma la imagen por medio del aparato fotográfico, para registrar la región anatómica objeto de la evaluación, que se ha resaltado en el perfil 109, en un plano transversal a la columna vertebral, utilizando uno de los métodos descritos, como se ilustra en la Figura 17.

Incluso en esta cuarta configuración, se pueden aplicar ventajosamente todas las soluciones de identificación de animales y soluciones para la interfaz con otros sistemas y con el técnico, que ya se han descrito para las configuraciones anteriores.

Con referencia a la Figura 21, una quinta configuración posible consiste en colocar cámaras apropiadas de alta resolución 102 encima de las cajas de estabulación de los animales 107, para poder registrar, con una tasa de tiempo predeterminada, los animales, en los que el perfil 109 ha sido resaltado por uno de los métodos descritos.

5 El método y el aparato D descritos anteriormente también se pueden usar para evaluar la BCS de un animal fallecido (por ejemplo, post-mortem a lo largo de la línea de sacrificio), para clasificar su cadáver, y en cualquier caso del animal no completo .

Con referencia a las Figuras 14, 15 y 16, las funciones de adquisición, control, preprocesamiento y procesamiento se ilustran tanto en el caso de la configuración manual como en el caso de la configuración automática.

10 En particular, se hace referencia a la Figura 14, relativa a la herramienta portátil controlada manualmente por un técnico, de acuerdo con la primera configuración del aparato D. Antes de llevar a cabo la medición de la BCS, el técnico 108 realiza una etapa 1 que consiste en la identificación del sujeto 107 a examinar, registrando manualmente un nuevo registro de datos individual en la unidad de procesamiento de datos E o seleccionando manualmente el sujeto dentro de una base de datos comprendida en dicha unidad de procesamiento de datos E. Este proceso puede ser acelerado por la implementación de una interfaz de voz en la unidad de control 101 basada en soluciones de la

15 técnica anterior tales como ASR (*Reconocimiento automático de voz*) y TTS (*Texto a voz*). De esta manera, el técnico puede identificar al animal pronunciando los últimos dígitos de la marca de identificación del oído o los dígitos del número de compañía asociado al animal, o incluso diciendo el nombre del animal. Obviamente, estos datos deben haberse precargado en la base de datos integrada en la unidad de control 101, que, una vez que se decodifica el control de voz, puede confirmar al técnico por medio del TTS (texto a voz).

20 Este proceso de identificación puede automatizarse por medio de dispositivos de identificación electrónica tales como transpondedores subcutáneos o etiquetas electrónicas de oído o bolos electrónicos endoruminales o podómetros electrónicos o collares electrónicos y similares. De hecho, en el caso en el que el animal examinado 107 esté equipado con una de estas etiquetas electrónicas de identificación por radiofrecuencia, el técnico 108 puede identificarlo por medio de un lector portátil del tipo RFID (identificación *por radiofrecuencia*), por ejemplo, conectado

25 mediante un cableado adecuado, o mediante *Bluetooth* o *Wi-Fi* con la unidad de control 101 o integrada en dicha unidad de control 101.

De esta manera, la etapa de identificación F1 sería fácil y rápida.

30 El técnico 108 en este punto presiona el botón 106. El proceso F2, tan pronto como se detecta la presión del botón, ejecuta la etapa F3 de verificación de la presencia de un generador láser. Cuando dicho generador láser está presente en el sistema, se lleva a cabo la etapa F4 de encendido de dicho generador láser. El técnico, con la ayuda de la proyección del plano láser visible en la parte posterior del animal, llevará a cabo la etapa F5 de posicionamiento óptimo del aparato D con respecto al sujeto observado 107, para registrar el carácter morfológico utilizado para la determinación de FI y BCS (por ejemplo, perfil lumbar). En un momento en que el técnico ha

35 identificado la posición óptima, vuelve a presionar el botón 106. Esta acción es detectada por el proceso F6 que realizará la etapa F7 de adquisición de imagen y apagado del láser.

En el caso en el que no hay un generador láser presente en el sistema, por ejemplo, porque el perfil 109 ha sido resaltado por otra técnica entre las descritas, el técnico 108 simplemente presionará una vez el botón 106. Esta acción provoca la ejecución de la etapa de adquisición F7.

40 Si el técnico desea adquirir más fotos del mismo sujeto, entonces el proceso comienza nuevamente desde la etapa F2, de lo contrario, proporciona la identificación de un nuevo animal que vuelve a la etapa F1.

45 En el caso en el que el instrumento es de tipo portátil de acuerdo con la primera configuración, el técnico 108 se coloca antes o hacia atrás con respecto al sujeto 107 y posiciona el aparato D para registrar el perfil 109, resaltado por uno de los métodos descritos. La colocación del técnico 108 delante del sujeto observado 107 parece particularmente ventajosa, posiblemente mientras está comiendo, porque en esta condición, dicho examinador 108 puede realizar la medición de forma segura, manteniéndose en el "área limpia" del establo, fuera de la caja de contención de animales.

El aparato D parece ser robusto a la subjetividad del técnico en su posicionamiento en términos de altura e inclinación con respecto al sujeto observado 107.

50 Ahora se hace referencia a la Figura 15, relevante para la herramienta fija en configuración automática, de acuerdo con la segunda y la tercera configuración del aparato D.

La etapa F2 consiste en el proceso de detección de una nueva entidad 107, por medio de al menos uno de los sensores descritos en la primera y segunda configuraciones.

55 La segunda configuración establece que el aparato D está fijo y que el animal 107 se mueve hasta que alcanza la posición de medición, la tercera configuración establece que los animales están fijos en posiciones conocidas y el aparato D se mueve en las posiciones óptimas de medición, la cuarta configuración establece que los animales

pasan libremente a través del espacio a lo largo de una dirección, mientras que la quinta configuración establece que los animales se moverán libremente en el área de control del sistema.

5 En estas cinco configuraciones, la detección de la presencia de un nuevo animal puede ser realizada manualmente por el examinador mediante un control remoto, que desempeñaría la función del botón 106 o automáticamente mediante sensores de hardware o software adecuados. Por ejemplo, donde están presentes puertas de contención delanteras y/o traseras, se pueden usar interruptores de límite que permiten que la unidad de control 101 determine el momento en que el animal está realmente en la posición de medición. Para este propósito, también se pueden emplear ventajosamente otros tipos de sensores de presencia, tales como sensores infrarrojos, de microondas, ultrasónicos, mecánicos, lectores RFID donde el animal está equipado con transpondedores para la identificación electrónica. Con el mismo objetivo, se puede implementar una aplicación de *detección de movimiento* dentro de la unidad de control, que permite detectar la presencia, la posición, la orientación y la dirección del movimiento del animal, determinando automáticamente el momento óptimo para la adquisición de la imagen.

15 Una vez detectada la presencia de un nuevo sujeto en la posición de medición, el sistema pasa a la etapa F1 de identificación del sujeto. El proceso de identificación puede ser secuencial y sincrónico con las otras etapas de análisis o completamente asíncrono y separado. En ambos casos, la unidad de control 101 necesitará los resultados del proceso de identificación.

20 Este proceso de identificación puede ejecutarse según diversas técnicas de la técnica anterior: manualmente por el técnico mediante un terminal remoto conectado por cable o inalámbrico a la unidad de control 101. Alternativamente, para automatizar el proceso, la unidad de control 101 puede conectarse a un lector RFID, donde el animal está equipado con un identificador electrónico. Otra posible alternativa aplicable en el caso de animales con pie o equipados con una marca en la parte posterior, consiste en la implementación de un software para el reconocimiento automático de tales manchas y/o marcas, con el fin de identificar de forma única al animal.

Una vez que el sujeto es detectado e identificado, donde está presente un generador láser (etapa F3), el sistema proporciona encender dicho generador láser (etapa F4) y adquirir al menos un perfil (etapa F7).

25 Una vez que se completa esta secuencia, el sistema vuelve al proceso de detección de presencia en la etapa F2.

El proceso de procesamiento puede tener lugar incluso en ausencia de identificación de animales, donde el interés es calcular un FI promedio y/o una BCS promedio de un grupo de animales.

La Figura 16 muestra los procesos de preprocesamiento y procesamiento de datos.

30 El preprocesamiento se implementa preferentemente en la unidad de control 101, que, una vez que un nuevo perfil está disponible (etapa S1) proporciona el cifrado de todos los datos (por ejemplo, datos del animal, datos recopilados por sensores, datos recopilados por otros sistemas de medición conectados, datos ingresados por un técnico, toma de fotografías o secuencia de fotos), su codificación dentro de un único paquete de datos comprimido de acuerdo con técnicas de la técnica anterior (por ejemplo, técnicas de marca de agua) y su reenvío hacia la unidad de procesamiento remoto o de proceso de procesamiento local (etapa S2).

35 El proceso de elaboración de los datos se implementa preferiblemente en una unidad remota central (procesador), con todas las características de potencia informática, memoria, redundancia, continuidad del negocio, recuperación ante desastres, etc., que garantizan la velocidad de procesamiento y la seguridad de los datos.

40 Este proceso está constantemente esperando que se procesen nuevos datos (etapa E1). En el momento en que una unidad de control 101 recibe un nuevo paquete, el sistema central (que contiene al menos un procesador) ejecuta su procesamiento (etapa E2) de acuerdo con las siguientes etapas:

- extracción, descompresión y descifrado de los datos contenidos dentro del paquete recibido,
- verificación de consistencia de datos,
- aplicación del proceso descrito en la Figura 10 u otro proceso similar para la determinación de los puntos de tangencia de la curva 109,
- 45 - aplicación de al menos una de las fórmulas (1d), (1e), (1f), (1g) para la determinación de FI,
- aplicación de la fórmula (8) para la determinación de la BCS para la raza específica,
- aplicación de la fórmula (11) para la determinación del peso,
- aplicación de la fórmula (12) para la determinación de la fertilidad,
- almacenamiento de la información en las tablas apropiadas de la base de datos central.

50 Después de procesarse, los datos pueden ponerse a disposición del usuario (etapa E3) (por ejemplo, transmitidos al

dispositivo D y/o transmitidos a otra base de datos y/o publicados en una página web).

5 La región de la espalda baja L, abdominal A, sacro S, femoral F, pectoral P, glúteo G y dorsal D, dependiendo de la especie, es particularmente significativa para los propósitos de evaluación de la BCS, en su parte media M, dado que es en tales regiones donde las grasas se acumulan principalmente en el caso de una mayor disponibilidad y se movilizan más rápido en condiciones de necesidad. La mejor evaluación de FI por las fórmulas (1d), (1e) y (1f) y la BCS por la fórmula (8) se obtiene al resaltar, utilizando uno de los métodos descritos, el perfil 109 en su región central.

En general, el perfil 109 tiende a cambiar de forma, a cambiar desde dicha región media M.

10 En el caso de la región lumbar en el ganado lechero, se observó que los desplazamientos hacia adelante o hacia atrás desde la posición óptima, aún dentro de la región lumbar, producen pequeñas variaciones en el FI y la BCS, que son poco influyentes en la estimación de la BCS para el uso común.

15 Con referencia a la Figura 22, se propone un aparato PG adicional para la aplicación del método de acuerdo con la presente invención. Este aparato consiste en un perfilómetro de aguja electrónico perfeccionado que comprende varias agujas 126 paralelas entre sí y móviles en una dirección, al menos un sistema de digitalización para digitalizar la posición de dichas agujas 127, al menos una unidad de procesamiento de datos E, al menos una interfaz de usuario periférica 125. Tal aparato PG incluye un contacto físico entre el instrumento y el animal, a diferencia del aparato D que en su lugar realiza mediciones sin contacto.

20 En el momento en que este perfilómetro de aguja perfeccionado PG se apoya en una región anatómica del animal 107, describirá el perfil 109 con una resolución proporcional al número de agujas utilizadas. La unidad de control 101 convierte la dislocación de dichas agujas en una señal eléctrica procesable por una unidad de procesamiento de datos local o remota E.

25 Con referencia a la Figura 23, se propone un aparato SG adicional para determinar la puntuación de la condición corporal de un animal 107. Tal aparato comprende al menos una banda 131 sensible a la flexión compuesta por un número adecuado de medidores de tensión electrónicos 130, al menos un sistema de digitalización de la señal producida por dichos medidores de tensión, al menos una unidad de procesamiento de datos E, en el que dicha banda sensible a la flexión 131 es aplicable en la superficie o debajo de la piel del sujeto observado.

Tal aparato, por medio de medidores de tensión electrónicos 130, puede detectar la dilatación 132 o la compresión 133 a lo largo de la dirección perpendicular a la columna vertebral del animal 107, para describir el perfil 109 con una resolución proporcional al número de medidores de tensión integrados en dicha banda 131.

30 Estos medidores de tensión electrónicos están conectados, por cable o de manera inalámbrica, a una unidad de procesamiento de datos (E), local o remota, capaz de extraer un perfil 109 procesable de acuerdo con las técnicas ya descritas.

35 Con referencia a la Figura 23, se propone un aparato S3 adicional para la aplicación del método de acuerdo con la presente invención. Este aparato consiste en un escáner tridimensional, de acuerdo con una técnica conocida, por ejemplo, del tipo TOF (tiempo o vuelo), conectado a una unidad de control. Tal conjunto permite adquirir el perfil 109, que es procesado por una unidad de procesamiento para obtener el índice FI, la BCS, el peso corporal estimado y el índice de fertilidad, como ya se describió.

Pruebas experimentales

40 Aquí sigue una tabla de comparación entre la BCS evaluada por un veterinario experimentado y la del sistema en dos sesiones de prueba separadas en el mismo grupo de animales.

Granja N.	Prueba	Sistema	Veterinario experto	Prueba	Sistema	Veterinario experto
106	A	3,1	2,75	B	2,9	3,00
146	A	3,2	3,50	B	3,2	3,25
148	A	2,9	2,75	B	3,0	3,00
150	A	3,2	3,00	B	3,1	3,25
161	A	3,0	3,00	B	3,2	3,00
204	A	2,8	3,00	B	2,8	3,00

ES 2 807 724 T3

Granja N.	Prueba	Sistema	Veterinario experto	Prueba	Sistema	Veterinario experto
210	A	2,7	2,75	B	2,7	2,75
241	A	2,9	3,00	B	2,8	3,00
243	A	2,6	2,50	B	2,7	2,50
267	A	3,0	3,00	B	3,0	2,75
270	A	2,3	2,50	B	2,3	2,50
290	A	2,7	2,50	B	2,7	2,75
321	A	3,7	3,75	B	3,6	3,75
365	A	3,0	3,00	B	2,8	2,75
394	A	2,9	2,75	B	2,8	3,00
427	A	2,8	2,50	B	2,8	2,75
505	A	3,3	3,25	B	3,3	3,00
512	A	2,8	2,75	B	2,8	2,50
529	A	2,2	2,50	B	2,2	2,25
565	A	2,6	2,75	B	2,7	2,25
580	A	3,2	3,25	B	3,2	3,25
584	A	3,3	3,50	B	3,5	3,50
595	A	3,3	3,25	B	3,2	3,25
600	A	2,8	2,75	B	2,8	2,75
609	A	3,2	3,00	B	3,3	3,00
661	A	3,2	3,25	B	3,2	3,50
664	A	2,8	3,00	B	3,0	3,00
704	A	3,1	3,25	B	3,1	3,25
758	A	3,4	3,25	B	3,3	3,25
786	A	3,3	3,25	B	3,5	3,50
835	A	2,7	2,75	B	2,8	2,75
836	A	3,6	3,75	B	3,8	3,75
846	A	2,8	2,75	B	2,8	2,50
854	A	2,3	2,25	B	2,3	2,50
881	A	2,7	3,00	B	2,8	3,00
962	A	3,2	3,00	B	3,3	3,00

- Esta prueba se realizó de forma "doble ciego" en sujetos de raza Holstein en dos sesiones de prueba (A y B), registrando la determinación realizada por un veterinario experimentado y procesada por el sistema en cuestión de acuerdo con la fórmula (8). La primera columna muestra el número de identificación de la compañía de los animales, en la tercera y sexta columna se muestran los valores de BCS estimados por el sistema en las dos pruebas A y B, la cuarta y séptima columna enumeran las opiniones expresadas por el veterinario experto. Como se muestra, el sistema muestra una repetibilidad muy alta en la determinación de la BCS en los mismos sujetos. Además, en el 85% de los casos, la diferencia entre el juicio del sistema y el del evaluador es inferior a un cuarto de punto.
- Algunas características nuevas sobre la técnica anterior
- El aparato D y el método objeto de la presente invención presentan algunas peculiaridades sustanciales con respecto a la técnica conocida.
- En particular, el método para determinar el FI y la BCS y sus herramientas de aplicación permiten realizar automáticamente la evaluación de la condición corporal de un animal, superando de manera definitiva el problema de la subjetividad en la evaluación visual por un evaluador y en el AI mismo tiempo, reduciendo el grado de complejidad del examen de tal manera que el método sea aplicable a instrumentos simples y portátiles.
- Además, en el caso de una aplicación portátil, el sistema propuesto reduce significativamente (5-10 segundos) el tiempo de detección y la evaluación de BCS con respecto a cualquier otro método de inspección portátil o visual. En el caso de un sistema fijo, equipado con un dispositivo electrónico para la identificación de los animales, el tiempo de análisis se reduce al tiempo de obturación de una cámara (tiempo de obturación de un orden de magnitud igual a fracciones de segundo).
- En el caso de la aplicación portátil para la medición de la BCS en el ganado, en contraste con la práctica común de observar a los animales hacia atrás y luego dentro de la caja de contención de animales (área sucia), el técnico puede realizar las mediciones posicionándose delante del animal, fuera de las cajas.
- Es particularmente ventajoso usar la herramienta mientras los animales comen con el cuello atrapado en la cerca de contención. De esta forma, el técnico, que permanece en el corredor de alimentación, es decir, en el área limpia, puede llevar a cabo la detección de la BCS de todos los animales "atrapados" en una secuencia rápida, con la máxima seguridad y minimizando el tiempo requerido para la medición de la manada entera.
- Además, en el caso de una aplicación portátil, el sistema propuesto parece ser robusto a los posibles errores de posicionamiento relacionados con el sujeto observado y las variaciones esqueléticas entre individuos que tienen la misma condición corporal.
- Esto hace que el sistema sea sustancialmente independiente del técnico experto que lo utiliza. Los cambios en la posición del sistema de medición con respecto al sujeto observado, tal como la inclinación y la altura, no influyen de manera significativa en el valor de la BCS. La habilidad superior influye solo en la velocidad de adquisición.
- En el caso de la aplicación combinada con un sistema de identificación electrónica para la identificación del sujeto observado, la velocidad de adquisición aumenta aún más.
- En caso de aplicación en animales con pelaje de pieles o provisto de una marca que los haga visualmente reconocibles (por ejemplo, un código impreso en la parte posterior), el sistema propuesto puede usar ventajosamente métodos de procesamiento de imágenes para identificar al animal sobre la base de una imagen, simplificando y acelerando aún más el proceso de medición.
- El método propuesto puede aplicarse tanto en herramientas de tipo portátil como en soluciones de tipo estacionario. En particular, puede instalarse ventajosamente de manera estacionaria con operación automática en cualquier sala de ordeño, robot de ordeño, cajas de pesaje o de contención de animales, pasillo de paso y caja de estabulación.
- El método propuesto también se puede aplicar a la detección de aire, por ejemplo, instalado a bordo de un dron o helicóptero.
- En el área de monitorización de rebaños, dicha solución puede combinarse ventajosamente con otras soluciones visuales y/o morfométricas y/o biométricas de identificación de los animales.
- Una novedad importante de la invención consiste en la independencia del método y su índice de condición corporal FI con respecto a la especie, raza, sexo, edad y tamaño absoluto del sujeto observado.
- Otra novedad de la invención radica en su facilidad de implementación, robustez a los cambios ambientales, independencia sustancial de la capacidad del usuario, en la aplicabilidad en soluciones portátiles. Estas características hacen que la invención sea particularmente adecuada para el contexto de aplicación de un establo.
- En la presente invención, además, solo se evalúa un rasgo morfológico (perfil) de una manera específica, el veterinario considera 5 o más de los mismos. Mediante una correlación matemática precisa, la invención puede reducir el número de evaluaciones.

El método propuesto también tiene la ventaja sobre la técnica anterior conocida de poder implementarse incluso en dispositivos simples (por ejemplo, teléfonos inteligentes) sin necesidad de equipo adicional. Esto es una consecuencia directa del hecho de que el método de la invención analiza el perfil 109 independientemente de su tamaño físico absoluto.

- 5 En lo anterior, se han descrito realizaciones preferidas y se han sugerido variantes de la presente invención, pero debe entenderse que los expertos en la materia pueden hacer modificaciones y cambios, sin apartarse del alcance de protección relacionado, según lo definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar un índice numérico indicativo de las reservas de energía en forma de grasa almacenada por un animal (107) muerto o vivo de cualquier especie y raza, incluyendo humanos, por ejemplo, la puntuación de condición corporal o el índice de masa corporal, en el que se realizan las siguientes etapas:

5 A. detección digital, por medio de detección óptica de elementos de referencia, aplicados o proyectados en el cuerpo del sujeto observado, o por otro tipo de sistema de detección, con contacto o sin contacto, de al menos un perfil (109) de una región anatómica de interés morfológico, definiéndose dicho al menos un perfil como la forma de la curva que describe al menos parte del perímetro exterior de una sección de dicha región anatómica, cruzando dicha curva que se extiende sobre un plano imaginario dicha región anatómica;

10 B. enviar dicho al menos un perfil (109) de la etapa A a al menos una unidad de procesamiento de datos (E);

C. calcular un índice numérico R indicativo de las reservas de energía en forma de grasa acumulada por el animal, en particular, en dicha región anatómica, mediante al menos una unidad de procesamiento de datos (E) sobre la base de dicho al menos un perfil (109) de la etapa A; y

15 D. correlacionar, en dicha al menos una unidad de procesamiento de datos (E), por medio de una transformación matemática predefinida, dicho índice numérico R con una o más características de estado de dicho animal;

en el que en el cuerpo del animal está presente un primer lado (LS o RS) de dicha región anatómica con respecto a la columna vertebral del animal (S) o un primer lado y un segundo lado (LS, RS) de dicha región anatómica con respecto a la columna vertebral (S) del animal, y en el que dicho perfil incluye un punto de máximo relativo P_M en la columna vertebral del animal y un primer desarrollo del perfil (109L o 109R) en dicho primer lado o un primer y un segundo desarrollo del perfil (109L y 109R) respectivamente en dicho primer y segundo lado (LS, RS),

20

estando el método **caracterizado por que** la etapa C incluye las siguientes subetapas:

C1. individualizar las coordenadas del punto máximo relativo P_M de dicho perfil;

25

C2. determinar una primera línea recta (β) tangente a dicho perfil (109), empezando dicha primera línea recta desde el punto máximo relativo P_M y tocando dicho perfil en un primer punto de tangencia P_1 de dicho primer lado, o además de la primera línea recta de tangencia que determina también una segunda línea recta de tangencia (α) que se extiende desde el punto de máximo relativo P_M y toca dicho perfil en un segundo punto de tangencia P_1' en dicho segundo lado;

30

C3. en el caso en el que en la etapa 2 solo se calculó dicho primer punto de tangencia P_1 , tomando como segundo desarrollo (109L, 109R) de dicho perfil la proyección especular de dicho primer desarrollo con respecto a la dirección de la columna vertebral, y suponiendo como el segundo punto de tangencia P_1' el punto especular a dicho primer punto de tangencia P_1 con respecto a la dirección de la columna vertebral;

C4. calcular un primer punto de línea discontinua P_2 y un segundo punto de línea discontinua P_2' como la intersección entre dicho perfil y una línea recta (γ) paralela a un segmento de base que va desde P_1 a P_1' ;

C5. calcular dicho índice numérico R como:

35

$$R = f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha'_1, \alpha'_2)$$

en el que α_2 es el ángulo entre los segmentos $\overline{P_M P_2}$ y $\overline{P_2 P_2'}$, α_1 es el ángulo entre los segmentos $\overline{P_2 P_1}$ y $\overline{P_1 P_1'}$, α'_2 es el ángulo entre los segmentos $\overline{P_M P_2'}$ y $\overline{P_2' P_2}$, α'_1 el ángulo entre los segmentos $\overline{P_2' P_1'}$ y $\overline{P_1' P_1}$, y en el que $\alpha_2 = \alpha'_2$ y $\alpha_1 = \alpha'_1$ en caso de realizarse la asunción de la etapa C3.

40

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en la etapa C5 primero se calcula un índice sintético R_L relevante para dicho primer desarrollo (109L) y un índice sintético R_R relevante para dicho segundo desarrollo (109R) como

$$R_L = f(\alpha_1, \alpha_2), R_R = f(\alpha'_1, \alpha'_2)$$

y entonces:

$$R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

45

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que:

$$R = f(\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2)$$

o:

$$R = f\left(\frac{\alpha_2 + \varphi}{\alpha_1 + \varphi}, \frac{\alpha'_2 + \varphi}{\alpha'_1 + \varphi}\right)$$

o:

$$R_L = f\left(\frac{\alpha_2 + \varphi}{\alpha_1 + \varphi}\right), R_R = f\left(\frac{\alpha'_2 + \varphi}{\alpha'_1 + \varphi}\right), R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

5 o:

$$R = f\left(\frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}\right) = f\left(\frac{\alpha_2 + \alpha'_2 + 2\varphi}{\alpha_1 + \alpha'_1 + 2\varphi}\right)$$

o:

$$R = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}\right)^i$$

o:

$$R_L = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\alpha_2 + \varphi}{\alpha_1 + \varphi}\right)^i, R_R = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\alpha'_2 + \varphi}{\alpha'_1 + \varphi}\right)^i, R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

10

o:

$$R = f\left(\frac{\tan(\alpha_2 + \varphi)}{\tan(\alpha_1 + \varphi)}, \frac{\tan(\alpha'_2 + \varphi)}{\tan(\alpha'_1 + \varphi)}\right)$$

o:

$$R_L = f\left(\frac{\tan(\alpha_2 + \varphi)}{\tan(\alpha_1 + \varphi)}\right), R_R = f\left(\frac{\tan(\alpha'_2 + \varphi)}{\tan(\alpha'_1 + \varphi)}\right), R = \frac{R_L + R_R}{2}$$

15 o:

$$R = f\left(\frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1}\right)$$

o:

$$R = \sum_{i=0}^n k_i \cdot \left(\frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1}\right)^i$$

20 en el que los coeficientes k_i son constantes, n es un número natural tal que $n \geq 1$, φ es un desplazamiento angular tal que $\varphi \in [-\pi, \pi]$, $\bar{\alpha}_1$ es el valor promedio de los ángulos α_1 y α'_1 , $\bar{\alpha}_2$ es el valor promedio de los ángulos α_2 y α'_2 ,

$\left(\frac{\bar{\alpha}_2 + \varphi}{\bar{\alpha}_1 + \varphi}\right)^i$ la i -ésima potencia de la relación de los ángulos promedio con un desplazamiento angular φ , \bar{t}_1 es el

valor promedio de las tangentes de los ángulos α_2 y α'_2 , $\left(\frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1}\right)^i$ es la i -ésima potencia de la relación de dichos valores medios de las tangentes.

4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que:

$$R = \frac{\tan(\alpha_2) + \tan(\alpha'_2)}{\tan(\alpha_1) + \tan(\alpha'_1)}$$

o:

$$R = \frac{R_L + R_R}{2} = \frac{\frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)} + \frac{\tan(\alpha'_2)}{\tan(\alpha'_1)}}{2} = \frac{\tan(\alpha_1)\tan(\alpha'_2) + \tan(\alpha'_1)\tan(\alpha_2)}{2 \tan(\alpha_1)\tan(\alpha'_1)}$$

- 5 5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la línea recta paralela (γ) está posicionada de tal manera que la línea perpendicular a dicha línea recta paralela (γ) y que pasa a través de P_M se cruza en dicha línea recta paralela un punto P_H y en dicho segmento base un punto P_B tal que el segmento $\overline{P_H P_B}$ es sustancialmente igual al segmento $\overline{P_M P_H}$.
- 10 6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que en la etapa D los parámetros numéricos de dicha transformación matemática dependen al menos por especie y/o raza y/o etnia y/o edad del sujeto y se obtienen en comparación con una población de referencia evaluada según un método tradicional o un método de medición diferente de la técnica anterior.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que en la etapa D se realiza la siguiente subetapa:
- 15 D1. correlacionar, por medio de una primera transformación matemática predefinida, por ejemplo, una transformación lineal, dicho índice numérico R de la etapa C con una escala visual y táctil de puntuaciones, tal como, por ejemplo, la puntuación lineal o la puntuación de condición corporal de uso conocido, en particular, conocido en la evaluación tradicional de la condición corporal de los animales de producción, los animales de compañía y el hombre, y que se obtiene en comparación con una población de referencia evaluada por expertos técnicos y/o por otros medios conocidos en la técnica.
- 20 8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que después de la etapa C se realiza la siguiente etapa adicional:
- E. correlacionar, usando una segunda transformación matemática predefinida, dicho índice numérico R de la etapa C, con el peso del animal, dependiendo dicha transformación matemática al menos de la especie y/o raza y/o género y/o edad del animal y obteniéndose por comparación con una población de referencia ponderada por medio de escalas apropiadas.
- 25 9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que después de la etapa C se realiza la siguiente etapa adicional:
- F. correlacionar, mediante una transformación matemática predefinida adicional, dicho índice numérico R de la etapa C con el grado de fertilidad del sujeto bajo examen, resultante de la combinación entre el índice numérico R y el estado de celo, detectado por medio de herramientas de la técnica anterior.
- 30 10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho perfil es un perfil de una región anatómica elegida en el grupo que comprende la región lumbar (L), abdominal (A), sacro (S), femoral (F), mama (P), glútea (G), dorsal (D) o el cráneo del animal (107), en particular en su zona media (M).
11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho plano imaginario es un plano transversal a la columna vertebral del animal.
- 35 12. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de detección es un perfilómetro, tal como escáneres de triangulación (por ejemplo, líneas láser con registro óptico), escáneres de tiempo de vuelo y diferencia de fase o medidores de peine o sensores de flexómetro.
13. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el perfil detectado en la etapa A se envía a una unidad de control (101), que lleva a cabo su compresión y le asocia datos adicionales sobre dicho animal (107), y posteriormente lo envía a dicha al menos una unidad de procesamiento de datos (E), local o remota.
- 40 14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** dichos datos adicionales son datos detectados por uno o más sensores, en particular, elegidos en el conjunto que comprende: acelerómetro, magnetómetro, giroscopio, termómetro, GPS, localizador de Wi-Fi, lector RFID (identificación por radiofrecuencia), localizador RTLS (sistema de localización en tiempo real), sistema de detección del estado de celo y datos personales del animal (107).
- 45 15. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 14, **caracterizado por que** dicha puntuación de

condición corporal, índice de masa corporal principal u otra escala de puntuación para la condición corporal, una vez que la especie y/o el grupo étnico y/o la raza y/o el sexo es fijo, se puede obtener del índice numérico R o del índice de engorde sintético, mediante una función del tipo:

$$\sum_{i=0}^n k_i R^i$$

5 en la que n es un número entero mayor que 1, R^i es la potencia i -ésima de R y los parámetros k_i son constantes específicas de la población a la que dicho animal (107) pertenece, determinados, por ejemplo, por especie y raza, y que se determinan en comparación con una población de referencia evaluada visualmente o con otros instrumentos de la técnica anterior, según el método tradicional.

10 16. Aparato (D) para la determinación de un índice numérico indicativo de reservas de energía en forma de grasa acumulada por un animal (107), que comprende al menos un sistema de detección de contacto o sin contacto (102, 103, 124, 125, 126, 128, 129, 130) para la detección del perfil (109) del animal (107), al menos una unidad de control (101) y al menos una unidad de procesamiento de datos (E), local o remota, conectada a dicha unidad de control (101), en el que dicha unidad de procesamiento de datos (E), local o remota, incluye un programa configurado de manera que, cuando se ejecuta, realiza las etapas C y D del método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

17. Aparato (D) de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** dicho sistema de detección con o sin contacto para detectar el perfil (109) del animal (107) puede ser alternativamente:

20 a) una cámara (102) adaptada para adquirir imágenes de uno o más animales (107) con los perfiles (109) resaltados mediante la proyección de un patrón de luz coherente o no coherente o mediante la aplicación previa de pintura o bandas adhesivas o elásticas adecuadas en el cuerpo del animal, estando conectada dicha cámara (102) a dicha unidad de control (101), que integra funciones de digitalización de las imágenes y/o compresión de datos y cifrado y/o interfaz de usuario, y/o transmisión de datos;

25 b) un aparato (PG) que comprende un número adecuado de agujas (126) móviles en una dirección y al menos un sistema de digitalización (127) para digitalizar la posición de dichas agujas, en el que dichas agujas móviles están configuradas para apoyarse en el cuerpo del animal (107), que describe un perfil (109) con una resolución proporcional a su número, y en el que dicho sistema de digitalización (127) está configurado para convertir la dislocación de dichas agujas en una señal eléctrica procesable por dicha unidad de procesamiento de datos (E);

30 c) un aparato (SG) que comprende al menos una banda (131) sensible a la flexión, compuesta por una pluralidad de medidores de tensión electrónicos (130), y al menos un sistema de digitalización de señales para digitalizar la señal producida por dichos medidores de tensión electrónicos, en el que dicha banda (131) sensible a la flexión se aplica en la superficie o debajo de la piel del animal (107), y por medio de los medidores de tensión electrónicos (130) se configura para detectar la expansión (132) o la compresión (133) a lo largo del dirección perpendicular a la columna vertebral del animal (107), para describir un perfil (109) con una resolución proporcional al número de medidores de tensión integrados en dicha banda (131), estando dichos medidores de tensión electrónicos conectados a dicha unidad de procesamiento de datos (E).

18. Aparato (D) de acuerdo con la reivindicación 16 o 17, que comprende además al menos un sensor de posición (P) configurado para detectar el posicionamiento de dicho aparato (D) con respecto a la posición de dicho animal (107).

40 19. El aparato (D) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que dicho aparato (D) es portátil e incluye:

- un brazo de extensión (105) adaptado para sostenerse en un primer extremo y que soporta dicho sistema de control (101), tal como, por ejemplo, un teléfono inteligente, en el que dicha cámara está integrada (102) en un segundo extremo;

45 - un brazo láser (104) conectable a un primer extremo a dicho brazo de extensión (105) con el que forma, por ejemplo, un ángulo de 135°, y que comprende dicho generador láser (103) en un segundo extremo; y

- un actuador (106), dispuesto en dicho primer extremo de dicho brazo de extensión (105), configurado para controlar dicho generador láser (103).

50 20. El aparato (D) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, **caracterizado por que** comprende alternativamente un sensor de presencia del animal en un área predeterminada, enviando dicho sensor de presencia del animal su detección a dicha unidad de control (101) para el inicio de la etapa C del método, o un lector de una etiqueta de identificación colocada en dicho animal, estando conectado dicho lector de etiqueta de identificación a dicha unidad de control (101).

21. Aparato (D) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 16-20, **caracterizado por que**

comprende un sistema para la detección del estado de celo del animal de acuerdo con técnicas de la técnica anterior, proporcionando la combinación de la puntuación de la condición corporal con el estado de celo un nuevo indicador aquí definido como índice de fertilidad, determinado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F = E \cdot \frac{BCS_r}{BCS_i}$$

5 en el que E representa el estado de celo, en el que $E = 0$ en ausencia de celo y $E = 1$ en presencia de celo, BCS_r el valor real y BCS_i el valor ideal de la BCS del animal, en el que el índice de fertilidad F puede tomar los siguientes valores y significados:

- $F = 0$, indica la ausencia de celo, independientemente de la condición del cuerpo;

- $F \cong 1$ indica la condición de celo y la condición corporal óptima ($BCS_r \cong BCS_i$);

10 - $F > 1$ indica un estado de celo en "sobrecondición";

- $0 < F < 1$ indica un estado de celo en "subcondición".

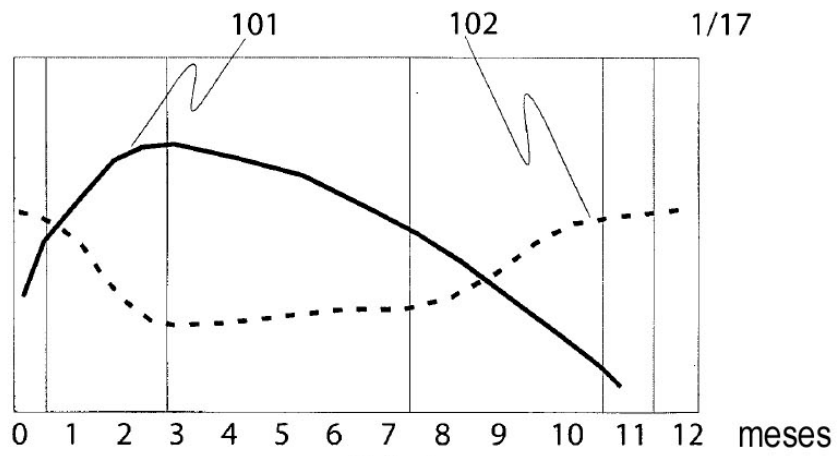


FIG. 1

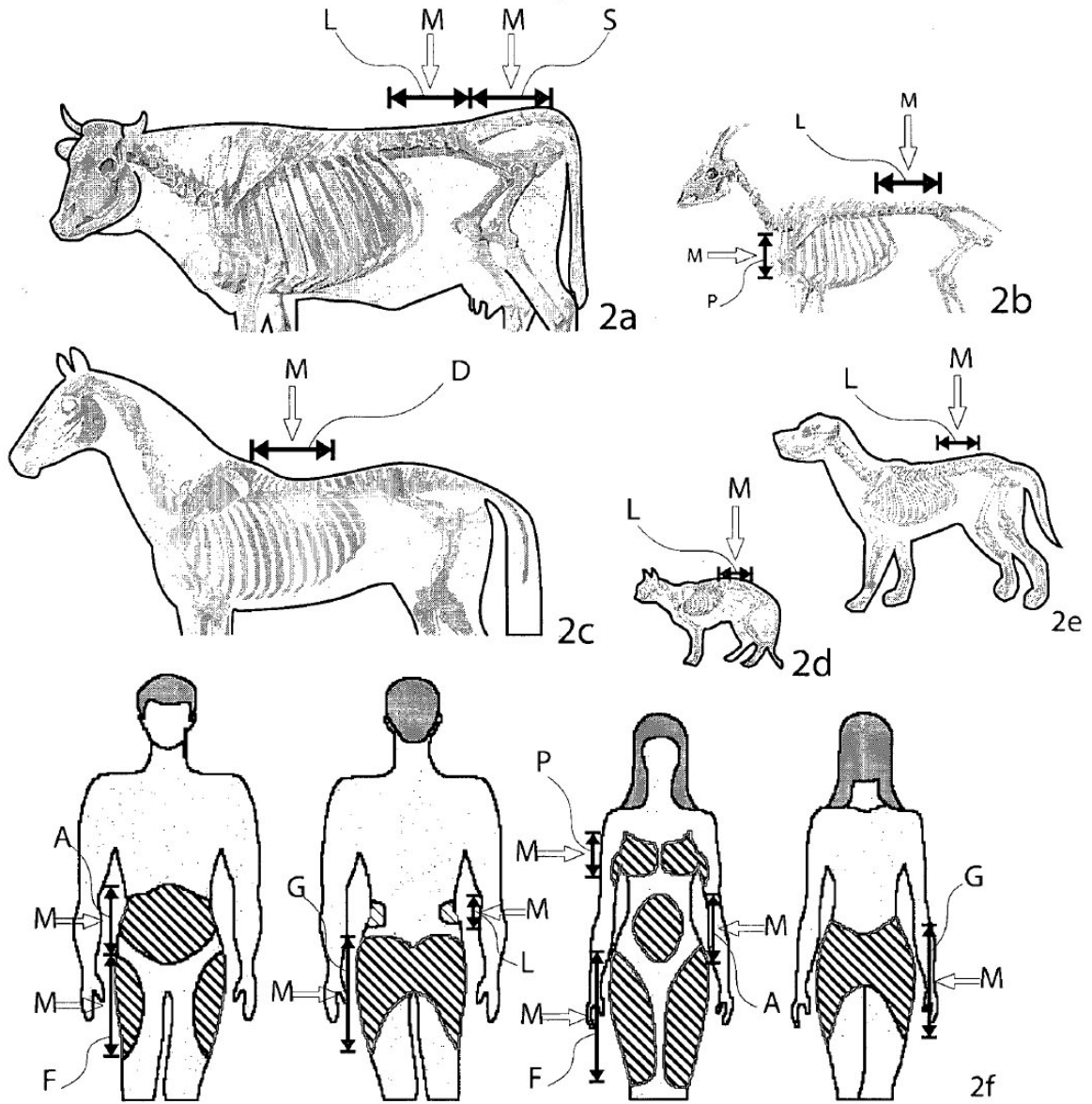


FIG. 2

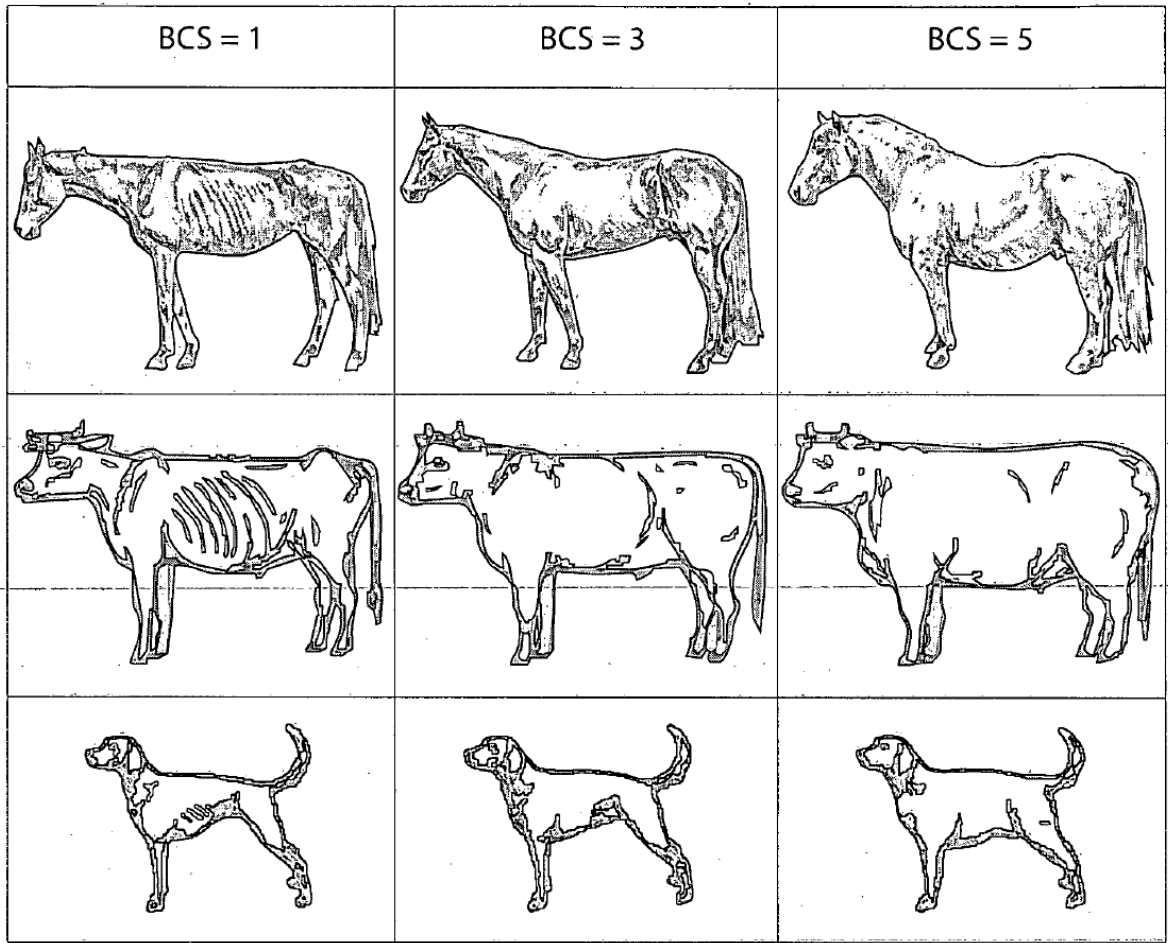


FIG. 3

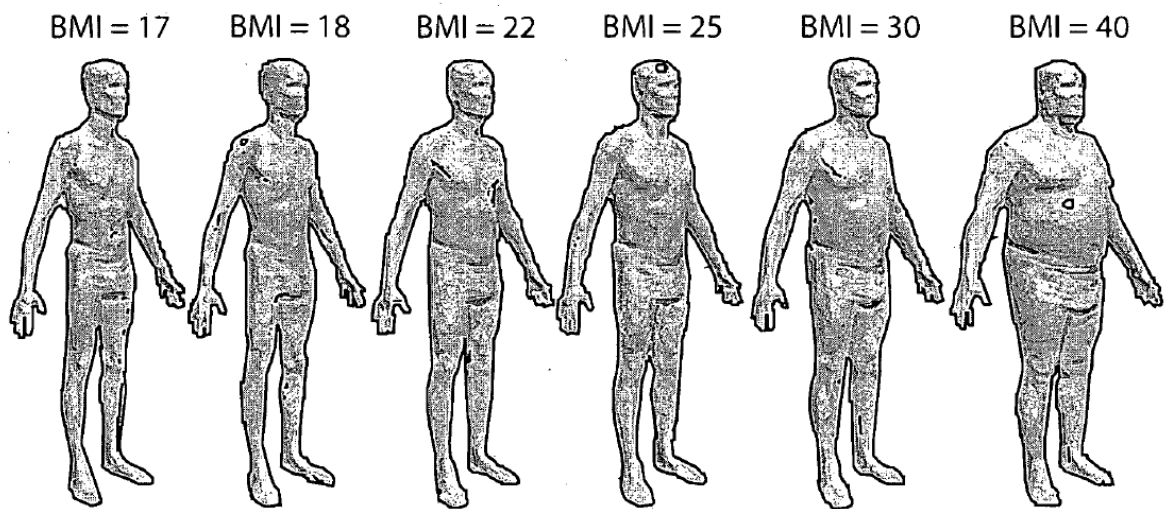


FIG. 4

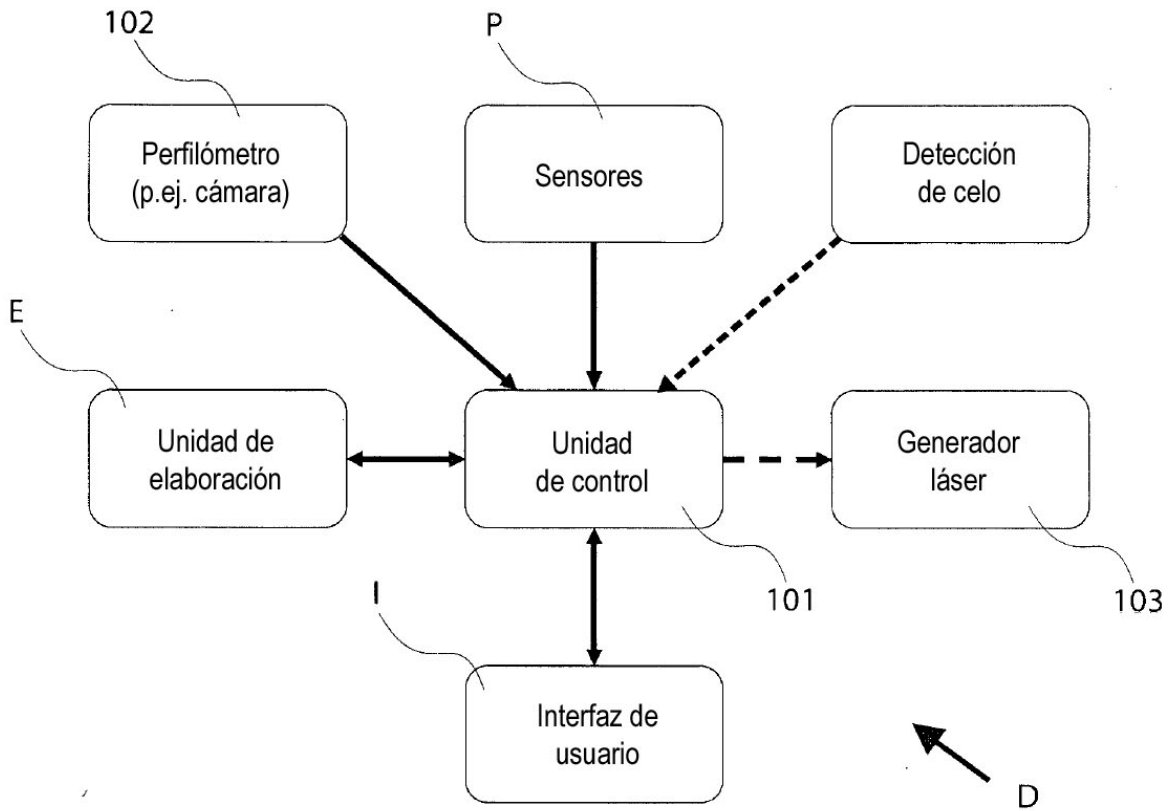


FIG. 5

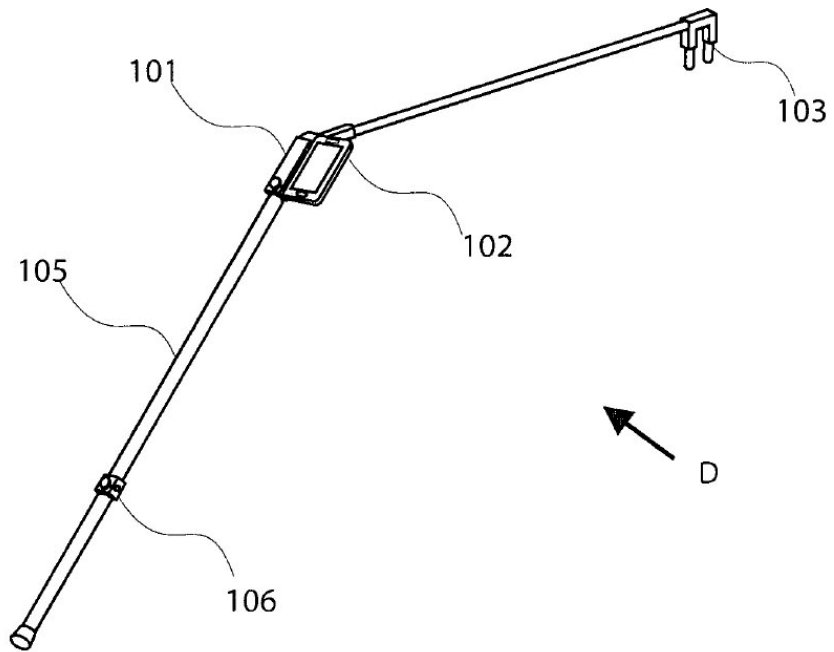
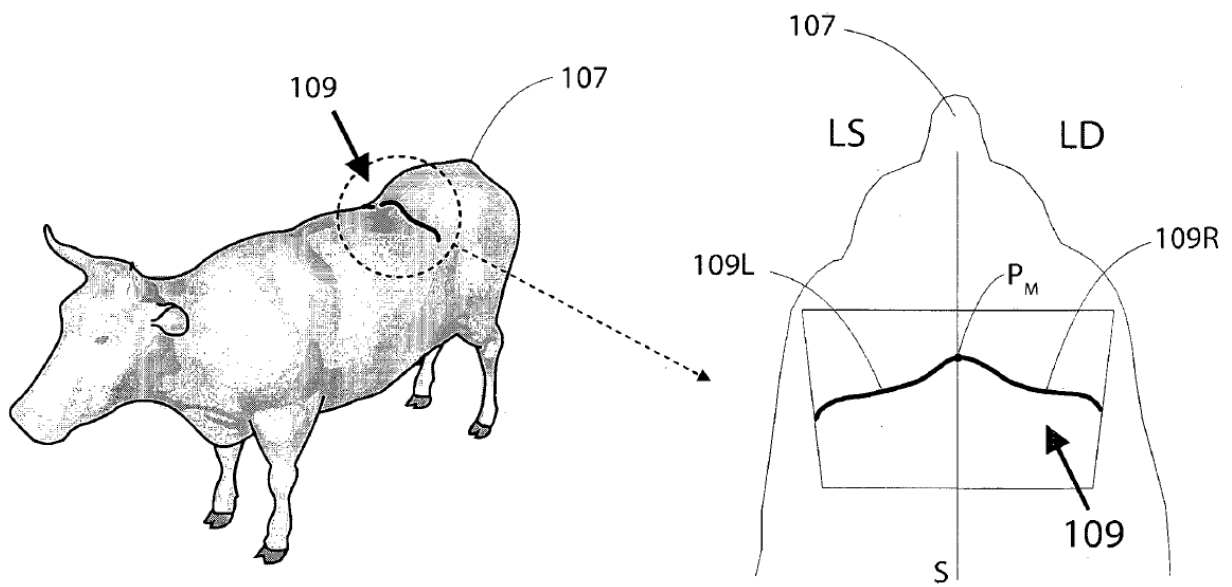
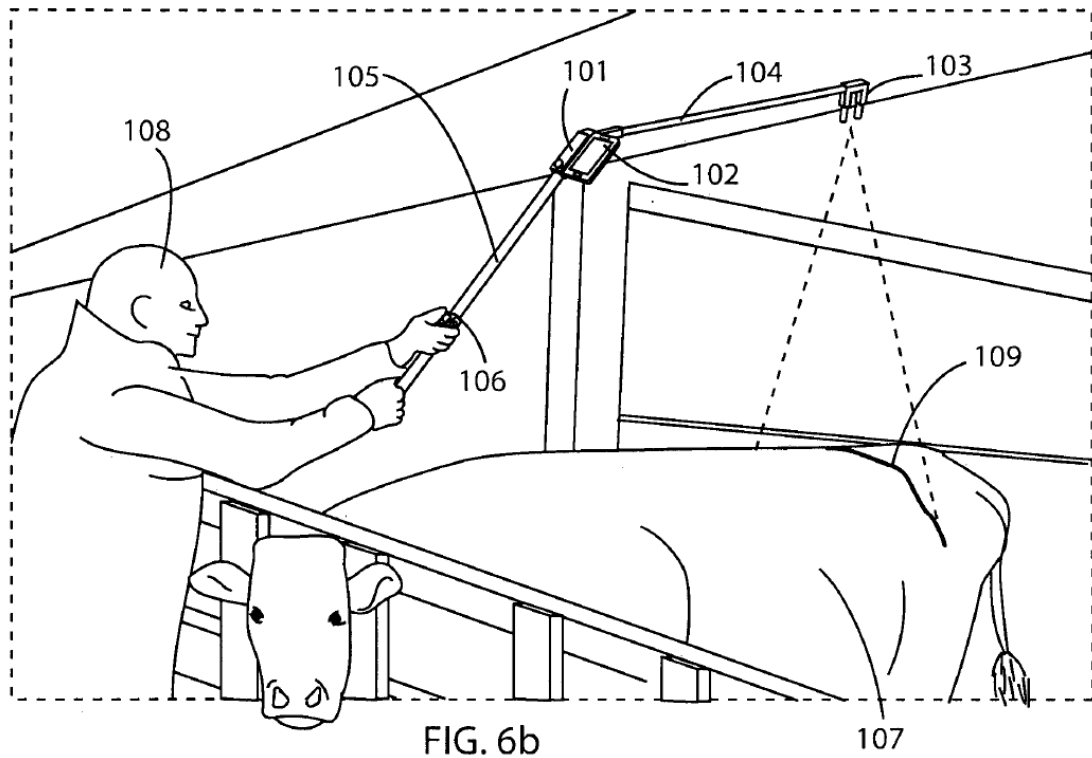


FIG. 6a



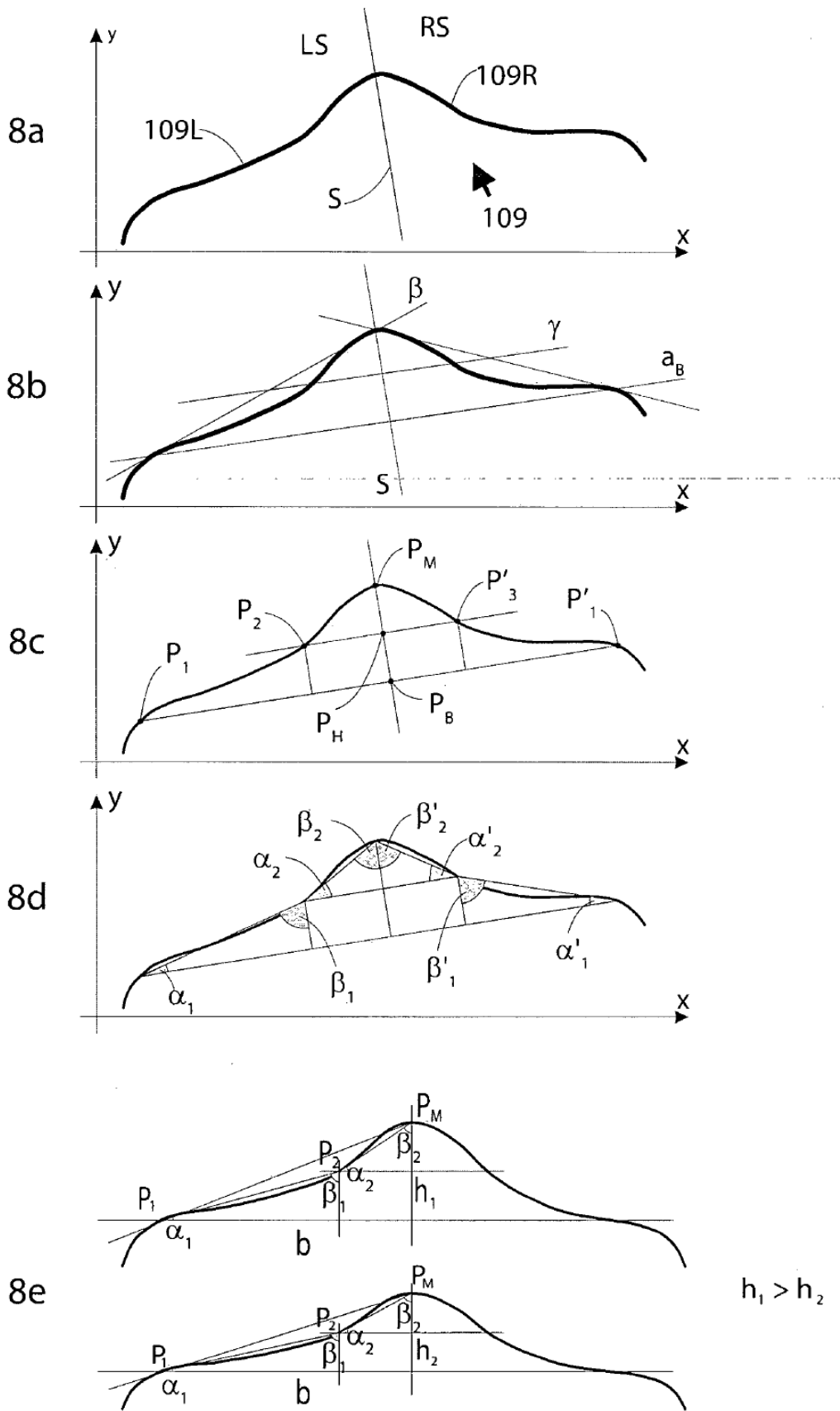
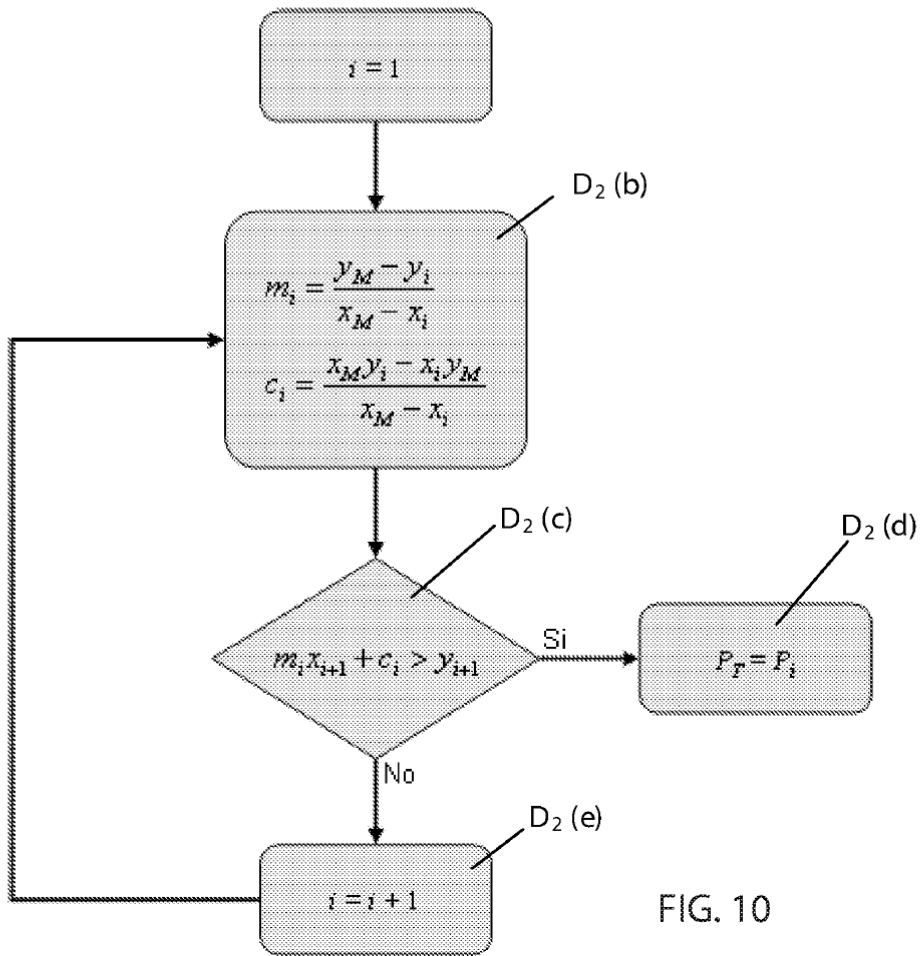
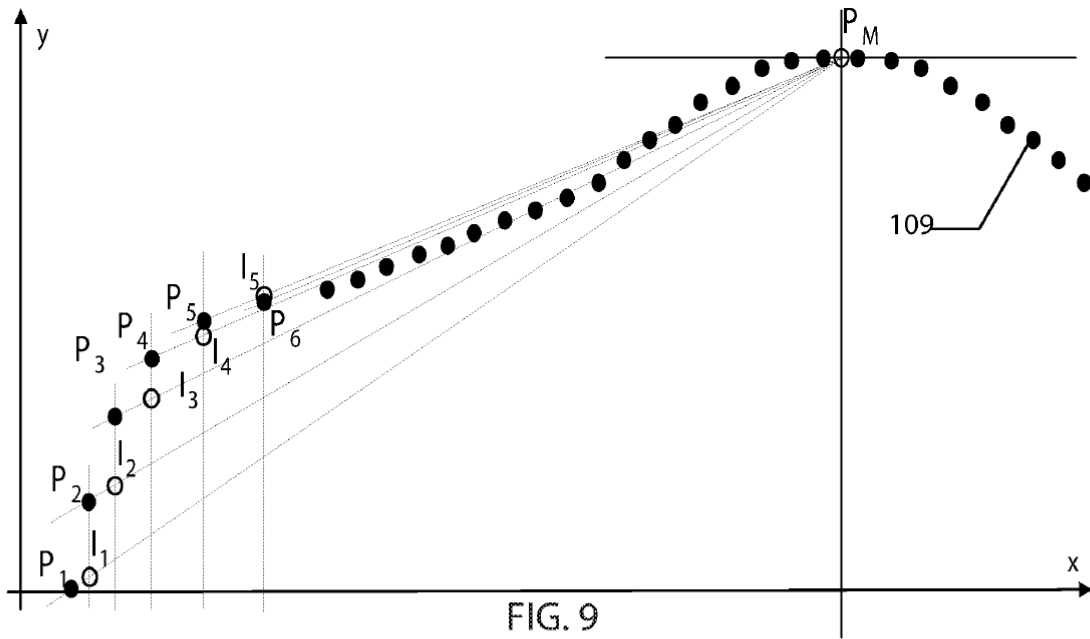


FIG. 8



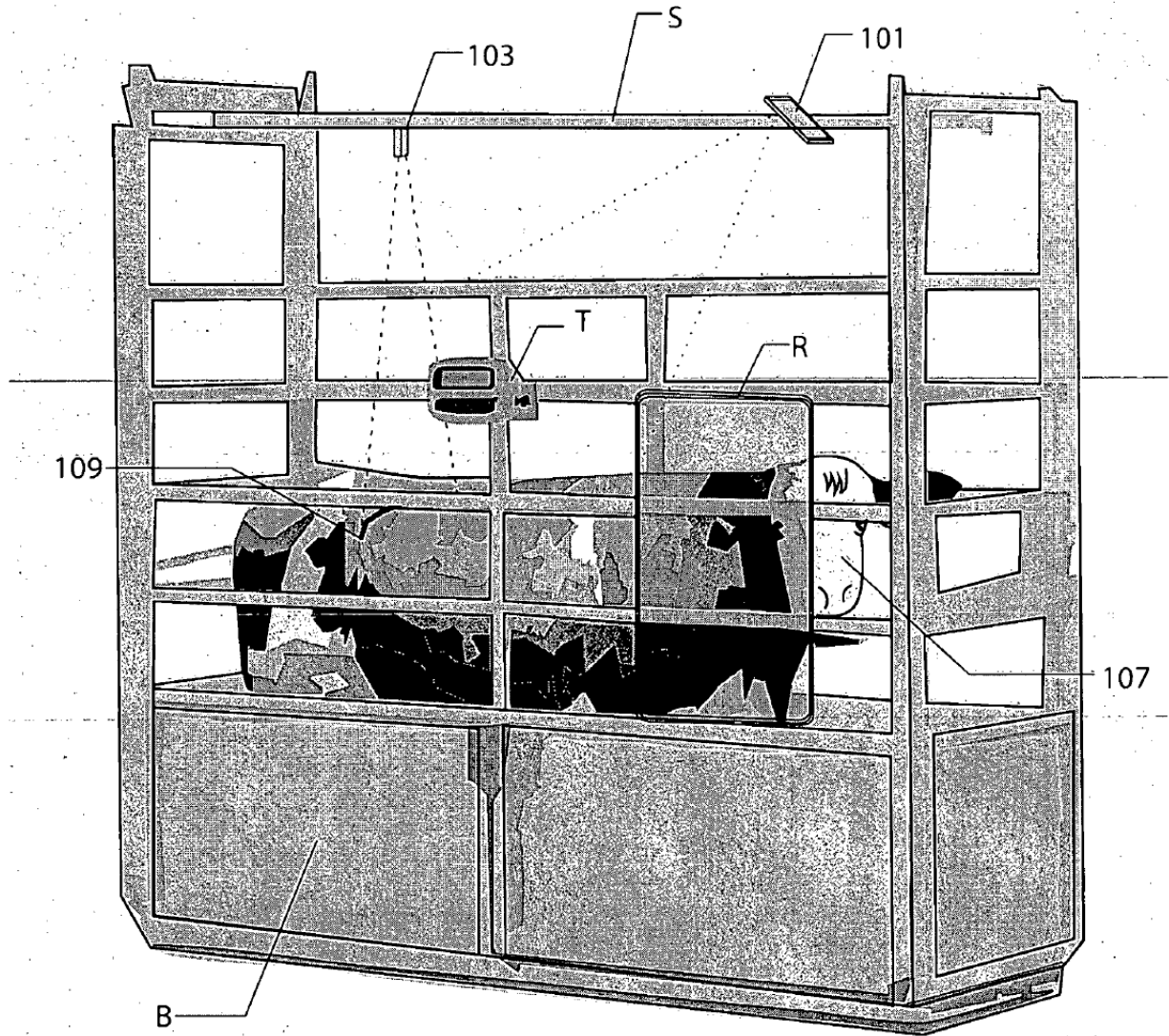


Fig. 11

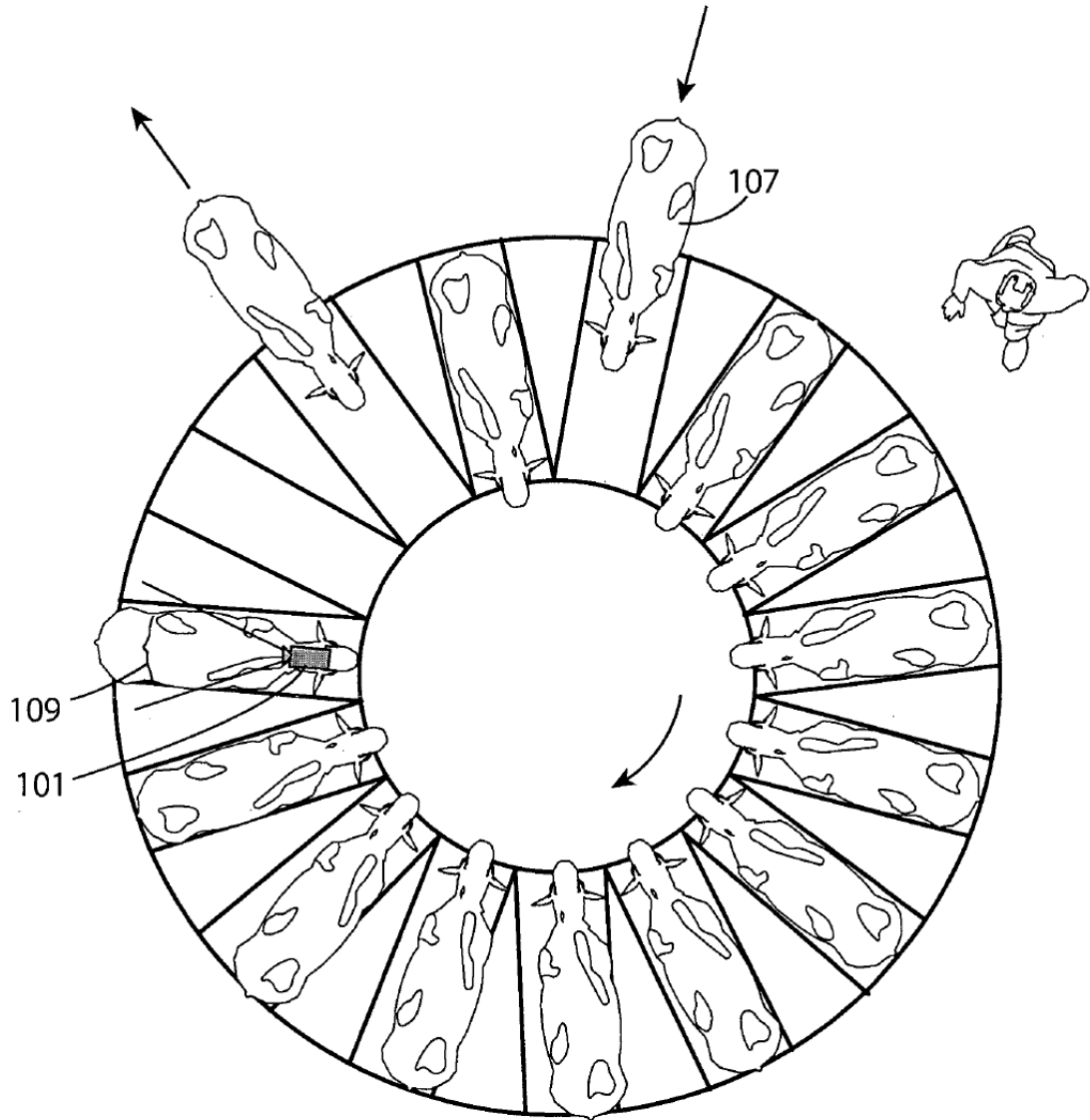


Fig. 12

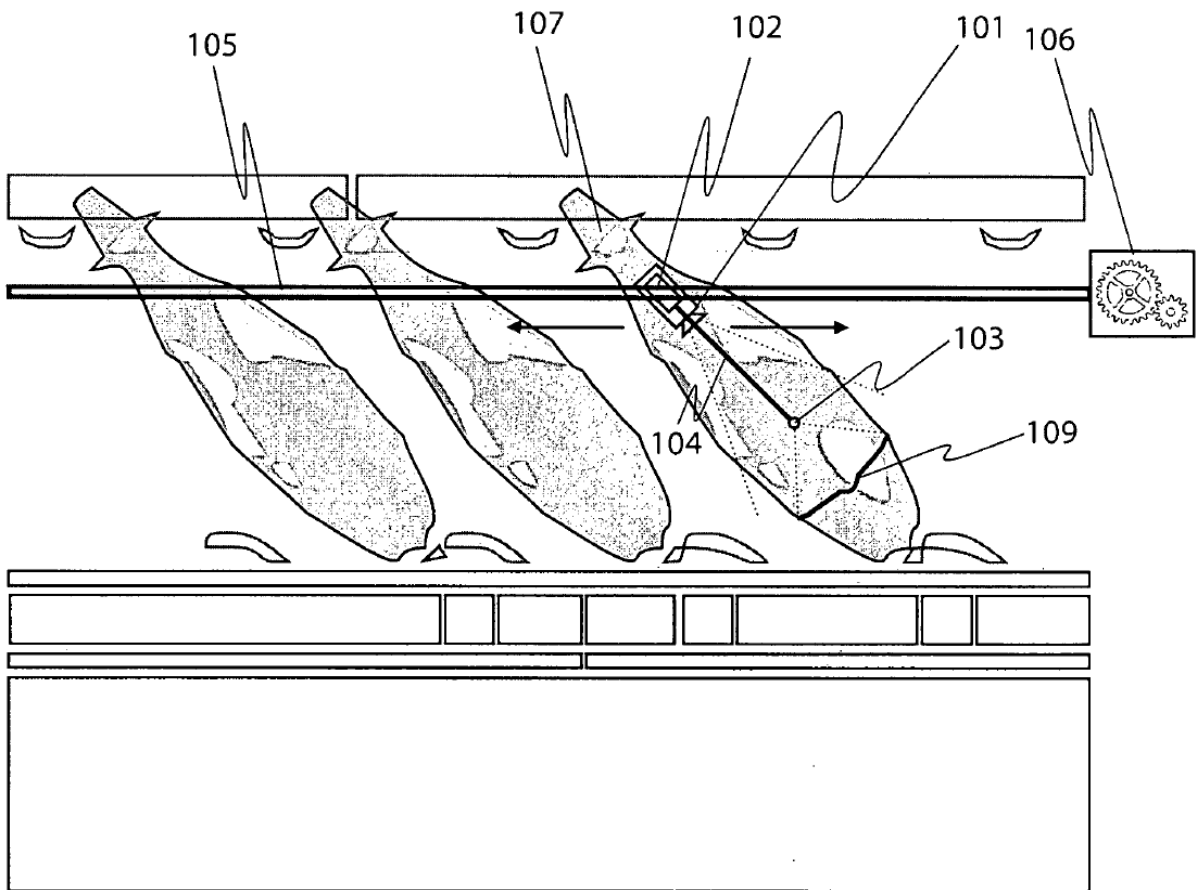


FIG. 13

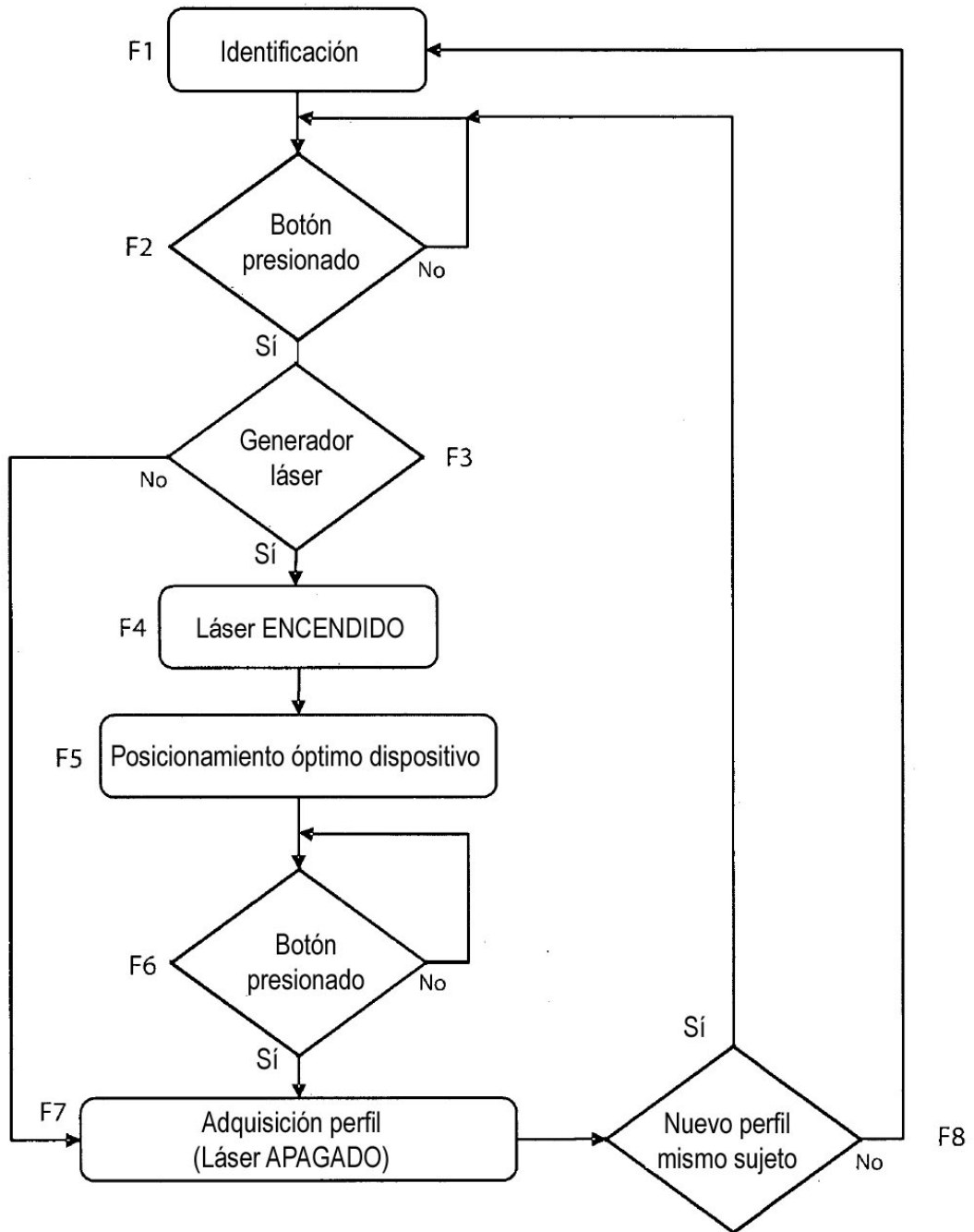


FIG. 14

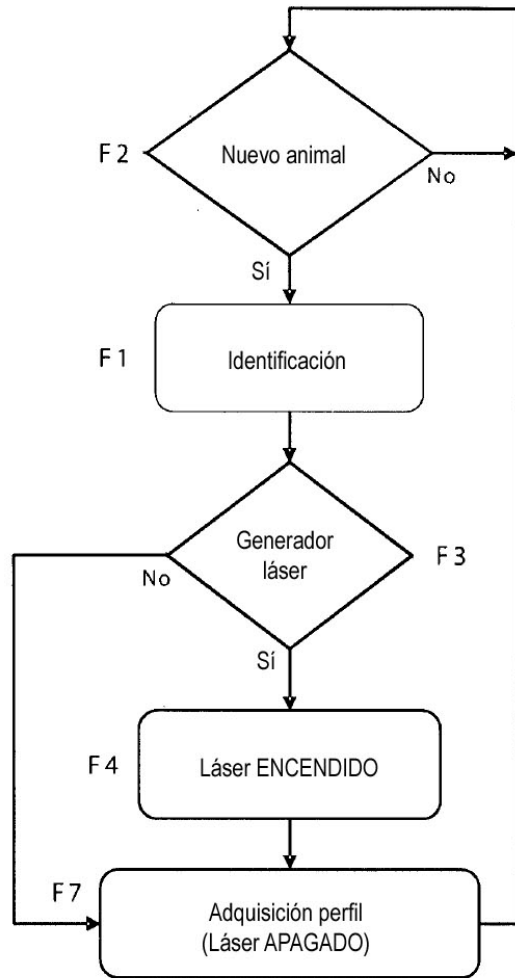


FIG. 15

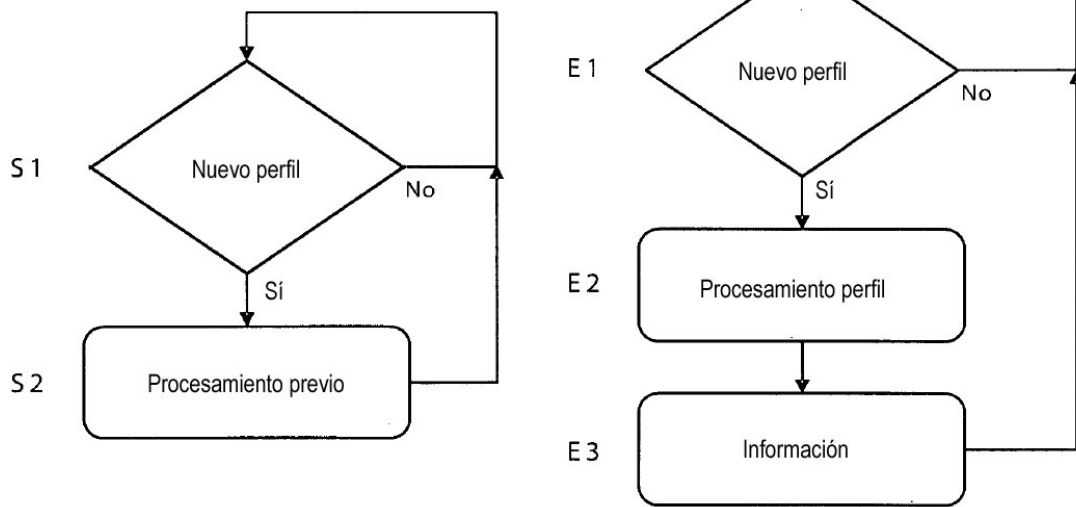


FIG. 16

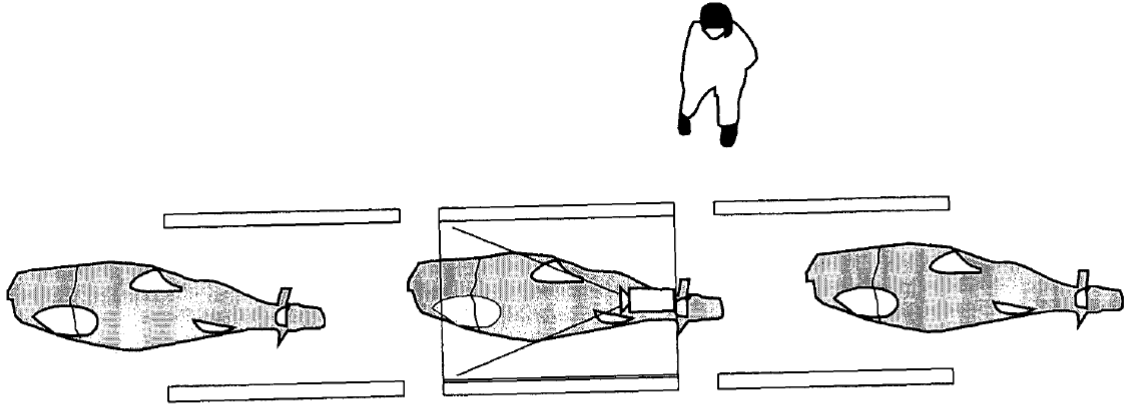


FIG. 17

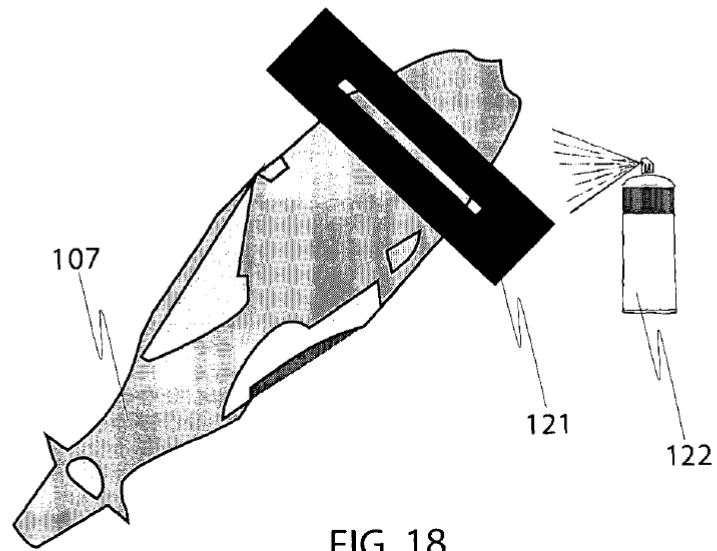


FIG. 18

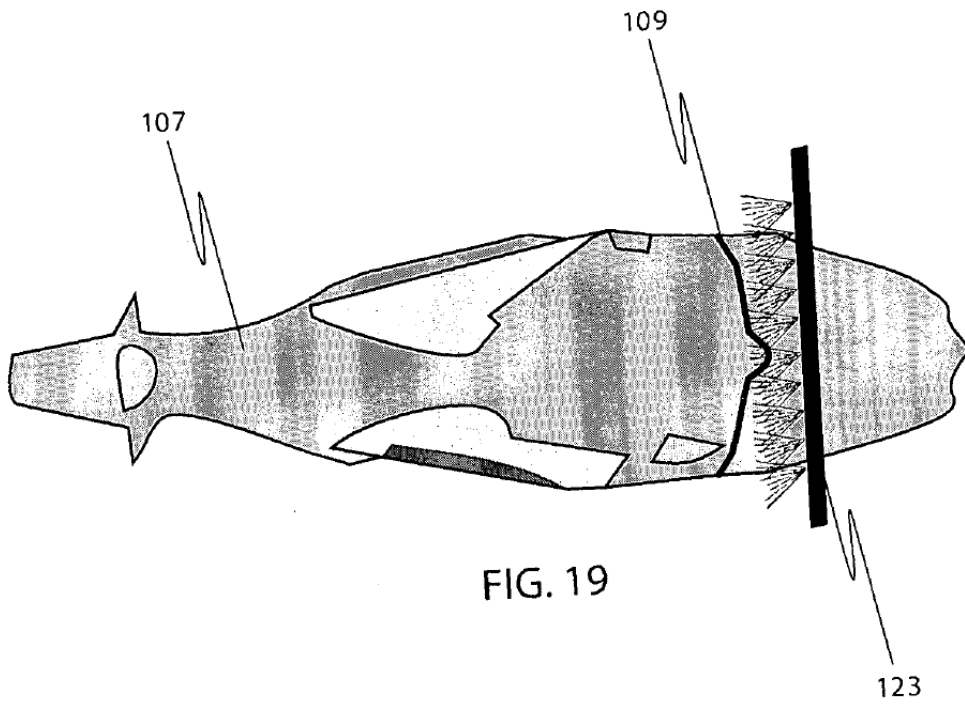


FIG. 19

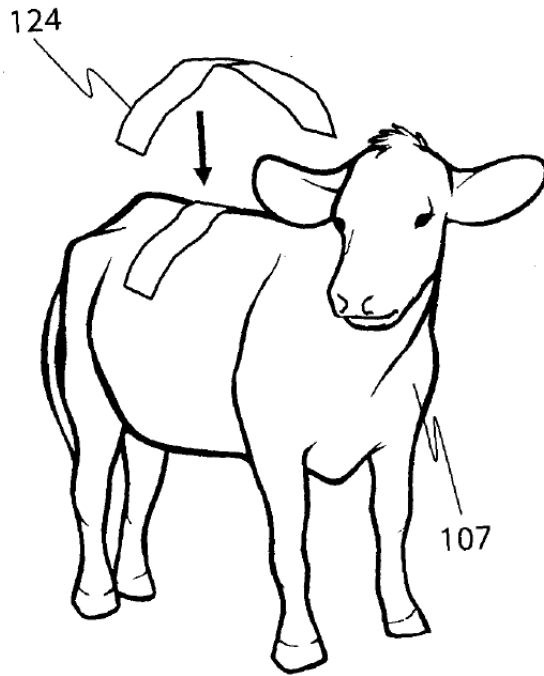


FIG. 20

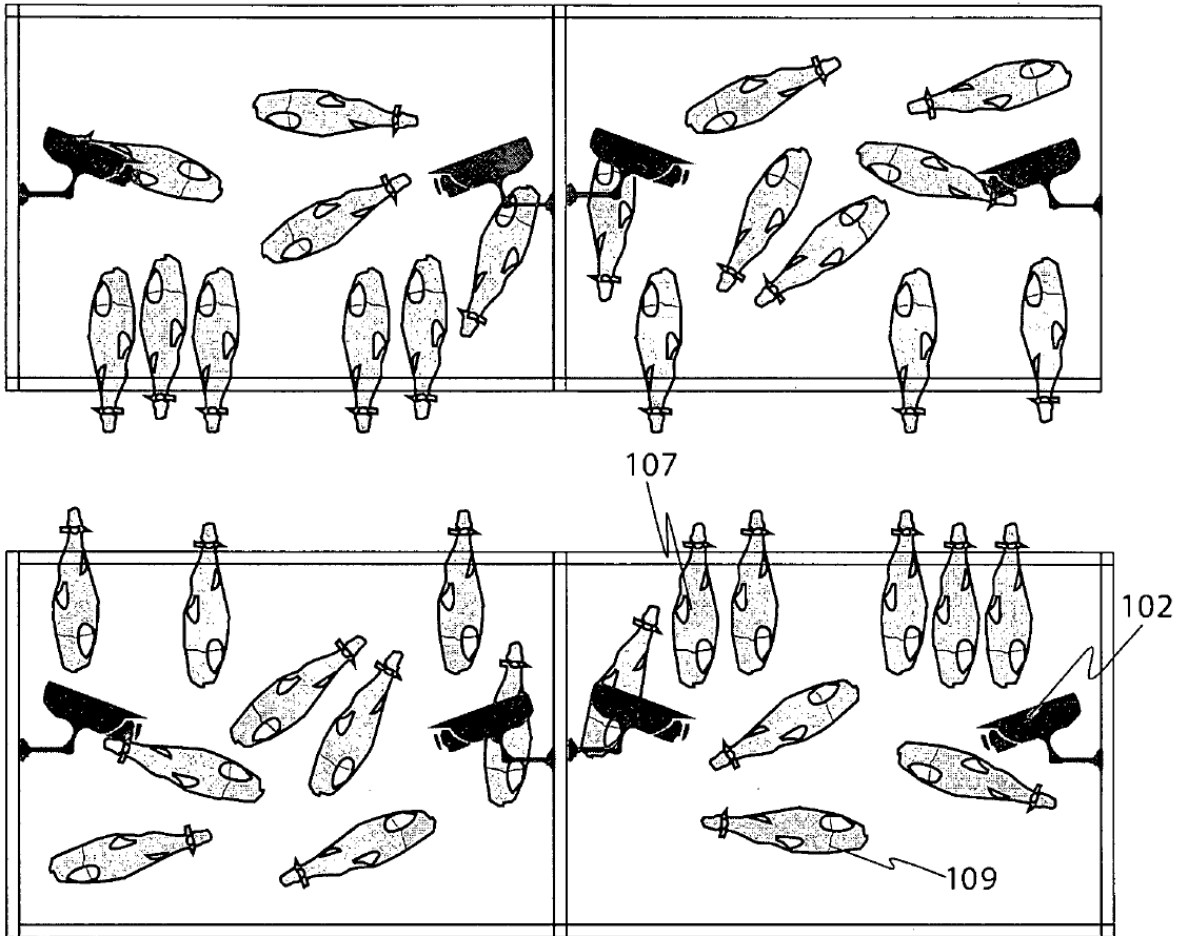


FIG. 21

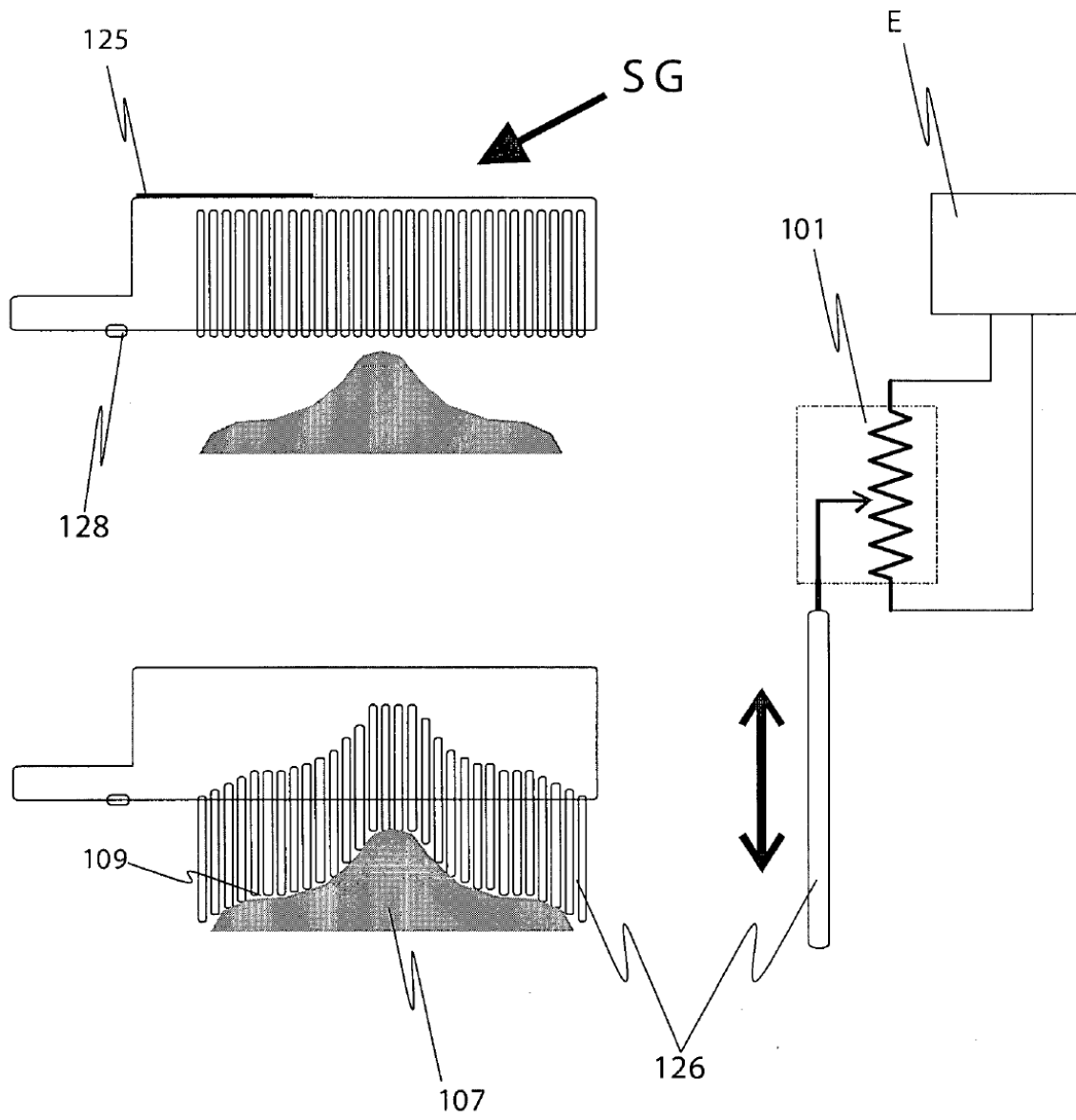


FIG. 22

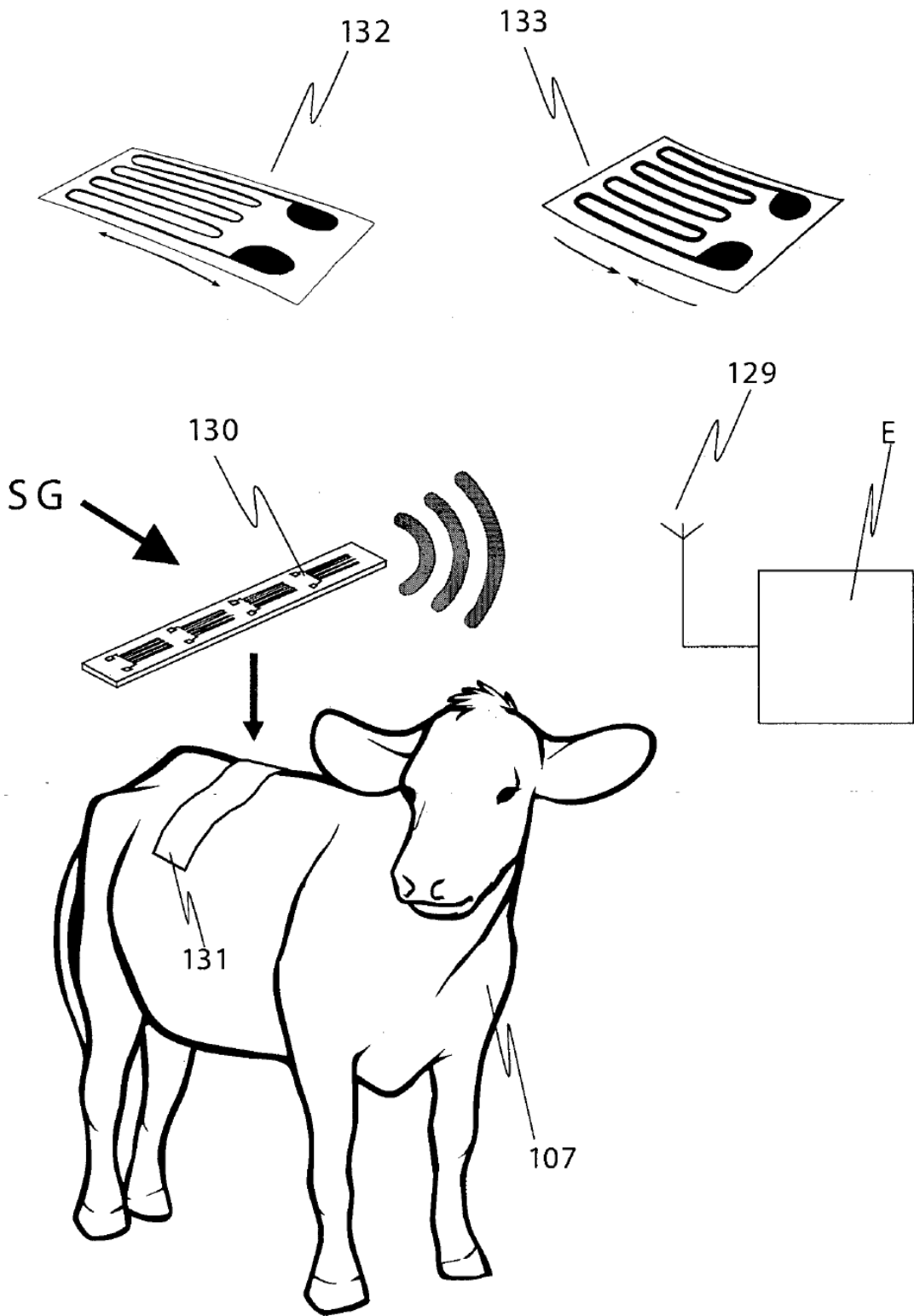


FIG. 23

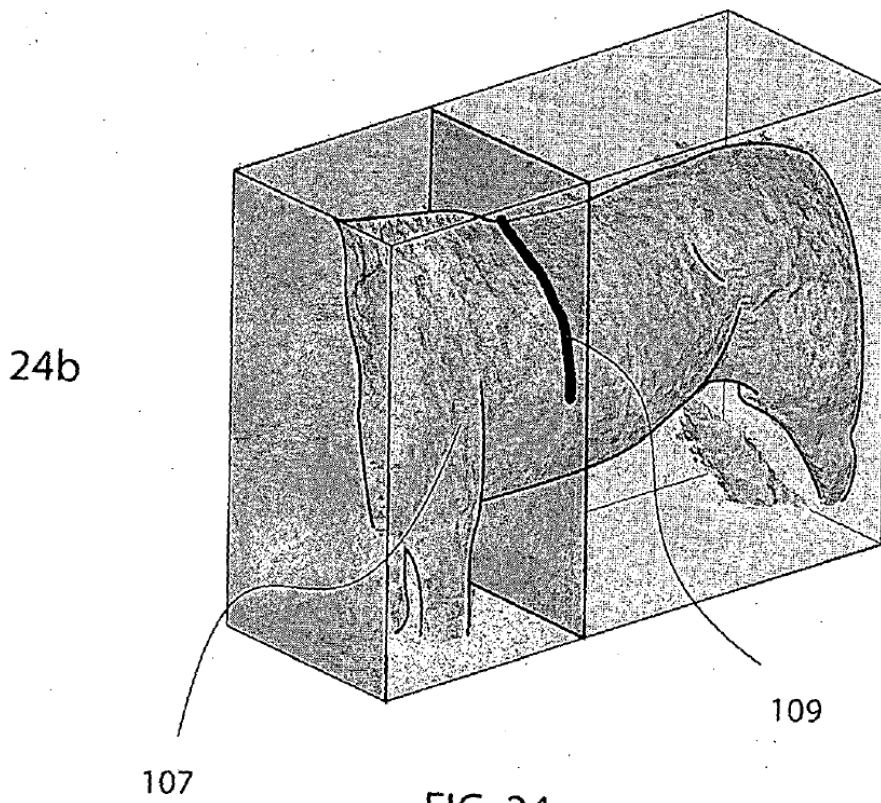
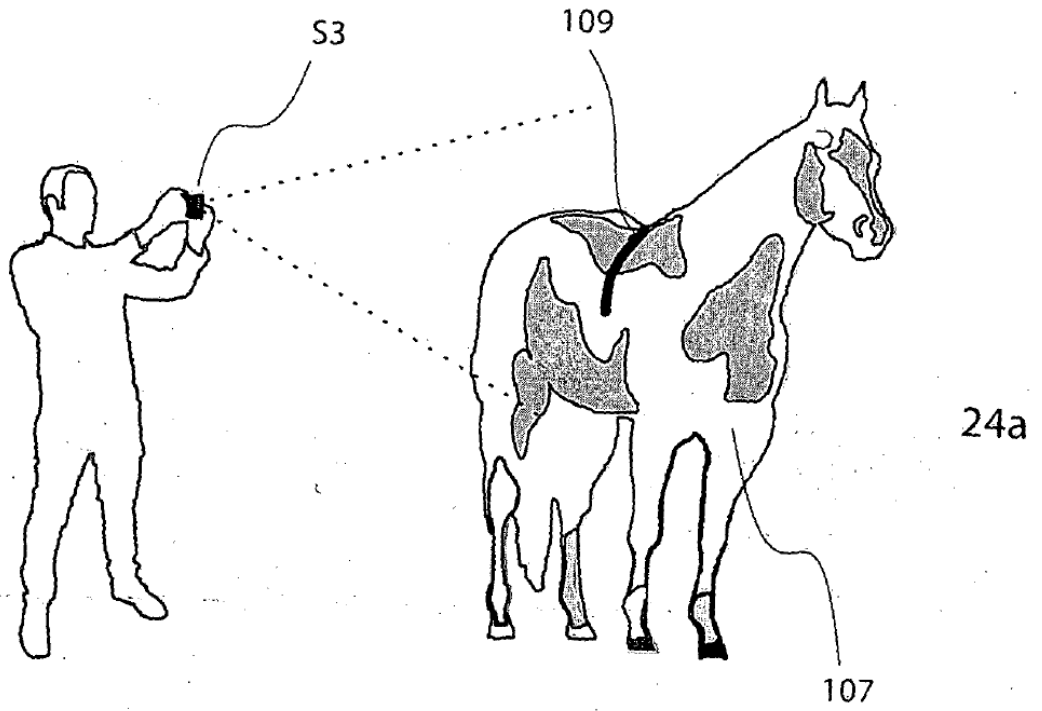


FIG. 24