

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 865**

51 Int. Cl.:

A01B 76/00 (2006.01)
A01C 23/00 (2006.01)
A62C 37/08 (2006.01)
B64C 39/02 (2006.01)
B64D 1/02 (2006.01)
B64D 1/16 (2006.01)
B64D 47/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2015** **PCT/AU2015/000746**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2016** **WO16090414**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2015** **E 15866521 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.06.2021** **EP 3229577**

54 Título: **Sistema automático de reconocimiento y dispensación de objetivos**

30 Prioridad:

10.12.2014 AU 2014905005

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

21.12.2021

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY OF SYDNEY (100.0%)
CDIP Research Portfolio, Level 6, Jane Foss
Russell Building, G02 The University of Sydney
NSW 2006, AU**

72 Inventor/es:

**CALLEIJA, MARK y
SUKKARIEH, SALAH**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 886 865 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

Sistema automático de reconocimiento y dispensación de objetivos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere principalmente a un aparato automatizado, procedimiento y sistema para proyectar un chorro de fluido u otro agente de control hacia un objetivo reconocido, para los propósitos de cultivos agrícolas o de gestión de entorno.

10 La invención ha sido desarrollada principalmente para su uso en la aplicación dirigida de líquidos de riego o fertilizantes para cultivos y/o la aplicación dirigida de pesticidas para malezas, insectos u otras plagas. La invención será descrita principalmente en estos contextos. Sin embargo, se debe apreciar, que la invención no se limita a estas aplicaciones particulares, siendo potencialmente también adaptable para la plantación de cultivos, poda, cosecha, escarda y otros propósitos análogos. También se debe apreciar que la presente invención también se puede adaptar para una variedad de aplicaciones distintas a los propósitos agrícolas.

Antecedente de la invención

15 La siguiente discusión sobre la técnica anterior tiene la intención de colocar la invención en un contexto técnico apropiado y permitir que sus ventajas sean más apreciadas. Sin embargo, cualquier referencia a la técnica anterior a lo largo de la presente memoria descriptiva no se debe interpretar como una admisión expresa o implícita de que dicha técnica es ampliamente conocida o de conocimiento general común en el campo pertinente.

20 Varias técnicas son conocidas para el riego de cultivos agrícolas. Una forma común supone el uso de aspersores lineales o rotativos o pulverizadores. Estos sistemas están diseñados para pulverizar agua a partir de un suministro presurizado a través de cabezales de pulverización de varios tipos en el aire en forma de gotitas. Luego las gotitas caen al suelo de manera uniforme, relativamente, para regar los cultivos. Estos sistemas de pulverización de manta pueden distribuir el agua de riego en grandes áreas. Sin embargo, la distribución no está dirigida sustancialmente y, como resultado, el procedimiento es relativamente ineficiente y el consumo de agua resultante es relativamente alto.

25 Los sistemas de riego por goteo también son conocidos, por lo que se permite que el agua de riego gotee en el suelo a través de redes fijas de tuberías, válvulas, tubos y emisores ubicados en la vecindad general de los cultivos. Estos sistemas pueden estar más dirigidos a la aplicación de líquidos de riego y fertilizantes y pueden reducir en cierta medida el consumo de agua. Sin embargo, la infraestructura es costosa de instalar y mantener, y el consumo de agua en la agricultura a escala comercial sigue siendo relativamente alto.

30 Tanto los sistemas de riego por aspersión como por goteo se utilizan a veces para desplegar fertilizantes, pesticidas y productos químicos similares destinados a promover el crecimiento de los cultivos objetivo o impedir el crecimiento de malezas, plagas o enfermedades. Una vez más, sin embargo, debido a que estos sistemas de aplicación no están relativamente dirigidos, se requieren grandes cantidades de fertilizantes o pesticidas, e inevitablemente se desperdicia una proporción significativa.

35 En un intento por mejorar estos problemas, se han utilizado otras técnicas tales como pulverizadores arrastrados por tractores, pulverización de aplicación aérea ("pulverización de cultivos"), e incluso técnicas semiautomáticas que utilizan vehículos aéreos no tripulados (UAVs). Sin embargo, en todos estos casos, la determinación de un objetivo es en el mejor de los casos aproximada, con cantidades significativas de exceso de pulverización de productos químicos agrícolas costosos que se dispersan inevitablemente como gotitas transportadas por aire o una escorrentía de líquido, con un impacto mínimo.

40 En muchas circunstancias, utilizando cualquiera de estos mecanismos conocidos de entrega, sólo una proporción del agua de riego, o fertilizante químico o pesticida, se entrega precisamente donde sea necesario. Aparte del importante coste resultante a partir de este desperdicio, los efectos ambientales pueden ser negativos, por ejemplo, si los pesticidas potencialmente tóxicos transportados por el aire son accidentalmente arrojados a áreas pobladas bajo condiciones adversas del viento, o si la escorrentía de producto químico se abre camino hacia los sistemas fluviales o suministros de agua. Estas consideraciones, a su vez, imponen limitaciones a los tipos y cantidades de productos químicos agrícolas que se pueden utilizar.

50 En un intento de mejorar algunos de estos problemas, se han propuesto técnicas por las que un chorro de agua u otro líquido más concentrado se dispara más directamente a las plantas objetivo. Sin embargo, las boquillas de dichos sistemas suelen fijarse en su posición, como consecuencia de lo cual el agua u otro líquido sólo se puede dispensar en un momento en el que la boquilla está orientada correctamente hacia el objetivo. En otras palabras, sólo existe una solución única al problema de la determinación de un objetivo. En un intento por superar esta limitación y aumentar la resolución de tales sistemas, también se ha sabido que incluye una serie de boquillas de salida operables de manera

independiente a lo largo de la longitud de una pluma extendida o una barra de pulverización. Sin embargo, esto aumenta significativamente el coste, tamaño, peso y complejidad del aparato. Estos factores también hacen que el sistema sea poco práctico en muchas aplicaciones móviles, particularmente en aplicaciones de vehículos aéreos.

5 Es un objeto de la invención presente para superar o mejorar una o más desventajas de la técnica anterior, o al menos para proporcionar una alternativa útil.

10 El documento US 20030187560 A1 divulga una tecnología de sistema de posicionamiento global (GPS) cinemático en tiempo real (RTK) que está integrada con metodologías de agricultura de precisión para proporcionar operaciones de siembra, cultivo, plantación y/o cosechas muy precisas. Los sistemas RTK GPS se usan para controlar vehículos totalmente o semiautónomos en estas operaciones y pueden permitir la siembra precisa de semillas (por ejemplo, a partir de una sembradora equipada con un receptor RTK GPS y equipo relacionado) y/o la remoción de malezas de precisión (por ejemplo, utilizando un vehículo equipado con mecanismos de erradicación de malezas tales como sinfines y/o pulverizadores de herbicidas). La aplicación de fertilizantes/pesticidas específicos para cultivos también se habilita a través del uso de técnicas de posicionamiento preciso a nivel de centímetros.

15 El documento WO 2014052536 A1 divulga que una boquilla de aplicación de gotas controlada (CDA) tiene un cono de boquilla CDA que tiene un primer eje de rotación en una primera posición y, después del ajuste, un segundo eje de rotación en una segunda posición ortogonal a la primera. Una cubierta direccional ajustable rotacionalmente rodea al menos una porción del cono, la cubierta direccional bloquea al menos una porción de un labio del cono independientemente de si el cono está posicionado en el primer o segundo eje de rotación.

20 El documento AU 2009202785 B2 divulga un aparato para tratar la vegetación objetivo con herbicida, dicho aparato está adaptado para ser montado en un vehículo y comprende medios de detección vehicular para detectar la velocidad de avance y dirección del vehículo, medios para reconocer la vegetación a tratar, medios de aplicación de herbicida para aplicar herbicida a dicha vegetación y medios de control diseñados y programados para causar dichos medios de aplicación de herbicida para aplicar herbicida a dicha vegetación cuando es detectada por dicha vegetación reconociendo medios y variando el momento de aplicación del herbicida y también la presión y/o cantidad de herbicida aplicado sobre una base infinitamente variable de acuerdo con la medición de la velocidad de avance y la dirección del vehículo en el que dicha velocidad también se mide sobre una base infinitamente variable.

30 El documento US 20060265106 A1 divulga un sistema de entrega en red y un procedimiento para controlar el funcionamiento de un sistema de pulverización que incluye boquillas para emitir un agroquímico de acuerdo con un patrón de pulverización predeterminado y un caudal; sensores de vibración ubicados adyacente a un componente del sistema de pulverización agrícola para detectar vibraciones del componente del sistema de pulverización agrícola, tal como las boquillas de pulverización. El sistema de entrega en red también incluye una red de área de control con un procesador informático en comunicación con los sensores de vibración. El procesador transmite información al operador sobre el componente del sistema de pulverización agrícola en base a las vibraciones detectadas. El procesador también acciona cada uno de los componentes del sistema de pulverización agrícola, tales como las boquillas de pulverización, para controlar selectivamente cada una de las boquillas o un grupo designado de las boquillas.

Sumario de la invención

En consecuencia, en un primer aspecto, la invención proporciona un aparato para proyectar un fluido hacia un objetivo, incluyendo el aparato:

40 una entrada de fluido para la conexión a una fuente de fluido de control presurizado adaptada para su uso en conexión con una función de control de entorno;

una salida de fluido que incorpore al menos un orificio de salida adaptado para dirigir el fluido de control presurizado que emana del orificio de salida hacia un objetivo como un chorro;

45 la activación significa que se puede mover de forma selectiva entre un modo operativo en el cual la salida de fluido está efectivamente abierta y un modo inoperativo en el que la salida de fluido está efectivamente cerrada;

un mecanismo de orientación que incluya un conjunto de soporte de salida móvil en al menos un eje de control independiente para orientar selectivamente el orificio de salida y orientar así el chorro de fluido de control en el modo operativo, el mecanismo de determinación de un objetivo, que incluye además uno o más actuadores para efectuar el movimiento del conjunto de soporte de salida alrededor del eje de control;

50 un primer sistema de detección para detectar aspectos de un entorno y generar datos indicativos de los mismos;

un sistema de clasificación para identificar objetivos en el entorno sobre la base de los datos del sistema de detección; y.

5 un sistema de control adaptado para orientar el orificio de salida hacia los objetivos mediante el mecanismo de determinación de un objetivo y para activar el chorro de fluido de control mediante los medios de activación de acuerdo con una lógica de control predeterminada;

de este modo, para proyectar chorros del fluido de control hacia los objetivos identificados para los

propósitos de la función de control de entorno

en el que un sensor del primer sistema de detección está sustancialmente ubicado en el mismo lugar con la salida de tal manera que un rayo proyectado desde el sensor es sustancialmente colineal con el trayecto del chorro.

10 Preferentemente, el conjunto de soporte de salida se puede mover en al menos dos ejes de control independientes, por lo que los actuadores afectan al movimiento del conjunto de soporte de salida alrededor de los ejes de control respectivos.

Preferentemente, los medios de activación incluyen una válvula de control. El aparato incluye además un depósito de almacenamiento de fluido conectado a la salida de fluido y un sistema de presurización de fluido asociado.

15 En una realización, el sistema de presurización de fluidos incluye una bomba, de manera opcional contenida dentro del depósito de almacenamiento de fluidos. En otra realización, el sistema de presurización de fluidos incluye una fuente de gas comprimido conectada al depósito de almacenamiento de fluidos, para así impulsar el fluido de control desde el depósito hasta la salida de fluidos, en respuesta a los medios de activación. En algunas realizaciones, la fuente de gas comprimido es un recipiente a presión, de manera opcional asociado con un compresor. En algunas
20 realizaciones, el depósito de almacenamiento de fluido y el recipiente a presión pueden integrarse efectivamente en el mismo recipiente de contención. En una de estas realizaciones, el depósito de almacenamiento de fluidos integrado y el sistema de presurización toman la forma de una vejiga expansible, de manera opcional dentro de un recipiente de contención circundante.

25 En algunas realizaciones de la invención, el fluido es un líquido. En el contexto de la presente invención, el fluido de control no se pretende para ser limitado a un líquido o a un gas, pero en otras formas puede ser cualquier sustancia fluida adecuada tal como partículas o materia granular, incluyendo, por ejemplo, en polvo, semilla, gránulos o material de polinizadores, adaptado para ser impulsado en una corriente de chorro mediante el mecanismo de activación (por ejemplo, mediante un efecto Venturi o disparos de aire comprimido/forzado). En una realización preferente, la función de control de entorno es el crecimiento de una planta o cultivo agrícola seleccionado. En una forma de esta realización,
30 el fluido de control es agua para riego o un fertilizante líquido para mejorar el crecimiento, y los objetivos son las plantas mismas, o el suelo inmediatamente debajo o alrededor de las plantas. Para aplicaciones particulares, los objetivos pueden ser más específicamente el follaje, la base del sistema radicular, el tallo, las flores, los frutos o las vides de la planta.

35 En determinadas realizaciones, el fluido de control incluye un sistema orgánico con materia orgánica o formas de vida tal como, por ejemplo, insectos. En otras realizaciones, el fluido de control incluye sistemas no orgánicos tales como, por ejemplo, nanorobots. En tales realizaciones, los sistemas orgánicos y no orgánicos están destinados a interactuar con el objetivo para los propósitos de la función de control de entorno.

40 En otra forma de la presente realización, el fluido de control es un pesticida para matar malezas que de otra manera impediría el crecimiento de plantas, y en ese caso los objetivos son las malezas. En otra variación, la plaga puede tomar la forma de una infección fúngica u otra enfermedad de planta, y el fluido de control puede tomar la forma de un fungicida u otro pesticida o tratamiento adecuado en forma líquida, determinando un objetivo a indicaciones visuales u otras indicaciones de infección de planta.

45 En otra variación, las plagas agrícolas a las que se dirige pueden ser insectos u otros animales ectoparásitarios o endoparásitarios tales como langostas, nematodos, polillas, moluscos, ácaros, hormigas, escarabajos, centípedos, milpiés o similares y de nuevo, el fluido de control puede incluir un pesticida líquido adaptado para erradicar selectivamente, o al menos controlar la población de, tales plagas cuando son objetivo. En una aplicación de la invención, la plaga dirigida es un fitoparásito nematodo, y el líquido de control incluye un nematodicida.

50 En otra variación, el líquido de control es una emulsión o suspensión. Por ejemplo, en una forma se utiliza una emulsión a base de aceite distinta de un herbicida o un pesticida, mediante la cual las plagas tales como los ácaros o los insectos se extinguen efectivamente en aceite una vez que el líquido portador en la emulsión, tal como el agua, se evapora. En tales realizaciones, la emulsión puede ser premezclada, en cuyo caso el depósito de almacenamiento de líquido puede, de manera opcional, incluir un mecanismo de agitación para mantener una distribución relativamente uniforme

de los componentes constituyentes en la emulsión. Alternativamente, se pueden proporcionar dos o más depósitos separados para su funcionamiento junto con una cámara de mezcla dinámica en línea o un mecanismo de emulsificación. En una forma, la cámara de mezcla en línea para la emulsión puede estar integrada efectivamente con la válvula dispensadora o la boquilla de salida. En una aplicación de la presente realización, el líquido de control es una mezcla, emulsión o suspensión de un líquido portador y un polen o agente polinizador, por lo que los objetivos son plantas de especies particulares que se polinizan y el aparato se adapta para su uso como mecanismo automatizado de polinización robótica.

En una variación adicional, las plagas, ya sean plantas o animales en forma, pueden ser efectivamente erradicadas o desplazadas por la energía del líquido de control, a diferencia de su composición química. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la energía del chorro de agua dirigido se utiliza para erradicar las malezas o las plagas animales. En una variación, el chorro de agua se utiliza para cortar los tallos de las malezas objetivo, y así eliminar eficazmente las malezas por una forma de corte del chorro de agua.

En una variación adicional de esta forma de la invención, la energía cinética del chorro del líquido de control, típicamente agua, puede usarse para separar físicamente los tallos de las plantas objetivo, como un medio de podar sistemáticamente, de recortar, de adelgazamiento, cortar bordes o de cosechar las plantas o cultivos objetivo. En algunas realizaciones, la energía cinética del fluido puede ser utilizada para volar el objetivo. En estas realizaciones, un medio abrasivo (por ejemplo, granate) puede ser alimentado en el fluido de control para ayudar a separar o cortar el objetivo. En otras realizaciones, la energía térmica del fluido puede ser utilizada para erradicar los objetivos (por ejemplo, usando agua en ebullición o vapor para borrar malezas o plagas). En algunas realizaciones, el fluido puede ser un aceite tal como, por ejemplo, vegetal, oliva, canola, y coco. Preferentemente, el aceite es orgánico. En determinadas aplicaciones, el aceite con un punto de ebullición sustancialmente alto comparado con el agua puede ser más eficaz en la erradicación de los objetivos (por ejemplo, las malezas). En aún más realizaciones, sales y/o ácidos orgánicos tales como vinagre pueden ser usados como, o dentro, del fluido de control cuando determina un objetivo de malezas.

En algunos procedimientos de funcionamiento preferentes, durante cada secuencia de disparo, el modo de funcionamiento del mecanismo de activación es relativamente corto en duración, de tal manera que el chorro toma la forma de una bala o "proyectil" en el aire del líquido de control. En una variación, varios proyectiles líquidos pueden ser liberados en rápida sucesión. En otros modos de funcionamiento, cada secuencia de disparo tiene una duración sustancialmente mayor, de tal forma que el chorro de cada secuencia de disparo adopta la forma de una corriente semicontinua de líquido de control, la cual continúa fluyendo hasta que la válvula de control del medio de activación se cierra al finalizar esa secuencia.

Preferentemente, el aparato incluye un segundo sistema de detección para detectar en tiempo real la posición y orientación del orificio de salida del fluido, como parte de un bucle de control de retroalimentación. En otras realizaciones, sin embargo, se apreciará que estos parámetros pueden determinarse o calcularse alternativamente por medio de una estrategia de control de bucle abierto, utilizando de manera opcional una referencia intermedia predefinida o puntos de referencia para los actuadores que regulan la posición del conjunto de soporte de salida.

En una realización, el orificio de salida de fluido es en general circular en perfil de sección transversal. En otras realizaciones, sin embargo, una variedad de formas y configuraciones alternativas pueden ser utilizadas. Por ejemplo, en una realización, el orificio es rectangular en perfil de sección transversal, tal que el chorro resultante del líquido de control adopta un perfil alargado correspondiente, en la forma de una hoja líquida. Esta configuración puede ser ventajosa, por ejemplo, en la determinación de un objetivo y separación de los tallos de las plantas, ya sea para la eliminación de malezas o la cosecha de plantas o cultivos.

En aún otra variación, la energía del chorro de líquido de control puede ser usada para desplazar el suelo y así formar un agujero de siembra en un lecho de suelo, y el mismo chorro de líquido o un chorro de fluido diferente utilizado de manera simultánea o posteriormente para entregar una o más semillas en el agujero, a través del mismo o de un orificio de salida diferente, para facilitar la siembra automatizada de cultivos. De manera similar, la energía del chorro líquido puede usarse en algunas realizaciones para formar surcos continuos en los lechos de suelo para facilitar la posterior siembra manual o automatizada de semillas.

En algunas realizaciones preferentes, el aparato incluye un mecanismo de alimentación de semillas. En una forma, el mecanismo de alimentación de semillas se adapta para introducir semillas en el chorro de fluido, por lo que se utiliza el chorro líquido o proyectil como mecanismo de entrega y, de manera opcional, también el mecanismo de siembra. En algunas realizaciones, las semillas pueden ser mezcladas con el líquido de control dentro del depósito, o almacenadas en un contenedor separado, compartimiento o depósito y combinadas con el líquido de control como un líquido portador antes de la entrega. En otra forma, el mecanismo de alimentación de semillas se adapta para introducir semillas en el lecho del suelo, de manera independiente del mecanismo de entrega del líquido de control. De forma similar, el líquido de control puede utilizarse como portador para la entrega dirigida de componentes activos en forma

sólida o semisólida, tales como los gránulos de fertilizante dimensionados para pasar fácilmente a través del orificio de salida y adaptados para la liberación sostenida de elementos constitutivos activos después de la entrega. En algunas realizaciones, el fluido de control en la forma de un líquido o gas puede ser utilizado para disparar gránulos sólidos, granulados, partículas o semillas hacia el objetivo, sin que el fluido de control mismo necesite alcanzar el objetivo.

En una realización, una pluralidad de orificios se incorpora en la salida de fluido. Estos orificios se pueden disponer colectivamente para formar una hoja o pared combinada de líquido de control para propósitos similares a los descritos anteriormente, en situaciones en las que es más eficiente o eficaz proyectar un chorro de composite con un perfil de sección transversal más amplio y efectivo. En variaciones de esta realización, diferentes orificios pueden ser adaptados para entregar diferentes líquidos de control. Por ejemplo, un orificio puede ser adaptado para entregar un primer líquido tal como agua para riego, a la vez que un segundo orificio puede ser adaptado simultáneamente o de manera secuencial para entregar un segundo líquido tal como fertilizante o pesticida.

En tales realizaciones, los objetivos para los respectivos orificios también pueden ser diferentes. Por ejemplo, en una forma, el primer orificio se usa para dirigirse a plantas con líquido de riego o fertilizante para así mejorar el crecimiento, a la vez que el segundo orificio se usa para dirigirse a malezas u otras plagas con herbicidas, pesticidas y/o corrientes de chorro de alta energía con el propósito de la erradicación. En otra variación, los múltiples orificios pueden ser dirigidos y activados simultáneamente, por lo tanto, para entregar niveles de dosificación incrementados del mismo líquido de control, o dosis simultáneas de líquidos complementarios, a la misma ubicación, como y cuando sea necesario. En otra variación, los múltiples orificios pueden adaptarse para ser dirigidos, orientados y activados de manera independiente unos de otros, utilizando mecanismos de determinación de objetivos independientes. Por ejemplo, el aparato puede ser configurado como un sistema multicabeza con una pluralidad de orificios de salida independientes adaptados para entregar el mismo o diferentes fluidos de control dedicados para el mismo o diferentes objetivos especificados. En algunas formas, el sistema de clasificación puede adaptarse para proporcionar una funcionalidad de discriminación o capacidad de toma de decisiones para determinar y distinguir una especie objetivo de otra, y, por lo tanto, permitir posteriormente, la determinación y selección del orificio de salida deseado (por ejemplo, en base a la posición) y/o el fluido de control deseado que se disparará al objetivo identificado (por ejemplo, agua o pesticida) y/o la cantidad requerida de fluido de control.

En algunas realizaciones, una o más características del chorro son selectivamente variables incluyendo, pero no limitado a, la cantidad, el volumen, la temperatura, y la presión, variando así selectivamente la dosificación para un objetivo particular y/o en base a datos del sistema de detección. De esta forma, el aparato es capaz de variar automática o manualmente la cantidad de fluido dispensado de manera controlada y dirigida. Por ejemplo, si al sistema se le asigna una tarea de escardar, el sistema de control puede adaptarse para determinar la cantidad de herbicida para dispensar en cada objetivo, siendo la cantidad estimada preferentemente en base a la información identificada de ese objetivo (por ejemplo, identificados y clasificados por el primer sistema de detección y el sistema de clasificación, respectivamente). En determinadas realizaciones, la cantidad dispensada de herbicida puede ser proporcional al volumen o área identificada del objetivo. Alternativamente, la cantidad variable de la dosis de fluido puede ser en base a características predeterminadas del objetivo, tal como, por ejemplo, un tipo particular de maleza puede requerir en general una dosis mayor que otro tipo de maleza, y el sistema se puede configurar para variar automáticamente la dosis en base a la identificación y clasificación del objetivo. Del mismo modo, en otras formas, el aparato puede ser adaptado para controlar la temperatura del fluido para el control térmico de malezas, o la velocidad y presión del fluido para el control de energía cinética.

En una realización, el aparato está fijado a o integrado con un vehículo aéreo no tripulado (UAV), cuyo control puede ser parcial o totalmente automatizado, como parte de una planificación general de rutas, exploración de entorno y metodología de control de determinación de un objetivo, de manera opcional operar sistemáticamente en conjunción con una pluralidad de vehículos autónomos similares o complementarios.

En otra realización, el aparato está fijado a o integrado con un vehículo móvil terrestre, por ejemplo, del tipo adaptado para atravesar filas sucesivas de cultivos. Del mismo modo, el control de este vehículo puede ser parcial o totalmente automatizado, como parte de una planificación general de rutas, exploración de entorno y metodología de control de determinación de un objetivo, y de nuevo de manera opcional operar sistemáticamente en conjunción con una pluralidad de vehículos autónomos similares o complementarios.

En otras realizaciones, el aparato está fijado a o integrado con un vehículo aéreo o terrestre atado. Una vez más, el control del vehículo atado puede ser parcial o totalmente automatizado, como parte de una planificación general de rutas, la exploración de entorno y la metodología de control de determinación de objetivos, y de nuevo de manera opcional operar sistemáticamente en conjunción con una pluralidad de vehículos similares o complementarios. En algunas realizaciones, la atadura puede ser usada para los propósitos de limitar espacialmente un UAV y/o para la entrega de energía, comunicaciones y entrega de los fluidos u otras partículas para ser usadas para las aplicaciones

- del fluido de control. En varias realizaciones, la atadura tiene una base la cual puede ser directa o indirectamente integrada con la infraestructura fija, por ejemplo, un edificio, poste o torre) o con un vehículo móvil (por ejemplo, un vehículo terrestre). Preferentemente, la atadura incluye un medio de control de atadura para gestionar o controlar el funcionamiento de la atadura, tal como, pero no limitado a, un carrito motorizado y hardware de soporte que incluye codificadores, anillos colectores, etc.
- En una realización adicional, el aparato puede ser fijado a una estación base fija, de manera opcional en conjunción con una pluralidad de estaciones base similares dispuestas en la relación separada espaciada predeterminada con áreas de objetivo adyacentes o superpuestas y operando en concierto para proporcionar la cobertura eficaz de un área definida.
- En algunas realizaciones, el mecanismo de determinación de un objetivo incluye grados adicionales de libertad, para proporcionar más flexibilidad para posicionar y orientar la salida de fluido. Por ejemplo, en una realización el conjunto de soporte de salida del mecanismo de determinación de un objetivo puede ser adaptado para el movimiento alrededor de ejes de control rotacional adicionales, y/o a lo largo de ejes de control traslacional.
- En tal realización, el conjunto de soporte de salida es el efector final de un brazo robótico multi-DOF (múltiples grados de libertad), con el brazo robótico proporcionando al menos un grado cinemático de libertad en cada una de una pluralidad de uniones de revolución, conectado por vínculos intermedios. En algunas realizaciones, el propio brazo robótico puede comprender el conjunto de soporte de salida y el mecanismo de determinación de un objetivo asociado. Los grados adicionales de libertad son particularmente ventajosos en las realizaciones adaptadas para la cosecha de plantas, por ejemplo, permitiendo que los tallos sean cortados por el mecanismo de chorro de agua desde debajo del follaje de la planta, evitando así daños involuntarios al follaje. Tales realizaciones también pueden ser adaptadas para la cosecha de plantas, tales como espárragos, que necesitan ser cortadas cerca del suelo.
- En una realización, un sensor del primer sistema de detección está sustancialmente en un mismo lugar con la salida de fluido de tal manera que un rayo proyectado desde el sensor sea sustancialmente colineal con el trayecto del proyectil líquido. En determinadas realizaciones, el sensor o los sensores pueden ser fijados en relación con un eje de uno o más de los actuadores, o en una referencia predeterminada o punto base en o con relación al aparato. En varias realizaciones, los sensores pueden ser pasivos o activos.
- En algunas realizaciones, el sensor comprende una cámara adaptada para generar una imagen en 2-D del entorno, y el sistema de control incluye un algoritmo de transformación matemática para correlacionar el espacio de píxeles de la imagen a partir de la cámara a las posiciones de los actuadores en el mecanismo de determinación de un objetivo y/o brazo robótico. Las realizaciones más sofisticadas utilizan imágenes en 3-D y la detección multimodal para el mapeo y la localización. Algunos ejemplos de sensores que se pueden utilizar para el mapeo y localización incluyen los sistemas de detección de infrarrojos, ultravioleta, visual, rango láser o Lidar, hiperespectral, inercial, acústica y en base al radar.
- En algunas realizaciones, puede ser necesaria una rutina de calibración de determinación de un objetivo. En una rutina preferente, el aparato dispara inicialmente un proyectil en un objetivo de calibración. El área en la que el fluido entra en contacto con el objetivo de calibración se detecta utilizando sensores de imágenes y estos datos se introducen en el sistema de calibración. A continuación, el sistema de calibración determina la diferencia entre las áreas de impacto deseadas y las reales, para discernir el estado del sistema, y la dirección y magnitud de la corrección de errores requerida. Este procedimiento puede repetirse varias veces y en varios puntos dentro del espacio de accionamiento y detección, según como sea necesario, con el fin de calibrar el sistema dentro de tolerancias definidas. Esta rutina se puede ejecutar, en tiempo real, en objetivos reales, o como un procedimiento de calibración dedicado antes de la implementación en objetivos reales. En algunas realizaciones, los disparos de calibración iniciales se dispersan de una manera que forme un patrón o cuadrícula predeterminados en un área, región o zona objetivo de calibración (por ejemplo, tablero de ajedrez, esquinas de una imagen, etc.).
- En otras realizaciones, las rutinas de calibración pasiva pueden ser implementadas para una cámara de imágenes, por ejemplo, usando una imagen de calibración de geometría conocida, tal como un patrón de tablero de ajedrez. Estas rutinas de calibración se pueden utilizar para proporcionar el mapeo necesario a partir del espacio de píxeles (por ejemplo, coordenadas x e y de píxeles) hasta el espacio del actuador (por ejemplo, coordenadas i y j o de giro/inclinación).
- También se prevén rutinas de calibración manuales, por lo que, por ejemplo, el mecanismo de determinación de un objetivo se puede posicionar manualmente de tal forma que la corriente de chorro líquido llegue a uno o más objetos dirigidos de posición conocida en la imagen detectada (por ejemplo, objetos dirigidos en las esquinas de un rectángulo) de este modo, permite la generación de un mapa correlacionando píxeles con ángulos de unión.

En una realización preferente, el líquido de control tiene características de alto contraste, de modo que sea fácilmente detectado por los sensores de imagen (los cuales pueden operar en el ultravioleta, visible, infrarrojo, u otros espectros). En una realización, los aditivos tales como los colores visuales o UV se utilizan, de modo que los sensores compatibles puedan discernir fácilmente el área de impacto del fluido del entorno circundante. En otras realizaciones, el líquido de control puede calentarse o enfriarse para mejorar el contraste en el espectro infrarrojo relativo al entorno circundante, facilitando así la detección exacta por los sensores infrarrojos.

Preferentemente, el sistema de control incluye un algoritmo de priorización para la priorización de objetivos para el aparato. En una realización, el algoritmo es en base a una estrategia de priorización "primero en entrar, primero en salir" (FIFO) relativamente simple. Sin embargo, en otras realizaciones, se pueden incorporar parámetros de optimización adicionales en la estrategia de control, incluyendo el ángulo de ataque, la velocidad del vehículo, el tiempo o la distancia requeridos para que el mecanismo de determinación de un objetivo para alcanzar la posición de disparo, la distancia de recorrido del proyectil, errores en la medición, entradas históricas derivadas a partir del rendimiento del sistema histórico en situaciones comparables, probabilidad estimada de un objetivo perdido (por ejemplo, en base al intervalo, las condiciones del viento, los obstáculos potenciales y otras variables medidas o calculadas), las consecuencias relacionadas (por ejemplo, golpear inadvertidamente una planta vecina en lugar de una maleza dirigida con un pesticida), parámetros de valor de oportunidad, o similares. En algunas realizaciones, varios proyectiles o chorros pueden dispararse a un objetivo a través de un intervalo de distribución predeterminado. En determinadas realizaciones, los chorros pueden dispararse en un enfoque aleatorio o estocástico donde cada objetivo se dispara varias veces dentro del intervalo de distribución predeterminado.

El sistema de control también incluye, preferentemente, una estrategia para el registro global, mediante la cual las coordenadas globales de cada objetivo se estiman utilizando uno o más sensores. En algunas realizaciones, esta estrategia registra una posición central o un contorno para cada objetivo al que se ha disparado, y verifica que cualquier objetivo identificado posteriormente esté más allá de una distancia mínima predeterminada, (por ejemplo, una zona de error o exclusión definida dentro de un círculo de error, elipse u otro límite geométrico) a partir de objetivos que se han "disparado" previamente, con objetivos potenciales dentro de esas zonas que se pasan por alto a favor del siguiente objetivo. En algunas realizaciones, las dimensiones de estas zonas de error o exclusión son fijas, o ajustables, alrededor de la posición central registrada o calculada para cada objetivo.

En realizaciones más sofisticadas, el algoritmo de control incluye, preferentemente, una metodología para determinar dinámicamente, asignar y almacenar para cada objetivo una zona de error o exclusión única, en base a datos en tiempo real relacionados con entradas específicas tales como errores en imágenes, datos cinemáticos en tiempo real (RTK), datos de rango, y similares.

En realizaciones aún más sofisticadas, la información de estado de las características en el entorno se incorpora en un mapa del mundo, el cual incluye dimensiones tales como el mapeo, localización, clasificación de características (malezas, cultivos, etc.), estados de características (tales como en qué se ha disparado, en qué cantidad de fertilizante se ha aplicado, etc.) estimación de errores, zonas de exclusión y/o memoria de mapas mundiales anteriores o partes de los mismos. Se apreciará que tales metodologías sofisticadas de planificación y control inteligente del trayecto del vehículo de soporte pueden permitir ventajosamente el marcado geométrico automático y el mapeo para facilitar trayectorias de disparo más complejas y elaboradas. En una forma, el mapa mundial está en forma de un modelo matemático establecido utilizando técnicas de filtrado y estimación estadístico en base a la entrada a partir de los sensores (por ejemplo, cámara, IMU, localizador de rangos láser). En determinadas formas preferentes, el mapa mundial puede modificarse o actualizarse a través del uso compartido de información (por ejemplo, de robot a robot, de robot a nube, de robot a base, etc.). Por ejemplo, la fusión de datos (por ejemplo, SLAM) y las técnicas de representación pueden utilizarse para generar de manera cooperativa el mapa mundial, junto con información de localización a la que pueden acceder otros agentes (es decir, agentes distintos del robot utilizado para la captura inicial de datos).

En algunas realizaciones, múltiples robots están interconectados en red y configurados para comunicarse con un sistema de control central, el cual está adaptado para almacenar información de estado y generar planes de alto nivel. Otra variación utiliza un sistema descentralizado, en el que múltiples robots pueden comunicarse y coordinarse directamente entre sí, obviando así la necesidad de un sistema de control central.

En algunas realizaciones, el mecanismo de determinación de un objetivo, de manera opcional incluye un brazo robótico y/o un vehículo de soporte, como es descrito más arriba, incorpora múltiples grados redundantes de libertad, para proporcionar flexibilidad adicional en términos de la ubicación espacial de la salida de fluido al entregar cada chorro o disparo, la orientación del orificio de salida en esa posición, y el trayecto desde esa posición hasta la siguiente posición de disparo. Preferentemente, existe una sinergia o cooperación entre los diversos sistemas individuales (por ejemplo, brazo robótico, vehículo terrestre, vehículo aéreo, sistema automático de determinación de un objetivo). Por ejemplo, una plataforma de vehículo terrestre puede tomar decisiones sobre la revisión de los espacios o la reducción o

aceleración, dependiendo de la información comunicada a partir del sistema o aparato de determinación de un objetivo automática. Debe apreciarse que, en determinadas realizaciones, las plataformas terrestres, aéreas o de manipulación no son simplemente vehículos/sistemas para montar el sistema automático de determinación de un objetivo, sino que están destinadas para ser parte de un sistema completo y cooperativo con metas, misiones e información sobre el estado compartidos. Asimismo, un vehículo aéreo remoto puede adaptarse para facilitar la comunicación de información a un vehículo terrestre. Esto puede ser particularmente útil cuando se dirige a malezas sobre áreas grandes, ya que un vehículo aéreo puede cubrir áreas relativamente grandes desde un punto de vista ventajoso para identificar objetivos, permitiendo así que la información sea compartida en tiempo real, o posteriormente, al vehículo terrestre el cual puede entonces proceder directamente a los objetivos sin llevar a cabo un procedimiento de búsqueda exhaustiva.

En otros aspectos, la invención proporciona un procedimiento automatizado y un sistema para proyectar una corriente de fluido o chorro hacia un objetivo reconocido, para los propósitos de cultivos agrícolas o la gestión de entorno, utilizando el aparato y el sistema como se describe. En otros aspectos, la invención proporciona procedimientos de cultivo agrícola o gestión de entorno en base a la determinación de un objetivo automatizada y la proyección de un flujo de fluido o chorro usando el aparato, procedimiento o sistema como se describe.

En algunas realizaciones, el mecanismo de determinación de un objetivo y los sistemas de detección están expuestos al entorno sin ningún revestimiento. En otras realizaciones, el mecanismo de determinación de un objetivo y los sistemas de detección están al menos parcialmente alojados dentro de un recinto, protegiendo así los componentes alojados de colisiones, agua, escombros, polvo, suciedad, la luz del sol, o similares. En determinadas realizaciones, el recinto incluye un miembro de cubierta similar a una caja que tiene una o más aberturas a través de las cuales el mecanismo de determinación de un objetivo o los sistemas de detección pueden pasar. Preferentemente, el recinto tiene una puerta de acceso, ventana o panel. En algunas realizaciones, el volumen interno del recinto se presuriza con el aire u otro gas adecuado, por lo que una presión positiva ayuda a expulsar el polvo del recinto, o inhibir su entrada. En algunas realizaciones, la temperatura y/o humedad del volumen interno del recinto puede ser controlada.

En algunas realizaciones, los datos del sistema de detección pueden incorporar ruido y pueden ser adquiridos en intervalos relativamente dispersos en el tiempo, a la vez que el sistema de accionamiento es capaz de funcionar a una velocidad relativamente alta y con una precisión relativamente alta mediante la implementación de uno o más algoritmos de estimación de estado o filtros de ruido en los datos del sistema de detección. Estos algoritmos y filtros pueden incluir una o más técnicas convencionales de filtrado estadístico y estimación (por ejemplo, filtro de partículas, filtro Kalman o estimador Bayes). Por ejemplo, las imágenes capturadas a partir de una cámara que funcione a una tasa de trama de 1Hz se pueden utilizar como entrada a un algoritmo o filtro de seguimiento de modo que el mecanismo de determinación de un objetivo sea capaz de estimar las ubicaciones de los objetivos en cualquier momento, y potencialmente a tasas mucho más altas (por ejemplo, 10Hz-1000Hz) que la tasa de trama de 1Hz. Se apreciará que, debido a la velocidad potencialmente alta a la cual el sistema puede localizar y disparar objetivos automáticamente, varias estrategias de controlador basadas en software o eléctricas (por ejemplo, PID, LQR, NLQR, etc.) pueden ser implementadas con el fin de facilitar una determinación de un objetivo rápida y precisa. Asimismo, se puede implementar un control de servomecanismo optimizado en el tiempo como una metodología de control para los actuadores para facilitar una determinación de un objetivo suave, rápida, precisa y precisa. También se pueden utilizar de manera opcional otras contrapartes de controlador mecánicas para facilitar el problema de control del efector final (por ejemplo, amortiguadores de aceite, muelles, amortiguadores magnéticos, amortiguadores aerodinámicos, contrapesos, masas inerciales y de equilibrio).

En algunas realizaciones, la tarea de estimación del estado puede simplificarse potencialmente haciendo suposiciones sobre el entorno operativo, incluyendo aceleración, velocidad, distancia, u otras restricciones geométricas. Por ejemplo, con una dimensión espacial variable y suponiendo que, en el momento (t), un vehículo se desplaza en línea recta a una velocidad (v) constante relativa a la ubicación (x) de un objetivo, entonces en el momento (t + Δt) la ubicación (x1) del objetivo puede ser estimada por la fórmula: $X1 = x + (\Delta t * v)$. De manera similar, en situaciones con velocidad variable, el desplazamiento puede determinarse como la integral de la velocidad a lo largo del tiempo. La metodología de estimación se puede aplicar fácilmente en dos o tres dimensiones, de manera opcional con restricciones adicionales para estimar la ubicación de los objetivos en cualquier momento con determinado grado de certeza (es decir, entre puntos de captura de información tales como, por ejemplo, la adquisición de trama de cámara, adquisición de datos láser, adquisición de datos de navegación). En algunas realizaciones, la tarea de estimación de estado se adapta para orientar los actuadores en particular en ángulos de unión determinados para permitir que el chorro golpee un objetivo (es decir, de tal forma que la boquilla apunte en una orientación especificada en un momento especificado, según lo determinado por el estimador y el planificador del estado, de modo que el proyectil y el objetivo se encuentren o colisionen, según lo planeado). En determinadas realizaciones, la tarea de estimación de estado puede ser capaz de determinar si los actuadores llegarán tarde a los ángulos de unión requeridos, por lo que el sistema puede abortar y volver a planificar sin disparar el objetivo. En tales casos, se puede determinar una tasa de ocurrencia de objetivo perdido y utilizarla como retroalimentación para el sistema de control general (por ejemplo, velocidad del

vehículo terrestre) o el planificador del sistema de control del actuador (por ejemplo, tiempo de tránsito, velocidad, aceleración y características de latencia de los actuadores) para ralentizar el procedimiento y dar a los actuadores más tiempo para lograr sus planes. De manera similar, si se determina que los actuadores están esperando durante períodos de tiempo excesivamente largos, en estado preparado, antes de disparar, el bucle de control de retroalimentación puede utilizar esta información o datos, por lo que la velocidad de movimiento se puede aumentar mediante el sistema de control y planificación para optimizar aún más el funcionamiento.

En algunas realizaciones el sistema de detección está montado (por ejemplo, en un poste de pluma o similar, y de manera opcional extensible telescópicamente) de modo que se pueda separar del sistema de disparo (por ejemplo, boquillas, actuadores) por una distancia predeterminada para permitir un aumento del tiempo de cálculo mediante la detección, clasificación, y/o sistemas de control del aparato. Por ejemplo, si un vehículo se desplaza sobre un cultivo a una velocidad especificada (por ejemplo, 1m/s) de tal forma que el tiempo total que se tarda desde la adquisición de imágenes hasta la identificación y localización del objetivo es de 1 segundo, entonces, idealmente, el sistema de detección se posicionara 1 metro por delante del sistema de disparo, por lo que el sistema de disparo se posicionara mejor en el momento del accionamiento. En otras realizaciones, las imágenes, los datos de detección y los requisitos de identificación de objetivos se pueden comunicar a ordenadores remotos (por ejemplo, a través de la red a superordenadores, Internet a la computación en la nube, etc.) para el procesamiento de imágenes de alta velocidad, reduciendo o eliminando así cualquier requisito para la computación integrada de alta potencia.

En algunas realizaciones, el sistema funciona en general, de una manera sin supervisión donde el operador es capaz de emitir comandos de alto nivel al sistema. Un ejemplo de dicha tarea no supervisada de alto nivel puede incluir: (1) maximizar el rendimiento de una granja polinizando las flores, incluyendo reglas que definen un tiempo permitido para ser tomado y la cantidad de polen usado; (2) maximizar el rendimiento en la granja escardando, incluyendo reglas durante el tiempo permitido para ser tomado y una cantidad de herbicida usado. La intención es que estos comandos de alto nivel, en general se emitan a través de dispositivos, preferentemente dispositivos inalámbricos, tales como tabletas, ordenadores, y teléfonos, los cuales se pueden utilizar de manera opcional a través de gestos tales como comandos de voz.

En otras realizaciones, el sistema funciona en una naturaleza en general supervisada donde el operador es capaz de gobernar el procedimiento de decisión para las acciones del sistema. Entre los ejemplos de estas tareas supervisadas se puede incluir: (1) un agricultor que enseña el sistema a través de una visualización del tipo de malezas que se deben erradicar con un determinado pesticida; (2) un agricultor que enseña el sistema, a través de comandos de voz, detalles de los parámetros que componen una manzana (es decir, una definición de lo que es y lo que no es una manzana) en tiempo real a medida que el aparato o sistema se enfoca a cada objetivo. Se prevé que un procedimiento supervisado tal como este, las horas extras, convergen en última instancia hacia un procedimiento no supervisado (es decir, a través de algoritmos de formación y aprendizaje). Por ejemplo, el operador puede ser capaz de evaluar cuándo el robot alcanza un cierto nivel predeterminado de precisión en sus capacidades de toma de decisiones en un procedimiento de aprendizaje supervisado, y decidir si y cuándo se puede hacer un cambio para funcionar bajo menos o ninguna supervisión en el procedimiento de toma de decisiones.

En algunas realizaciones, los objetivos son discriminados a partir de no objetivos a través de técnicas de clasificación que implican una metodología de reconocimiento de características de visión de máquina en base a, por ejemplo, el tamaño, color, forma, textura, etc. Por ejemplo, un NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) puede ser usado para discriminar entre vegetación y no vegetación, por lo que, cuando se pulverizan cultivos o barbecho, el NDVI puede ser usado para encontrar toda la vegetación, luego, se pueden utilizar los centros de cada objeto objetivo detectado como punto objetivo. En determinadas realizaciones, la metodología de reconocimiento de características se puede utilizar como parte de un sistema de aprendizaje automático o algoritmo para determinar la probabilidad de un objetivo frente a un no objetivo para cada objeto. Esta distribución de la probabilidad podrá utilizarse como parte de la estrategia general de control del aparato.

En determinadas realizaciones, la precisión de la clasificación del sistema de visión de la máquina puede necesitar ser más alta que en otras realizaciones. Por ejemplo, si el sistema de visión de la máquina es capaz de clasificar correctamente el 99 % de los objetivos (por ejemplo, malezas) pero clasifica incorrectamente el 10 % de los no objetivos como objetivos (por ejemplo, cultivos como malezas), luego utiliza un procedimiento de escarda no selectivo, tal como glifosato o agua en ebullición, dará como resultado la muerte del 99 % de los objetivos, y también el 10 % de la cosecha útil, lo que puede resultar en operaciones económicamente pobres. Sin embargo, si en el mismo ejemplo se reemplaza el procedimiento de escarda no selectivo con un procedimiento selectivo (por ejemplo, herbicida selectivo), el 99 % de los objetivos todavía se mata, pero el 10 % de los no objetivos no se mataría. Alternativamente, con el fin de implementar con éxito un procedimiento no selectivo, la precisión del clasificador puede necesitar ser configurada para ser sustancialmente más alta para aplicaciones particulares, para así proporcionar mejores resultados económicos generales para el operador.

En otras realizaciones, se utiliza un fluido de control sistémico (por ejemplo, glifosato, fertilizante) para escardar o fertilizar de tal manera que sólo una parte o porción relativamente pequeña del objetivo necesita ser alcanzada con el fin de controlar completamente el objetivo, en comparación con otras realizaciones que emplean un fluido de control de contacto donde sustancialmente el objetivo completo necesita ser golpeado con el fin de que sea eficaz.

- 5 En otras realizaciones, se utilizan ubicaciones anteriores conocidas de objetivos o no objetivos (por ejemplo, de cultivos a través de siembra manual o automatizada, etiquetado manual) junto con procedimientos de localización precisos (por ejemplo, RTK GPS, SLAM, etc.) con el fin de conocer las posiciones futuras de estos objetos. Por ejemplo, si se conocen todas las posiciones de plántulas de un cultivo, entonces la clasificación del cultivo por el robot se puede simplificar utilizando estas anteriores ubicaciones conocidas. Por ejemplo, si hay una imagen NDVI de toda la vegetación en una escena, región o zona, la vegetación conectada en o cerca de las ubicaciones conocidas de los objetos (por ejemplo, la posición central de las plántulas de un cultivo) se puede sustraer a partir de la imagen, dejando así el resto de la imagen NDVI mostrando toda la otra vegetación que no está conectada, o adyacente, a las ubicaciones previamente conocidas. Esto puede ser particularmente útil para determinar la ubicación de las malezas en un cultivo: tomando una imagen NDVI, eliminando todos los cultivos conectados a ubicaciones conocidas a partir de la imagen sobre la base de que se sabe que son vegetación, identificando todo lo demás en la imagen como una maleza. En algunas realizaciones, un radio u otro perfil o forma de incertidumbre (por ejemplo, elipse) también se puede utilizar para tener en cuenta los errores en la medición o las variaciones de crecimiento, tales como, por ejemplo, el cultivo que no está germinando exactamente donde se plantó la semilla.

- 20 En otros aspectos, la invención proporciona un procedimiento automatizado y el sistema para proyectar una corriente de fluido o chorro u otro agente de control hacia un objetivo reconocido, para propósitos distintos de la agricultura (por ejemplo, controlar incendios, pintura, limpieza, etc.). Se apreciará que, en tales realizaciones, el objetivo se selecciona como cualquier objetivo deseado (es decir, no limitado a insectos, cosechas, plantas, vegetación o malezas, etc.) el cual se piensa para ser erradicado, modificado, o manipulado por la aplicación de la corriente de fluido o chorro u otro agente de control.

- 25 En consecuencia, en algunas realizaciones preferentes, el aparato y los sistemas asociados se adaptan para identificar y atacar el fuego, con vistas a extinguir o controlar el fuego a través de la aplicación del chorro. Dicho sistema puede incorporar preferentemente un sensor de infrarrojos para determinar las regiones de calor (por ejemplo, fuego) como objetivos. En esta realización, el sistema también puede ser capaz de identificar y clasificar diferentes tipos de fuego (por ejemplo, de petróleo, electricidad, gas) y aplicar automáticamente el fluido apropiado para extinguir ese tipo particular de fuego. En este ejemplo, el sistema puede incluir varias boquillas y/o contener una selección de dos o más tipos de fluido de modo que el tipo de fluido más apropiado para el fuego objetivo identificado pueda determinarse, seleccionarse y dispensarse automáticamente en base a reglas predefinidas (Por ejemplo, productos químicos húmedos para aceites y grasas de cocina, polvo ABE para líquidos inflamables y combustibles, etc.). Preferentemente, el sistema también puede determinar la cantidad para dispensar en base a la detección en tiempo real de, por ejemplo, la estimación del crecimiento o la dirección de desplazamiento del fuego objetivo. Preferentemente, el sistema también puede comunicar información a los operadores o a los servicios de emergencia con detalles del fuego (por ejemplo, tipo, tamaño, ubicación), y puede adaptarse para permitir a un operador remoto anular la autonomía de los sistemas de detección o accionamiento, cuando sea necesario (por ejemplo, los equipos de bomberos pueden conectarse al sistema a través de internet para obtener el control de los sistemas de detección y accionamiento, etc., para así controlar manualmente la forma en la cual se extinguirá el fuego).

- 40 En otras realizaciones preferentes, el sistema está adaptado para identificar y dirigir paredes u otras superficies con vistas a pintar a través de la aplicación del chorro de fluido o pulverizar. Dicho sistema incorpora preferentemente varias boquillas suficientemente clasificadas para dispensar diferentes colores de pintura (por ejemplo, 3 para rojo, verde y azul, 4 boquillas para turquesa, magenta, amarillo, negro, etc.) o una sola boquilla con el fin de pintar automáticamente una superficie. Por ejemplo, el sistema puede adaptarse para explorar una pared y determinar el color deseado para dispensar o disparar, y/o determinar la forma/contorno/perfil para dispensar o disparar en una zona o región de la pared especificada o predeterminada en base al color y la forma detectados. En tales realizaciones, el sistema de la detección puede utilizar la retroalimentación visual para determinar y controlar el cubrimiento apropiado de la pared, o la región de la pared. A modo de ejemplo adicional, en determinadas realizaciones, el sistema puede ser adaptado para pintar o borrar líneas/marcas completas de la carretera automáticamente, o en su lugar completar o llenar líneas/marcas en la carretera donde las separaciones detectadas se identifican en las líneas/marcas. En otras aplicaciones, el sistema se puede adaptar para detectar, dirigir y eliminar automáticamente marcas no deseadas (por ejemplo, grafiti) en una pared, carretera u otra superficie, dispensando un agente o fluido abrasivo o de limpieza.

- 55 En algunas realizaciones, uno o más sistemas del aparato incluyen, o están adaptados para ser controlados por, un dispositivo electrónico de mano (por ejemplo, teléfono inteligente, tableta, etc.). En determinadas realizaciones, el sistema incluye un teléfono inteligente y un accesorio adaptado para ser fijado fácilmente al teléfono inteligente para la comunicación entre ellos, el accesorio está configurado para tener accionamiento y dispensación. En tales

realizaciones, uno o más componentes del teléfono inteligente se pueden utilizar como parte del aparato/sistema, incluyendo la batería/sistema de energía, pantalla, computación, comunicaciones, iluminación, audio, detección (por ejemplo, cámara, IMU, panel táctil, reconocimiento de voz). El accesorio adicional con componentes para el accionamiento y dispensación (por ejemplo, motores, boquillas, tanques, bombas, etc.) puede conectarse al teléfono inteligente mediante un cable o alambre (por ejemplo, un cable con conectores USB o similares) o de forma inalámbrica (por ejemplo, Bluetooth, WiFi, etc.). Se prevé que, en tales realizaciones, el accesorio se puede configurar para ser una unidad relativamente pequeña y compacta, por lo que se puede fijar al teléfono inteligente con la mínima interrupción a los modos operativos del teléfono.

En otros aspectos, la invención proporciona un procedimiento automatizado y un sistema para proyectar un agente de control (diferente a un fluido) hacia un objetivo reconocido, para un intervalo de aplicaciones de gestión de entorno incluyendo, pero no limitado a aquellas aplicaciones descritas en la presente memoria (por ejemplo, cultivos agrícolas, gestión de entorno aplicaciones no agrícolas, control de fuego, pintura, limpieza, etc.).

En consecuencia, en otro aspecto, la invención proporciona un aparato para proyectar un agente de control hacia un objetivo, incluyendo el aparato:

- una fuente del agente de control adaptada para su uso en conexión con una función de control de entorno
- una salida que incorpore al menos un orificio de salida adaptado para dirigir el agente de control que emana a partir del orificio de salida hacia un objetivo;
- medios de activación operables selectivamente entre un modo operativo en el cual la salida está efectivamente abierta y un modo inoperativo en el cual la salida está efectivamente cerrada;
- un mecanismo de determinación de un objetivo que incluye un conjunto de soporte de salida móvil en al menos un eje de control independiente para orientar selectivamente el orificio de salida y orientar así el agente de control que emana a partir del orificio de salida en el modo operativo, el mecanismo de determinación de un objetivo, que incluye además uno o más actuadores para efectuar el movimiento del conjunto de soporte de salida alrededor del eje de control;
- un primer sistema de detección para detectar aspectos de un entorno y generar datos indicativos de los mismos;
- un sistema de clasificación para identificar objetivos en el entorno sobre la base de los datos del sistema de detección; y
- un sistema de control adaptado para orientar el orificio de salida hacia los objetivos mediante el mecanismo de determinación de un objetivo y para activar el agente de control mediante los medios de activación de acuerdo con una lógica de control predeterminada;
- por lo tanto, proyectar un haz o un chorro del agente de control hacia los objetivos identificados para los propósitos de la función de control de entorno.

En algunas realizaciones preferentes, el agente de control es una forma de radiación, preferentemente radiación electromagnética. En determinadas realizaciones, la radiación es proporcionada por una fuente de luz o una fuente de microondas. En algunas realizaciones, la fuente de luz es un láser.

En otras realizaciones, el agente de control incluye un fluido (es decir, un líquido y/o un gas). En determinadas realizaciones, el agente de control incluye la materia sólida, preferentemente la materia particulada.

Preferentemente, el haz del agente de control se proyecta durante un período de tiempo predeterminado.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones preferentes de la invención ahora serán descritas, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos que la acompañan en los cuales:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de reconocimiento automático de objetivos y dispensador dispensación de proyectiles de fluido de acuerdo con una primera realización de la invención;

La Figura 2 es una vista en perspectiva inferior del aparato que se muestra en la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un aparato de reconocimiento automático de objetivos y dispensación de proyectiles de fluido de acuerdo con una segunda realización de la invención;

- La Figura 4 es una vista en perspectiva inferior del aparato que se muestra en la Figura 3;
- La Figura 5 es una vista en perspectiva del aparato de las Figuras 1 y 2, montado a un UAV de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- 5 La Figura 6 es una vista en perspectiva del aparato de las Figuras 3 y 4, montado a un UAV de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- La Figura 7 es una vista en perspectiva del aparato basado en UAV de la Figura 5, que se desplaza por encima de un lecho de cultivos plantados, dirigido a las malezas para su erradicación;
- La Figura 8 muestra una vista en perspectiva del aparato de la Figura 7, disparando un chorro o proyectiles de pesticida líquido a las malezas objetivo;
- 10 La Figura 9 es una vista en planta del aparato UAV de la Figura 8, en funcionamiento;
- La Figura 10 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de Figuras 3 y 4 montado como el efector final remoto de un brazo robótico multi-DOF, de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- La Figura 11 es una vista en perspectiva que muestra una variación de la realización de la Figura 10, con una forma alternativa del conjunto de soporte de salida de fluido incorporado en el brazo robótico multi-DOF;
- 15 La Figura 12 es una vista en perspectiva que muestra una realización adicional de la invención, en la cual el aparato y el conjunto del brazo robótico de la Figura 10 está montado en un vehículo terrestre autoguiado, autopropulsado;
- La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de la lógica de control de alto nivel de acuerdo con una implementación preferente del reconocimiento automático de objetivos y sistema de dispensación de proyectiles de fluido de la invención;
- 20 La Figura 14 es un diagrama de flujo que muestra aspectos de la lógica de control en más detalle para la segmentación, clasificación, ubicación del objetivo, priorización del objetivo, y la adquisición del objetivo (o tiro) de acuerdo con una realización de la invención;
- La Figura 15 es un diagrama de flujo que muestra aspectos de la lógica de control en más detalle, dividido en componentes o hilos discretos para la ubicación del objetivo, el tiro del objetivo, y el control del vehículo de acuerdo con una realización de la invención;
- 25 La Figura 16 es un diagrama de flujo que muestra aspectos de la lógica de control en más detalle, dividido en componentes o hilos discretos para la búsqueda de objetivos y el chorro de agua de corte de objetivos de acuerdo con una realización de la invención;
- 30 La Figura 17 es un diagrama de flujo adicional que muestra los aspectos de la lógica del control en más detalle, dividido en componentes o hilos discretos para disparar a los objetivos puntuales y cortar objetivo con chorro de agua s, siendo estas funciones comunes a las múltiples realizaciones de la invención; y.
- La Figura 18 es una vista en perspectiva de un aparato de reconocimiento automático de objetivos y dispensación de proyectiles de fluidos de acuerdo con una realización adicional de la invención, con una cámara de imagen y luz estroboscópica;
- 35 La Figura 19 es una vista en perspectiva del aparato de la Figura 18, montado dentro de un recinto protector de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- La Figura 20 es una vista esquemática del aparato de Figura 19, que muestra gráficamente el intervalo del sistema de detección de acuerdo con una realización de la invención;
- 40 La Figura 21 es una vista en perspectiva que muestra una realización adicional de la invención, en la cual dos aparatos de la Figura 19 están montados a un lado inferior de un vehículo terrestre;
- La Figura 22 es una vista esquemática de un vehículo terrestre en el cual está montada una realización de un aparato de reconocimiento automático de objetivos y dispensación de proyectiles de fluidos, con un operador que se comunica de forma remota e inalámbrica con el aparato a través de una red a través de un dispositivo de tableta electrónica;
- 45 La Figura 23 es una vista esquemática que muestra un primer aparato de reconocimiento automático de objetivos y dispensación de proyectiles de fluidos atados a un polo fijo en el suelo, un segundo aparato atado

a un polo en un vehículo terrestre, y un tercer aparato montado en un UAV y adaptado para lanzar y aterrizar desde una plataforma de aterrizaje en el UAV; y

La Figura 24 es una vista esquemática de una realización adicional de la invención, en la cual siete aparatos de reconocimiento automático de objetivos y dispensación de proyectiles de fluido se montan a una pluma de un vehículo terrestre.

Realizaciones preferentes de la invención

Con referencia inicial a las Figuras 1 y 2, la invención en una primera realización proporciona un aparato (1) para proyectar un fluido, preferentemente un líquido, hacia un objetivo. El aparato incluye una entrada (2) de fluido adaptada para la conexión a una fuente de fluido presurizado seleccionada para su uso en conexión con una función específica de control de entorno tal como riego, fertilización, erradicación de plagas, escarda, poda, adelgazamiento, siembra o cosecha, como se describe más detalladamente a continuación.

En esta realización, la fuente de fluido es un depósito (5) de almacenamiento de fluido en general esférico conectado a la entrada de fluido por medio de una línea (6) de suministro, y también conectado a un sistema (7) de presurización de fluido asociado. En esta realización, el sistema de presurización incluye un recipiente (8) de presión esférico adaptado para la represurización periódica a un nivel de presión operacional predeterminado. El depósito (8) de presión está conectado para la comunicación de fluidos con el depósito (5) por medio de la línea (9) de suministro de alta presión. En otras realizaciones, sin embargo, el sistema de presurización del fluido puede incluir una bomba, un compresor, una vejiga expansible, o medios alternativos de presurización mecánica o química. Se puede incluir un regulador de presión si es necesario para facilitar un control preciso de la presión de suministro. También se puede incorporar una válvula de descarga de presión para evitar que la presión del sistema supere los niveles de umbral máximos predeterminados.

Una salida (15) de fluido incluye una boquilla (16) que incorpora al menos un orificio (17) de salida adaptado para dirigir el fluido de control presurizado que emana a partir de la boquilla hacia un objetivo, en forma de corriente de líquido, chorro o "proyector".

El aparato incluye además un mecanismo de activación que incorpora una válvula de control que se puede mover selectivamente entre un modo operativo en el cual la salida de fluido está efectivamente abierta, y un modo inoperativo en el cual la salida de fluido está efectivamente cerrada. La válvula de control en esta realización toma la forma de un mecanismo de la válvula dispensadora incorporado en la boquilla, tal que la válvula dispensadora incorpora efectivamente ambas funciones de la boquilla y de la válvula, así como el orificio de salida. Como alternativa, el mecanismo de la válvula de control puede posicionarse dentro de la línea de suministro o en cualquier otro lugar, según como corresponda.

En algunas realizaciones, la válvula de control de los medios de activación sólo puede ser móvil entre dos estados; abierta y cerrada, mientras que, en otras realizaciones, la regulación progresiva de la posición de la válvula de control es posible, para proporcionar un control variable sobre el caudal, la presión y/o la velocidad. Algunas realizaciones también permiten el control selectivo sobre la presión suministrada por el sistema de presurización, para facilitar el control adicional sobre la presión de entrega, el caudal y/o la velocidad del fluido que sale del orificio de salida con la válvula de control en el modo operativo.

El aparato incluye además un mecanismo de determinación de un objetivo que incorpora un conjunto (20) de soporte de salida móvil rotativo en al menos dos ejes de control independientes para orientar selectivamente el orificio (17) de salida y orientar así el chorro de líquido de control en el modo operativo. En esta realización, el conjunto de soporte de salida móvil incluye una torreta que incorpora un primer miembro (22) que rota alrededor de un primer eje (orientado verticalmente en el dibujo) y un segundo miembro (23) montado al primer miembro para la rotación alrededor de un segundo eje en general normal al primer eje (orientado horizontalmente en los dibujos) en una configuración gimbal. La boquilla (16) y el orificio (17) de salida asociado están conectados fijamente al segundo miembro (23) de la torreta.

De esta manera, se apreciará que el conjunto de soporte de salida móvil, o torreta, proporciona libertad de movimiento sobre los ejes ortogonales de giro e inclinación, para facilitar la determinación de un objetivo del orificio de salida y, por lo tanto, el chorro de fluido de control que emana del mismo. El mecanismo de determinación de un objetivo incluye además un par de actuadores de funcionamiento independiente (no se muestran) para realizar el movimiento de los miembros (22, 23) del conjunto (20) de soporte de salida sobre sus respectivos ejes de control y, por lo tanto, permitir el movimiento controlado de la salida de fluido a lo largo de su intervalo de funcionamiento.

El aparato incluye además un sistema (30) de detección para detectar aspectos del entorno en el cual se coloca el aparato, y generar imágenes u otros datos indicativos del mismo. En esta realización, el sensor primario incluye una cámara (31) digital adaptada para generar una imagen bidimensional del entorno. Sin embargo, en otras realizaciones,

se pueden utilizar técnicas de imagen en 3-D tales como la exploración láser o la detección multimodal para el mapeo y la localización. Se emplea un sistema de clasificación para identificar objetivos dentro del entorno sobre la base de los datos recibidos a partir del sistema de detección, como se describe más detalladamente a continuación.

- Un sistema (35) de control incluye módulos de memoria, microprocesadores, sistemas de navegación que incorporan sistemas GPS o sistemas de posicionamiento alternativo, y software de control asociado. El sistema de control está adaptado para orientar el orificio de salida hacia los objetivos identificados, por medio del mecanismo de determinación de un objetivo, y para activar el chorro de líquido de control a través de los medios de activación, de acuerdo con la lógica de control predeterminada descrita más abajo, para así entregar chorros o proyectiles del fluido de control a los objetivos identificados para los propósitos de la función de control de entorno deseada.
- El fluido de control es preferentemente un líquido y en una realización, la función de control de entorno es el crecimiento de una planta o cultivo agrícola seleccionado. En una forma preferente, el líquido de control es agua para riego y/o un fertilizante líquido para mejorar el crecimiento de la planta, en cuyo caso los objetivos para el sistema son las plantas por cultivar, o el suelo inmediatamente circundante. En otra forma de esta realización, el líquido de control es un herbicida para matar malezas que de otra manera impediría el crecimiento de la planta y en ese caso, los objetivos son malezas, o suelo inmediatamente adyacente a las malezas, diferentes de las plantas por ser cultivadas.
- En otras variaciones, la plaga puede adoptar la forma de una infección fúngica u otra enfermedad en la propia planta, en cuyo caso el líquido de control puede adoptar la forma de un fungicida u otro herbicida, pesticida u otra formulación química agrícola adecuada, la determinación de un objetivo visual u otras indicaciones de infección o infestación de planta. En otra variación, las plagas agrícolas objetivo pueden ser insectos u otros animales endo o ectoparásitos, tales como langostas, nematodos, polillas, moluscos, ácaros, hormigas, escarabajos, centípedos, milpiés o similares y otra vez, en tales realizaciones, el control del líquido puede incluir un pesticida o nematodocida adaptado para erradicar selectivamente, o al menos controlar, tales plagas. En algunos casos, el líquido de control puede incluir un repelente adaptado para evitar o impedir el ataque de plagas que se sabe que son potencialmente problemáticas.
- En una variación adicional, las plagas, ya sean de planta o animal en la naturaleza, pueden ser efectivamente erradicadas por la energía del líquido de control, a diferencia de su composición química. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la energía cinética o térmica de un chorro de agua dirigido se utiliza para erradicar o eliminar malezas o plagas animales.
- En una variación, el chorro de agua se usa para cortar los tallos o el follaje de las malezas objetivo o de otras plantas invasivas no deseadas, para eliminar así las malezas mediante una forma de corte por chorro de agua sin necesidad de productos químicos agrícolas. En una variación adicional de esta forma de la invención, la energía del chorro del líquido del control, típicamente agua, puede ser usada para separar físicamente los tallos de plantas objetivo, como un medio de podar sistemáticamente, de recortar, de adelgazamiento, el corte de bordes o cosechar las plantas o cultivos objetivo. Estas formas de la invención pueden ser particularmente ventajosas en el contexto de la agricultura orgánica, y malezas resistentes a herbicidas.
- En algunos modos de funcionamiento, durante cada secuencia de disparo, el modo operativo del mecanismo de activación es relativamente corto en duración, de tal manera que el chorro que emana a partir del orificio de salida toma la forma de una bala o "proyectil" del líquido de control. Dependiendo de la presión de suministro, el diámetro del orificio de salida, la duración del disparo y otros factores relevantes, cada chorro líquido o proyectil sólo puede comprender un volumen muy pequeño de líquido, y esta facilidad se puede utilizar para regímenes de microdosificación precisos y altamente dirigidos.
- En una variación, múltiples proyectiles líquidos pueden ser liberados en sucesión rápida, de una manera análoga de fuego de ametralladoras. En otra variación, múltiples proyectiles líquidos pueden ser liberados simultáneamente, de una manera análoga de fuego de pistola. En otros modos de funcionamiento, cada secuencia de disparo puede tener una duración sustancialmente mayor, de tal forma que el chorro de cada secuencia tome la forma de un flujo semicontinuo del líquido de control, el cual continúa fluyendo hasta que la válvula de control de los medios de activación está cerrada, al finalizar esa secuencia de disparo. En cada caso, la presión de suministro en la salida se regula idealmente para garantizar la correcta entrega del líquido de control a lo largo de la trayectoria esperada, a la vez que se minimiza el exceso de escorrentía o salpicaduras en el impacto. Los parámetros precisos de dosificación y velocidad pueden regularse utilizando la modulación por ancho de pulsos (PWM), la modulación por duración de pulsos (PDM) u otras estrategias de control adecuadas.
- La salida y la dinámica de fluidos relacionada también están diseñadas de tal manera que el proyectil líquido golpea el objetivo sustancialmente intacto como una corriente coherente, cuerpo o bala de líquido, en lugar de como una niebla o una pulverización dispersas de gotas. A la vez que un cierto grado de separación o ruptura del proyectil líquido puede ocurrir inevitablemente, se mantiene idealmente a un mínimo. Se puede utilizar un aditivo para mantener la coherencia de la corriente de fluido o para minimizar las salpicaduras no deseadas después del impacto con un

objetivo. Esto, a su vez, minimiza la tasa de consumo del líquido de control, al mismo tiempo que minimiza el daño a las plantas circundantes si las malezas se dirigen con herbicidas concentrados, pesticidas u otros productos químicos que pueden ser dañinos si accidentalmente entran en contacto con plantas cercanas. Además, se prevé que el fluido o proyectil se desplace a una velocidad relativamente alta, de tal forma que penetre en el objetivo (por ejemplo, en las capas de savia), lo cual puede tener beneficios tanto en la eficacia de controlar el objetivo, como en evitar el exceso de pulverización o salpicaduras no deseadas.

Sin embargo, puede haber aplicaciones particulares en las cuales sea preferible dispersar el chorro de líquido de control en un pulverizador o rociada, por ejemplo, para un cubrimiento eficaz de un objetivo grande, en cuyo caso la boquilla y/o el orificio de salida pueden configurarse en consecuencia. Esta función opcional de dispersión por pulverización puede funcionar de manera selectiva, ya sea manualmente para propósitos particulares, o automáticamente cuando sea necesario como parte de una estrategia general de detección, clasificación y control. Asimismo, puede haber aplicaciones particulares en las cuales es preferible dispensar el control a una velocidad relativamente baja, donde, por ejemplo, el objetivo es sensible, tal como una flor que se poliniza utilizando un proyectil líquido y de suspensión de polen.

En una realización, el orificio (17) de salida de fluido es en general circular en perfil de sección transversal. En otras realizaciones, sin embargo, una variedad de formas y configuraciones alternativas pueden ser utilizadas. Por ejemplo, en una realización, el orificio es en general rectangular en perfil de sección transversal, tal que el chorro del líquido de control se conforma a un perfil alargado correspondiente, en la forma de una hoja o pared líquida, o un proyectil correspondientemente formado. Esta configuración puede ser ventajosa, por ejemplo, en realizaciones de determinación de un objetivo y la separación de los tallos de las plantas, ya sea para la eliminación de malezas no deseadas o para la cosecha de plantas o cultivos deseados. En otra realización, el perfil de la corriente puede ser alcanzado sintéticamente por el movimiento de un orificio fino de la salida de punto fino.

En una realización más, una pluralidad de orificios de salida se incorpora en la salida de fluido. Estos orificios se pueden disponer de manera que se utilicen colectivamente para formar una hoja o pared combinada de líquido de control, para propósitos similares a los descritos anteriormente, en situaciones en las que es más eficiente o eficaz proyectar un chorro de composite con un perfil de sección transversal general relativamente grande. Por ejemplo, en las aplicaciones de riego, fertilización o "fertirrigación", puede ser preferible entregar simultáneamente una pluralidad de chorros líquidos de energía relativamente baja, en comparación con un solo chorro de energía sustancialmente mayor, de modo que evite daños al follaje, a la fruta, a las flores, tallos o sistemas de raíces de las plantas objetivo. En variaciones de esta realización, diferentes orificios pueden ser adaptados para entregar diferentes líquidos de control. Por ejemplo, un orificio puede ser adaptado para entregar un primer líquido tal como agua para riego a la vez que un segundo orificio puede ser adaptado simultáneamente o de manera secuencial para entregar un segundo líquido tal como fertilizante o pesticida, de manera opcional extraído a partir de un tanque o depósito separado.

En algunas de tales realizaciones, los objetivos para los respectivos orificios también pueden ser diferentes. Por ejemplo, en una forma, el primer orificio se usa para plantas objetivo o suelo circundante con líquido de riego o fertilizante para mejorar el crecimiento, a la vez que el segundo orificio en la misma boquilla se usa para malezas objetivo u otras plagas con herbicidas, pesticidas y/o corrientes de chorro de alta energía, con propósitos de reducción o erradicación. En otra variación, los múltiples orificios pueden ser dirigidos y activados simultáneamente, para entregar niveles de dosificación incrementados del mismo líquido de control, o dosis simultáneas de líquidos complementarios, a la misma ubicación, como y cuando sea necesario. Por ejemplo, en algunas aplicaciones se pueden utilizar dosis relativamente bajas de una formulación química agrícola en particular, tal como un fertilizante rico en nitrógeno, para mejorar el crecimiento de la planta, a la vez que se pueden utilizar selectivamente dosis relativamente altas del mismo producto químico para matar malezas. En una variación adicional, los orificios múltiples pueden adaptarse para ser dirigidos, orientados y activados de manera independiente unos de otros, utilizando boquillas independientes y mecanismos de determinación de un objetivo.

Las Figuras 3 y 4 muestran una segunda realización de la invención, en la cual las características correspondientes son denotadas con números de referencia similares. En este caso, un conjunto (38) de bomba externa se utiliza para generar la presión de suministro para el líquido de control y en variaciones de esta realización, el depósito (5) de almacenamiento líquido incorpora un conjunto de bomba interna para generar la presión de suministro. Se utiliza un primer servomotor (40) para efectuar la rotación del primer miembro (22) del conjunto de soporte de salida alrededor del primer eje, a la vez que se utiliza un segundo servomotor (42) para efectuar la rotación del segundo miembro (23) del conjunto de soporte de salida alrededor del segundo eje. La válvula de dispensación se posiciona en el punto de intersección de los ejes de control rotacional, o muy cerca, lo cual minimiza el volumen de barrido del efector final y reduce los cálculos de transformación requeridos por el sistema de control. Esta configuración de servomotores también permite posicionar la válvula de dispensación de líquido muy cerca al sistema de detección, o en una ubicación conjunta con éste, lo cual en algunas aplicaciones resulta ventajoso por las razones que se describen más a continuación. En otros aspectos, el funcionamiento de esta realización es similar al descrito anteriormente. Se

apreciará que, en otras realizaciones que requieren grados más altos de la resolución del control, en vez de emplear el primer y segundo servomotores, el conjunto de la salida puede ser posicionado u orientado a través del uso de actuadores rotativos o lineales del solenoide (es decir, para proporcionar la orientación de giro e inclinación deseada para dirigir el chorro de fluido de control al objetivo deseado). Los actuadores de solenoide se pueden utilizar de manera opcional junto con codificadores lineales o rotativos dedicados o similares, como parte de un sistema de retroalimentación de bucle cerrado.

Las Figuras 5 y 6 muestran una realización adicional de la invención, en la cual el aparato de Figuras 1 y 2 está fijado e integrado con un vehículo aéreo no tripulado (UAV), el control del cual es automatizado como parte de un escaneo de entorno general, metodología de control de determinación de un objetivo y planificación de rutas, de manera opcional, interconectada en red y operando sistemáticamente junto con varios vehículos autónomos similares o complementarios.

El UAV (50) incorpora un cuerpo (51), cuatro rotores (52) independientes, motores (53) de accionamiento y equipos auxiliares, incluyendo una fuente de alimentación a bordo, un módulo de comunicaciones remotas, un sistema de control de navegación que incluye GPS y componentes de hardware y software relacionados, los cuales serán generalmente familiares para los expertos en la técnica. La Figura 6 muestra una realización similar a la Figura 5, pero con el aparato de las Figuras 3 y 4 montado al UAV. Se apreciará que, en otras realizaciones, cualquier número de rotores puede ser empleado en el UAV, por ejemplo, a partir de uno a ocho o más, y en otras variaciones, se pueden utilizar aeronaves de ala fija, o incluso un aerodeslizador. Otras formas de propulsión pueden ser de manera adicional o alternativamente utilizadas, incluyendo turboventiladores, chorros o similares.

La Figura 7 muestra el UAV de la Figura 5 en un modo de determinación de un objetivo. En esta Figura, la trayectoria del proyectil de líquido está representada por el rayo "a" y una línea de visión directa proyectada desde el sensor, en forma de cámara 31, está representada por el rayo "b". El ángulo subtendido por los rayos "a" y "b" se designa como ángulo "x" y representa el potencial de error de paralaje. En algunas realizaciones, donde el ángulo "x" se determina para ser potencialmente significativo (lo cual en alguna medida será específico de la aplicación), el error de la paralaje se calcula en conjunción con un sensor de rango y otros parámetros relevantes, y se compensa para los algoritmos de la determinación de un objetivo del sistema de control.

En algunas realizaciones preferentes, sin embargo, el sensor primario está sustancialmente en un mismo lugar con la salida de fluido de tal manera que el rayo "b" proyectado desde el sensor es sustancialmente colineal con la trayectoria del proyectil líquido "a". Ventajosamente, esta configuración puede simplificar sustancialmente la metodología para el mapeo del terreno en 3-D y la evitación de obstáculos, ya que como resultado de la misma ubicación descrita, si el objetivo puede ser detectado por el sensor sobre la base de una línea de visión directa, entonces, se sabe que el objetivo puede ser golpeado directamente por el chorro líquido o proyectil, sujeto sólo a restricciones de intervalo, sin la necesidad de mapeos del terreno más complejos, planificación de rutas o rutinas para evitar obstáculos. En otras palabras, la estrategia de control puede simplificarse sustancialmente debido a que la salida de fluido siempre puede estar apuntada a cualquier sensor que esté "viendo".

En realizaciones más sofisticadas, particularmente si se prevén intervalos más largos con componentes horizontales significativos, el sistema de control también puede incorporar algoritmos de trayectoria balística parabólicos para tener en cuenta la influencia gravitacional en el chorro líquido o proyectil. Asimismo, otros factores tales como la resistencia del aire, el viento, las velocidades relativas y similares pueden compensarse mediante sensores apropiados y algoritmos de control asociados, si es necesario en aplicaciones particulares.

Las Figuras 8 y 9 muestran el UAV de la Figura 7 en un modo de disparo mediante el cual se ha identificado un objetivo, en este caso una maleza (60) que debe ser erradicada con un herbicida líquido adecuado, y establecido una línea de visión directa al objetivo, el sistema de control inicia una secuencia de disparo previamente programada. Esto dirige un proyectil líquido discreto, o un chorro más prolongado del líquido de control, directamente a la maleza objetivo. De este modo, la maleza es dirigida y erradicada efectivamente sin el grado substancial de desperdicio como ocurriría con una pulverización dispersa de herbicida, y con el riesgo mínimo de golpear inadvertidamente y dañar plantas o cultivos (62) cercanos bajo cultivo. Se debe señalar particularmente a partir de la Figura 9 que la maleza (60) objetivo es ocluida desde arriba por la planta (62). El sistema de la presente invención es fácilmente capaz de tratar con esta situación, debido a la capacidad de controlar precisamente tanto el ángulo de enfoque como la dirección del chorro de líquido o proyectil, para evitar obstáculos. Por el contrario, los sistemas de la técnica anterior con mecanismos de entrega en base a la dispersión, o sin control direccional sobre la corriente de líquido, no pueden resolver fácilmente este tipo de problema de determinación de un objetivo.

En esta realización, el sensor primario comprende una cámara (31) adaptada para generar una imagen en 2-D del entorno, y el sistema de control incluye un algoritmo o mapa de transformación matemática o correlaciona el espacio de píxeles de la imagen a partir de la cámara (u otros sensores) con las posiciones de los actuadores en el mecanismo de determinación de un objetivo, como se describe más detalladamente a continuación. Dichos mapas de

transformación pueden ser en base a tablas de búsqueda, ecuaciones de traducción/escala/mapeo, datos de calibración de la cámara o similares, con el fin de determinar las posiciones de los actuadores a partir de datos de imagen sin procesar o coordenadas locales o globales. Las realizaciones más sofisticadas utilizan imágenes en 3-D y la detección multimodal para el mapeo y la localización. Tales tecnologías de imagen y detección pueden incluir uno o más de GPS, RTK, DGPS, IMU, rango de láser (punto, escaneo, etc.), detección hiperespectral, cámaras visuales, infrarrojas o ultravioletas y similares. Los sistemas de detección también se pueden mejorar utilizando sistemas de iluminación suplementarios en el aparato, incluyendo, por ejemplo, fuentes de luz LED, de xenón, UV o IR, que funcionan en modo continuo, intermitente o estrobado.

La Figura 10 muestra una realización adicional de la invención, en la cual el aparato de las Figuras 3 y 4 está montado a un brazo (70) robótico multi-DOF, incluyendo una serie de elementos (72) de vinculación conectados respectivamente por las uniones (73) de revolución, con las uniones de revolución que alojan los respectivos actuadores rotativos que responden al sistema de control. Los grados adicionales de libertad proporcionados por el brazo (70) robótico proporcionan un mayor grado de articulación a lo largo de una envoltura de funcionamiento más amplia.

Estos grados adicionales de libertad y el intervalo de funcionamiento extendido de movimiento pueden ser particularmente ventajosos en realizaciones adaptadas para el corte o la cosecha de plantas, por ejemplo, permitiendo que los tallos sean cortados por el mecanismo del chorro de agua desde abajo del follaje de la planta, de este modo, se evita el daño inadvertido a la fruta o follaje de la planta deseada. De manera similar, tales realizaciones pueden ser ventajosas para las malezas objetivo muy cercanas o incluso ocultas debajo del follaje frondoso de plantas cercanas, donde de otra manera habría riesgo de que las malezas sean inaccesibles o de que las plantas sean golpeadas inadvertidamente. Tales realizaciones también pueden ser adaptadas para la cosecha de plantas tales como espárragos, donde la planta que sobresale hacia arriba necesita ser cortada tan cerca del suelo como sea posible. En dichas aplicaciones como esta en las que el ángulo de determinación de un objetivo, así como la ubicación del objetivo, es importante, se incorporan parámetros y restricciones de entrada adecuados en el sistema de control.

Una variación de esta realización se muestra en la Figura 11, en la que características similares se denotan por números de referencia correspondientes. En este caso, se apreciará que el conjunto (20) de soporte de salida es efectivamente integral con, o montado como un efector final del, propio brazo robótico, con los ejes de rotación para el mecanismo de determinación de un objetivo están proporcionados por las uniones de revolución y los actuadores asociados del brazo robótico.

Se apreciará que, en ambas realizaciones, se pueden proporcionar vínculos adicionales y uniones de revolución, para grados adicionales de libertad e intervalo de funcionamiento, si es necesario. Del mismo modo, uno o más de los vínculos pueden ser telescópicos extensibles para proporcionar mayores grados de libertad de movimiento y una mayor extensión de la envoltura de funcionamiento para el efector final que incorpora la salida de líquido. Un caso de uso de ejemplo para un vínculo telescópico extensible sería "rastrear" una planta, donde el objetivo para ser pulverizado el cual es el sistema de la raíz de la planta, e puede ser anidado profundamente dentro de una cáscara de follaje, y por lo tanto requiere que todo el sistema automático sea insertado dentro de la planta con el fin de obtener un campo de visión suficiente de detección y control. Se apreciará que, en este ejemplo, el sistema está destinado para ser suficientemente pequeño de modo que entre o salga de la planta fácilmente durante el funcionamiento, y puede incluir una o más cubiertas móviles (por ejemplo, a través del accionamiento) o estáticas con el fin de proteger el sistema durante la fase de inserción o eliminación.

Este brazo robótico multi-DOF puede ser fijado o integrado con cualquier estructura de soporte adecuada incluyendo una base fija, una plataforma móvil o un vehículo autónomo, incluyendo un UAV del tipo descrito anteriormente.

En este sentido, la Figura 12 muestra una realización adicional de la invención, en la cual el aparato (70) de las Figuras 10 y 11 está montado a un vehículo (80) terrestre de 4-ruedas que incorpora un chasis y una plataforma (81) integral del soporte. En esta realización, las cuatro ruedas (82) se accionan independientemente por los motores (83) integrados en los cubos de rueda, y se dirigen independientemente por los motores (84) integrados en los soportes del cubo de rueda, para proporcionar un alto grado de maniobrabilidad alrededor de las filas de plantación, los lechos del jardín y similares. Obviamente, también se pueden utilizar otras posiciones y configuraciones para los motores de dirección y accionamiento.

El control de este vehículo (80) de ruedas puede ser parcial o totalmente automatizado, como parte de una exploración del entorno general, planificación de rutas y metodología de control de determinación de un objetivo y, de nuevo, de manera opcional interconectado en red junto con una pluralidad de vehículos autónomos similares o complementarios.

Debe entenderse que también se prevé una amplia variedad de otros vehículos terrestres, con diferentes números de ruedas, anchura de eje, patas o patines, incluidos los vagones montados en rieles, y un intervalo de opciones para la fuerza motriz, la dirección, la navegación y similares. En una realización, se utiliza un vehículo o un robot autónomo

- de múltiples patas para caminar. Además, dado que el peso es un factor menos limitante con los vehículos terrestres, se pueden montar múltiples aparatos de proyección de fluidos en una sola plataforma para un funcionamiento sustancialmente simultáneo y coordinado. Si es necesario, se pueden incorporar tanques de líquido más grandes o múltiples tanques. También debe entenderse que varias realizaciones del sistema pueden ser fácilmente reacondicionadas para los equipos o vehículos agrícolas existentes, incluyendo tractores, carros de golf, cortadoras de césped, remolques, arados, cosechadoras, cuatriciclos o similares. En el ejemplo de una cortacésped o carro de golf, la eficiencia de las aplicaciones en escardar grandes áreas de praderas puede mejorarse ventajosamente ya que el sistema permite a un operador humano controlar/conducir el vehículo, a la vez que el sistema de determinación de un objetivo funciona de manera independiente para la función de control específica. Ventajosamente, el sistema de determinación de un objetivo puede funcionar como una operación auxiliar a una operación de función primaria (por ejemplo, cortando céspedes). Sin embargo, puede que todavía haya un bucle de control de nivel superior que tenga lugar en tal ejemplo; por ejemplo, un elemento de fijación de cortacésped que está determinando un objetivo de malezas puede ser capaz de determinar objetivos perdidos e indicar al operador que se están moviendo demasiado rápido a través de una pantalla visual o una señal de audio, permitiendo así realizar los ajustes adecuados.
- La Figura 18 muestra una realización adicional de la invención, en la cual el sistema (30) de detección del aparato incluye una cámara (31) de imagen y una luz (32) estroboscópica. El movimiento de la boquilla (16) se controla al rededor de dos ejes por servomotores (40, 42) independientes. Una unidad o módulo (35) de control está montado en el lateral del aparato y aloja el controlador y los dispositivos relacionados para controlar el funcionamiento de los diversos componentes del aparato.
- En la Figura 19, el aparato de la Figura 18 está alojado dentro de un recinto protector en forma de armario o cubierta (90) tipo caja. La Figura 21 muestra una realización adicional de la invención, en la cual dos de los aparatos adjuntos de la Figura 19 están montados en la parte inferior de un vehículo 80- terrestre con (4) ruedas.
- La Figura 22 es una vista esquemática del vehículo terrestre de la Figura 20 adaptada para la comunicación inalámbrica remota y, de manera opcional, fuera de las instalaciones, con un operador a través de un dispositivo (95) de tableta electrónico.
- En otras realizaciones, el aparato puede estar fijado a una estación base fija, de manera opcional interconectado en red con una pluralidad de estaciones base similares dispuestas en relación separada espaciada predeterminada con áreas objetivo superpuestas, y funcionando en concierto para proporcionar un cubrimiento efectivo de un entorno definido.
- Los aspectos de los mecanismos y procedimientos de detección, mapeo y determinación de un objetivo se describirán ahora con más detalle. Debe entenderse en este contexto que los diversos sistemas, procedimientos y alternativas delineados pueden ser adaptados en varias combinaciones y permutaciones para su uso en diferentes realizaciones de la invención y para diferentes funciones y aplicaciones.
- En una rutina de calibración de objetivos preferente, el aparato dispara inicialmente un chorro líquido o proyectil en un objetivo de calibración. El área en la que el fluido entra en contacto con el objetivo de calibración se detecta utilizando sensores de imágenes y estos datos se introducen en el sistema de calibración. A continuación, el sistema de calibración determina la diferencia entre las áreas de impacto deseadas y las reales, para discernir el estado del sistema, y la dirección y magnitud de la corrección de errores (en su caso) necesaria. Este procedimiento puede repetirse varias veces y en varios puntos dentro del espacio de accionamiento y detección, según como sea necesario, con el fin de calibrar el sistema dentro de tolerancias definidas. Esta rutina se puede ejecutar, en tiempo real, en objetivos reales, o como un procedimiento de calibración dedicado antes de la implementación en objetivos reales. Las realizaciones más sofisticadas también pueden incorporar algoritmos de aprendizaje automático, por lo que la precisión de la determinación de un objetivo se supervisa continuamente y se perfecciona iterativamente con el tiempo.
- También se prevén rutinas de calibración manuales, por ejemplo, el mecanismo de determinación de un objetivo se puede posicionar manualmente de tal forma que la corriente de chorro líquido llegue a uno o más objetos de destino de posición conocida dentro de la imagen detectada (por ejemplo, objetos de destino en las esquinas de un rectángulo, cuadrícula, o un tablero de ajedrez, etc.) para así permitir la generación de un mapa digital correlacionando píxeles en la imagen detectada con ángulos de unión dentro del mecanismo de determinación de un objetivo.
- En una realización preferente, el líquido de control tiene características de alto contraste, de modo que sea fácilmente detectado por los sensores de imagen (los cuales pueden funcionar en los espectros visibles, ultravioleta, infrarrojo u otros). En una realización, los aditivos tales como los colores visuales o UV se utilizan, de modo que los sensores compatibles puedan discernir fácilmente el área de impacto del fluido del entorno circundante. En otras realizaciones, el líquido de control puede calentarse o enfriarse, por ejemplo, para mejorar el contraste en el espectro infrarrojo relativo al entorno circundante, facilitando así la detección exacta por sensores infrarrojos.

En las realizaciones preferentes, el sistema de control también incluye un algoritmo de priorización para la priorización de objetivos para el aparato. En una forma, el algoritmo de priorización es en base a una estrategia de priorización primero en entrar, primero en salir (FIFO) relativamente sencilla. En otras realizaciones, sin embargo, parámetros de optimización adicionales pueden ser incorporados en la estrategia de control, incluyendo uno o más de:

- 5
 - ángulo de ataque,
 - velocidad del vehículo u otras cantidades de movimiento,
 - velocidad de la boquilla u otras cantidades de movimiento,
 - velocidad del objetivo u otras cantidades de movimiento,
- 10
 - el tiempo o la distancia necesarios para que el mecanismo de determinación de un objetivo para alcanzar la posición de disparo,
 - distancia de recorrido del proyectil,
 - errores en la medición,
 - efectos gravitacionales,
 - efectos dispersivos del patrón de pulverización,
- 15
 - entradas históricas derivadas a partir del rendimiento del sistema en situaciones comparables,
 - probabilidad estimada de un objetivo perdido (por ejemplo, en base al intervalo, las condiciones del viento, los potenciales obstáculos y otras variables medidas o calculadas),
 - consecuencias relacionadas (por ejemplo, golpear inadvertidamente una planta vecina en lugar de una maleza objetivo con un pesticida),
- 20
 - parámetros de valor de oportunidad,
 - tamaño del objetivo,
 - etc.

El sistema de control también incluye, preferentemente, una estrategia para el registro global, mediante la cual las coordenadas globales de cada objetivo se estiman utilizando uno o más sensores. En una realización, esta estrategia registra una posición central para cada objetivo que se ha “disparado”, y verifica que cualquier objetivo identificado posteriormente está más allá de una distancia mínima predeterminada, (por ejemplo, una zona de error o exclusión definida dentro de un círculo de error, elipse u otro límite geométrico) a partir de esos objetivos. Los potenciales objetivos dentro de esas zonas de error o exclusión se pasan por alto a favor del siguiente objetivo. Las dimensiones de estas zonas de error o exclusión pueden ser fijas o variables, alrededor de la posición o línea centrales registrada o calculada para cada objetivo, de acuerdo con los parámetros de entrada predeterminados.

En realizaciones más sofisticadas, el algoritmo de control incluye una metodología para determinar dinámicamente, asignar y almacenar para cada objetivo una zona de error o exclusión única, en base a datos en tiempo real relacionados con entradas específicas tales como errores en imágenes, datos cinemáticos en tiempo real (RTK), odometría, Información de aumento basada en tierra o satélite (GBAS o SBAS), datos de rango y similares.

En otras realizaciones, el flujo óptimo y las técnicas de la odometría visual pueden ser utilizadas para facilitar la posición y la estimación de objetivos y del vehículo. Esto puede ser especialmente útil cuando la odometría basada en tierra (por ejemplo, codificadores de ruedas) no está disponible, por ejemplo, como en los UAVs. Esto también puede aplicarse a las aplicaciones que impliquen técnicas de estimación estadística.

En algunas realizaciones, el mecanismo de determinación de un objetivo, incluye soporte de manera opcional un brazo robótico y/o un vehículo de como se describe más arriba, incorpora múltiples grados redundantes de libertad, para proporcionar una flexibilidad adicional en términos de la ubicación espacial de la salida de fluido al entregar cada chorro o disparo, la orientación del orificio de salida en esa ubicación, y el trayecto a partir de esa ubicación hasta la siguiente posición de disparo. Se apreciará que los grados redundantes de libertad pueden complicar la estrategia de control, pero también proporcionar una flexibilidad y funcionalidad adicionales sustanciales. El equilibrio óptimo entre sencillez, coste, peso y funcionalidad dependerá de la aplicación prevista y de las consideraciones técnicas y comerciales relacionadas.

En la Figura 13 se muestra un simple diagrama de flujo de una estrategia de control de alto nivel, el cual debe entenderse en el contexto de los sistemas, aparatos y procedimientos y técnicas descritos anteriormente. En su forma más básica, con algunos detalles omitidos, la lógica del sistema en general es la siguiente:

- evaluación del entorno objetivo,
- 5 • generación de datos del sensor en base al entorno de destino,
- activación del reconocimiento automático de objetivos y del sistema de dispensación de proyectiles de fluidos, incluida la inteligencia para tomar decisiones en torno al procedimiento de determinación de un objetivo. En este caso, el sistema puede detectar, clasificar y determinar dónde disparar, qué disparar, cuándo disparar, y cuánto disparar, por ejemplo, mediante la incorporación de reglas predefinidas, instrucciones de alto nivel o como parte de un algoritmo de aprendizaje con parámetros de optimización específicos, tales como la optimización de factores económicos (por ejemplo, rendimiento, tiempo dedicado, etc.),
- 10 • apuntar y disparar el proyectil en la posición objetivo,
- reevaluación del entorno objetivo, y
- 15 • generación de nuevos datos del sensor.

El diagrama de flujo de la Figura 14 ilustra con más detalle un ejemplo de una metodología para la identificación y adquisición de objetivos dentro de un entorno objetivo definido. Este sistema relativamente básico busca objetivos en el área inicial, asume que el vehículo está estacionario, dispara los objetivos identificados, y se mueve a la siguiente área. El sistema involucra un clasificador con malezas, cultivos y tierra como clases. Dado que este sistema en particular asume que el aparato está estacionario, será más relevante para los vehículos terrestres que para los UAVs. La metodología en general es la siguiente:

- segmentación de los datos del sensor a partir del área objetivo inicial,
- clasificación de datos segmentados,
- ubicación de los objetivos en base a datos segmentados y clasificados,
- 25 • priorización de objetivos en base a ubicaciones de objetivos en la trama de coordenadas locales,
- disparar puntos objetivo para cada objetivo con el fin de priorizar, y
- mover el vehículo a la siguiente área objetivo, cuando se completa el disparo de todos los objetivos en el área objetivo anterior.

La Figura 15 muestra un ejemplo más detallado de una metodología más sofisticada para la identificación y adquisición de objetivos, junto con el control del vehículo, dividida en los correspondientes módulos de componentes o hilos discretos para facilitar la ilustración. Este sistema puede clasificar de la misma manera que el ejemplo anterior, pero también puede tomar posiciones de objetos locales y registrarse en un sistema de coordenadas global. Esto permite al sistema rastrear las tareas que se han completado y las que no se han completado en un mapa del mundo. Se podría modelar prácticamente en un mapa en 2-D o en 2,5-D. La metodología en general es la siguiente:

35 **Buscando objetivos**

- segmentación de los datos del sensor,
- clasificación de datos segmentados,
- ubicación de los objetivos en la trama de coordenadas locales (estimación local a global) en base a datos segmentados y clasificados,
- 40 • registro de objetivos con memoria de objetivos en coordenadas globales, en base a estimaciones de ubicación de objetivos en la trama de coordenadas globales, y
- generación de “mapas mundiales”, incluida la información de localización y estado, en base a objetivos registrados y actualizados en coordenadas globales.

Objetivos de disparo

- establecer objetivos a la vista en base al mapa mundial,
- priorizando los objetivos en base a los objetivos a la vista,
- disparar el punto objetivo de mayor prioridad en base a la priorización del objetivo, y
- actualizando el mapa del mundo.

5 Control del vehículo

- control del vehículo para encontrar y disparar nuevos objetivos (véase más arriba), en base a un mapa mundial que incorpora información de localización y estado. El control del vehículo (por ejemplo, velocidad, posición, rumbo, etc.) puede ser controlado parcial o totalmente por el sistema de disparo. Por ejemplo, la aceleración del vehículo puede controlarse proporcionalmente en base al número de objetivos que permanecen a la vista, así como de sus ubicaciones dentro de la región objetivo (es decir, si un objetivo que se debe disparar está a punto de salir de la vista, a continuación, el sistema de disparo le indicará al vehículo que reduzca o se detenga).

10

La Figura 16 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo adicional, con hilos para la identificación del objetivo y el corte por chorro de agua. Este sistema es similar en funcionalidad al ejemplo anterior, pero se modela idealmente como un mapa en 3-D (aunque también se podría usar un mapa en 2,5-D). Sería útil en aplicaciones que requieren que el aparato dispare, por ejemplo, debajo de las hojas al objetivo. La metodología en general es la siguiente:

15

Buscando objetivos

- segmentación de los datos del sensor,
- clasificación de datos segmentados
- registro global en base a datos segmentados y clasificados, y
- generación de mapas del mundo que incluyen información de localización y estado, en base a un modelo registrado y actualizado en coordenadas globales.

20

Corte por chorro de agua

- establecer objetivos a la vista en base al mapa mundial,
- priorizando los objetivos en base a los objetivos a la vista,
- corte por chorro de agua del objetivo de mayor prioridad en base a la priorización de objetivos, y
- actualización del mapa del mundo con información actualizada de localización y estado.

25

La Figura 17 incluye diagramas de flujo adicionales que muestran con más detalle los hilos de control respectivos para objetivos de punto de disparo y objetivos de corte por chorro de agua. Estas son funciones comunes aplicables según corresponda a los ejemplos descritos anteriormente.

30

Puntos objetivo de disparo

- calcular los puntos de ajuste de la posición del actuador en base a la posición objetivo,
- controlar los actuadores a los puntos de ajuste de la posición del actuador, y
- disparar un proyectil de líquido, cuando se apunta al objetivo en base a los actuadores en posición.

Corte de objetivos por chorro de agua

- calcular la trayectoria de inicio a fin en coordenadas globales en base a la identificación del objetivo que se va a cortar,
- calcular los puntos de ajuste de la posición del actuador en base a la trayectoria de inicio a fin calculada en coordenadas globales,
- controlar los actuadores hasta el punto de ajuste de la posición del actuador en la posición de inicio en base a los puntos de ajuste calculados,

40

- encender el proyectil de corte por chorro de agua cuando esté apuntando a la posición de inicio,
- controlar los actuadores a través de la trayectoria calculada, y
- apagar el proyectil de corte, después de que el chorro de agua corte a través del objetivo de inicio a fin las posiciones.

5 Se apreciará que se puedan emplear otras metodologías preferentes, además de las descritas anteriormente en relación con los diagramas de flujo que lo acompañan, con el fin de personalizar el sistema de determinación de un objetivo para una aplicación deseada. Por ejemplo, si el vehículo se desplaza en un entorno a una velocidad particular y el sistema de disparo apunta a disparar al siguiente objetivo, se puede emplear un algoritmo que predice las trayectorias espaciales de ambos vehículos, la boquilla y el proyectil con el fin de golpear el objetivo con algún nivel

10 aceptable de error en la precisión. Dichos límites de error no deben ser constantes, y pueden ajustarse (manual o automáticamente) con un algoritmo adecuado dependiendo de la precisión necesaria para una aplicación determinada. Por ejemplo, los límites de error establecidos para disparar gotas en objetivos relativamente pequeños con un herbicida tóxico pueden ser más pequeños en comparación con los límites de error establecidos para disparar gotas en objetivos relativamente grandes con un fluido relativamente seguro (por ejemplo, agua). Este algoritmo se puede utilizar para

15 determinar cuándo activar el chorro para garantizar que se cumplen las restricciones de error y se llega al objetivo.

La implementación de estas estrategias de control bajo las reglas, pautas, procedimientos y objetivos descritos en la presente memoria estará dentro de las capacidades de los expertos en la técnica, y por lo tanto no es necesario que se describa con más detalle. Queda igualmente entendido que pueden utilizarse diversas estrategias y metodologías de control adicionales, complementarias o alternativas para aplicaciones particulares, dentro del ámbito de los

20 conceptos inventivos descritos. Por ejemplo, se prevé que la etapa de la segmentación podría omitirse con el uso de un clasificador basado directamente en los datos del sensor. A modo de ejemplo adicional, el registro de características en el espacio y el tiempo entre tramas de referencia locales y globales no tiene por qué ser necesariamente discreto, como puede ser aplicable a los enfoques basados en la fusión de datos que implican técnicas de filtrado y estimación estadística (por ejemplo, Filtro Kalman o filtro de partículas).

25 También debe entenderse que se prevén varios refinamientos de las estrategias generales de control descritas anteriormente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el procedimiento de clasificación puede ser usado para diferenciar entre diferentes objetivos de diferente tamaño, y estos datos pueden ser usados para determinar la cantidad precisa de herbicida en el caso de malezas, o pesticida en el caso de insectos, y también el patrón de pulverización óptimo que se debe implementar en cada disparo dirigido. De manera similar, la clasificación automatizada de malezas

30 u otras plagas en diferentes categorías o tipos puede utilizarse como base para determinar la cantidad y/o tipo de herbicida, pesticida u otro líquido de control que se va a implementar.

La invención en sus diversos aspectos y especialmente en sus realizaciones preferentes proporciona un número de ventajas inherentes y únicas. En particular, el objetivo preciso de proyectiles de líquido discretos o ráfagas cortas de chorros de líquido elimina prácticamente el desperdicio que se asocia inevitablemente con la pulverización de mantas

35 o incluso la pulverización directa o semidirigida u otras técnicas de dispersión, y por lo tanto permite utilizar dosis relativamente pequeñas y, en algunos casos, dosis diminutas de líquidos de control. Por lo tanto, en sus realizaciones preferentes, la presente invención, proporciona de manera ventajosa un sistema y aparato de microdosificación automatizado e inteligentes, los cuales puede reducir significativamente el uso de productos químicos en entornos agrícolas, reduciendo el desembolso del capital y dando lugar a beneficios comerciales asociados.

40 Esto, a su vez, permite el uso de un espectro mucho más amplio de vehículos y técnicas de entrega móvil que hasta ahora no habrían sido posibles o prácticamente viables, incluyendo particularmente la entrega a través del UAV, debido al peso puro de los líquidos requeridos para ser transportados utilizando técnicas de entrega previamente conocidas. En muchos casos, también será posible el uso de productos químicos más concentrados o eficaces, ya que los riesgos de contaminación por exceso de pulverización, escorrentía o determinación de un objetivo impreciso se reducen

45 drásticamente, si no se eliminan sustancialmente. Aparte de las ventajas comerciales, esto también ofrece el potencial para beneficios de entorno y de salud. La capacidad de utilizar la energía dirigida, así como la composición química de los diferentes líquidos de control, también ofrece un potencial significativo para beneficios económicos, de entorno, agrícolas y de salud. En estos y otros aspectos, la invención representa una mejora práctica y comercialmente significativa sobre la técnica anterior

50 Aunque la invención ha sido descrita con referencia a ejemplos específicos, los expertos en la técnica apreciarán que la invención puede ser incorporada en muchas otras formas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (1) para proyectar un agente de control hacia un objetivo, incluyendo el aparato (1):

5 una fuente del agente de control adaptada para su uso en conexión con una función de control de entorno;
una salida (15) que incorpore al menos un orificio (17) de salida adaptado para dirigir el agente de control que
emana a partir del orificio (17) de salida hacia un objetivo;
medios de activación que se pueden mover de manera selectiva entre un modo operativo en el cual la salida
(15) está efectivamente abierta y un modo inoperativo en el cual la salida (15) está efectivamente cerrada;
10 un mecanismo de determinación de un objetivo que incluye un conjunto (20) de soporte de salida móvil en al
menos un eje de control independiente para orientar selectivamente el orificio (17) de salida y, por lo tanto,
orientar el agente de control que emana a partir del orificio (17) de salida en el modo operativo, el mecanismo
de determinación de un objetivo incluye además uno o más actuadores (22, 23) para efectuar el movimiento
del conjunto (20) de soporte de salida alrededor del eje de control;
15 un primer sistema (30) de detección para la detección de los aspectos de un entorno y la generación de datos
indicativos de los mismos;
un sistema de clasificación para identificar objetivos en el entorno sobre la base de los datos a partir del
sistema de detección; y
un sistema (35) de control adaptado para orientar el orificio de salida hacia los objetivos mediante el
20 mecanismo de determinación de un objetivo y para activar el agente de control mediante los medios de
activación de acuerdo con una lógica de control predeterminada;
de este modo proyectar un haz o un chorro del agente de control hacia los objetivos identificados para los
propósitos de la función de control de entorno;
en el que un sensor (31) del primer sistema de detección está sustancialmente ubicado en le mismo lugar
25 con la salida de tal manera que un rayo proyectado desde el sensor es sustancialmente colineal con el
trayecto del chorro.

2. Un aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conjunto (20) de soporte de salida es móvil en al
menos dos ejes de control independientes, por lo que los actuadores (22, 23) afectan el movimiento del conjunto (20)
de soporte de salida sobre los respectivos ejes de control.

30 3. Un aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el agente de control es un fluido de control
presurizado, y el aparato además incluye una entrada de fluido para la conexión a la fuente presurizada de fluido de
control presurizado, y una salida (15) de fluido que incorpora al menos un orificio (17) de salida.

35 4. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la función de control de
entorno es el crecimiento de una planta o cultivo agrícola seleccionado, o el control o erradicación de una plaga dirigida.

40 5. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el objetivo es una planta (60),
o el suelo inmediatamente debajo o alrededor de la planta (60), en el que el agente de control es agua para riego o un
fertilizante líquido para mejorar el crecimiento de la planta (60), o en el que el objetivo es una plaga y el agente de
control es un pesticida adaptado para controlar selectivamente la población de la plaga cuando está dirigido.

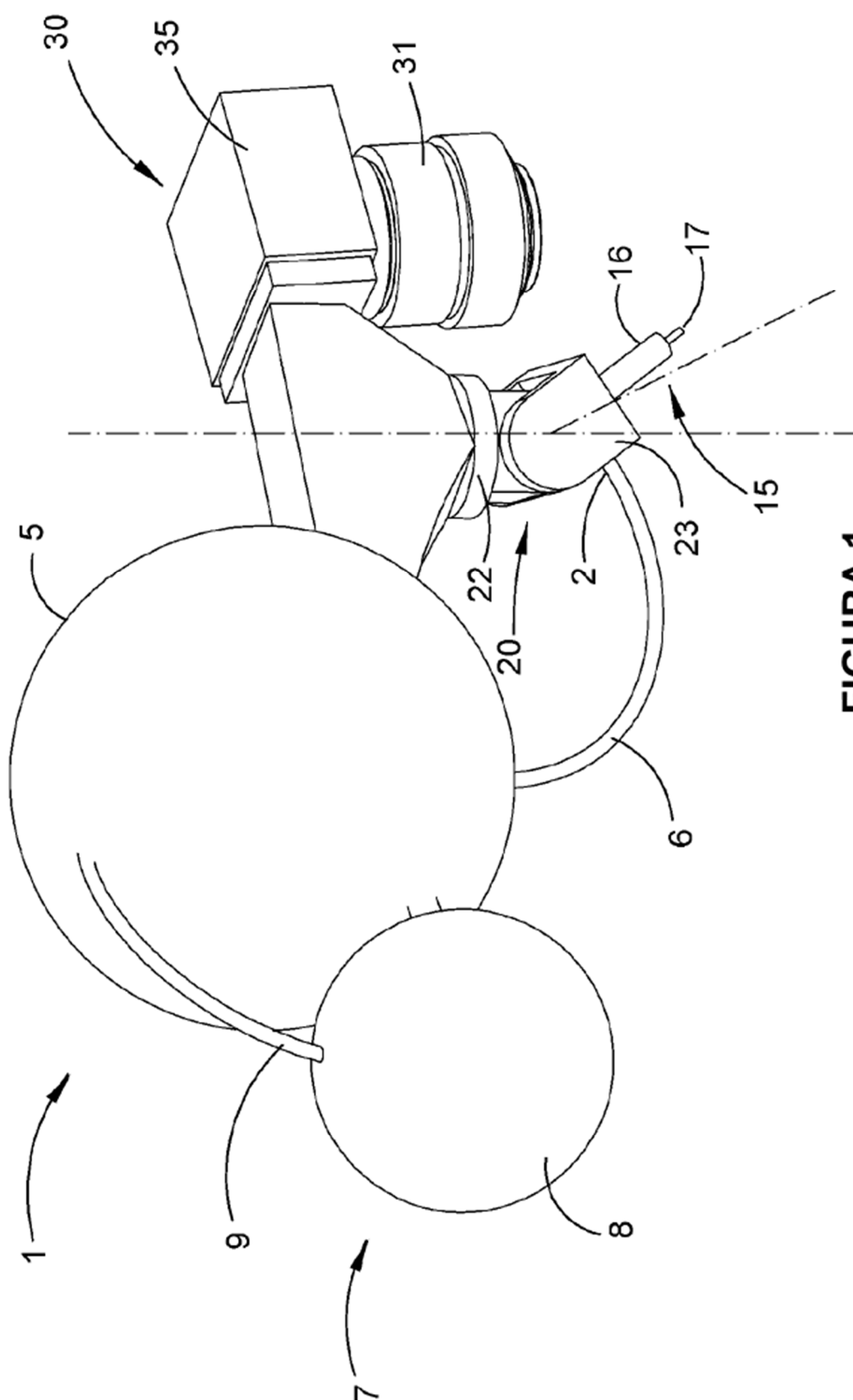
45 6. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, durante cada secuencia de
disparo, la duración del modo de funcionamiento del mecanismo de activación es tal que el chorro toma la forma de
un chorro semicontinuo de un fluido de control.

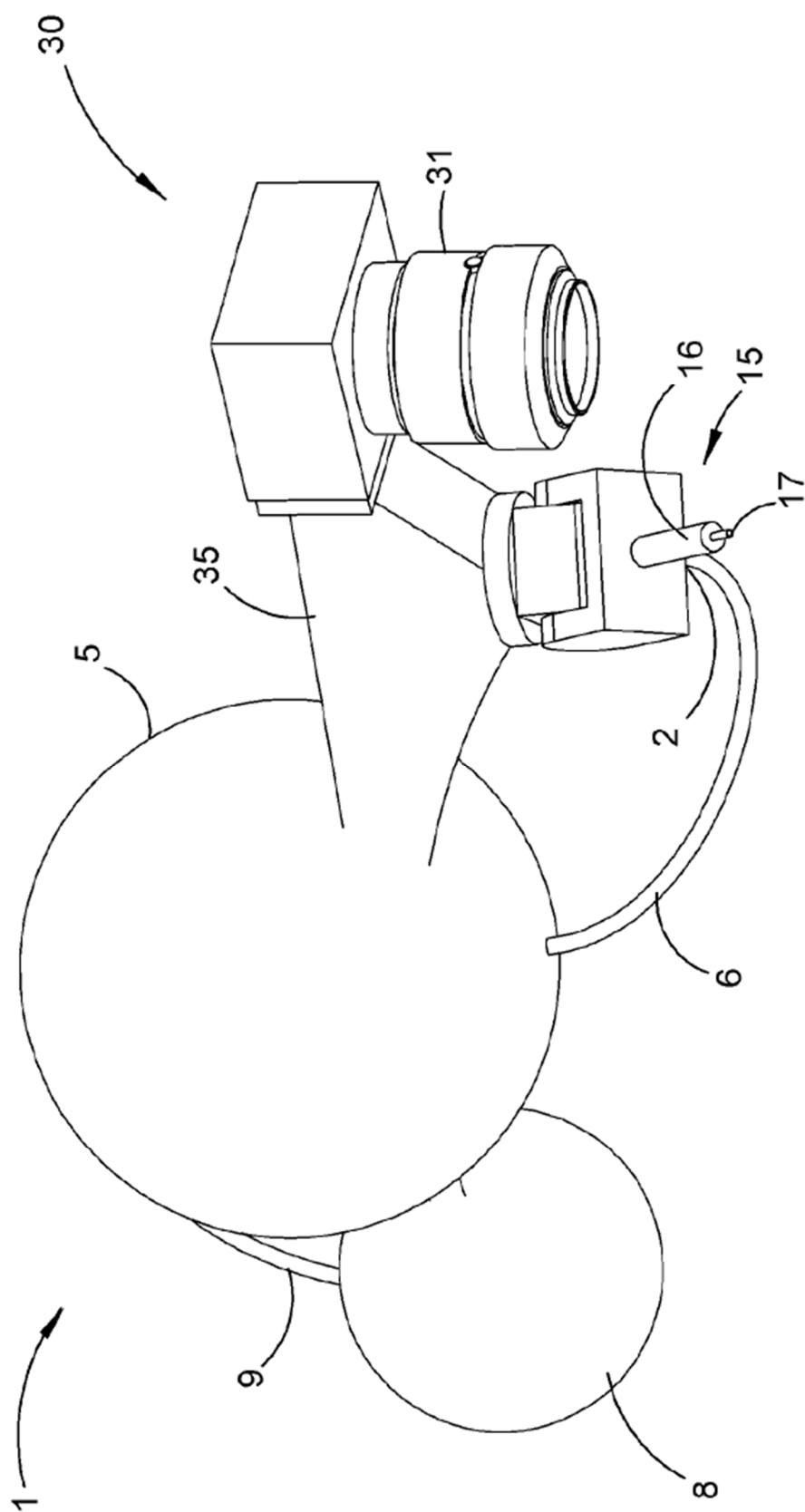
50 7. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato (1) incluye un
segundo sistema de detección para detectar en tiempo real la posición y orientación del orificio de salida, como parte
de un bucle de control de retroalimentación.

8. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una pluralidad de orificios
(17) están incorporados en la salida (15), preferentemente diferentes orificios (17) están adaptados para entregar
diferentes fluidos de control y/o los objetivos para los respectivos orificios (17) son diferentes.

55 9. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato (1) está fijado a o
integrado con un vehículo (50) aéreo no tripulado (UAV), y/o en el que el aparato (1) está fijado a o integrado con un
vehículo (80) móvil terrestre adaptado para atravesar filas sucesivas de cultivos, o en el que el aparato está fijado a
una estación base fija.

10. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el mecanismo de determinación de un objetivo incluye grados adicionales de libertad, para proporcionar más flexibilidad para posicionar y orientar la salida de fluido.
- 5 11. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto (20) de soporte de salida está configurado como un efector final de un brazo (70) robótico multi-DOF (múltiples grados de libertad), con el brazo robótico proporcionando al menos un grado cinemático de libertad en cada una de una pluralidad de uniones (73) de revolución, conectado por vínculos (72) intermedios.
- 10 12. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un sistema de calibración que opera una rutina de calibración para determinar el estado del sistema, y la dirección y magnitud de cualquier corrección de error requerida.
- 15 13. Un aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de control incluye un algoritmo de priorización para la priorización de objetivos para el aparato.





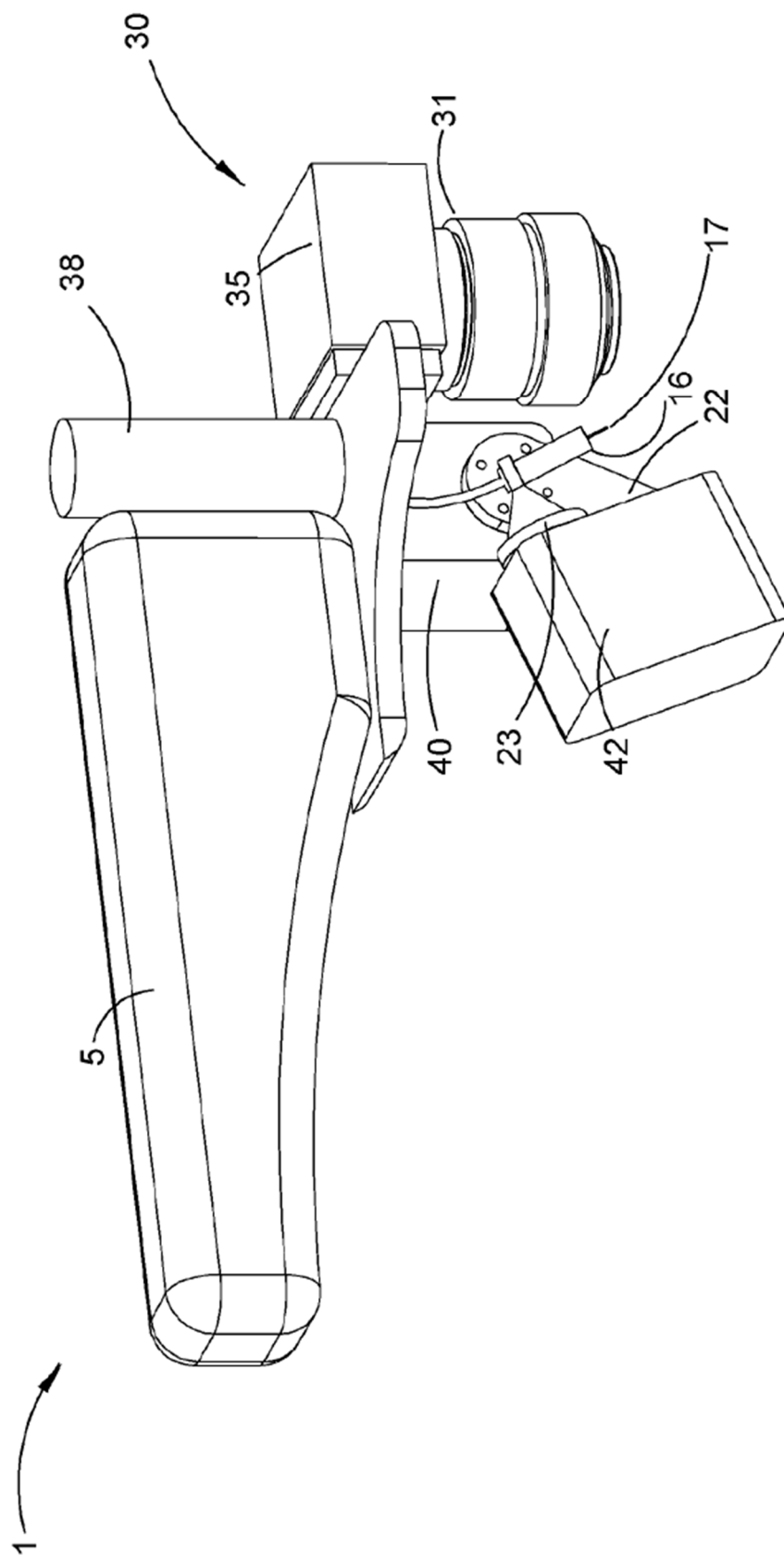
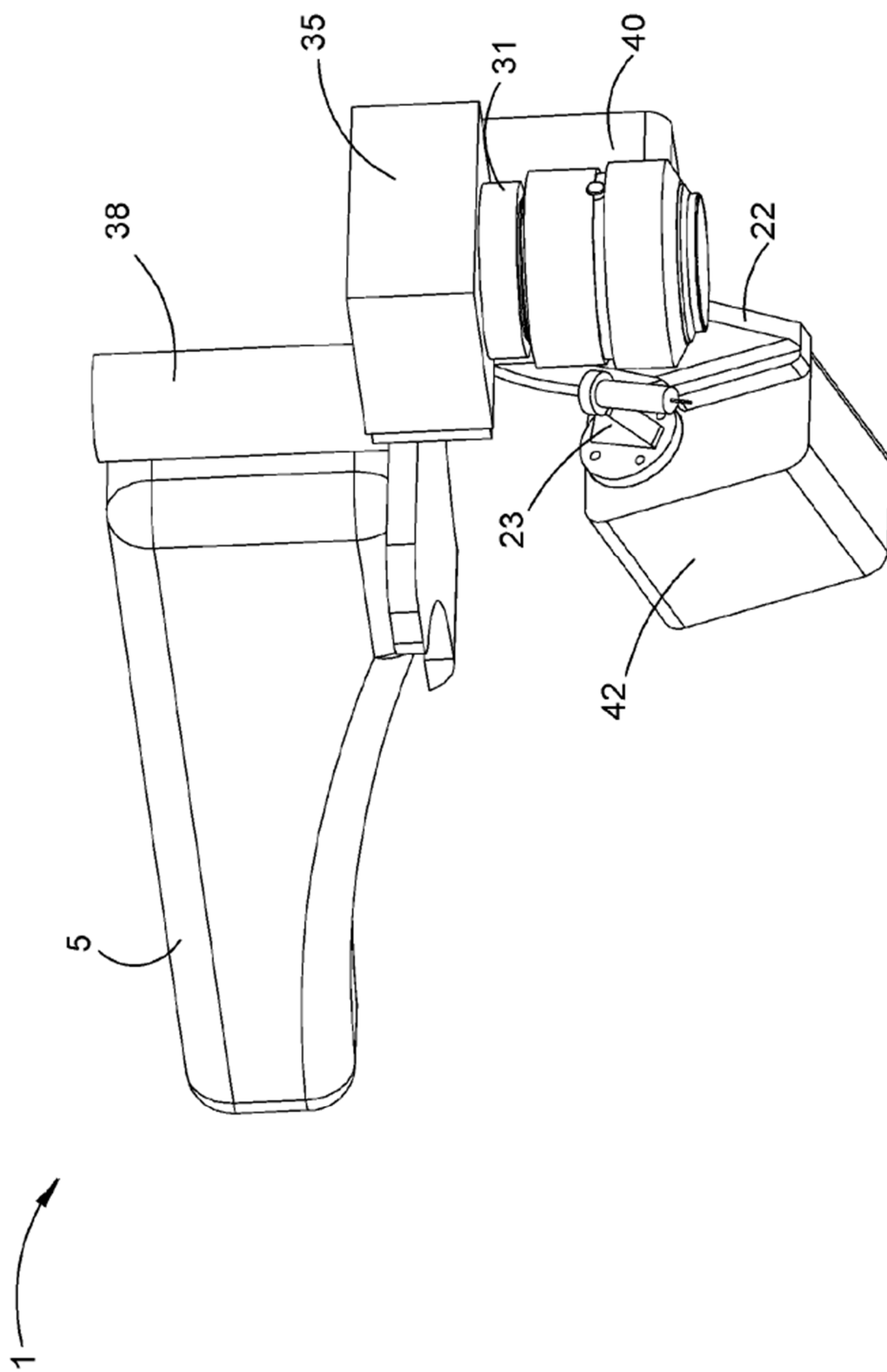


FIGURA 3



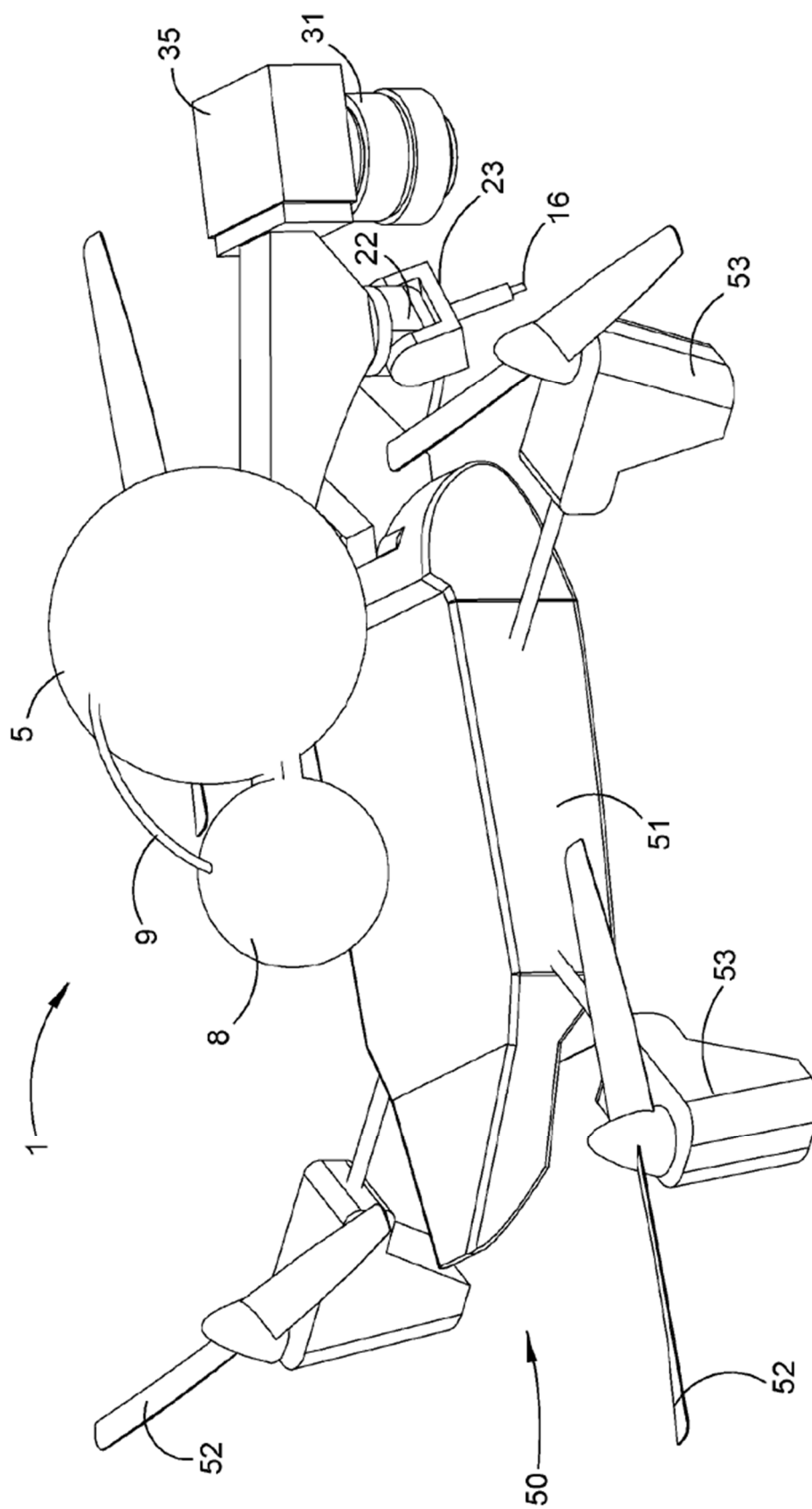


FIGURE 5

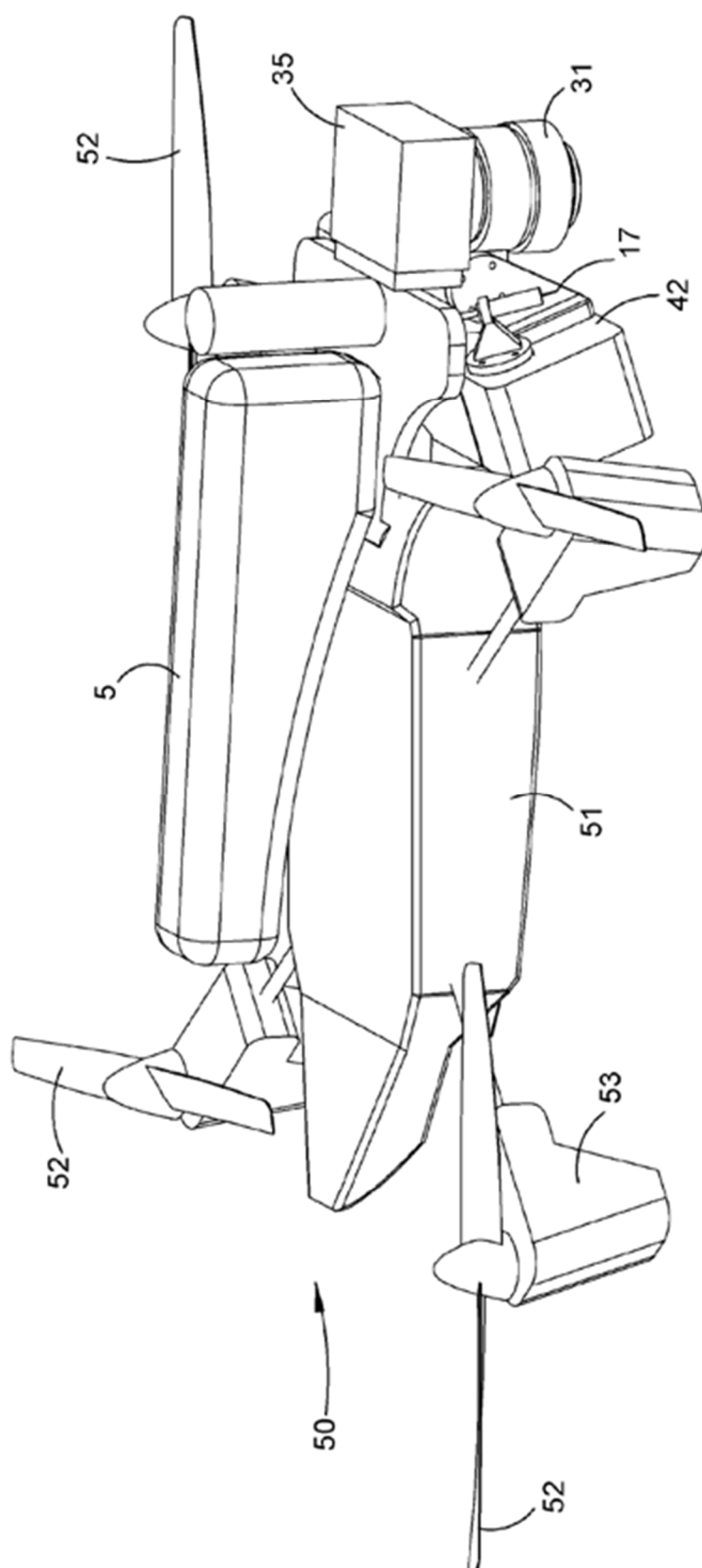
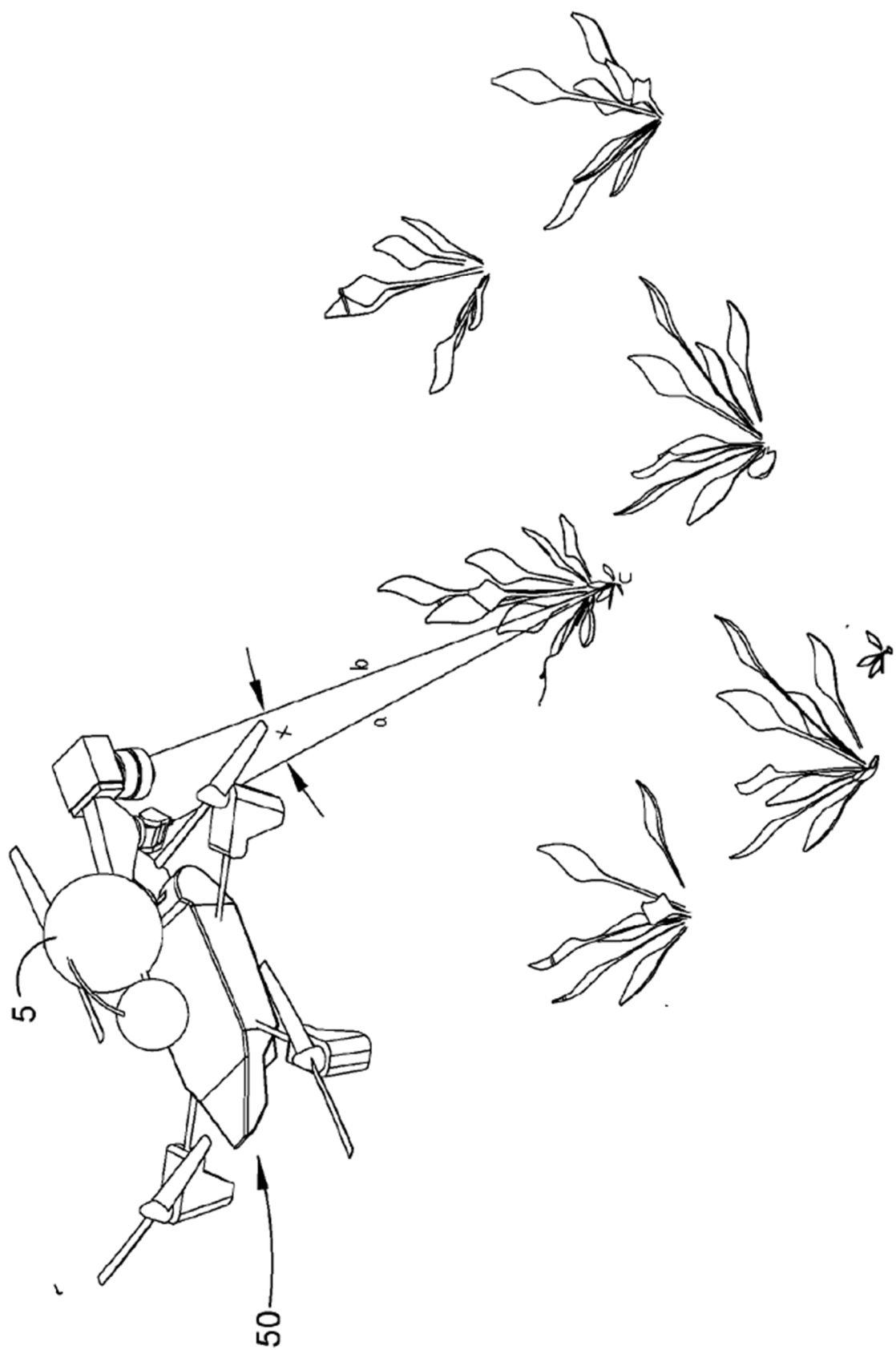


FIGURE 6



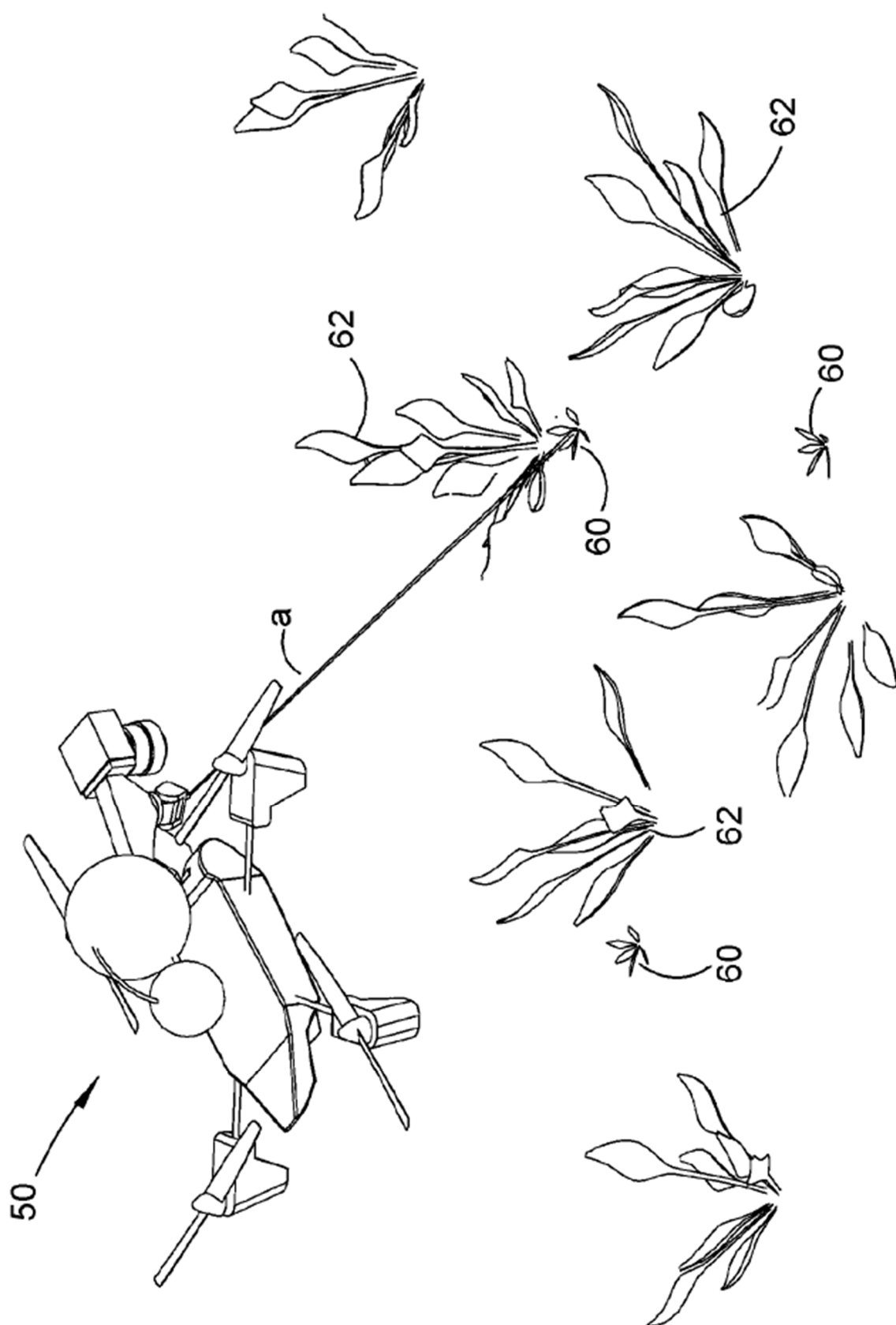
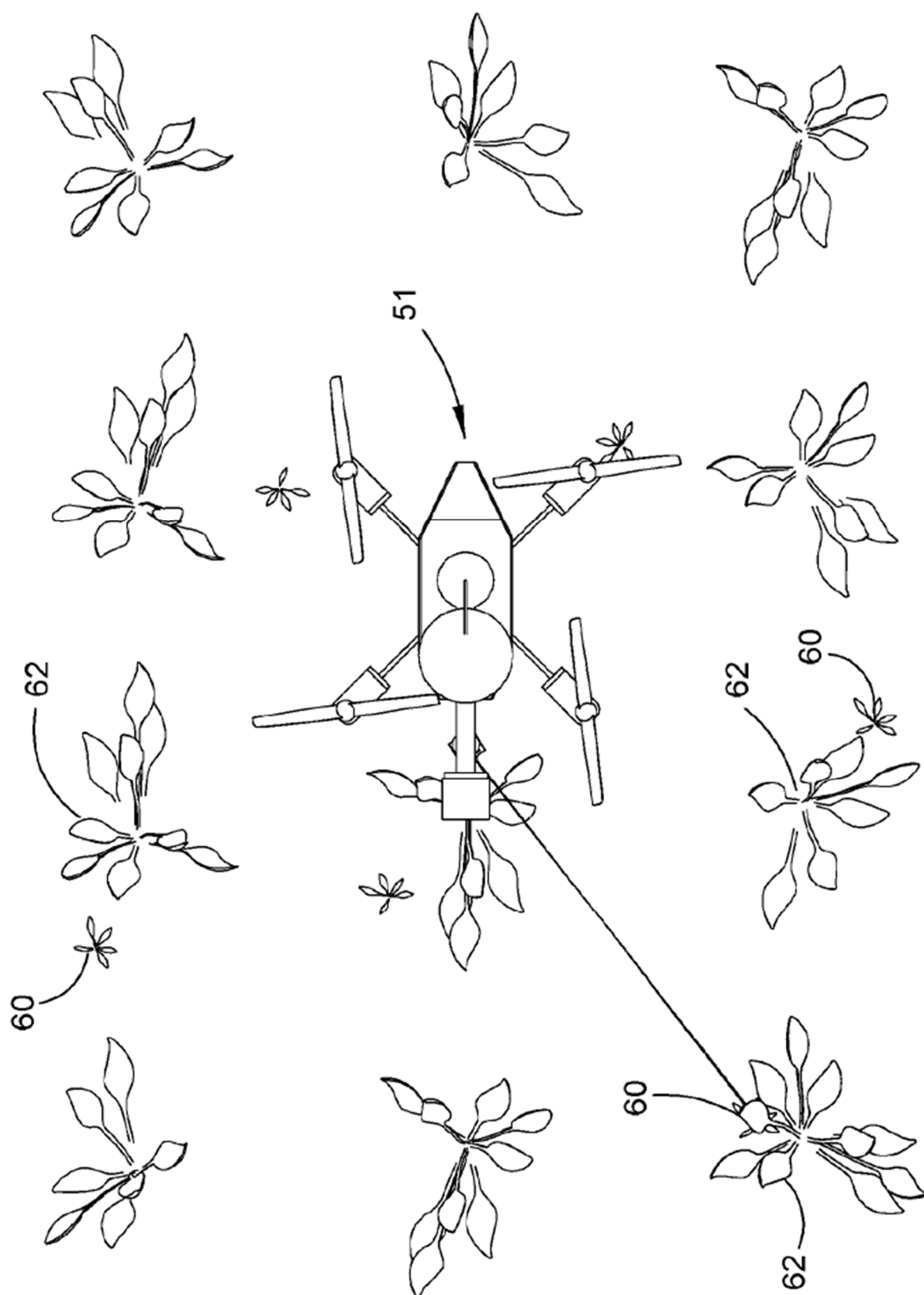


FIGURA 8



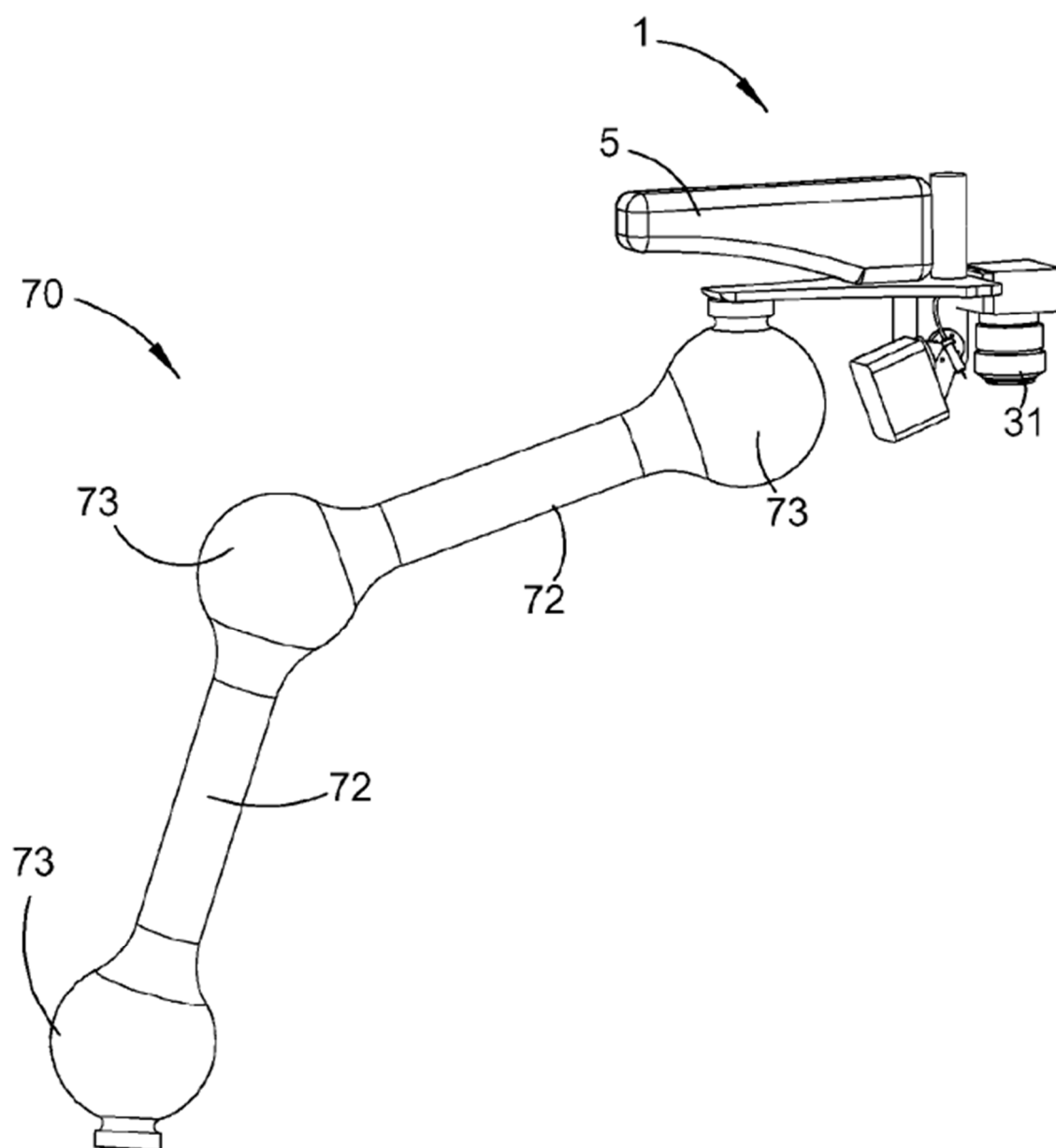


FIGURA 10

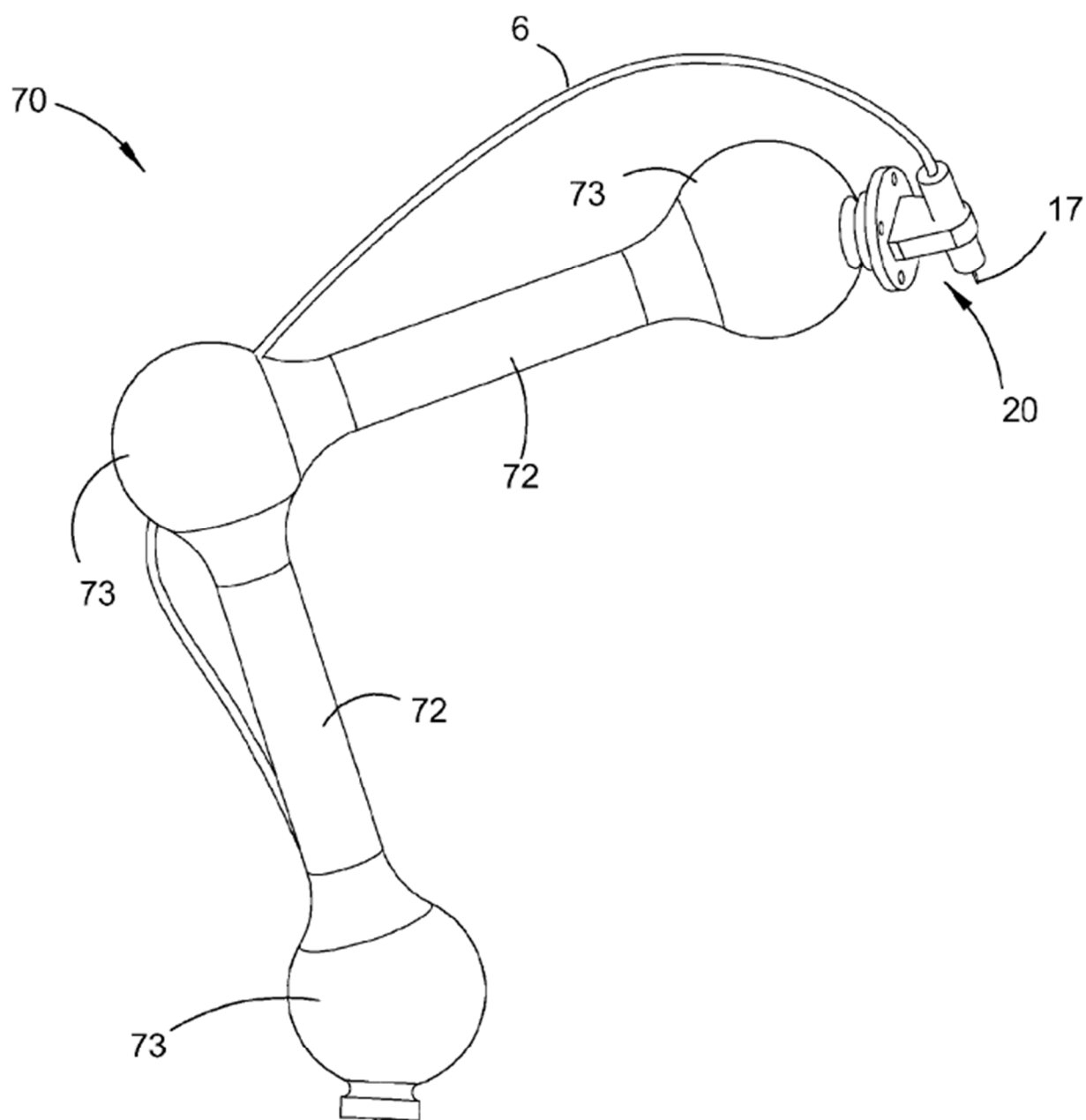
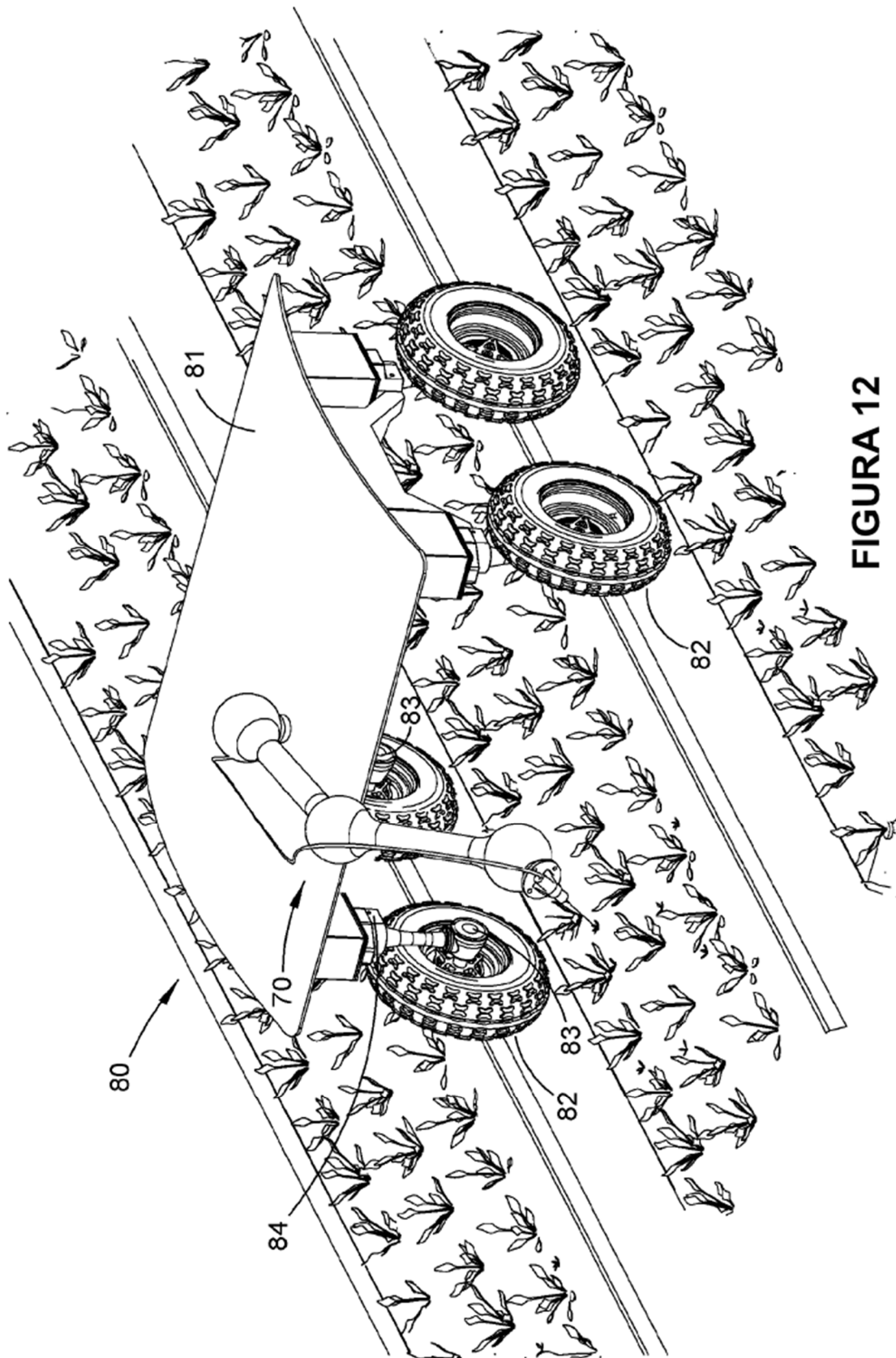


FIGURA 11



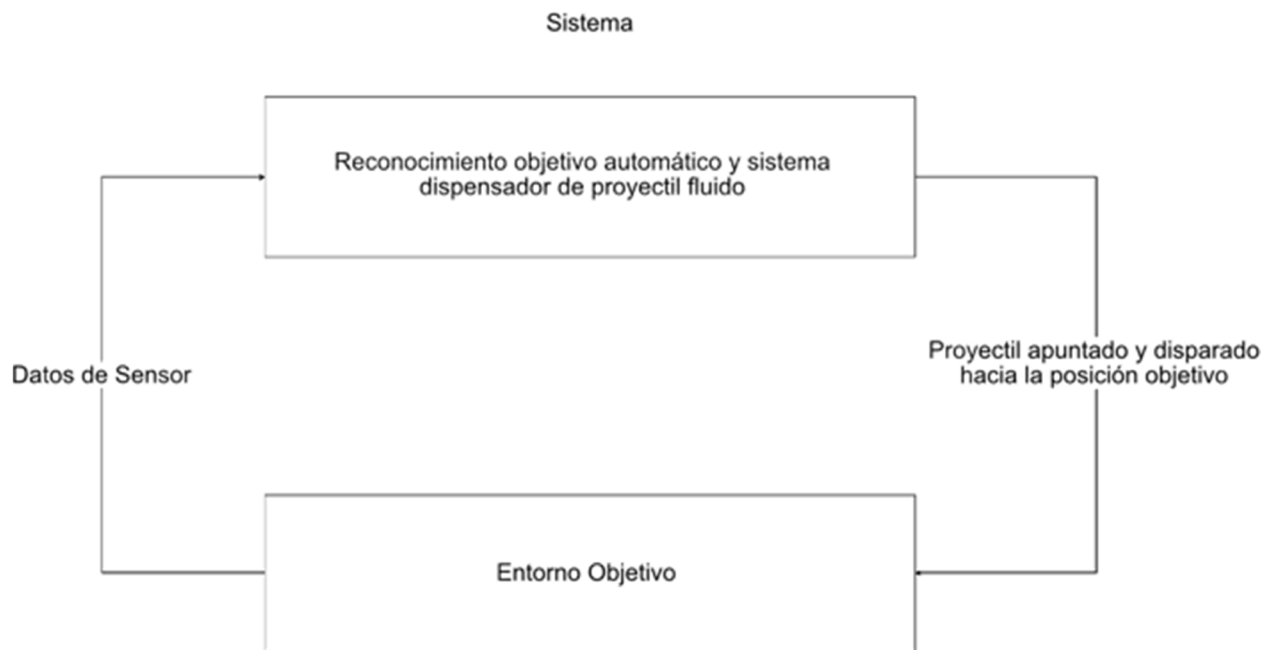


FIGURA 13

Ejemplo 1

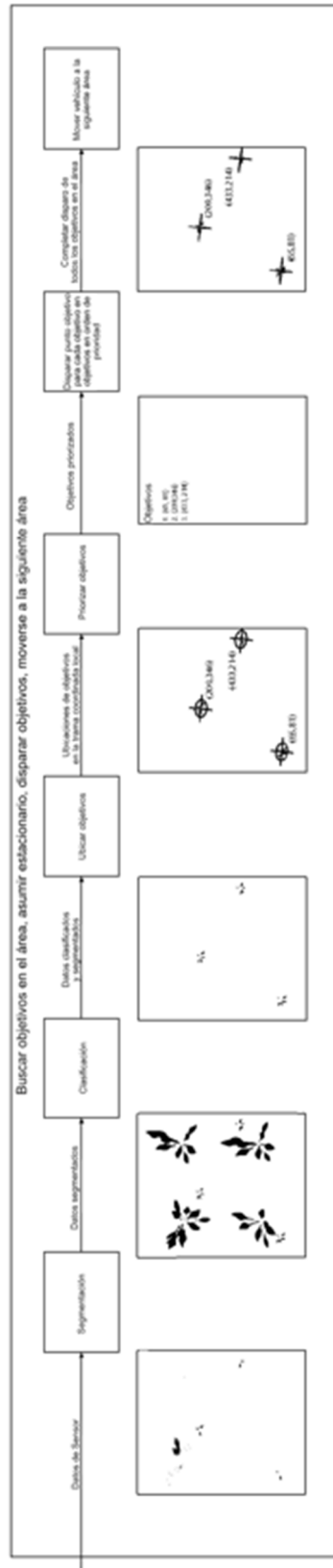


FIGURA 14

EJEMPLO 2

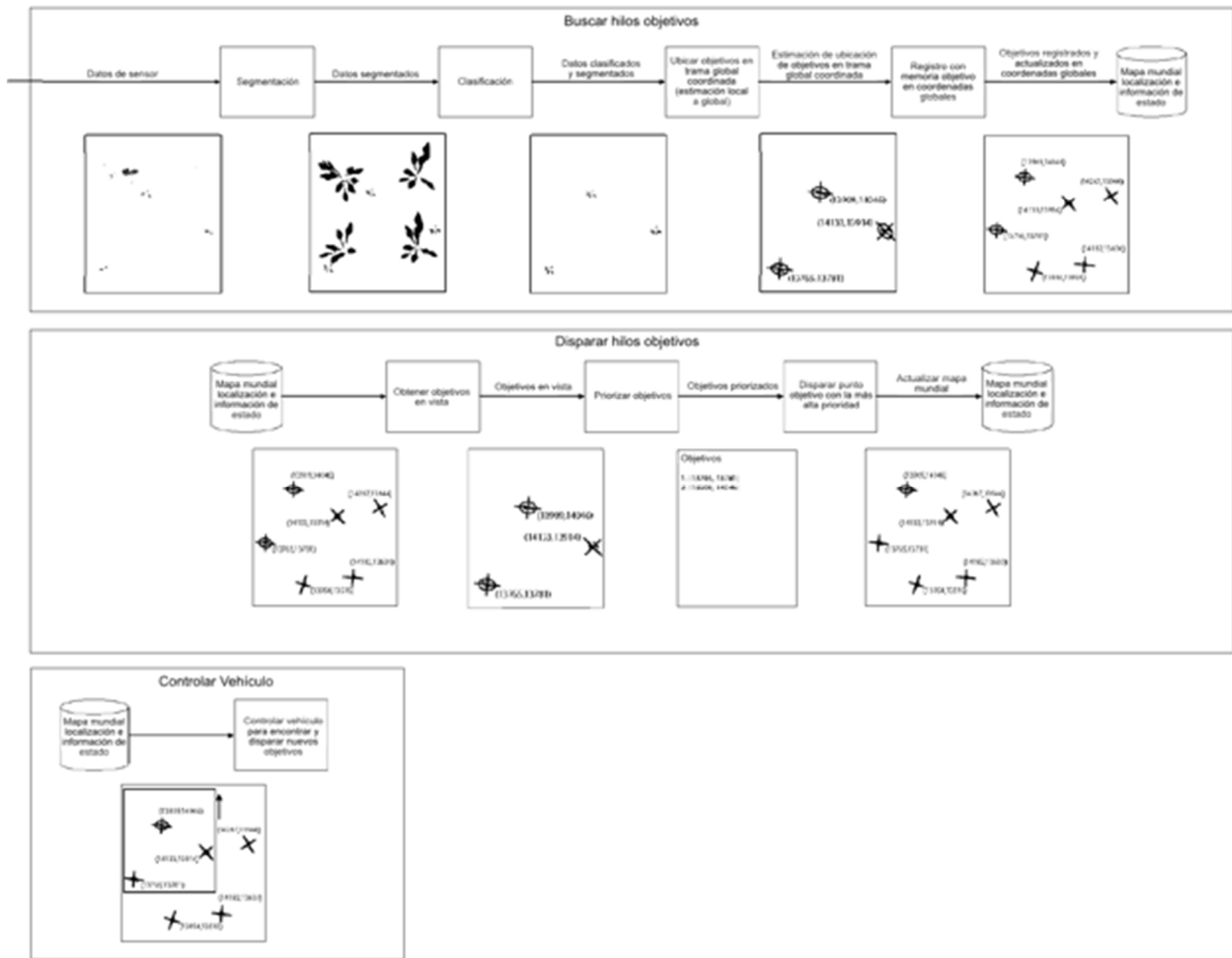


FIGURA 15

Ejemplo 3

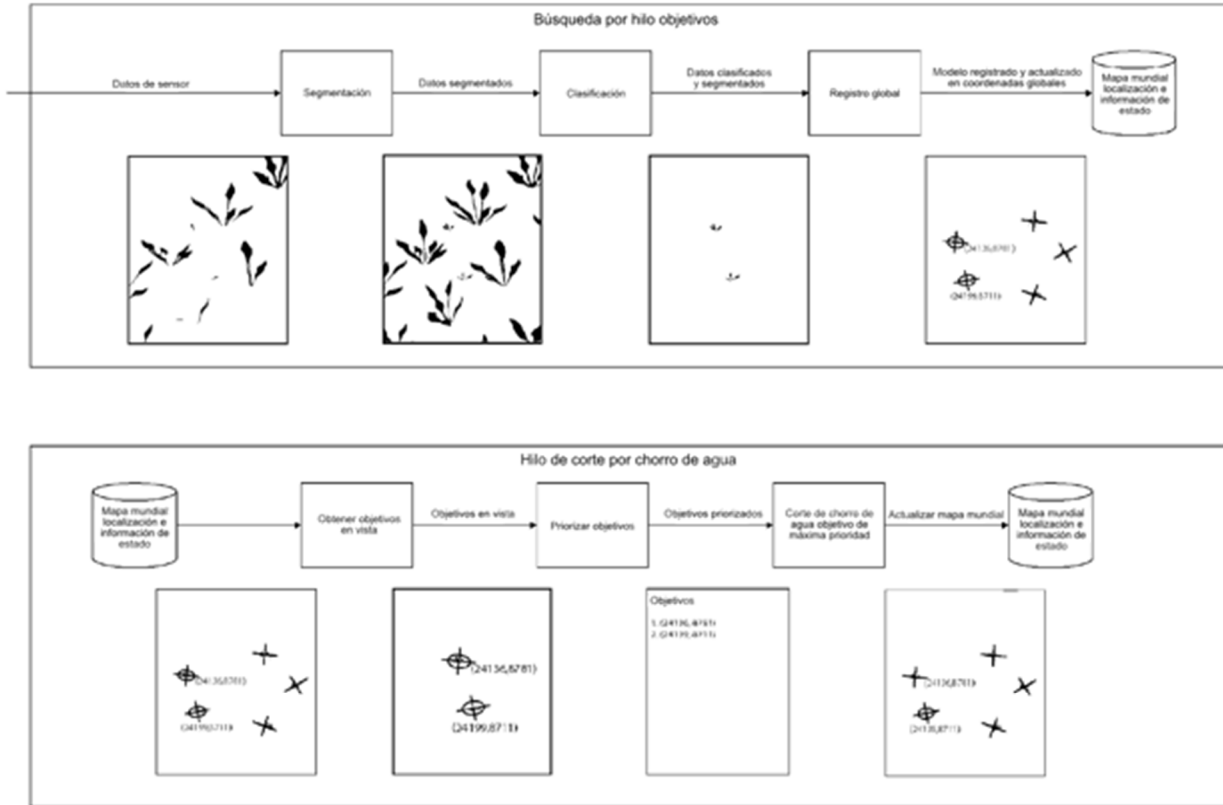


FIGURA 16

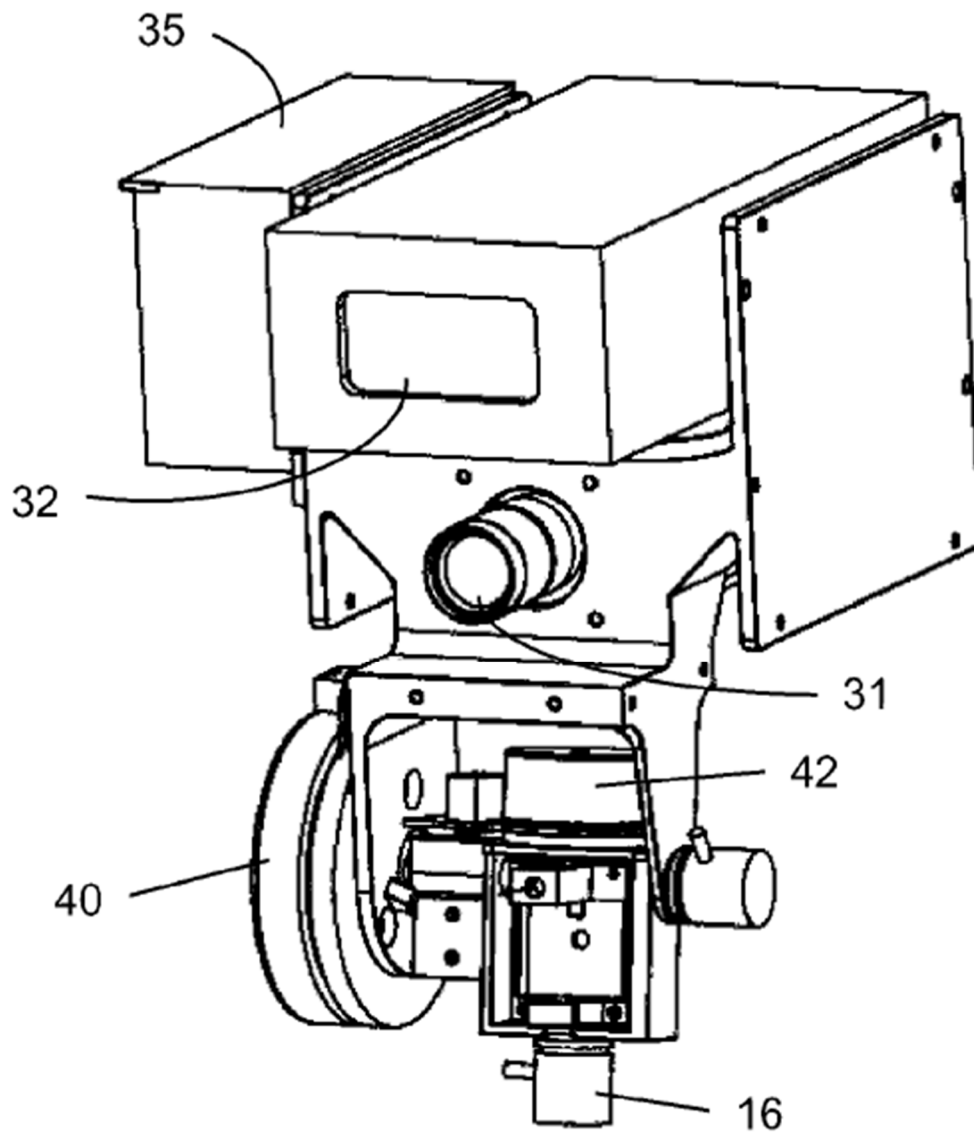


FIGURA 18

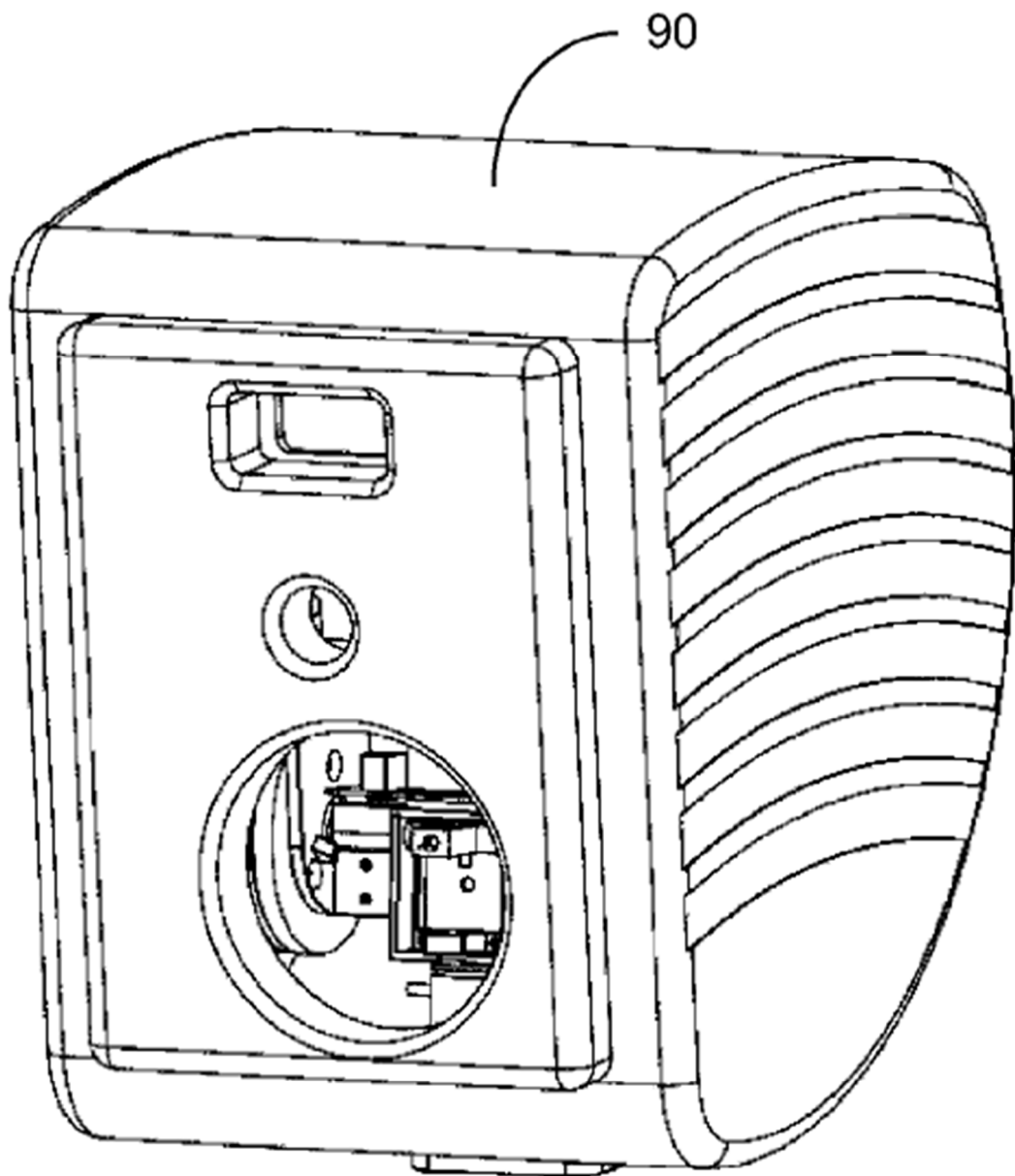


FIGURA 19

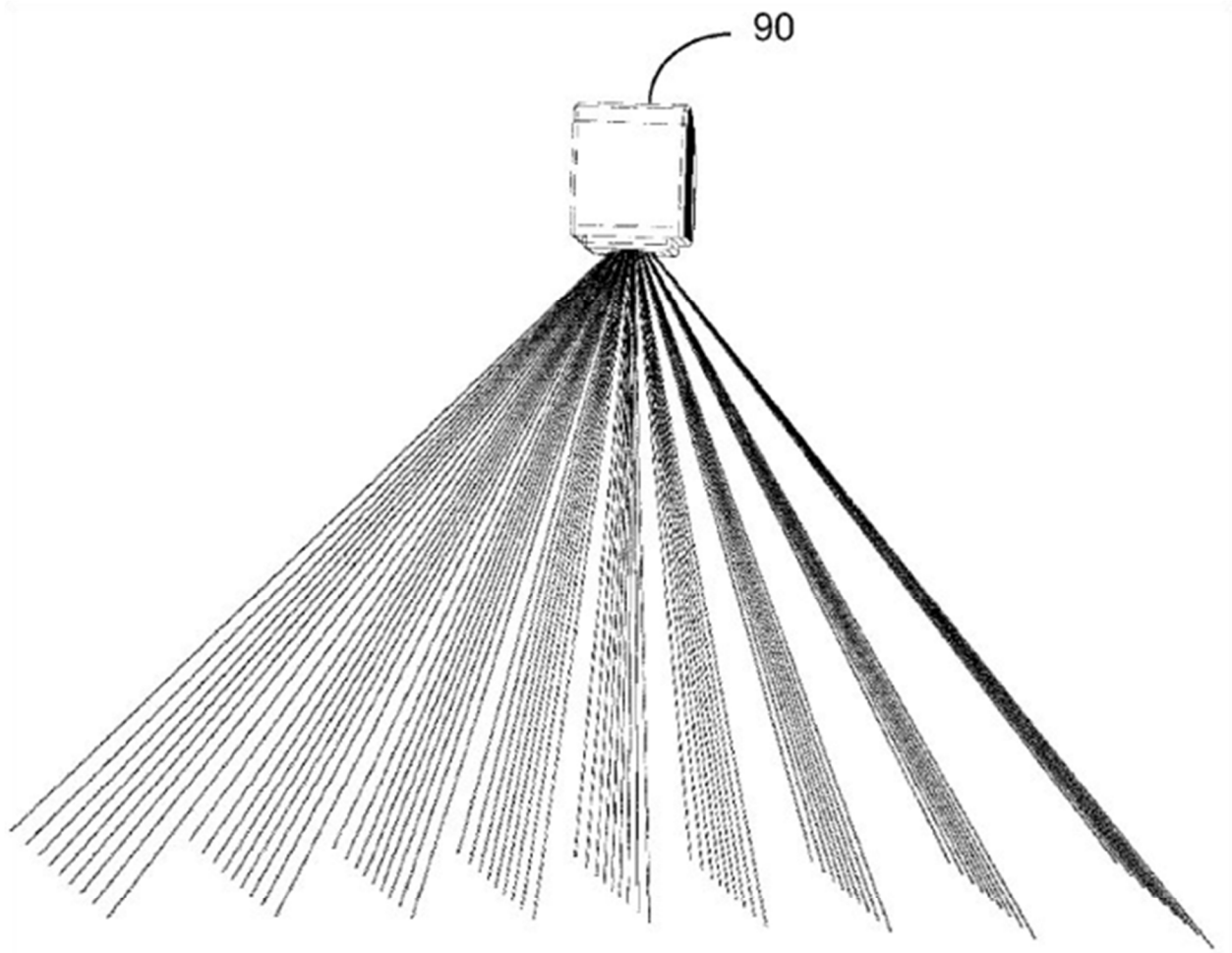


FIGURA 20

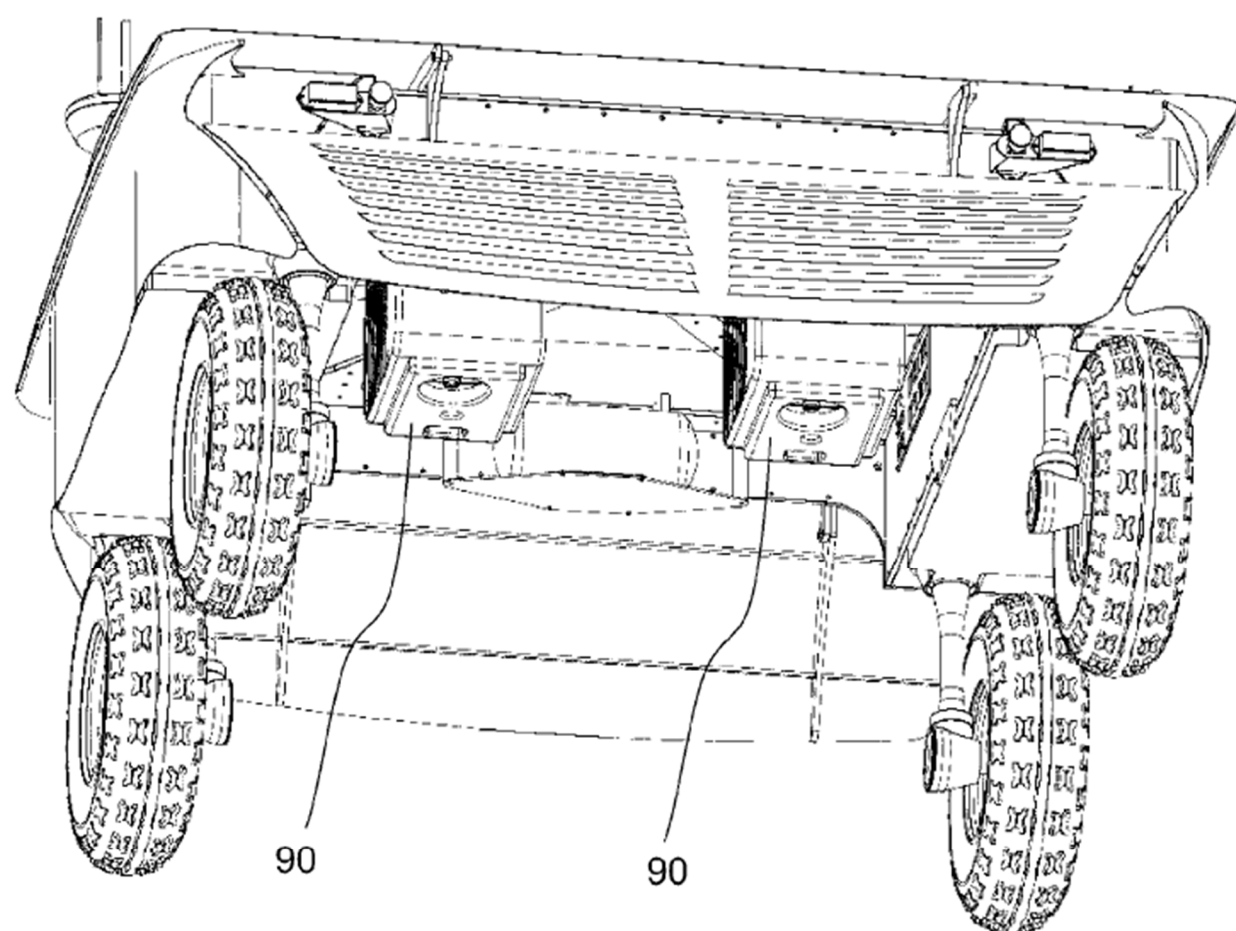
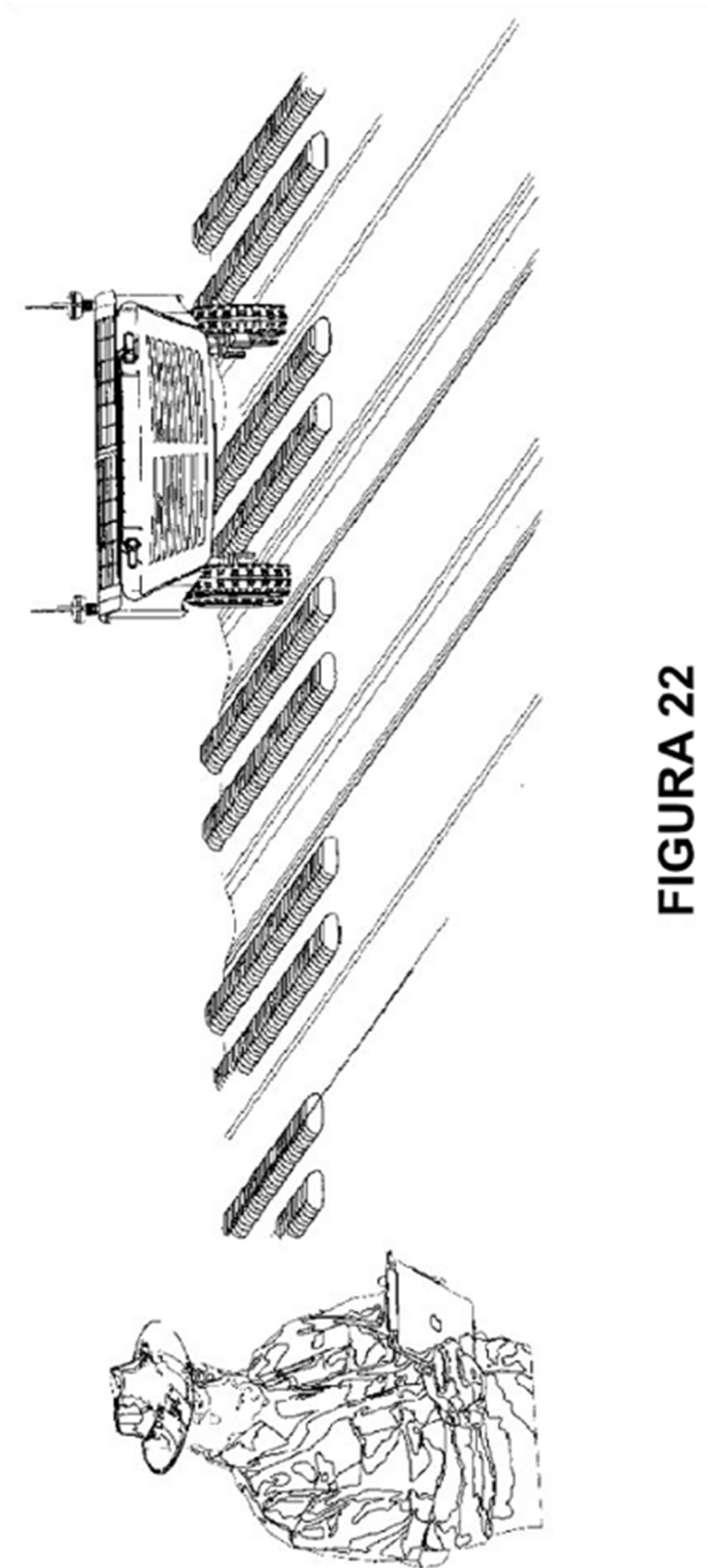


FIGURA 21



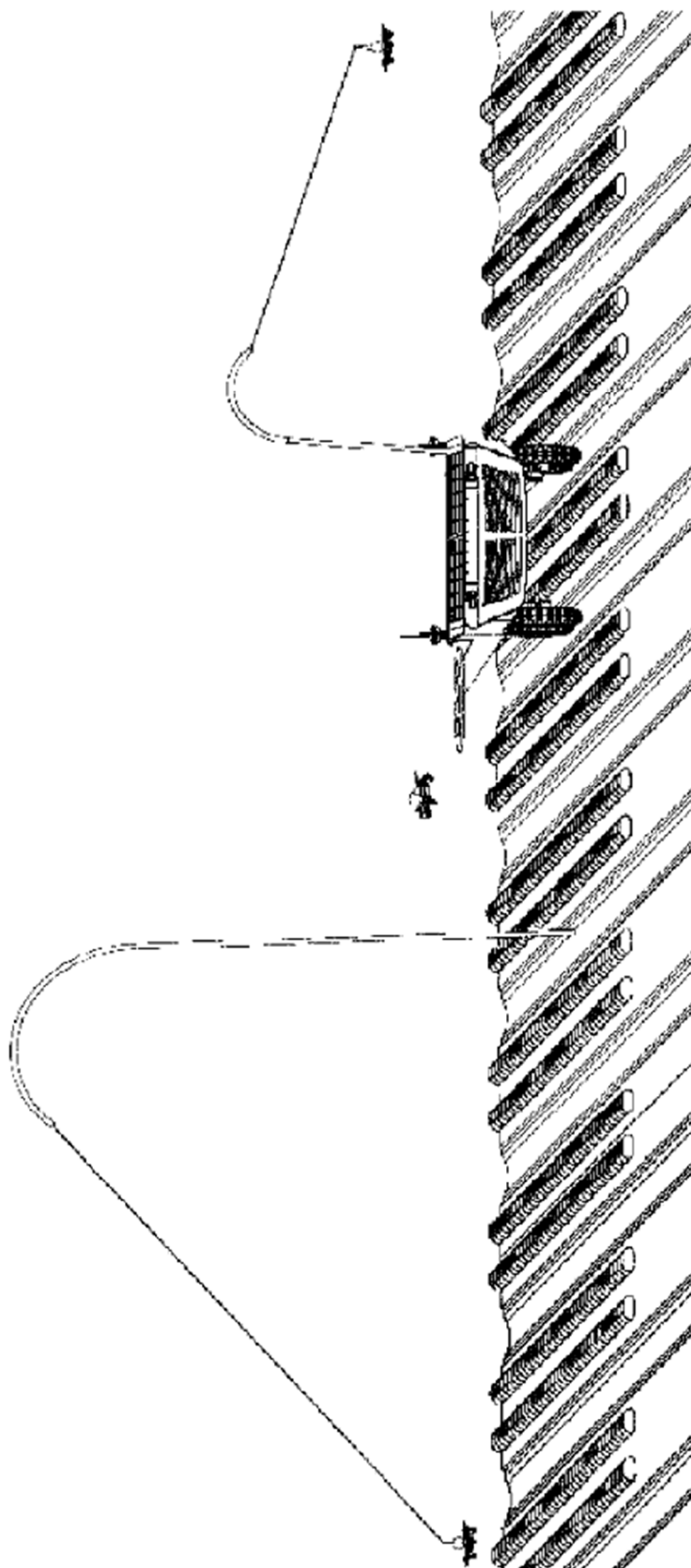


FIGURA 23

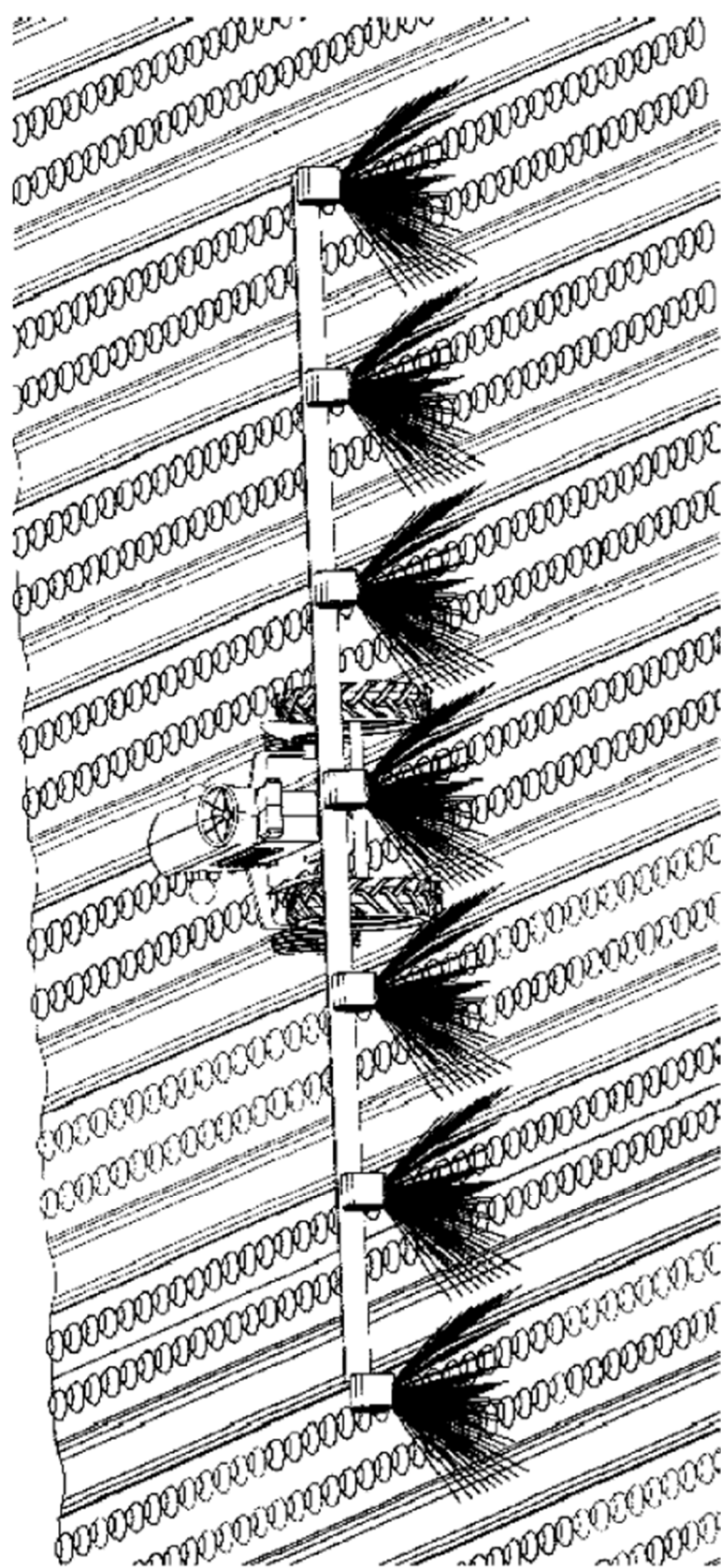


FIGURA 24