

DISPOSITIVO TIPO DENDRÓMETRO PARA MEDICIÓN DE TALLOS Y FRUTOS

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se enmarca en el campo de la agrotecnología, particularmente en un dispositivos tipo dendrómetro para el registro y monitoreo de la variación de tamaño de tallos y frutos en diferentes cultivos.

ANTECEDENTES

Los dendrómetros son sensores que miden continuamente las pequeñas fluctuaciones de contracción y expansión en el diámetro del tronco o del fruto como consecuencia de la variación del flujo de savia en la planta. Tal variación generalmente esta asociada a los flujos de agua, condiciones del suelo, condiciones atmosféricas y demás. De esta manera, se puede ver al dendrómetro como un dispositivo que mide la respuesta de las plantas a la variación en la hidratación. La disponibilidad de agua del suelo y la demanda evaporativa afectan al patrón diario de contracción y expansión de las estructuras de la planta; tallos (ramas y tronco) y los frutos. Si los árboles no están bajo condiciones de estrés hídrico, los valores del crecimiento (CD) serán siempre positivos y los valores de contracción diaria máxima variarán (CMD) según las condiciones ambientales¹.

Sin embargo, bajo estrés hídrico temprano, las estructuras detienen su crecimiento, por lo que el valor de CD disminuye, y puede llegar a estar cercano a cero, y los

¹ Blanco, V.; Blaya-Ros, P.J.; Torres-Sánchez, R.; Domingo, R. Irrigation and Crop Load Management Lessen Rain-Induced Cherry Cracking. *Plants* **2022**, *11*, 3249. <https://doi.org/10.3390/plants11233249>

valores de CMD aumentan como resultado del agotamiento del almacenamiento de agua en las células. Por lo tanto, un incremento constante en los valores de CMD mientras que los valores de CD están cerca de cero debe considerarse como la respuesta del árbol a condiciones de déficit hídrico. Si el déficit hídrico continúa, los valores de CD se volverán negativos y los valores de CMD aumentarán hasta un valor umbral donde la estructura no tiene reservas de agua. En ese momento los valores de CMD disminuirán rápidamente. Este nivel de estrés hídrico podría tener un efecto negativo a largo plazo en la vida y productividad del árbol.

Por lo anterior, es de gran interés para el productor contar con herramientas que permitan monitorear y registrar las variables que pueden afectar sus cultivos, de manera que puedan ser útiles para mejorar las condiciones de los mismo. Dispositivos, tales como los sensores de variables climáticas, de planta y sensores de humedad de suelo, así como mediciones manuales, son empleados para complementar el manejo de los cultivos. A estos se suman los dendrómetros, los cuales son dispositivos que permiten medir en tiempo real el crecimiento de los tallos y frutos en la planta, permitiendo, monitorear su estado hídrico y establecer su comportamiento frente a diferentes factores ambientales. De esta manera es posible obtener información relevante, respecto de madurez fisiológica, de cosecha y programación del manejo, tal como la frecuencia de riego y ajuste de la nutrición.

La mayoría de los dendrómetros emplean un medidor de estructura mecánica que se ubica alrededor del tallo o de los frutos, con cuya expansión se puede determinar el crecimiento de la estructura. La estructura mecánica generalmente está acoplada a un elemento tipo sensor de desplazamiento o distancia que permite obtener una dimensión.

La clasificación de los dendrómetros se hace en función de la forma cómo miden la variación del diámetro del tallo o fruto. Así, sí el dendrómetro mide la variación

del perímetro, se trata de un dendrómetro perimetral, en tanto que sí lo que se mide es el incremento del radio en un punto determinado, es un dendrómetro puntual o radial.

También se conocen los dendrómetros de galgas micrométricas o bandas extensiométricas, basados en la relación existente entre la variación relativa de longitud de un material conductor y su variación en resistencia eléctrica. También existen los dendrómetros de ultrasonido y de fibra óptica que utilizan ondas ultrasónicas para mediciones de distancia precisas.

El documento ES 2379772 describe un equipo para medir tallos de plantas en general, el cual consta de un sensor que se pone en contacto con la planta, un porta sensor para sujetar el sensor y una interfaz electrónica que conecta el sensor con el sistema de medida correspondiente con una banda extensiométrica de funcionamiento eléctrico-resistivo, que al estar conectadas constituyen un Puente de Wheatstone. El objeto de esta invención es conseguir un óptimo control en las variaciones dimensionales de la planta a lo largo del día, mediante un control dendrométrico y permanente en la planta, para en base a los datos obtenidos poder tomar decisiones para mejorar el rendimiento. Si bien la solución presentada mediante los elementos electrónicos puede resultar útil, el diseño de este dispositivo presenta varias falencias relacionadas con las varillas, los elementos de fijación y elementos de amarre, el puente de bandas. Con lo cual, su precisión y medida final dependerá de la resolución del aparato de lectura, de la ganancia con la que se haya dotado al circuito y de la calidad de montaje.

El documento BR 102016023841 describe un dispositivo electrónico tipo sensor que permite la medición del perímetro de un árbol mediante una cinta o correas de medición con escala impresa móvil y un sistema electrónico que calcula escalas mediante un sistema de adquisición y procesamiento digital de imágenes con el fin

de cuantificar el posicionamiento de la escala de la correa, y dicho sistema cuenta además con autonomía de batería alimentada por energía solar y transmisión de datos inalámbrica. Los datos recopilados por el sistema electrónico se almacenan en una tarjeta de memoria local y permite su transmisión mediante un sistema inalámbrico, ya sea a un dispositivo móvil cercano (ej. Bluetooth) o receptores a media distancia (ej. ZigBee, o antenas de telecomunicaciones). El dispositivo además cuenta con medios de sujeción, resortes y una caja. De lo anterior, se resalta que esta invención no menciona ni sugiere que el dendrómetro sea versátil y permita medir no solo el crecimiento de los árboles, sino también de sus frutos.

El documento US 9377288 reporta un dendrómetro para medir diámetros o circunferencias de ramas o troncos de árboles, que comprende una banda expansible y un componente electrónico alargado unido contiguamente a la banda, que se mueve para la variación de longitud y convertir el movimiento en una señal electrónica. La solicitud proporciona un dendrómetro que comprende una banda de dendrómetro cuya longitud es extensible para rodear el tronco o la rama de un árbol. El dendrómetro también se conoce como dendrómetro de banda, que se utiliza a menudo para medir circunferencias/perímetros de troncos de árboles o tamaños de frutos. El dendrómetro comprende además un componente electrónico que está unido, fijado o adherido de forma estrecha o contigua a la banda del dendrómetro durante un período de tiempo para convertir la variación de longitud de la banda del dendrómetro en señales electrónicas.

La patente US 20230175830 describe un dendrómetro magnético que tiene un marco conectado a un sensor magnético, un mecanismo de tensión de resorte y un imán que se mueve junto con el mecanismo de tensión de resorte. El sensor magnético detecta el movimiento lineal del imán, el cual se traduce en fluctuaciones rastreables en el campo magnético, que son convertidas en señales eléctricas por el sensor magnético.

En algunas realizaciones, el sensor magnético es parte de un conjunto de componentes electrónicos que se utilizan para recopilar datos asociados con el movimiento lineal del imán, y también para procesar los datos. En algunas realizaciones, los componentes electrónicos incluyen un codificador. En algunas realizaciones, el codificador es un codificador o sensor magnético de alta resolución. En otras realizaciones, el componente de estilo horquilla flotante, el deslizador y otros componentes estacionarios, pero mecánicos, del dendrómetro magnético están fabricados con fibra de carbono o cualquier otro material adecuado con una función de temperatura sustancialmente nula o muy baja.

El documento WO 2023034380 divulga un sistema para medir el tamaño de plantas, que incluye sensores para medir el tamaño de partes de la planta y/u otras características de partes de la misma, que comprenden: uno o más sujetadores configurados para posicionarse en o alrededor de una parte de la planta; dos o más componentes seleccionados del grupo que consiste en: un dendrómetro, un acelerómetro, un sensor de temperatura del aire, un sensor de humedad y un sensor de luz; un procesador; y una fuente de alimentación conformado por un dendrómetro, un acelerómetro, un sensor de temperatura del aire, un sensor de humedad y un sensor de luz, los cuales puede transmitir a un dispositivo móvil o a un servidor, datos relacionados con el crecimiento de las plantas y/o mapear la conectividad de una red inalámbrica de sensores.

Si bien los dispositivos mencionados permiten realizar mediciones, su estructura mecánica generalmente requiere de una instalación y acople con estructuras complementarias tales como soportes, bandas, tuberías y otros accesorios para poder adaptarse al fruto o a la planta, dificultando así su utilización. Este funcionamiento, sujeto a otros elementos, incrementa el peso total del dispositivo de medición, limitando el movimiento natural de la planta, generando el

desprendimiento del fruto. De igual manera, el rango de medición por lo general es acotado y los materiales pueden sufrir dilatación térmica y variación en la resistencia, lo cual afecta la precisión y la exactitud de las mediciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario desarrollar dispositivos tipo dendrómetro más sencillos, autónomos, livianos y de fácil acople a la estructura vegetal, con materiales que otorguen mayor resistencia a las condiciones ambientales e intemperie, y que permitan registrar y almacenar de manera continua y con precisión los datos de medición.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un dispositivo tipo dendrómetro para el monitoreo y registro de la variación de tamaño de tallos y frutos, que comprende una estructura mecánica, un sensor de posición de campo magnético y un registrador de datos, los cuales se integran para reportar y almacenar de forma automática, continua y precisa los datos de los parámetros requeridos.

El dendrómetro de la presente invención es un dispositivo de medición y registro continuo y en tiempo real de la expansión o contracción de las estructuras de las plantas, el cual está basado en el principio de medición de rotación magnética. Este dispositivo está compuesto principalmente por un lector y registrador de datos electrónico encapsulado y un sensor de medición de expansión/contracción de fruto de rotación magnética el cual se instala en la estructura física a medir, estos dos componentes funcionan de manera integrada al ser conectados entre sí para generar mediciones y su correspondiente registro en tiempo real.

El lector y registrador de datos consiste en una carcasa que comprende un componente exterior de protección en material sustancialmente resistente a la

intemperie para contener y proteger un componente interior conformado por un circuito que cumple con tres funciones: 1) conectar el sensor dendrómetro y leer su señal de salida en voltaje, 2) procesar las lecturas de voltaje del sensor para transformarlas a unidades de medida; y 3) almacenar las mediciones en una memoria local para su extracción. Por otra lado, el sensor de medición consiste en una estructura mecánica-electrónica en forma de pinza que comprende una pinza mecánica y un sensor de campo magnético con salida de voltaje sujeto a la pinza mecánica que se expande o contrae de acuerdo con el comportamiento del fruto sujetado a ella, esta variación es percibida por un sistema mecánico de engranajes ubicado en la parte inferior de la estructura de pinza el cual con su movimiento, genera la rotación de un imán y por consiguiente, también la rotación del campo magnético asociado a él. Esto hace que la salida de voltaje del sensor de campo magnético cambie en función de la rotación del campo, donde tal salida es registrada por el lector de datos mencionado anteriormente.

El principio de funcionamiento del dispositivo se basa en la rotación magnética. Este es un método utilizado para medir la posición angular del campo magnético de un imán utilizando un sensor específico. En este método, el sensor detecta los cambios en el campo magnético generado por el imán a medida que se mueve o rota. Estos cambios son convertidos en señales eléctricas que pueden ser procesadas para determinar con precisión la posición angular del imán en relación con el sensor. Este proceso proporciona una forma confiable y precisa de medir la posición angular en una variedad de aplicaciones.

El dendrómetro de la presente invención permite comprender el estado hídrico de la planta, a partir del monitoreo del crecimiento continuo del fruto, analizando la influencia de los factores ambientales en el crecimiento y desarrollo de las plantas. De esta manera es posible determinar el inicio y final del periodo de crecimiento, así como hacer la gestión del riego del cultivo. Por lo tanto, se considera como una

herramienta de agricultura de precisión para el apoyo a productores e investigadores. Las ventajas del dendrómetro de la presente invención frente a los dispositivos disponibles son entre otras:

- Diseño versátil que permite adaptarse muy bien para medir el diámetro de los frutos en cultivos agrícolas, lo que garantiza su precisión y eficacia en esta tarea, a diferencia de otros dispositivos diseñados específicamente para mediciones de tallo o tronco.
- El dispositivo no depende de ninguna estructura de soporte adicional para sujetarse a los frutos durante la medición, como apoyarse o colgarse de tallos, troncos u otros elementos, lo que simplifica su instalación y operación.
- No con el crecimiento natural de los frutos, evitando posibles efectos adversos en su desarrollo.
- El dispositivo puede medir frutos cuya forma es asimétrica, lo que amplía su versatilidad y aplicabilidad en diversos tipos de cultivos.
- El dendrómetro presenta un peso reducido lo cual permite que los frutos mantengan su movimiento natural, lo que evita cualquier interferencia en su desarrollo y crecimiento.
- Permite una medición directa y precisa del diámetro del fruto sin necesidad de realizar cálculos adicionales para convertir magnitudes, tampoco requiere de interpretaciones complejas, lo que facilita su uso por parte del usuario.
- El bajo requerimiento de ensamblaje y la facilidad de uso hacen que el dendrómetro sea una opción sencilla y práctica para cualquier usuario, sin necesidad de herramientas o conocimientos especializados. La instalación se puede realizar por parte de personal no experto y sin la ocupación de herramientas, simplemente se abre manualmente la pinza y se prensa como un gancho al fruto. No depende de armazones mecánicos adicionales, abrazaderas, cuerdas, ni otros soportes.

- Bajo consumo de energía durante su operación, ya que se basa en la medición de una posición mecánica y no depende de magnitudes eléctricas, lo que lo hace eficiente en términos energéticos.
- Cuenta con un amplio rango de medición sin necesidad de cambiar o ajustar su instalación para continuar midiendo, lo cual le permite adaptarse en cultivos de edad temprana desde ciclo de crecimiento inicial, lo que lo hace versátil y adecuado para una gran variedad de cultivos agrícolas.

Para complementar la descripción y con el objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se adjunta a la presente memoria descriptiva una serie de figuras que ayudan a ilustrar mejor la estructura y funcionalidad del dispositivo para la medición del crecimiento de plantas y frutos desarrollado en la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los aspectos relevantes y las ventajas de la presente invención serán mejor entendidos con relación a las siguientes figuras, en las cuales:

FIGURA 1. Vista isométrica de una modalidad del dispositivo tipo dendrómetro, de acuerdo con una modalidad la invención.

FIGURA 2. Estructura de un dispositivo tipo dendrómetro con conexión alámbrica al registrador de datos, de acuerdo con una modalidad de la invención.

FIGURA 3. Estructura del sensor de posición de campo magnético del dispositivo tipo dendrómetro, de acuerdo con una modalidad de la invención.

FIGURA 4. Diagrama de bloques del sistema electrónico del dispositivo desarrollado.

FIGURA 5. Vista isométrica del registrador de datos tipo caja del dispositivo tipo dendrómetro, de acuerdo con una modalidad de la invención.

FIGURA 6. Vista isométrica del dispositivo instalado en campo, dispuesto en sujeción sobre una fruta.

FIGURA 7. Vista isométrica que muestra la operación del dispositivo a una sola mano, gracias al mecanismo desarrollado tipo tijera.

FIGURA 8. Vista isométrica de un dispositivo tipo dendrómetro en forma de pinza de acuerdo con una modalidad de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, haciendo referencia a la Figura 1, a un dispositivo (1) para el monitoreo y registro del tamaño de tallos y frutos, caracterizado porque comprende una estructura mecánica (2) que alberga un sensor de posición angular de campo magnético (3) y un registrador de datos (4).

En una modalidad preferida de la invención, la estructura mecánica (2) tiene un diseño en forma de pinza o alicate. En otra modalidad preferida de la invención, la estructura mecánica (2) tiene forma de pinza invertida con dos o cuatro dedos de agarre opuestos configurados solos o en pares. En una modalidad adicional de la invención, la estructura mecánica (2) tiene forma de mandíbula ajustable. En otra modalidad de la invención, la estructura mecánica (2) tiene forma de cremallera deslizante.

En una modalidad de la invención, el dispositivo dendrómetro tiene 4 dedos de agarre opuestos configurados en pares pretensados por un sistema articulado y dos resortes de torsión que mantiene el dispositivo en posición cerrada con mecanismo de apertura y cierre tipo tijera “con una sola mano”. Para permanecer agarrado al fruto que se desea monitorear, los dedos opuestos están soportados por 4 articulaciones y 4 brazos que utilizando 4 piñones estabilizan y sincronizan el agarre y el movimiento de forma paralela entre cada par de dedos garantizando la misma posición y fuerza aplicada a ambos lados del agarre, uno de los brazos tiene en su extremo articulado una empuñadura unida a un piñón de mayor tamaño que tiene el objetivo de multiplicar el movimiento de apertura de los dedos y transmitirlo al piñón principal que contiene en su interior un imán que rota proporcionalmente con la expansión o retracción de los dedos permitiendo al microchip detectar el cambio de ángulo del campo magnético del imán para posteriormente relacionarlo con el tamaño del fruto en el cálculo que realiza el circuito electrónico de almacenamiento de información

Haciendo referencia a las Figuras 1 y 2, la estructura mecánica (2) del dispositivo de acuerdo con la invención, está conformada por un cuerpo central (10), un mecanismo retráctil conformado por uno o más brazos de enlace (5) y uno o más resortes de torsión (8); y un mecanismo de tijera conformado por uno o más brazos de empuñadura (6), unidos a uno o más brazos de agarre (9). Cada componente comprende uno o más puntos de articulación, funcionales para armar la estructura por medio de articulaciones o pivotes (7) los cuales se pueden seleccionar del grupo conformado por pasadores tornillos, bisagras, broches, pestillos, barras, travesaños, pernos, remaches y demás.

En una modalidad de la invención, los brazos de empuñadura (6) comprenden un pivote central el cual se articula con cuerpo central (10), en uno de los extremos de

los brazos de empuñadura (6) se ubica un engranaje de posición (11), el cual se acopla con el sensor de posición angular de campo magnético (3), mientras que los extremos opuestos de los brazos de empuñadura (6) se acoplan con uno o más brazos de agarre (9). La punta de los brazos de agarre (9) tienen forma de dedos para adaptarse mejor a la forma redonda que presentan los troncos y la mayor parte de frutas.

Los brazos de enlace (5), se acoplan al cuerpo central (10) por medio de una articulación pivotante, la cual adicionalmente comprende uno o más piñones de sincronización (12), en la parte media de los brazos de enlace (5) se ubica una articulación (7) para unir los brazos de enlace (5) con los brazos de agarre (9), sobre esta unión se ubica el cuerpo central de los resortes de torsión (8). Los extremos libres del resorte de torsión (8) se encajan uno en el extremo libre del brazo de enlace (5) y el otro con la articulación que une las empuñaduras (6) con los brazos de agarre (9).

En el dispositivo de acuerdo con la invención, los piñones de sincronización (12) y los engranajes de posición (11) se encargan de la transmisión y amplificación del movimiento, mientras que las articulaciones (7) y los resortes de torsión (8) facilitan el ajuste y la presión necesaria para que los brazos (9) se adhieran correctamente al tallo o fruto a medir. Este mecanismo es esencial para adaptarse a los tallos y frutos de diferentes tamaños, permitiendo una sujeción segura, ajustable, sin riesgo de deslizamiento, al tiempo que garantiza que esta fuerza de sujeción no afecte el crecimiento del fruto ni comprometa otras características deseables del mismo. Adicionalmente permite eliminar el uso de cualquier otro mecanismo de sujeción tal como bandas elásticas, lo cual facilita el proceso de instalación y/o uso del sensor.

Los piñones de sincronización (12) pueden ser de igual o diferente tamaño, dependiendo de las necesidades específicas del diseño y la aplicación. Esta

variación permite una mayor flexibilidad en la relación de transmisión de movimiento dentro de la estructura, lo que puede ser ajustado para optimizar la precisión de la medición en función del tipo de fruto o tallo que se esté monitoreando. El diseño y la forma geométrica de la estructura mecánica (2) puede variar dependiendo del tamaño y de las características del tallo o del fruto que se vaya a medir con el dispositivo.

En el dispositivo de acuerdo con la invención, los engranajes de posición (11) de la estructura mecánica (2), juegan un papel clave en la generación y amplificación del movimiento de rotación del imán (14). Estos engranajes de posición (11) permiten traducir los pequeños movimientos de la estructura mecánica (2) en cambios detectables por el sensor de posición angular de campo magnético (3). La amplificación de este movimiento es esencial para asegurar que los cambios sutiles en el tamaño del tallo o fruto sean registrados con precisión, generando una medición continua y detallada del crecimiento.

Los engranajes de posición (11) en la estructura mecánica (2) pueden ser de igual o diferente tamaño. La variabilidad en el tamaño de los engranajes de posición (11) permite ajustar la relación de transmisión del movimiento, lo que permite aumentar la sensibilidad del sensor y adaptar el dispositivo a diferentes tipos de frutos o tallos, esto es, cambiar o ampliar el rango de medición. La capacidad de modificar el tamaño de los engranajes de posición (11) proporciona al dispositivo de la invención una versatilidad adicional, permitiendo su uso en una amplia gama de aplicaciones agrícolas.

En el desarrollo del mecanismo de tijera se ha adaptado un mecanismo de control de los piñones para mejorar la estabilidad del fruto en el dispositivo tanto en el agarre como en la flexibilidad de la apertura a medida que el fruto crece. Se invirtieron los dos brazos centrales con engranajes pequeños para mejorar la

apertura y cierre de la pinza, lo que permite medir frutos de diámetro inicial menor y diámetro final mayor desde 1mm hasta 300mm preferiblemente desde 10mm hasta 90mm. Adicionalmente, los brazos de agarre (9) incorporan un mecanismo antideslizante (13) ubicado en los dedos, el cual puede ser dientes en forma de sierra o arcos concéntricos dispuestos a cada lado de la pinza de sujeción del fruto. Además, se implementó un sistema de agarre de doble pinza a cada lado para mejor sujeción.

En el dispositivo de la invención, la estructura mecánica (2) se integra de manera eficiente con el sensor de posición angular de campo magnético (3) y con el registrador de datos (4), logrando que se realicen mediciones precisas y continuas del tamaño de los tallos y frutos a lo largo del tiempo. La conexión entre la estructura mecánica (2) y el registrador de datos (4) puede ser mediante conexiones alámbricas o inalámbricas, garantizando así comodidad y flexibilidad en su implementación y uso. En una modalidad de la invención, la conexión entre la estructura mecánica (2) y el registrador de datos (4) es alámbrica. En otra modalidad de la invención, la conexión entre la estructura mecánica (2) y el registrador de datos (4) es inalámbrica.

Haciendo referencia a la Figura 3, el sensor de posición angular de campo magnético (3), del dispositivo de acuerdo con la invención, comprende un imán (14) y un chip (15) unido al engranaje de posición (11). El imán (14) es el componente que genera el campo magnético, mientras que el chip (15) es responsable de detectar y procesar los cambios en la posición angular de este campo magnético a medida que se mueve en sincronía con la estructura mecánica (2).

El imán (14) del sensor de posición angular de campo magnético (3) del dispositivo de la invención, puede ser de cualquier forma y/o de cualquier material que

genere un campo magnético (v.g. magnetita, ferrofelita, neodimio). En una modalidad preferida de la invención, el imán (14) del sensor de posición angular de campo magnético (3) es de magnetita. En otra modalidad preferida de la invención, el imán (14) del sensor de posición angular de campo magnético (3) es de neodimio.

El chip (15) del sensor de posición angular de campo magnético (3) del dispositivo de acuerdo con la invención, es una pequeña pieza de material semiconductor, generalmente de silicio, que se utiliza en un circuito integrado y que contiene transistores. El chip (15) del sensor de posición angular de campo magnético (3) del dispositivo de acuerdo con la invención puede tener cualquier disposición y/o interconexión de sus componentes y estar elaborado en cualquiera de los materiales conocidos en el campo técnico.

El sensor de posición angular de campo magnético (3) del dispositivo de acuerdo con la invención, es fundamental para convertir los cambios físicos de tamaño del tallo o fruto en datos digitales que pueden ser registrados y analizados, proporcionando así una solución tecnológica muy avanzada para el monitoreo agrícola.

El sensor de posición angular de campo magnético (3) del dispositivo de acuerdo con la invención funciona específicamente detectando la posición del campo magnético generado por el imán (14) que se mueve en sincronía con la estructura mecánica (2). Este movimiento sincronizado es lo que permite al sensor de posición angular de campo magnético (3) captar con precisión los cambios en el tamaño del tallo o fruto. Al traducir la posición del campo magnético en datos medibles, el dispositivo de acuerdo con la invención puede registrar y almacenar de manera continua y precisa la variación en el tamaño del elemento monitoreado.

Haciendo referencia a la Figura 4, se puede apreciar el diagrama de bloques del sistema electrónico del dispositivo desarrollado. Este sistema incluye una tarjeta electrónica (16) la cual comprende un procesador central (17) que administra la energía proporcionada por una batería (18), toma lecturas del sensor de posición (3) del ángulo del campo magnético del imán y calcula el diámetro del objeto sujeto por la pinza. Además, se encarga de registrar la fecha, hora y las mediciones en una memoria interna (19) de respaldo, permitiendo luego transmitir esta información de forma inalámbrica por medio de un puerto de comunicación (20) o mantener una copia de seguridad de los datos. Los componentes clave del sistema electrónico incluyen el controlador de carga de la batería (21) y los puertos de conexión (22) para la recarga de la misma desde una fuente de energía (24), así como el puerto de conexión (23) para el sensor (3). Donde la batería (18) puede estar incluida en la tarjeta electrónica (16) o ser externa a esta.

El registrador de datos (4) del dispositivo de acuerdo con la presente invención, no solo almacena toda la información capturada por el sensor de posición angular de campo magnético (3), sino que también la transmite a dispositivos externos para su análisis. La inclusión de un sistema de energía recargable compatible con la energía solar no solo asegura la portabilidad del dispositivo, sino que también permite que pueda operar de manera autónoma en campo abierto.

Haciendo referencia a la Figura 5, el registrador de datos (4) del dispositivo de acuerdo con la invención comprende una carcasa (25), una o más baterías (18) y una tarjeta electrónica (16). La carcasa (25) corresponde a una pieza que recubre y protege el registrador de datos (4), puede tener cualquier forma geométrica y estar elaborada en cualquier material conocido en el campo técnico (v.g. plástico, poliuretano, acrílico) para este tipo de elementos.

En una modalidad preferida del dispositivo de la invención, la carcasa (25) del registrador de datos (4) es de plástico y tiene forma de caja. En otra modalidad preferida del dispositivo de la invención, la carcasa (25) del registrador de datos (4) es de acrílico y tiene forma de caja. En otra modalidad del dispositivo de la invención, la carcasa (25) del registrador de datos (4) es de plástico y tiene forma de cápsula.

La batería (18) corresponde a una pieza que almacena la energía que requiere el registrador de datos (4) del dispositivo de acuerdo con la invención. La batería (18) puede ser de cualquier tipo (v.g. convencional, alcalina, de iones de litio) y puede tener cualquier forma, tamaño y capacidad, siendo lo más importante que logre suplir al registrador de datos (4) la energía necesaria para su adecuado funcionamiento.

En una modalidad preferida del dispositivo de la invención, la batería (18) del registrador de datos (4) es convencional. En otra modalidad preferida del dispositivo de la invención, la batería (18) del registrador de datos (4) es alcalina. En otra modalidad preferida del dispositivo de la invención, la batería (18) del registrador de datos (4) es de iones de litio.

La tarjeta electrónica (16) del registrador de datos (4) está equipada con un módulo de comunicación (v.g. Bluetooth, WiFi, o LoRa), un módulo de almacenamiento de datos (que puede incorporar a su vez una tarjeta de almacenamiento tipo memoria microSD o SD) y un sistema de energía recargable por diversas fuentes como energía solar, energía convencional y otras disponibles. En una modalidad del dispositivo de la invención, la estructura mecánica (2) se conecta al registrador de datos (4) de forma inalámbrica, utilizando protocolos de comunicación tales como LoRa, WiFi o Bluetooth.

La conectividad inalámbrica asegura que los datos recolectados en el dispositivo de la invención pueden transmitirse en tiempo real a otros dispositivos externos, tales como ordenadores o teléfonos inteligentes, facilitando así el monitoreo y análisis remoto. Esta característica de conectividad es fundamental para aplicaciones en campo, donde la movilidad y la eliminación de cables son esenciales para el adecuado funcionamiento y mantenimiento del dispositivo.

La precisión en el ajuste del dispositivo de acuerdo con la invención es crítica para obtener mediciones exactas, ya que garantiza que el sensor de posición angular de campo magnético (3) mantenga una lectura constante y precisa de los cambios en el tamaño del objeto monitoreado.

Haciendo referencia a la Figura 6, se ve como es la sujeción del dispositivo tipo dendrómetro (1) a la fruta que se pretende monitorear, en este caso una fruta tipo aguacate (26). En esta modalidad, la pinza de agarre esta conformada por solo dos dedos de agarre pretensados de manera opuesta por un sistema articulado por medio de resortes de torsión, donde cada dedo comprende un borde tipo sierra, dispuesto para un mejor acople de la pinza con la fruta. En una modalidad preferida, la pinza estará conformada por 4 dedos de agarre opuestos configurados en pares pretensados por un sistema articulado por medio de resortes de torsión. En la Figura también se aprecia como parte el cable de datos (27) desde la parte inferior del dispositivo, por lo que se puede notar la simplicidad en el montaje de este dendrómetro el cual no requiere de ningún otro tipo de soporte o anclaje para su instalación.

Haciendo referencia a la Figura 7, se muestra la forma de operación del mecanismo tipo tijera, que permite la apertura de la pinza a una sola mano. En este caso, se ve como los dedos del usuario (28) se ubican sobre las empuñaduras de los brazos, lo cual permite operar la pinza tal como una tijera. De esta forma, la instalación del

dispositivo sobre la fruta que se pretende monitorear, solo requiere que el operario abra la pinza (puede utilizar una sola mano) y la suelte sobre la fruta, la pinza quedara sujeta a la fruta, gracias al sistema articulado por medio de resortes de torsión, tal como se describió en las modalidades preferidas mencionadas anteriormente.

El dispositivo tipo dendrómetro de acuerdo con la presente invención, desde el punto de vista funcional, permite de forma sencilla, automática, robusta, económica y flexible cumplir con varias funciones importantes, entre ellas:

- Medir el cambio en el tamaño del tallos y frutos de forma continua;
- Almacenar las mediciones de forma extraíble en el registrador de datos (4);
- Transmitir los datos inalámbricamente vía protocolos Bluetooth, lora, xbee y/o WiFi desde el registrador de datos hasta el dispositivo móvil del usuario (ordenador, tablet, teléfono inteligente);
- Recibir los datos usando plataformas o herramientas web;
- Visualizar los datos empleando un lector de archivos de texto u hoja de cálculo, plataformas o herramientas web;
- Generar informes de análisis de dendrometría en tiempo real.

El dispositivo tipo dendrómetro de acuerdo con la presente invención permite realizar monitoreos precisos y análisis de dendrometría cuyos componentes pueden ser adaptados para satisfacer requerimientos y/o futuros cambios que se puedan requerir por parte del usuario, con características ideales como flexibilidad, adaptabilidad, apertura, simplicidad, robustez, tamaño compacto, además de un menor costo y fácil mantenimiento.

Los siguientes Ejemplos ilustran la invención, sin estar el concepto inventivo restringido a los mismos:

EJEMPLO 1. Dispositivo tipo dendrómetro en forma de pinza

Se desarrolló un dispositivo tipo dendrómetro en forma de pinza acuerdo con la invención para la medición de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) y lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka).

Haciendo referencia a la Figura 5, el dispositivo tiene una estructura en forma de pinza, y está conformada por dos piñones de sincronización, un engranaje de posición, articulaciones y brazos.

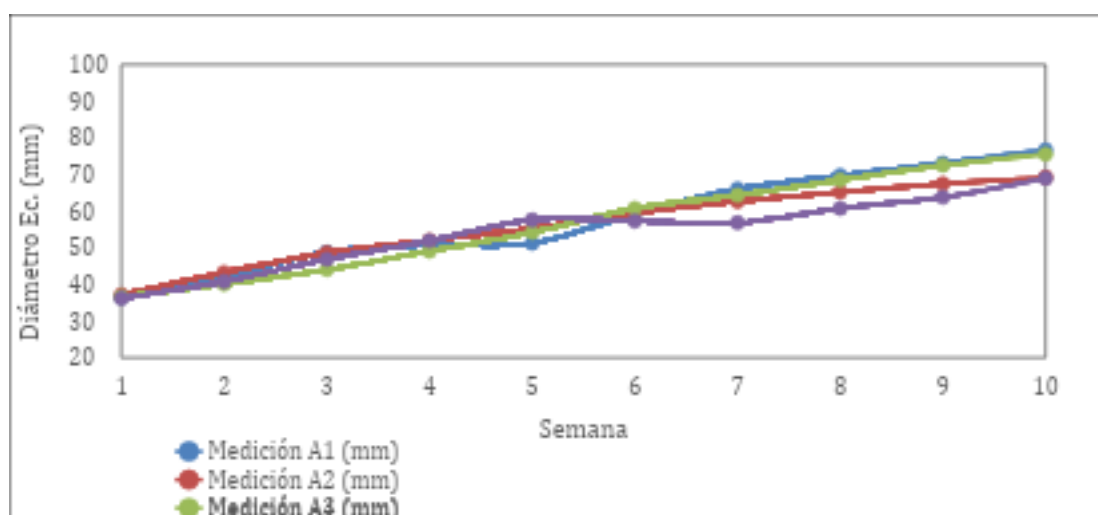
El dispositivo tipo dendrómetro en forma de pinza fue evaluado en un campo experimental de cultivos ubicados en la zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

EJEMPLO 2. Monitorización de Frutos de Aguacate

Con un dispositivo tipo dendrómetro en forma de pinza de acuerdo con la invención, se midió el diámetro (Ec) de cuatro (4) frutos de plantas de Aguacate (A1, A2, A3 y A4), durante un periodo de diez semanas. El dispositivo permitió registrar y almacenar de manera continua, automática y precisa el diámetro de los frutos de aguacate testeados. Los datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Semana	Medición A1 (mm)	Medición A2 (mm)	Medición A3 (mm)	Medición A4 (mm)	Promedio	Desvest
1	36,51	37,16	36,66	36,25	36,65	0,38
2	42,22	43,28	40,11	40,82	41,61	1,42
3	48,81	48,66	44,08	46,87	47,11	2,20
4	50,74	52,02	49,10	51,92	50,95	1,36
5	51,28	55,28	54,24	57,61	54,60	2,62
6	59,32	59,48	60,76	57,32	59,22	1,42
7	66,08	62,66	64,34	56,86	62,48	4,00
8	69,76	65,22	68,50	60,79	66,06	4,00
9	73,11	67,47	72,55	63,81	69,23	4,41
10	76,74	69,28	75,52	68,98	72,63	4,07

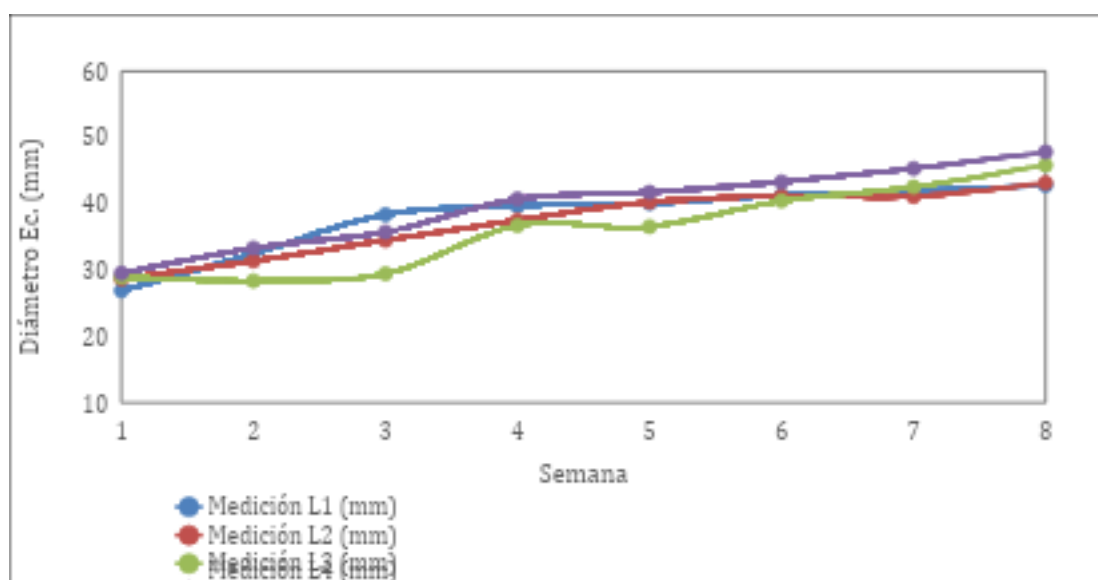


EJEMPLO 3. Monitorización de Frutos de Lima Tahití

Con un dispositivo tipo dendrómetro en forma de pinza invertida de acuerdo con la invención, se midió el diámetro (Ec) de cuatro (4) frutos de plantas de Lima Tahití (L1, L2, L3 y L4), durante un periodo de ocho semanas. El dispositivo permitió registrar y almacenar de manera continua, automática y precisa el diámetro de los frutos de Lima Tahití testeados. Los datos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Semana	Medición L1 (mm)	Medición L2 (mm)	Medición L3 (mm)	Medición L4 (mm)	Promedio	Desvest
1	26,93	28,69	28,94	29,55	28,53	1,13
2	32,49	31,43	28,42	33,35	31,42	2,15
3	38,40	34,50	29,47	35,78	34,54	3,75
4	39,70	37,55	36,74	40,74	38,68	1,86
5	40,10	40,29	36,59	41,75	39,68	2,19
6	41,30	41,19	40,45	43,33	41,57	1,23
7	42,00	41,12	42,55	45,34	42,75	1,82
8	42,80	43,17	45,87	47,84	44,92	2,38



Los resultados de las mediciones realizadas en frutos de Aguacate y Lima Tahití, confirmaron que el dispositivo tipo dendrómetro de acuerdo con la presente invención proporciona mediciones confiables y precisas del crecimiento de los frutos.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo tipo dendrómetro para la medición de tallos y frutos (1), conformado por una estructura mecánica (2), un sensor de posición angular de campo magnético (3) y un registrador de datos (4), dispositivo **CHARACTERIZADO PORQUE** el registrador de datos (4) esta conformado por una batería (18) y una tarjeta electrónica (16) la cual comprende un procesador central (17), el sensor de posición angular (3) comprende un imán (14) y un chip (15) unido a un engranaje de posición (11), y la estructura mecánica (2) está conformada por:
 - un cuerpo central (10) y;
 - un mecanismo retráctil conformado por uno o más brazos de enlace (5) acoplados al cuerpo central (10) y uno o más resortes de torsión (8) y;
 - un mecanismo de tijera conformado por uno o más brazos de empuñadura (6), unidos a uno o más brazos de agarre (9) y;
 - Articulaciones o puntos de pivote (7).

Donde los brazos de empuñadura (6) comprenden un engranaje de posición (11), el cual se acopla con el sensor de posición angular de campo magnético (3), y donde los brazos de enlace (5) comprenden uno o más piñones de sincronización (12).

2. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** en una modalidad de la invención, el dispositivo tipo dendrómetro tiene 4 dedos de agarre opuestos configurados en pares pretensados por un sistema articulado y dos resortes de torsión que mantiene el dispositivo en posición cerrada con mecanismo de apertura y cierre. Donde los dedos opuestos están soportados por 4 articulaciones y 4 brazos que utilizando 4 piñones estabilizan y sincronizan el agarre y el movimiento de forma paralela entre cada par de dedos y uno de los brazos tiene en su extremo articulado una empuñadura unida a un piñón de mayor tamaño para multiplicar el movimiento de apertura de los dedos y transmitirlo al

piñón principal que contiene en su interior un imán que rota proporcionalmente con la expansión o retracción de los dedos.

3. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** el resorte de torsión (8) comprende dos extremos los cuales se encajan uno en el extremo libre del brazo de enlace (5) y el otro con la articulación que une las empuñaduras (6) con los brazos de agarre (9).
4. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** las articulaciones o pivotes (7) se pueden seleccionar del grupo conformado por pasadores tornillos, bisagras, broches, pestillos, barras, travesaños, pernos, remaches y demás.
5. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** los brazos de enlace (5) se configuran a modo de brazos centrales invertidos con engranajes pequeños para ampliar el grado de apertura y cierre de la pinza.
6. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** la punta de los brazos de agarre (9) tiene forma de dedos, e incorporan un mecanismo antideslizante (13) el cual puede ser dientes en forma de sierra o arcos concéntricos dispuestos a cada lado de la pinza de sujeción del fruto.
7. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 6, **CHARACTERIZADO PORQUE** la punta de los brazos de agarre (9) comprende un sistema de agarre de doble pinza configurados en pares opuestos pretensados por un sistema articulado, donde cada par de pinzas comprende su propio mecanismo antideslizante (13).

8. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** registrador de datos (4) comprende una carcasa (25), una batería (18) y una tarjeta electrónica (16), donde la tarjeta electrónica (16) comprende un procesador central (17) el cual se alimenta por medio de una batería (18) y está conectado a una memoria interna (19), a un puerto de comunicación (20), al controlador de carga de la batería (21) y al puerto de conexión (23) para el sensor (3), donde el controlador de carga de la batería (21) se conecta a los puertos de conexión (22) para la recarga de la batería desde una fuente de energía (24),
9. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** la estructura mecánica (2) se conecta con el registrador de datos (4) por medio de conexión inalámbrica.
10. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1, **CHARACTERIZADO PORQUE** los piñones de sincronización (5) y los engranajes de posición (6) de la estructura mecánica (2) tienen igual o diferente tamaño.

RESUMEN

La presente invención contempla un dispositivo tipo dendrómetro que comprende una estructura mecánica, un sensor de posición de campo magnético y un registrador de datos, con características ideales de adaptabilidad, apertura, simplicidad, robustez y tamaño compacto, que permiten realizar y almacenar monitoreos continuos y mediciones muy precisas de tallos y frutos en diferentes cultivos.

FIGURA 1

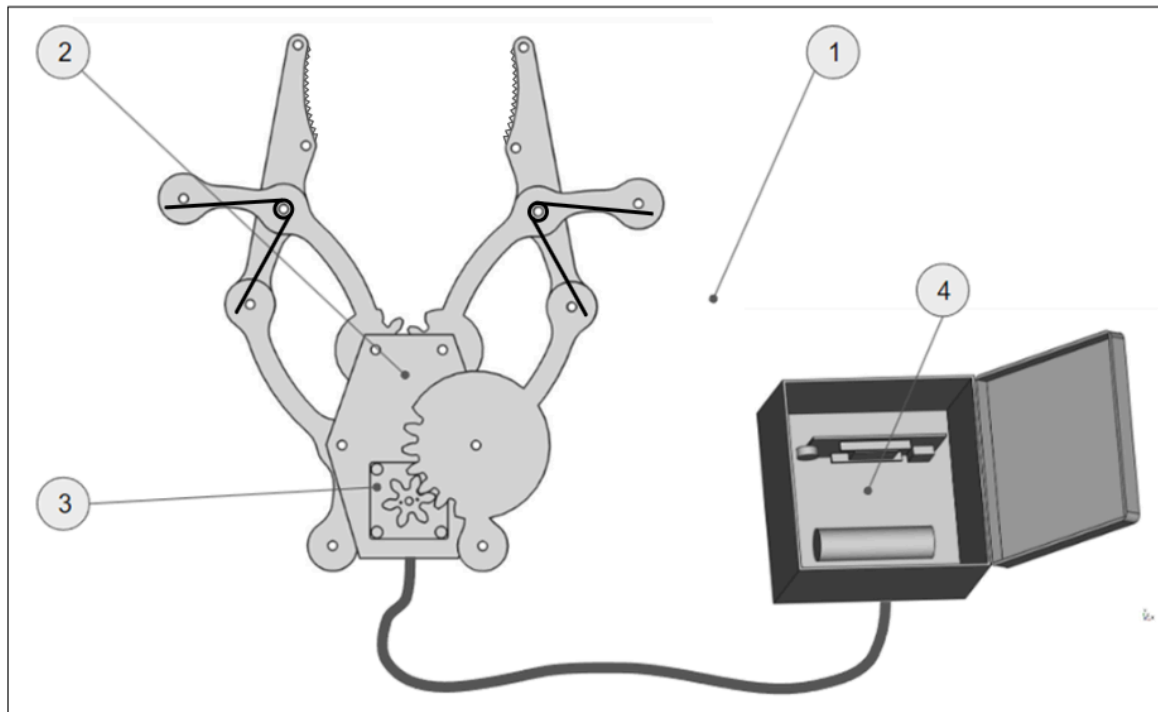


FIGURA 2

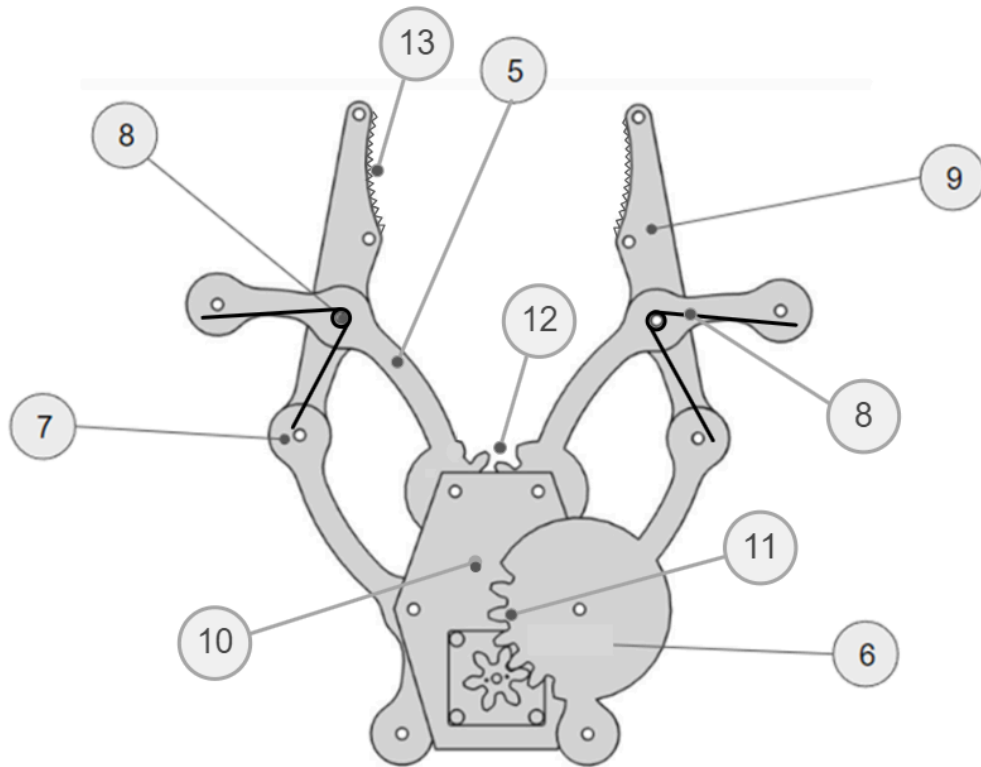


FIGURA 3

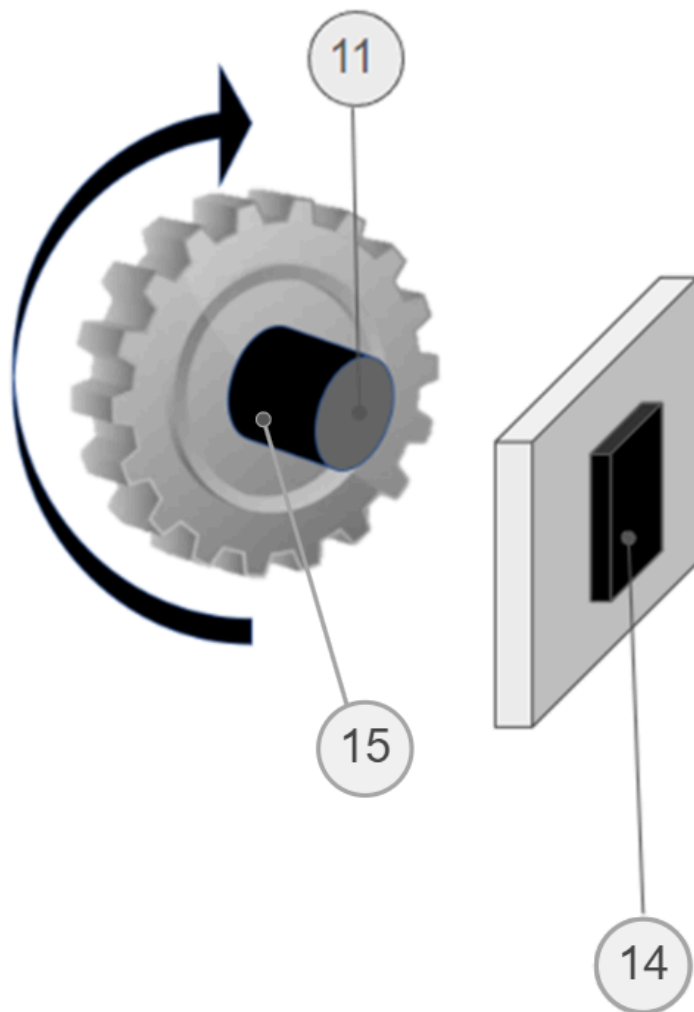


FIGURA 4

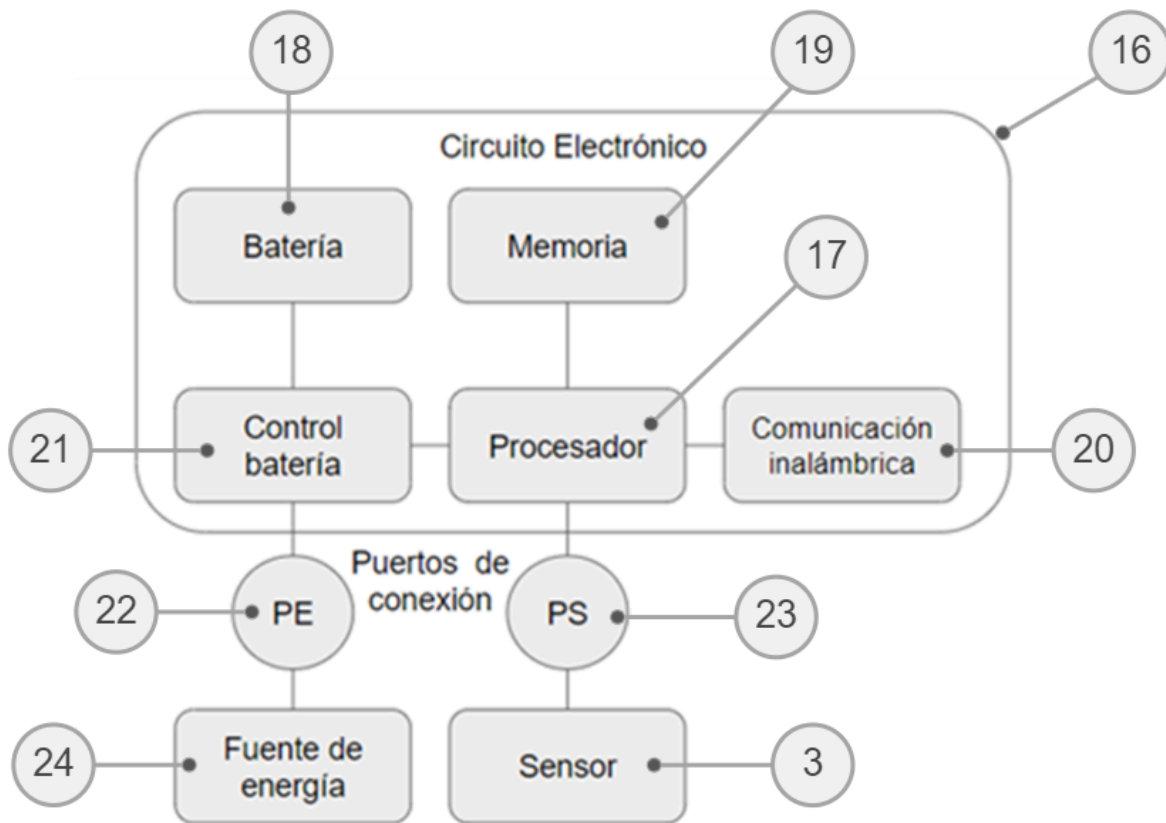


FIGURA 5

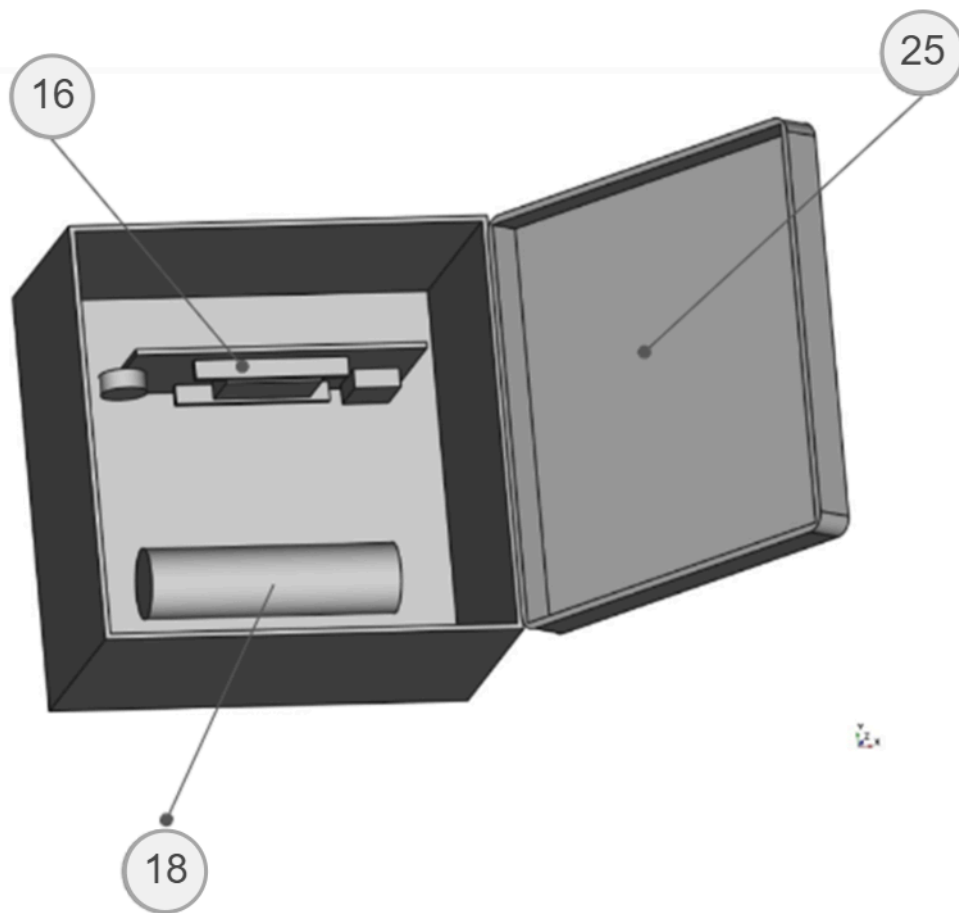


FIGURA 6

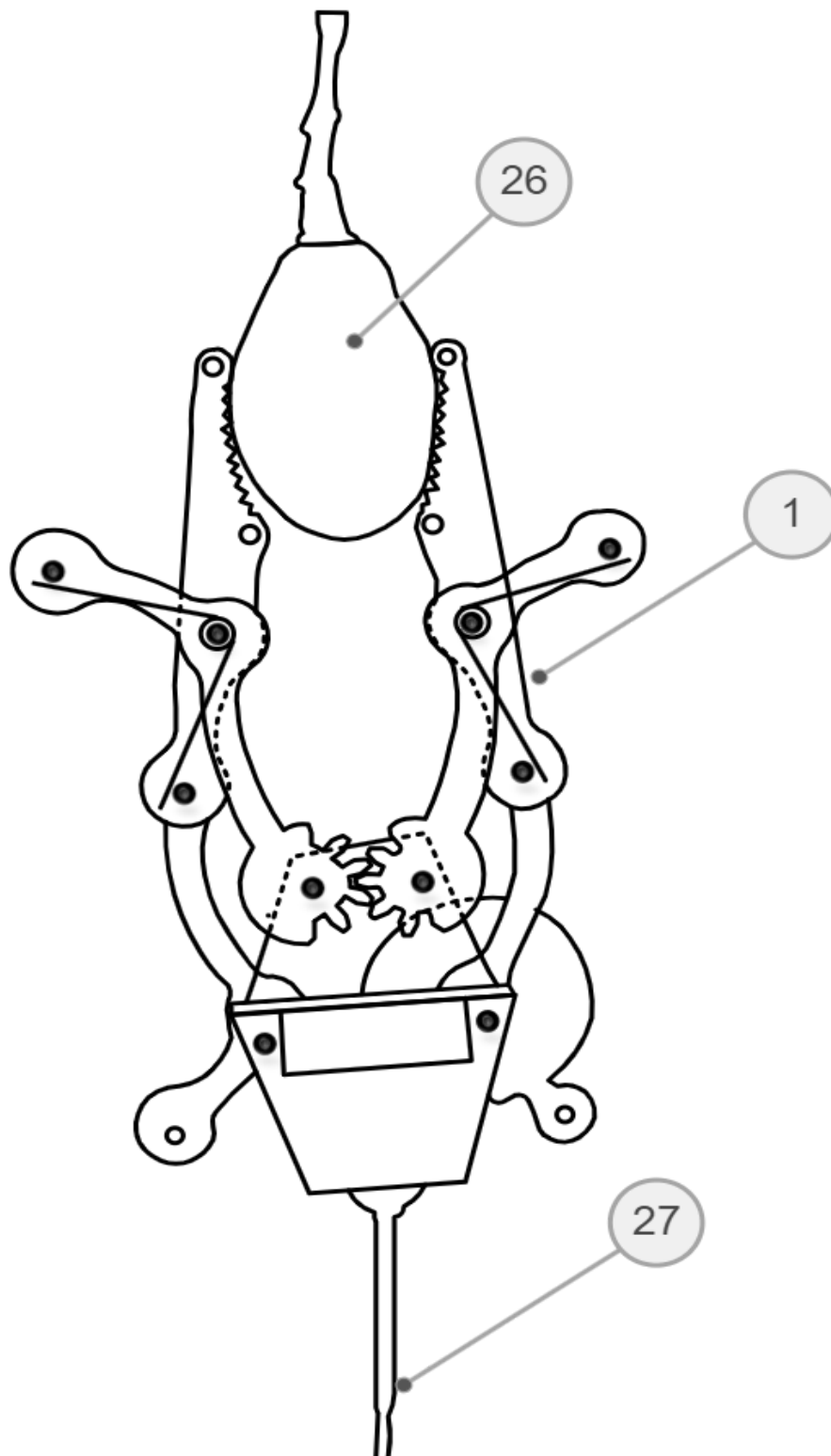


FIGURA 7

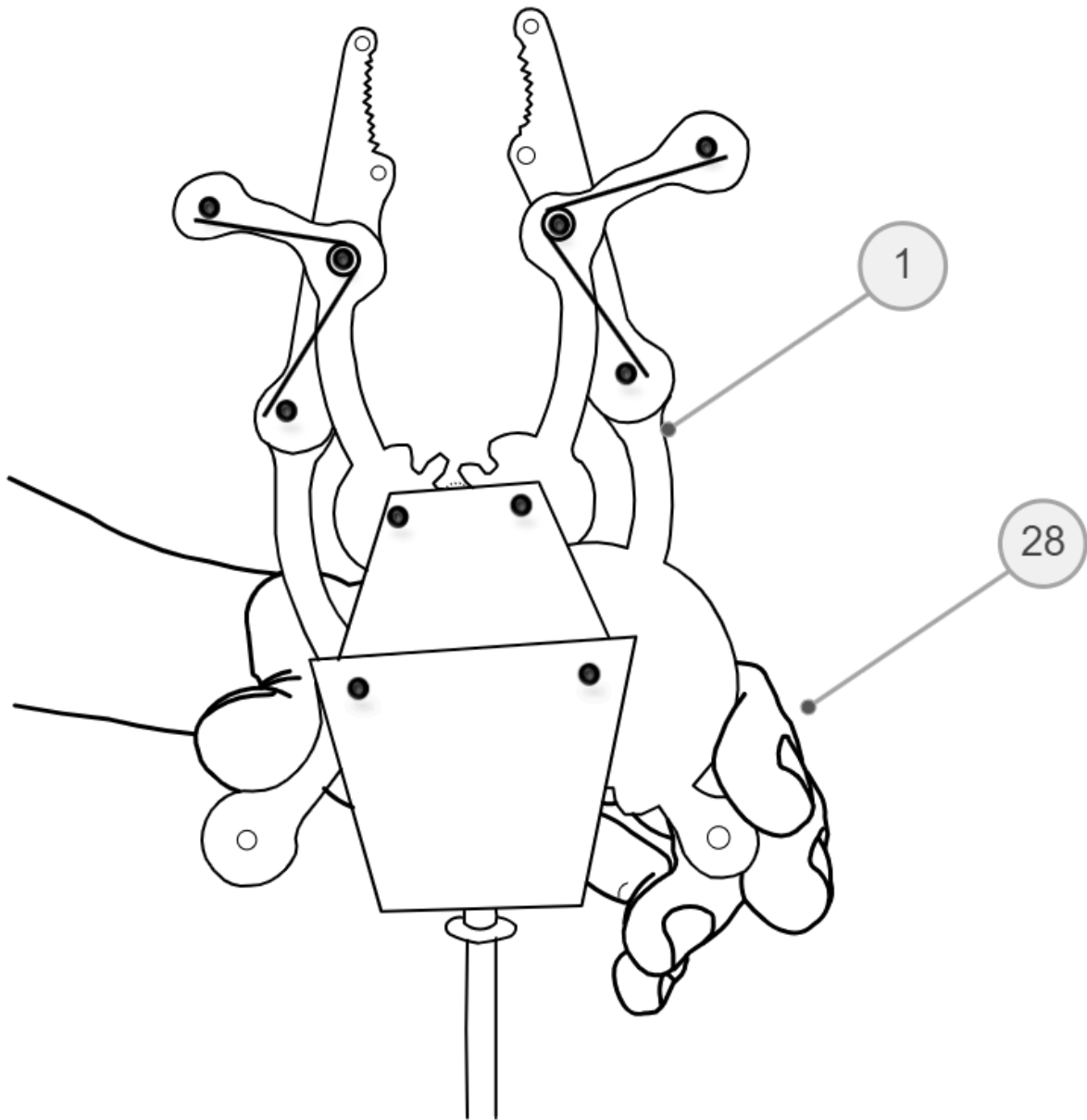


FIGURA 8

