

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 341**

51 Int. Cl.:

B64C 39/02 (2006.01)

B64D 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2016 PCT/US2016/060172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2017 WO17079340**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2016 E 16809224 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3371051**

54 Título: **Sistema de dispersión para un vehículo aéreo no tripulado**

30 Prioridad:

02.11.2015 US 201562285023 P

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

26.11.2020

73 Titular/es:

**AEROVIRONMENT, INC. (100.0%)
900 Innovators Way
Simi Valley, CA 93065, US**

72 Inventor/es:

**HOLLY, LANCE;
DONOVAN, WILLIAM y
LESSIG, AARON**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 796 341 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 de dispersión para un vehículo aéreo no tripulado.

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica los derechos de prioridad de la solicitud provisional US nº 62/285,023 presentada el 2 de noviembre de 2015, titulada "Disbursement system for an unmanned aerial vehicle".

10 Campo técnico

La presente divulgación se refiere de manera general a sistemas de dispersión ("disbursement") y, más específicamente, a sistemas de dispersión de fluido o material particulado para un vehículo aéreo no tripulado.

15 Antecedentes

Los sistemas de dispersión de fluido o material particulado, tales como los proporcionados por un vehículo aéreo no tripulado ("UAV") (por ejemplo, un helicóptero), utilizan sistemas de control de flujo para dispersar un producto o producto químico para la agricultura sobre un espacio definido. Por ejemplo, la aplicación aérea de productos químicos o productos (por ejemplo, fertilizantes, herbicidas, retardador del fuego, etc.) a partir de un UAV se proporciona normalmente mediante una bomba y un conjunto de válvula que puede modularse con respecto a la cantidad de producto químico que está dispersándose. Sin embargo, la dispersión de productos para la agricultura por vía aérea es propensa a una cobertura no sistemática debido, por lo menos en parte, a fluctuaciones en la velocidad del viento y en la altitud y velocidad del UAV. Por ejemplo, puede estar presente una variación en la uniformidad de pulverización debido a movimientos de vehículo no uniformes durante las fases de aceleración, crucero y desaceleración de cada pasada de pulverización. Además, perturbaciones habituales tales como alabeo, cabeceo y guiñada, o aceleraciones hacia delante, vertical y lateral del UAV pueden contribuir a la falta de uniformidad en la distribución sin tener en cuenta estos movimientos.

Por tanto, es deseable proporcionar un sistema de dispersión mejorado y, más específicamente, un sistema de dispersión mejorado para un UAV que aborde los problemas anteriormente mencionados y/o que ofrezca de manera más general mejoras o una alternativa a disposiciones existentes.

La información incluida en esta sección de antecedentes de la memoria descriptiva, incluyendo cualquier referencia citada en la presente memoria y cualquier descripción o discusión de las mismas, se incluye únicamente como referencia técnica y no debe considerarse objeto por el cual debe limitarse el alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

El documento WO 2005/123503 A1 da a conocer un conjunto para la distribución aérea controlada de por lo menos un producto químico a partir de por lo menos una boquilla de pulverización, incluyendo el conjunto; un conjunto de brazo que puede unirse a una aeronave que soporta la por lo menos una boquilla y se comunica entre un suministro de producto químico y una salida a dicha por lo menos una boquilla.

El documento WO 2011/152702 A1 da a conocer un aparato volador controlado de manera remota utilizado para fines de pulverización de cultivos y monitorización de cultivos en el que un microcontrolador está electrónicamente acoplado a unos medios de medición de inercia.

Breve resumen

La invención se define por las reivindicaciones independientes 1 y 10.

Las reivindicaciones dependientes definen aspectos preferidos de la invención.

La presente divulgación proporciona de manera general un sistema de dispersión para un UAV. En una forma de realización, el sistema de dispersión puede incluir un depósito de producto, un sistema de bomba, una pluralidad de boquillas de dispersión que pueden hacerse funcionar para dispensar un producto químico o producto (por ejemplo, un producto para la agricultura) a una tasa de flujo, y un sistema de control para modular la tasa de flujo. El sistema de control puede incluir una pluralidad de sensores que pueden hacerse funcionar para monitorizar una pluralidad de parámetros de vuelo y una unidad de procesamiento configurada para modelar el efecto de la pluralidad de parámetros de vuelo sobre una primera cobertura del producto para la agricultura. Basándose en el efecto modelado, el sistema de control puede alterar la tasa de flujo de la pluralidad de boquillas de dispersión para lograr una segunda cobertura del producto para la agricultura.

Las formas de realización de la presente divulgación pueden incluir un vehículo aéreo no tripulado. El vehículo aéreo no tripulado puede incluir un sistema de accionamiento, un sistema de control que presenta una pluralidad de sensores para monitorizar el estado de navegación del vehículo aéreo no tripulado, y por lo menos un

mecanismo de dispersión que puede hacerse funcionar para dispersar un producto para la agricultura en un patrón de pulverización sobre una zona. El estado de navegación puede incluir velocidades y aceleraciones longitudinal, lateral y vertical del vehículo, posición y altitud, ángulos de actitud y velocidades angulares del vehículo, velocidad y dirección del viento, entre otras cosas. El estado de navegación puede escribirse en forma vectorial y puede estimarse mediante filtrado y ponderado de una pluralidad de datos de sensores de aeronave y de navegación. Un filtro de Kalman extendido, por ejemplo, puede filtrar sensores de navegación de aeronave para llegar a estimación/estimaciones de estado de navegación precisa(s) y robusta(s). El/los mecanismo(s) de dispersión puede(n) presentar una tasa de flujo variable. El sistema de control puede modular la tasa de flujo del/de los mecanismo(s) de dispersión para lograr una uniformidad sustancial del patrón de pulverización basándose en datos recibidos a partir de la pluralidad de sensores.

Las formas de realización de la presente divulgación pueden incluir un procedimiento de dispersión de una sustancia por vía aérea sobre un espacio definido utilizando un vehículo aéreo que presenta por lo menos un mecanismo de dispersión. El procedimiento puede incluir recibir por lo menos un parámetro de navegación asociado con el vuelo del vehículo aéreo, modelar un patrón de pulverización del/de los mecanismo(s) de dispersión utilizando el/los parámetro(s) de navegación, y controlar una tasa de flujo del/de los mecanismo(s) de dispersión para modular el patrón de pulverización del/de los mecanismo(s) de dispersión para lograr una uniformidad o patrón deseado.

Las formas de realización y características adicionales se exponen en parte en la siguiente descripción y resultarán evidentes para los expertos en la materia tras examinar la memoria descriptiva o pueden aprenderse mediante la puesta en práctica del objeto dado a conocer. Puede obtenerse una comprensión adicional de la naturaleza y las ventajas de la presente divulgación mediante referencia a las partes restantes de la memoria descriptiva y los dibujos, que forman parte de esta divulgación. Un experto en la materia entenderá que cada uno de los diversos aspectos y características de la divulgación pueden utilizarse ventajosamente por separado en algunos casos, o en combinación con otros aspectos y características de la divulgación en otros casos.

Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos de una manera simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. No se pretende que este resumen identifique características clave o características esenciales del objeto reivindicado, ni se pretende que se utilice para limitar el alcance del objeto reivindicado. En la siguiente descripción escrita de diversas formas de realización de la invención e ilustrada en los dibujos adjuntos se proporciona una presentación más extensa de características, detalles, utilidades y ventajas de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en, y forman parte de, la memoria descriptiva, ilustran ejemplos de la divulgación y, junto con la descripción general anterior y la descripción detallada a continuación, sirven para explicar los principios de estos ejemplos.

La figura 1 es una vista isométrica de un UAV de tipo helicóptero que incorpora un sistema de dispersión según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento de potenciación de una tasa de flujo de un sistema de dispersión según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 3 es una representación gráfica de potenciación variable de una tasa de flujo de un sistema de dispersión en función de la velocidad de la aeronave según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 4 es una vista representativa de un UAV con errores de uniformidad inherentes debidos a la dinámica de cabeceo según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 5 es una representación gráfica de tasas de aplicación con diversos niveles de potenciación de cabeceo según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 6 es una vista representativa de un UAV con errores de uniformidad inherentes debidos a dinámica de guiñada según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 6A es una vista representativa de un UAV con una alteración de guiñada positiva según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 6B es una vista representativa de un UAV con errores de uniformidad inherentes debidos a zonas de pulverización no rectilíneas según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 7 es una vista representativa de un UAV con errores de uniformidad inherentes debidos a dinámica de alabeo según una forma de realización de la presente divulgación.

Descripción detallada

- 5 La presente divulgación proporciona de manera general un sistema de dispersión para un UAV que proporciona
cobertura más uniforme de un producto para la agricultura mediante la utilización de modelado y control de mayor
fidelidad de las variables que presentan un suministro no uniforme en aplicaciones de pulverización aérea. El
sistema de dispersión puede utilizarse en una variedad de aplicaciones, por ejemplo, dispersión de un producto
para la agricultura sobre un espacio definido, o similares. El sistema de dispersión integra un sistema de control
que presenta una pluralidad de sensores que pueden hacerse funcionar para monitorizar una pluralidad de
10 parámetros de vuelo (por ejemplo, posición y trayectoria) para controlar la dispersión del producto para la
agricultura. El sistema de dispersión funciona para lograr una uniformidad sustancial del producto para la
agricultura sobre el espacio definido modulando la dispersión del producto para la agricultura basándose en datos
en vuelo recibidos a partir de la pluralidad de sensores. Mediante la utilización del sistema de dispersión de la
presente divulgación, pueden lograrse mejoras significativas de cobertura uniforme con respecto a mecanismos
15 de dispersión convencionales. Aunque se describe haciendo referencia a un producto para la agricultura, se
contempla que el sistema de dispersión puede dispensar sustancialmente cualquier tipo de producto o producto
químico, ya sea líquido, polvo o granular, incluyendo, pero sin limitarse a, herbicida, fertilizante, retardador del
fuego y cualquier otra sustancia para la agricultura o no.
- 20 Haciendo a continuación referencia a la figura 1, un UAV 100 de tipo helicóptero incluye de manera general una
estructura 102 de armazón a la que un conjunto de rotor principal 104 que presenta una pluralidad de palas de
rotor principal 106 (por ejemplo, dos palas de rotor principal 106) está unido de manera rotatoria en un primer eje
de rotación R_1 . Un botalón 108 de cola está conectado a la estructura 102 de armazón para ubicar un conjunto de
rotor de cola 110 que presenta una pluralidad de palas de rotor de cola 112 (por ejemplo, dos palas de rotor de
25 cola 112) alejado una distancia desde el primer eje de rotación R_1 del conjunto de rotor principal 104. Por ejemplo,
el botalón 108 de cola incluye un extremo proximal 114 y un extremo distal 116. El extremo proximal 114 del botalón
108 de cola está conectado a la estructura 102 de armazón (por ejemplo, una porción trasera de la estructura 102
de armazón) y el conjunto de rotor de cola 110 está unido de manera rotatoria al extremo distal 116 del botalón
108 de cola en un segundo eje de rotación R_2 , que puede estar posicionado de manera ortogonal con respecto al primer
30 eje de rotación R_1 . Tal como se muestra en la figura 1, el conjunto de rotor principal 104 está montado de manera
horizontal en el UAV 100 para proporcionar sustentación vertical con la rotación del conjunto de rotor principal 104
alrededor del primer eje de rotación R_1 . Además de proporcionar sustentación vertical, el conjunto de rotor principal
104 asimismo puede proporcionar capacidad de ajuste de cabeceo y de alabeo para el UAV 100.
- 35 El conjunto de rotor de cola 110 está montado de manera vertical en el extremo distal 116 del botalón 108 de cola
para proporcionar empuje horizontal con la rotación del conjunto de rotor de cola 110 alrededor del segundo eje de
rotación R_2 . El empuje horizontal proporcionado por el conjunto de rotor de cola 110 controla la posición de rotación
(es decir, guiñada) del UAV 100, por ejemplo, contrarrestando el par creado por la rotación del conjunto de rotor
principal 104. El botalón 108 de cola puede incluir un estabilizador 118 vertical para impedir que el conjunto de
40 rotor de cola 110 entre en contacto con una superficie de soporte (por ejemplo, el suelo) durante el aterrizaje o el
funcionamiento en tierra del UAV 100. En algunas formas de realización, el estabilizador 118 vertical puede soportar
el UAV 100 contra la superficie de soporte durante el funcionamiento no en vuelo y/o el almacenamiento. Adicional
o alternativamente, el estabilizador 118 vertical puede ayudar o permitir de otro modo que el UAV 100 experimente
"efecto veleta" en la dirección de movimiento durante el vuelo.
- 45 En la forma de realización ilustrativa de la figura 1, el UAV 100 incluye un sistema de accionamiento 120 para
provocar el vuelo del UAV 100. En un sentido general, el sistema de accionamiento 120 incluye un tren motriz, el
conjunto de rotor principal 104 y el conjunto de rotor de cola 110. El tren motriz incluye un motor (por ejemplo, un
motor eléctrico) y un conjunto de engranaje respectivamente para generar potencia y suministrarla al conjunto de
rotor principal 104 y/o al conjunto de rotor de cola 110. El conjunto de engranaje, que convierte y/o traduce la
50 energía (por ejemplo, rotación) del motor en la rotación requerida para accionar el conjunto de rotor principal 104
y/o el conjunto de rotor de cola 110, puede incluir un conjunto de cajas de engranajes mecánicas enganchadas de
manera engranada y/o una transmisión electromagnética. Mediante el conjunto de cajas de engranajes mecánicas
y/o la transmisión electromagnética, el conjunto de engranaje dirige la potencia generada por el motor tanto al
conjunto de rotor principal 104 como al conjunto de rotor de cola 110. Sin embargo, en algunas formas de
55 realización, el conjunto de rotor de cola 110 puede accionarse mediante un tren motriz secundario ubicado
sustancialmente dentro del botalón 108 de cola. En formas de realización en las que el motor es un motor eléctrico,
el UAV 100 incluye una fuente de potencia (por ejemplo, un conjunto de baterías) para alimentar el motor durante
el funcionamiento en vuelo. La fuente de potencia puede ser recargable mediante conexión con fuentes de tensión
de CC y/o CA. Adicional o alternativamente, la fuente de potencia puede recargarse mediante uno o más paneles
60 solares conectados al UAV 100. En algunas formas de realización, porciones del sistema de accionamiento 120
pueden recibirse dentro de la estructura 102 de armazón para conservar espacio y proteger los componentes
individuales del sistema de accionamiento 120.
- 65 En la forma de realización ejemplificativa de la figura 1, el UAV 100 está equipado con un sistema de dispersión
130 que puede hacerse funcionar para dispersar una sustancia o producto fluido (por ejemplo, un producto para la

agricultura) a tasas de flujo variables, que pueden medirse en unidades por medida lineal. Por ejemplo, el sistema de dispersión 130 puede incluir un equipo de pulverización 132 unido a la estructura 102 de almacén. Tal como se muestra, el equipo de pulverización 132 puede extenderse lateralmente desde la estructura 102 de almacén de tal manera que el equipo de pulverización 132 no entra en contacto con la superficie de soporte durante el funcionamiento no en vuelo o el almacenamiento. Para dispersar el producto para la agricultura, puede unirse una pluralidad de boquillas de dispersión 134 al equipo de pulverización 132. En algunas formas de realización, el producto para la agricultura, que puede ser una o una sustancia granular, puede pulverizarse mediante las boquillas de dispersión 134 a medida que el UAV 100 atraviesa por vía aérea sobre un espacio definido o zona 136 de pulverización (ver la figura 6, por ejemplo). Cada boquilla de dispersión 134 puede dispersar el producto para la agricultura en un flujo o patrón de pulverización constante o variable. Tal como se explica con mayor detalle a continuación, el sistema de dispersión 130, y más específicamente las boquillas de dispersión 134, pueden modularse o controlarse mediante un controlador 138 de flujo (por ejemplo, un sistema de bomba de velocidad variable) para lograr una uniformidad sustancial de cobertura del producto para la agricultura sobre el espacio definido o la zona 136 de pulverización (ver la figura 2). En algunas formas de realización, el controlador 138 de flujo puede ser sensible a instrucciones y puede hacerse funcionar para regular un volumen del producto para la agricultura dispensado por el sistema de dispersión 130 (por ejemplo, las boquillas de dispersión 134). Aunque se describe haciendo referencia a boquillas de dispersión 134, se contempla sustancialmente cualquier tipo de mecanismo de dispersión.

Haciendo referencia a la figura 2, el UAV 100 puede estar equipado con un sistema de control 140 tanto para monitorizar parámetros de vuelo y condiciones ambientales como para controlar el sistema de dispersión 130 por lo menos durante el funcionamiento en vuelo. El sistema de control 140 de una forma de realización ejemplificativa incluye una unidad de procesamiento 142, y una pluralidad de sensores 144 para monitorizar la posición, trayectoria y otros parámetros de vuelo del UAV 100. Por ejemplo, los sensores 144 pueden monitorizar la posición y velocidad de la aeronave así como otros parámetros de navegación medibles e inerciales para proporcionar potencia al sistema de dispersión 130. Estos pueden incluir alabeo, cabeceo y guiñada (es decir, ángulos de actitud ϕ , θ , ψ); aceleraciones lineales en cada uno de los ejes ortogonales (es decir, a_x , a_y , a_z); aceleraciones angulares alrededor de cada uno de los ejes ortogonales (es decir, ω_x , ω_y , ω_z); carga/peso de disco (es decir, DL); y otras variables de estimación del estado de aeronave. En algunas formas de realización, los sensores 144 pueden monitorizar la altitud de la aeronave, vectores de viento y/o aceleración del conjunto de rotor principal 104 para tener en cuenta por lo menos la corriente ("wash") de rotor creada por el UAV 100 dentro de las instrucciones de control de flujo, tal como se detalla a continuación.

En algunas formas de realización, los datos recibidos por cada uno de los sensores 144 pueden pasarse a la unidad de procesamiento 142 para calcular la salida de tasa de flujo necesaria a partir del sistema de dispersión 130 basándose en una función matemática modelada por el UAV 100. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 142 puede modelar un efecto de los parámetros de vuelo monitorizados sobre primeras instrucciones de control de flujo 146 correspondientes a una cobertura 148 de prescripción del producto para la agricultura y calcular y emitir instrucciones de control de flujo moduladas 150 al sistema de dispersión 130 (por ejemplo, al controlador 138 de flujo). Basándose en el efecto modelado, el sistema de control 140 puede alterar o modular de otro modo las primeras instrucciones de control de flujo 146 para cambiar la tasa de flujo de una o más de las boquillas de dispersión 134, o bien de manera colectiva o bien de manera individual, para lograr una cobertura real del producto para la agricultura que está más próxima de la cobertura 148 de prescripción de lo que se lograría sin las instrucciones de control de flujo moduladas 150. Como tal, en algunas formas de realización, la cobertura real es más uniforme en comparación con una cobertura posible resultante de las primeras instrucciones de control de flujo 146. De esta manera, el sistema de control 140 puede modular la tasa de flujo del sistema de dispersión 130 para lograr una uniformidad sustancial de cobertura basándose en datos en tiempo real recibidos a partir de los sensores 144. El sistema de control 140 puede implementarse utilizando metodologías de control normalizadas incluyendo inversión dinámica, control por retroalimentación clásica y/o formulaciones de control modernas más avanzadas impulsando errores de pulverización para que se aproximen a cero basándose en la cobertura 148 de prescripción o mapa de pulverización que se normaliza para la topografía particular de la zona que va a pulverizarse. En algunas formas de realización, la potencia de la tasa de flujo puede lograr una aplicación sustancialmente uniforme del producto para la agricultura por medida lineal de la zona sobre la que está dispersándose el producto para la agricultura.

En la figura 2 se muestra esquemáticamente un procedimiento para modular la tasa de flujo del sistema de dispersión 130. Tal como se muestra, la cobertura 148 de prescripción que se normaliza para la topografía particular de la zona 136 de pulverización que va a pulverizarse se pasa al sistema de control 140 (por ejemplo, la unidad de procesamiento 142). La cobertura 148 de prescripción proporciona una referencia de tasa de flujo en función de la posición horizontal (es decir, posición x-y) del UAV 100. En la forma de realización de la figura 2, la cobertura 148 de prescripción no es específica del vehículo ni tiene en cuenta condiciones ambientales o dinámica del vehículo. Tal como se ilustra, un módulo de dinámica de vehículo 160 está configurado para pasar los parámetros de navegación de aeronave tales como posición, velocidad, aceleración, aceleración angular, ángulos de actitud y altitud monitorizados por la pluralidad de sensores 144 del sistema de control 140 a la unidad de procesamiento 142 para su procesamiento adicional en la misma. En algunas formas de realización, un módulo de configuración de vehículo 162 proporciona datos específicos de vehículo (por ejemplo, número de boquillas de dispersión 134,

tamaño y posición del equipo de pulverización 132 y/o capacidades de dispersión del sistema de dispersión 130 a la unidad de procesamiento 142.

5 Utilizando la información anterior, la unidad de procesamiento 142 tanto modela los efectos de los parámetros específicos de navegación y vehículo sobre el patrón de pulverización como calcula una tasa de flujo resultante utilizando la ecuación $FR = FR_0 + \Delta FR$, donde FR_0 representa la tasa de flujo de referencia a partir de la cobertura 148 de prescripción, ΔFR representa el cambio de tasa de flujo necesario como resultado de la dinámica de vehículo y los datos específicos de vehículo para lograr un patrón de pulverización uniforme, y FR representa la tasa de flujo resultante que va a dispersarse por el sistema de dispersión 130. En algunas formas de realización, el cambio de tasa de flujo ΔFR puede calcularse utilizando una ecuación de una única serie, tal como

$$\Delta FR = K_{Ax}Ax + K_{Ay}Ay + K_{Az}Az + K_{\phi}\phi + K_{\theta}\theta + K_{\psi}\psi + K_{DL}DL + K_xX + K_yY + K_zZ \dots$$

15 Este modelo puede aumentar la fidelidad introduciendo más efectos modelados y sus medidas de parámetros respectivas. En las ecuaciones anteriores, las constantes respectivas (por ejemplo, K_{Ax} , K_{Ay} , etc.) representan la cantidad de cambio de tasa de flujo debido a la influencia del parámetro designado por el subíndice del parámetro. Por ejemplo, K_{Ay} representa el cambio de tasa de flujo debido a la aceleración lateral del vehículo (A_y) requerida por el sistema de dispersión 130 (por ejemplo, el controlador 138 de flujo) para lograr la tasa de flujo recomendada en la zona 136 de pulverización que va a tratarse. En algunas formas de realización, estas constantes pueden ser la primera derivada de la tasa de flujo con respecto al parámetro de subíndice designado. La forma y el valor de las constantes pueden determinarse mediante formulación teórica y física, mediante procedimientos estadísticos y de regresión de datos de pruebas y, en algunos casos, no se necesita determinar su valor, sino más bien la determinación de que está presente un efecto que puede controlarse utilizando controladores sencillos con retroalimentación a partir de un parámetro disponible en la estimación del estado. En esta utilización, se define "sencillo" como un sistema dinámico que puede controlarse eficazmente utilizando controladores que pueden ajustarse manualmente de manera razonable mediante ensayo y error.

30 Tal como se muestra en la figura 2, después de calcular la tasa de flujo FR que va a dispensarse por el sistema de dispersión 130, el sistema de control 140 (por ejemplo, la unidad de procesamiento 142) controla el sistema de dispersión 130 (por ejemplo, el controlador 138 de flujo, que puede ser una bomba de control de flujo de velocidad variable) para coincidir con la tasa de flujo requerida FR . Se proporciona control mediante comunicación entre el sistema de control 140 (por ejemplo, la unidad de procesamiento 142) y una bomba u otro mecanismo de dispersión de líquido o material granular que está calibrado para un determinado intervalo de tasas de flujo. Pueden utilizarse estrategias de comunicación de electrónica habituales para la comunicación entre la unidad de procesamiento 142 y el mecanismo de dispersión para incluir comunicación digital en serie, comunicación analógica, comunicación con modulación de anchura de impulso, entre otras. Las comunicaciones en dúplex completo, tales como las proporcionadas por capas físicas RS 422 o RS 485, pueden ser útiles cuando se desea retroalimentación a partir de la(s) bomba(s). Por ejemplo, en un ejemplo en el que se logra control de boquillas individuales mediante la modulación de bombas individuales para cada boquilla de dispersión 134. En tales formas de realización, pueden desearse comunicaciones en dúplex completo y bus individual para reducir la complejidad y el peso de cables controlando todas las bombas y/o boquillas de dispersión 134, al tiempo que se reciben simultáneamente datos de sensor en un único cable de comunicación.

45 Haciendo referencia a la figura 3, el sistema de control 140 puede tener en cuenta parámetros de vuelo, tal como se indicó anteriormente, en el cálculo de la tasa de flujo requerida FR necesaria para lograr una uniformidad sustancial en la cobertura del producto para la agricultura sobre la zona que va a pulverizarse. Por ejemplo, para lograr uniformidad en la cobertura, el sistema de control 140 puede hacer variar selectivamente la salida del sistema de dispersión 130 (por ejemplo, el controlador 138 de flujo) basándose, por ejemplo, en la velocidad de la aeronave. Sin tener en cuenta la velocidad de la aeronave, puede estar presente una falta de uniformidad en la cobertura debido a variaciones en la velocidad del UAV 100. Tal como se muestra en la figura 3, a medida que aumenta la velocidad del UAV 100, el sistema de control 140 puede aumentar la tasa de flujo FR del sistema de dispersión 130 para tener en cuenta el área de superficie aumentada cubierta por medida de tiempo. De una manera similar, a medida que disminuye la velocidad del UAV 100, el sistema de control 140 puede disminuir de manera correspondiente la tasa de flujo FR del sistema de dispersión 130 ya que se cubre menos área de superficie por medida de tiempo.

60 En algunas formas de realización, el sistema de control 140 puede tener en cuenta parámetros medioambientales, tales como condiciones de viento prevalente. Por ejemplo, un viento de cola puede producir un patrón de pulverización correspondiente a una velocidad superior del UAV 100. De manera similar, un viento de cara puede producir un patrón de pulverización correspondiente a una velocidad inferior del UAV 100. Para tener en cuenta tales errores, el sistema de control 140 puede calcular una velocidad neta del UAV 100 basándose tanto en la velocidad del UAV 100 como en los parámetros medioambientales.

65 Haciendo referencia a la figura 4, en algunas formas de realización, el sistema de control 140 puede tener en cuenta datos específicos del vehículo, tal como se indicó anteriormente, en el cálculo de la tasa de flujo requerida

FR. Por ejemplo, en la forma de realización de la figura 4, las boquillas de dispersión 134 están ubicadas delante y por debajo del centro de gravedad CG del UAV 100. Sin tener en cuenta la posición de las boquillas de dispersión 134 con respecto al centro de gravedad CG del UAV 100, puede estar presente una falta de uniformidad en la cobertura debido, por lo menos, a la dinámica de cabeceo del UAV 100 durante el vuelo. Tal como se muestra, la distancia lateral X entre el centro de gravedad CG y las boquillas de dispersión 134 puede calcularse utilizando la ecuación $X = h \cdot \tan \theta$, donde h es la desviación de botalón vertical, y θ es el ángulo de cabeceo del UAV 100 con respecto al suelo. La tasa de cambio de X resultante del cambio en el ángulo de cabeceo θ (es decir X') puede encontrarse derivando esta relación, por tanto: $X' = h \cdot (1/\cos \theta)^2 \cdot q$, donde q es igual a la primera derivada del ángulo de cabeceo θ , o la tasa de cabeceo.

La tasa de cabeceo q puede ser negativa durante la aceleración controlada, el ascenso y/o la segunda fase de frenado del UAV 100. La tasa de cabeceo q puede ser positiva durante el final de la aceleración o durante una fase de frenado inicial del UAV 100. En algunas formas de realización, la tasa de cabeceo q puede medirse directamente con un girómetro asociado con el UAV 100. Adicional o alternativamente, tanto el ángulo de cabeceo θ como la tasa de cabeceo q pueden ser salidas medidas directamente a partir de un sistema de control de vuelo 140 del UAV 100. En este ejemplo, X' está directamente relacionado con una falta de uniformidad de cobertura como resultado de la dinámica de cabeceo. Esta falta de uniformidad puede retirarse o reducirse potenciando la tasa de flujo resultante FR utilizando la ecuación $\Delta FR = K \cdot h \cdot (1/\cos \theta)^2 \cdot q$, donde K es una ganancia proporcional, o potenciación de cabeceo, que puede utilizarse para reducir o aumentar la cantidad de actuación requerida por parte de la bomba de control de flujo con respecto a este error.

Haciendo referencia a la figura 5, la tasa de aplicación del producto para la agricultura dispensado por el sistema de dispersión 130 (es decir, la cantidad de producto para la agricultura realmente aplicada por medida lineal) puede variar dependiendo de la potenciación de cabeceo K utilizado para tener en cuenta la falta de uniformidad de cobertura como resultado de la dinámica de cabeceo. Tal como se muestra en la figura 5, diferentes niveles de potenciación de cabeceo K provocan que la tasa de aplicación cambie desde altamente variable hasta relativamente uniforme. Por ejemplo, la tasa de aplicación del producto para la agricultura sin ninguna potenciación de cabeceo K es altamente variable y no uniforme, mientras que niveles superiores de potenciación de cabeceo K aumentan la sensibilidad del sistema de dispersión 130 para tener en cuenta la dinámica de cabeceo. Tal como se muestra, niveles bajos de potenciación de cabeceo K dan como resultado una falta de uniformidad en la aplicación del producto para la agricultura a medida que varía el ángulo de cabeceo θ del UAV 100 durante la aplicación del producto para la agricultura. Por otro lado, una potenciación de cabeceo K suficientemente alta puede conducir a una tasa de aplicación relativamente constante del producto para la agricultura para la misma variación en el ángulo de cabeceo θ .

Haciendo referencia a las figuras 6 y 6A, el sistema de control 140 puede tener en cuenta la dinámica de guiñada del UAV 100 durante el funcionamiento en vuelo. Por ejemplo, la tasa de guiñada r del UAV 100 (es decir, la tasa de cambio de ángulo de rumbo) puede utilizarse para potenciar el flujo del sistema de dispersión 130. En el ejemplo de la figura 6, la zona 136 de pulverización es rectangular, aunque los principios descritos pueden aplicarse igualmente a otras formas geométricas y a un volumen esférico, tal como un árbol, que debe pulverizarse de manera uniforme. Tal como se muestra en la figura 6, a medida que el UAV 100 pasa sobre la zona 136 de pulverización, puede aplicarse una tasa de guiñada o alteración r positiva o negativa al UAV 100, por ejemplo, mediante alteraciones del viento impartidas al UAV 100. Por ejemplo, puede aplicarse una tasa de guiñada r positiva al UAV 100 de tal manera que el lado derecho del equipo de pulverización 132 bascula detrás y el lado derecho del equipo de pulverización 132 bascula hacia delante con respecto al sentido de vuelo F (véase la figura 6A). En tales formas de realización, sin la potenciación descrita en la presente memoria, el lado derecho de la zona 136 de pulverización recibirá una abundancia de producto para la agricultura con respecto a la que se recomendó, y el lado izquierdo de la zona 136 de pulverización recibirá menos producto para la agricultura de lo que se recomendó, dando por tanto como resultado una cobertura no uniforme de la zona 136 de pulverización. Tal como se explica a continuación, pueden controlarse boquillas de dispersión individuales 134 a diferentes tasas para lograr una cobertura uniforme sin pulverizar zonas fuera de la propia zona 136 de pulverización.

En la forma de realización ejemplificativa de la figura 6A, una alteración de guiñada r positiva provoca que el lado izquierdo de la zona 136 de pulverización se pulverice de manera cada vez más insuficiente, volviéndose mayor la porción pulverizada de manera cada vez más insuficiente cuanto más se aleja desde un centro del equipo de pulverización 132. De manera similar, el lado derecho de la zona 136 de pulverización recibe demasiado producto para la agricultura, más aún en las extensiones del equipo de pulverización 132 que hacia el centro. En tales formas de realización, el sistema de control 140 puede calcular y emitir instrucciones de control de flujo moduladas que controlan de manera individual cada boquilla de dispersión 134 para tener en cuenta la alteración de guiñada r del UAV 100. Por ejemplo, en el ejemplo de alteración de guiñada positiva mostrado en la figura 6A, el sistema de control 140 puede potenciar el sistema de dispersión 130 de tal manera que el controlador 138 de flujo hace que las boquillas de dispersión 134 fluyan a velocidades decrecientes desde el lado izquierdo del equipo de pulverización 132 hasta el lado derecho del equipo de pulverización 132 para crear un patrón de pulverización uniforme en presencia de una alteración de guiñada r positiva. La tasa de cambio de las tasas de flujo individuales de las boquillas de dispersión 134 desde la izquierda hasta la derecha puede variar dependiendo del grado de alteración de guiñada r positiva. Por ejemplo, una alteración de guiñada r suficientemente alta puede hacer que la

tasa de cambio de tasas de flujo individuales a lo largo del equipo de pulverización 132 sea relativamente pronunciada o grande. Por otro lado, una alteración de guiñada r relativamente pequeña puede hacer que la tasa de cambio de tasas de flujo individuales a lo largo del equipo de pulverización 132 sea plana o pequeña.

5 Haciendo referencia a la figura 6B, el sistema de control 140 puede hacerse funcionar para potenciar las boquillas de dispersión 134, de manera o bien colectiva o bien individual, para colocar o distribuir eficazmente el producto para la agricultura sobre una zona 136 de pulverización no rectilínea, dando por tanto como resultado una cobertura significativamente más uniforme del producto para la agricultura sobre la zona 136 de pulverización. Por ejemplo, cada una de las boquillas de dispersión 134 puede controlarse de manera individual, tal como mediante las
10 instrucciones de control de flujo moduladas 150, para alterar la tasa de flujo FR para lograr una colocación o distribución más precisa del producto para la agricultura sobre y/o dentro de una zona 136 de pulverización circular. A medida que el UAV 100 se aproxima a la zona 136 de pulverización circular de la figura 6B, el sistema de control 140 puede permitir que las boquillas de dispersión 134 más internas fluyan en primer lugar. A medida que el UAV 100 continúa pasando sobre la zona 136 de pulverización, el sistema de control 140 puede activar las boquillas de dispersión 134 externas a modo de cascada de tal manera que toda la zona 136 de pulverización puede cubrirse sin activar innecesariamente las boquillas de dispersión 134 demasiado pronto. De manera similar, a medida que el UAV 100 termina de pasar sobre la zona 136 de pulverización, el sistema de control 140 puede desactivar las boquillas de dispersión 134 a modo de cascada desde la boquilla de dispersión 134 más externa hasta la boquilla de dispersión 134 más interna. En la forma de realización de la figura 6B, el sistema de control 140 puede tener
20 adicionalmente en cuenta otras fuentes de errores de uniformidad, tales como dinámica de guiñada y cabeceo, tal como se explicó anteriormente, y dinámica de alabeo, tal como se explica a continuación.

Tal como se indicó anteriormente, los principios descritos en la presente memoria pueden aplicarse igualmente a anomalías de superficies no planas, tales como una colina o zanja, que debe pulverizarse de manera uniforme. En
25 tales formas de realización, las anomalías de superficies no planas pueden parametrizarse y tenerse en cuenta para modular la tasa de flujo FR . Por ejemplo, en formas de realización en las que el UAV 100 pasa sobre una colina, el sistema de control 140 puede tener en cuenta el aumento del área de superficie de la colina de tal manera que el sistema de dispersión 130 aplica automáticamente más producto para la agricultura para compensar el área de superficie adicional. De manera similar, el sistema de control 140 puede modular la tasa de flujo FR del sistema de dispersión 130 para tener en cuenta terreno ondulado así como otras anomalías de superficies no planas tales como árboles.
30

Haciendo referencia a la figura 7, el sistema de control 140 puede tener en cuenta la dinámica de alabeo del UAV 100 durante el funcionamiento en vuelo. Por ejemplo, puede utilizarse la tasa de alabeo p del UAV 100 (es decir, la tasa de cambio del UAV 100 alrededor de su eje longitudinal) para modular el flujo del sistema de dispersión 130. Tal como se muestra en la figura 7, a medida que el UAV 100 pasa sobre la zona 136 de pulverización, puede aplicarse una tasa de alabeo p positiva o negativa al UAV 100, por ejemplo, por terreno ondulado o alteraciones del viento que aplican fuerzas laterales al estabilizador 118 vertical haciendo que el UAV 100 rote alrededor del botolón 108 de cola. Puede aplicarse una tasa de alabeo p positiva al UAV 100 de tal manera que el lado derecho del equipo de pulverización 132 bascula hacia arriba y el lado izquierdo del equipo de pulverización 132 bascula hacia abajo con respecto a un plano horizontal paralelo a la zona 136 de pulverización. Sin tener en cuenta la
40 dinámica de alabeo, un lado de la zona 136 de pulverización puede recibir más producto para la agricultura de lo que se recomendó, dando por tanto como resultado una cobertura no uniforme de la zona 136 de pulverización. En tales formas de realización, el sistema de control 140 puede potenciar el sistema de dispersión 130 de tal manera que las boquillas de dispersión 134 fluyen a velocidades decrecientes para crear un patrón de pulverización uniforme en presencia de la alteración de alabeo p .
45

La presente divulgación presenta una aplicación amplia. Por ejemplo, utilizando los conceptos amplios expuestos anteriormente, el sistema de control 140 puede potenciar el sistema de dispersión 130 basándose en la velocidad de rotor del conjunto de rotor principal 104 y/o el conjunto de rotor de cola 110. En tales formas de realización, el flujo de aire creado por el conjunto de rotor principal 104 y/o el conjunto de rotor de cola 110 puede modelarse y utilizarse para cuantificar el efecto de dinámica de vuelo sobre cómo se lleva el producto para la agricultura hasta el suelo (es decir, la trayectoria resultante del producto para la agricultura). Por ejemplo, un ángulo de cabeceo θ positivo puede propulsar el producto para la agricultura hacia delante una cantidad más grande debido al flujo de
55 aire creado por el conjunto de rotor principal 104. De manera similar, una alteración de flujo de aire provocada por el conjunto de rotor de cola 110 puede propulsar el producto para la agricultura alejándolo lateralmente del UAV 100, siendo todas las demás variables constantes. Utilizando los conceptos dados a conocer en la presente memoria, puede utilizarse la potenciación del sistema de dispersión 130 mediante el sistema de control 140 para cancelar tales efectos. Además, aunque no se potencie el flujo, los conceptos dados a conocer en la presente memoria pueden utilizarse para recopilar y registrar datos requeridos para analizar y modelar la cobertura “tal como se aplica” en comparación con la cobertura “tal como se recomienda”. Por ejemplo, si se sabe que debido a que el UAV 100 realizó un alabeo hasta un ángulo de inclinación lateral de 9 grados durante un periodo de 1.2 segundos sin aceleración en ningún eje, y el cambio efectivo en la tasa de flujo en un punto que debe presentar una pulverización nula fue negativo, entonces, la indicación es que aterrizará demasiado producto sobre una zona que no debe pulverizarse. Entonces, puede alertarse a un operario, o el sistema puede estar programado para controlar automáticamente el sistema de dispersión 130 a un estado desactivado para no dispersar producto que se predice
65

que aterrizará en una zona prohibida. En algunas formas de realización, los datos combinados de tasa de flujo y de navegación y sensores de aeronave asimismo pueden utilizarse para mantenimiento de registro y evidencias de una dispersión “tal como se aplicó”.

5 En algunas formas de realización, el terreno sobre el que debe pulverizarse el producto para la agricultura puede modelarse a partir de fotografías, muestras de terreno, color, temperatura o cualquier otro parámetro de superficie. La detección del terreno puede tener lugar antes de la aplicación del producto para la agricultura o puede producirse de manera simultánea con la aplicación de producto. En algunas formas de realización, el UAV 100 puede modelar el terreno utilizando equipos auxiliares 164 unidos al UAV 100 (por ejemplo, mediante una cámara de alta resolución de DSLR montada en el nadir y/o una cámara completamente estabilizada con cardan que presenta sensores electroópticos y/o de infrarrojos) (ver la figura 1). Además de proporcionar capacidad de modelado del terreno, los equipos auxiliares 164 pueden proporcionar otras utilidades de aviación, incluyendo, por ejemplo, vigilancia aérea, inspección, sondeo, mapeo en 3D, fotografía y grabación de vídeos. Sin embargo, los ejemplos proporcionados anteriormente no son limitativos y se contempla que puede unirse sustancialmente cualquier tipo de accesorio al UAV 100.

Haciendo referencia a la figura 1, el UAV 100 puede incluir componentes adicionales para mejorar la funcionalidad y capacidades del UAV 100. Por ejemplo, el UAV 100 puede incluir una cubierta 166 unida a la estructura 102 de armazón para mejorar las características tanto estéticas como aerodinámicas del UAV 100. En una forma de realización ejemplificativa, la cubierta 166 esconde u oculta de otro modo los componentes internos del UAV 100. Para ayudar en el aterrizaje, el UAV 100 puede incluir tren 168 de aterrizaje para soportar el UAV 100 durante el funcionamiento no en vuelo o el almacenamiento. El tren 168 de aterrizaje, que puede incluir patines de aterrizaje planos o tubulares, está unido a la estructura 102 de armazón (por ejemplo, en lados opuestos de la estructura 102 de armazón). Durante el funcionamiento no en vuelo o el almacenamiento, los patines de aterrizaje pueden ser la única porción del UAV 100 que entra en contacto con la superficie de soporte, o alternativamente soportar el UAV 100 de una manera a modo de trípode con el estabilizador 118 vertical.

En algunas formas de realización, el UAV 100 puede estar equipado con equipos de comunicación. Por ejemplo, el UAV 100 puede controlarse mediante una unidad de control remoto portátil o una estación en tierra. En otras formas de realización, el UAV 100 puede incluir un sistema de control de vuelo automático que puede realizar una navegación precisa, guiado y control del UAV 100 sin intervención del usuario. En algunas formas de realización, el UAV 100 puede transferir datos a, o recibir datos de, un usuario, una estación en tierra y/u otros UAV 100 a través de Wi-Fi, datos celulares, comunicaciones por satélites móviles, radiofrecuencia, dispositivos de control remoto por infrarrojos o ultrasonidos, o cualquier otro medio de comunicación de datos inalámbrico.

La descripción anterior presenta una aplicación amplia. Por consiguiente, se pretende que la discusión de cualquier forma de realización sea simplemente explicativa y no se pretende que sugiera que el alcance de la divulgación, incluyendo las reivindicaciones, esté limitado a estos ejemplos. Dicho de otro modo, aunque en la presente memoria se han descrito en detalle formas de realización ilustrativas de la divulgación, dentro del alcance de las reivindicaciones, los conceptos inventivos pueden realizarse y utilizarse diversamente de otro modo.

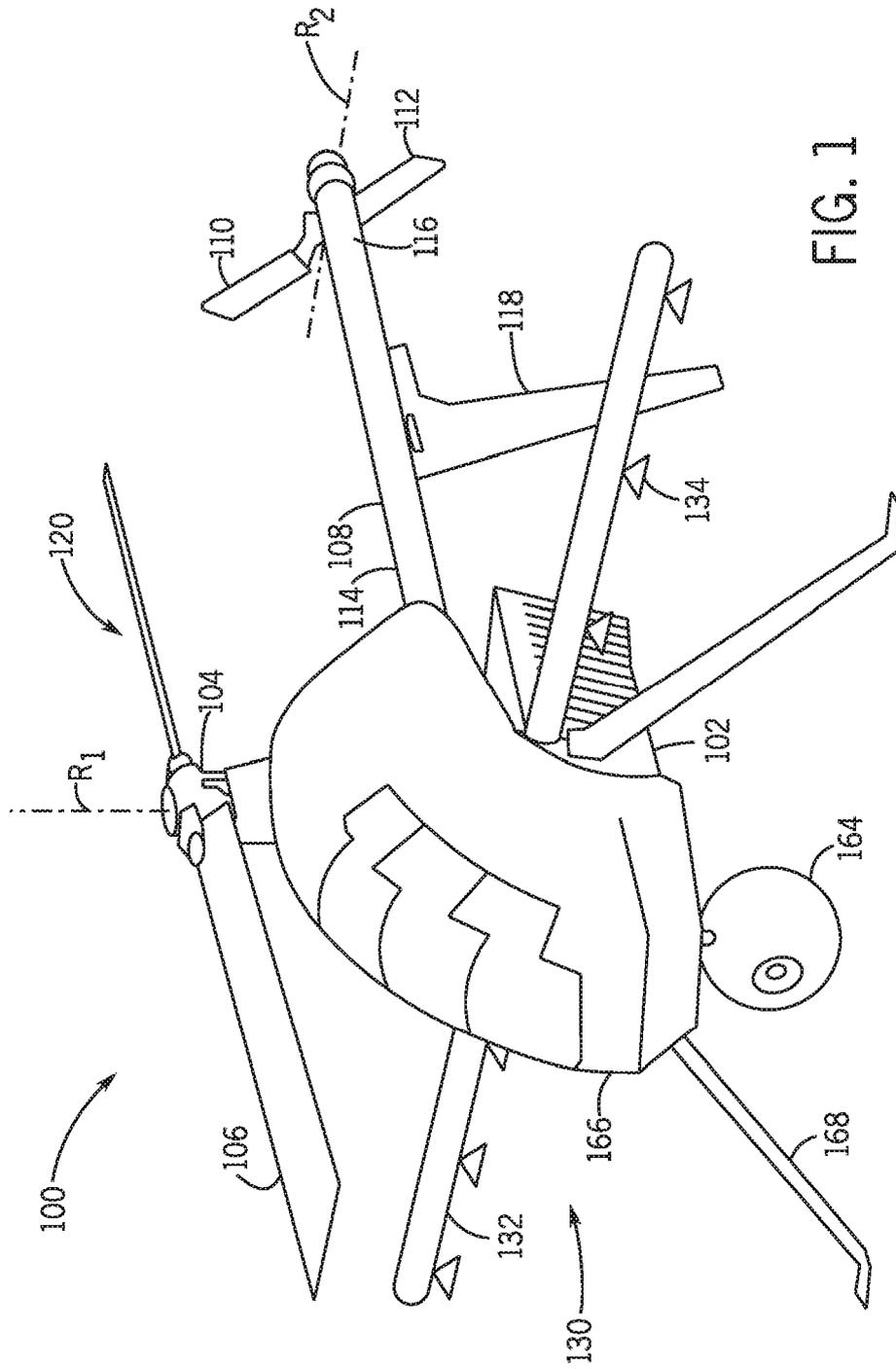
La exposición anterior se ha presentado a título ilustrativo y descriptivo y no limitativo de la divulgación a la forma o formas dadas a conocer en la presente memoria. Por ejemplo, diversas características de la divulgación se agrupan juntas en uno o más aspectos, formas de realización o configuraciones con el fin de optimizar la divulgación. Sin embargo, dentro del alcance de las reivindicaciones, diversas características de determinados aspectos, formas de realización o configuraciones de la divulgación pueden combinarse en aspectos, formas de realización o configuraciones alternativos.

Todas las referencias de dirección (por ejemplo, distal, superior, inferior, hacia arriba, izquierda, derecha, lateral, delante, detrás, parte superior, parte inferior, externo, interno, por debajo) sólo se utilizan con fines de identificación para ayudar al lector a entender la presente divulgación y los dibujos y no como limitaciones. Las referencias de conexión (por ejemplo, unido, acoplado, conectado y enganchado) deben interpretarse de manera amplia y pueden incluir elementos intermedios entre una colección de elementos y movimiento relativo entre elementos a menos que se indique lo contrario. Como tal, las referencias de conexión no implican necesariamente que dos elementos estén directamente conectados y en relación fija entre sí. No se pretende que las referencias de identificación (por ejemplo, primero, segundo, etc.) indiquen importancia o prioridad, sino que se utilizan para distinguir una característica de otra. Los dibujos son únicamente con fines de ilustración y las dimensiones, posiciones, orden y tamaños relativos reflejados en los dibujos adjuntos a la presente memoria pueden variar.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de dispersión (130) para un vehículo aéreo no tripulado (100), comprendiendo el sistema de dispersión (130) una pluralidad de boquillas de dispersión (134) que pueden funcionar para distribuir un producto apto para fluir a tasas de flujo variables;
- 5 un controlador de flujo (138) que responde a instrucciones (146, 150) y que puede funcionar para regular un volumen del producto apto para fluir distribuido por la pluralidad de boquillas de dispersión (134); y
- 10 un sistema de control (140) que incluye
- una pluralidad de sensores (144) que pueden funcionar para monitorizar una pluralidad de parámetros de vuelo, incluyendo ángulos de actitud (ϕ , θ , ψ), del vehículo aéreo no tripulado (100); y
- 15 una unidad de procesamiento (142) configurada para modelar un efecto de la pluralidad de parámetros de vuelo sobre unas primeras instrucciones de control de flujo (146) correspondientes a una cobertura de prescripción (148) del producto y calcular y emitir unas instrucciones de control de flujo moduladas (150) al controlador de flujo (138), en el que
- 20 basándose en el efecto modelado, el sistema de control (140) modula las primeras instrucciones de control de flujo (146) para cambiar una tasa de flujo de una o más de la pluralidad de boquillas de dispersión (134) para lograr una cobertura real del producto que está más próxima de la cobertura de prescripción (148) de lo que se lograría sin las instrucciones de control de flujo moduladas (150).
- 25 2. Sistema de dispersión (130) según la reivindicación 1, en el que la cobertura real es más uniforme en comparación con una cobertura posible resultante de las primeras instrucciones de control de flujo (146).
3. Sistema de dispersión (130) según la reivindicación 1, en el que las instrucciones de control de flujo moduladas (150) modifican las tasas de flujo de la pluralidad de boquillas de dispersión (134) para lograr una distribución más precisa del producto.
- 30 4. Sistema de dispersión (130) según la reivindicación 1, en el que uno o más de la pluralidad de sensores (144) monitorizan una o más de la tasa de alabeo p , tasa de cabeceo (q), tasa de guiñada (r), aceleración lineal (a_x , a_y , a_z) y aceleración angular (ω_x , ω_y , ω_z) del vehículo aéreo no tripulado (100); o
- 35 la pluralidad de sensores (144) monitorizan uno o más de altitud, vectores de viento y aceleración (a_x , a_y , a_z , ω_x , ω_y , ω_z) o ajustes de velocidad y control de un conjunto de rotor principal (104) del vehículo aéreo no tripulado (100); o
- 40 la pluralidad de sensores (144) monitorizan uno o más de aceleración (a_x , a_y , a_z , ω_x , ω_y , ω_z) o ajustes de velocidad y control de un conjunto de rotor de cola (110) del vehículo aéreo no tripulado (100).
5. Sistema de dispersión (130) según la reivindicación 1, en el que las primeras instrucciones de control de flujo (146) se modelan basándose en la corriente de rotor del vehículo aéreo no tripulado (100).
- 45 6. Sistema de dispersión (130) según la reivindicación 1, en el que las instrucciones de control de flujo moduladas (150) controlan las tasas de flujo de la pluralidad de boquillas de dispersión (134) de manera individual.
7. Vehículo aéreo no tripulado (100) que comprende
- 50 un sistema de accionamiento (120); y
- el sistema de dispersión según la reivindicación 1; en el que
- 55 el sistema de control (140) monitoriza la trayectoria y la posición de vuelo del vehículo aéreo no tripulado (100).
8. Vehículo aéreo no tripulado (100) según la reivindicación 7, en el que uno o ambos de la pluralidad de sensores (144) monitorizan una o más de velocidades angulares (p , q , r) y aceleración lineal (a_x , a_y , a_z) del vehículo aéreo no tripulado (100) o la pluralidad de sensores (144) monitorizan una o más de la posición, velocidad y aceleración (a_x , a_y , a_z) del vehículo aéreo no tripulado (100).
- 60 9. Vehículo aéreo no tripulado (100) según la reivindicación 7, en el que la modulación de la tasa de flujo del por lo menos un mecanismo de dispersión logra una aplicación sustancialmente uniforme del producto agrícola por medida lineal de la zona (136).
- 65 10. Procedimiento de dispersión de una sustancia por vía aérea sobre una zona de pulverización (136) que utiliza

- un vehículo aéreo no tripulado (100) que presenta por lo menos un mecanismo de dispersión (134), comprendiendo el procedimiento
- 5 recibir por lo menos un parámetro de navegación que incluye unos ángulos de actitud (φ , θ , ψ) asociados con un vuelo del vehículo aéreo no tripulado (100);
- modelar un patrón de pulverización del por lo menos un mecanismo de dispersión (134) que utiliza el por lo menos un parámetro de navegación; y
- 10 controlar una tasa de flujo del por lo menos un mecanismo de dispersión (134) para modular el patrón de pulverización del por lo menos un mecanismo de dispersión (134) para lograr una uniformidad o un patrón deseados.
- 15 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la etapa de modelar incluye uno o ambos de utilizar una o más de las velocidades angulares de actitud (p , q , r), tasas de aceleración lineal (a_x , a_y , a_z) y aceleración angular (ω_x , ω_y , ω_z); o
- 20 utilizar la velocidad de rotor para considerar la corriente de rotor a partir de una pala de rotor principal (106) del vehículo aéreo no tripulado (100).
12. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que controlar la tasa de flujo aumenta un nivel de uniformidad del patrón de pulverización del por lo menos un mecanismo de dispersión (134).
- 25 13. Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además modelar una trayectoria de la sustancia desde el vehículo aéreo no tripulado (100) hasta una superficie de suelo.
- 30 14. Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además modelar el patrón de pulverización del por lo menos un mecanismo de dispersión (134) que utiliza unos datos de terreno para considerar la topografía de la zona de pulverización.



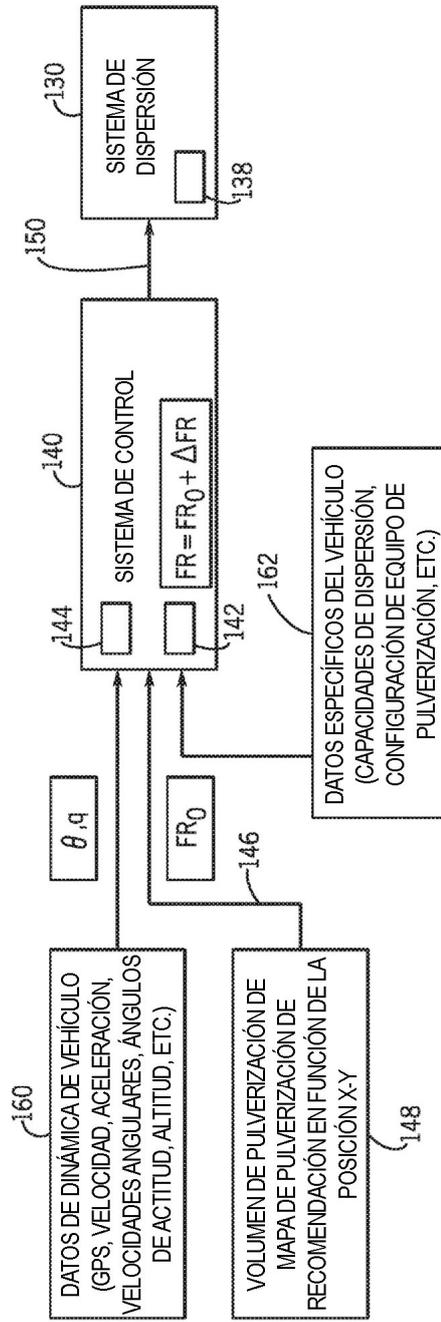


FIG. 2

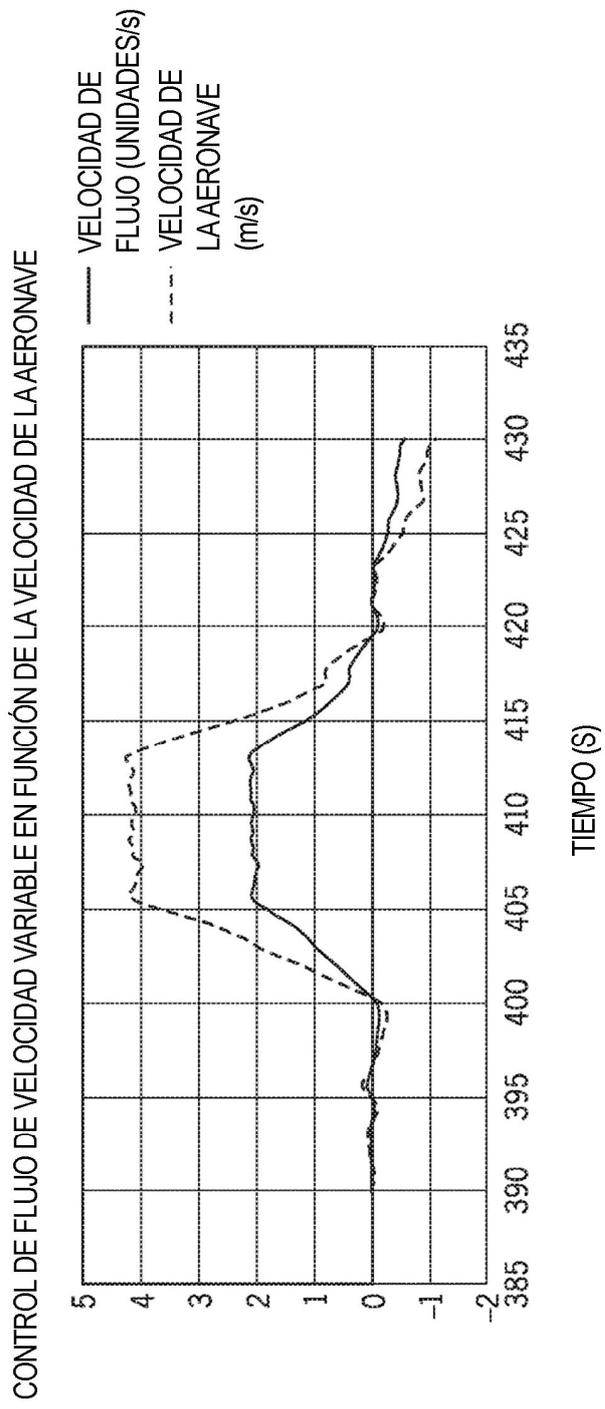


FIG. 3

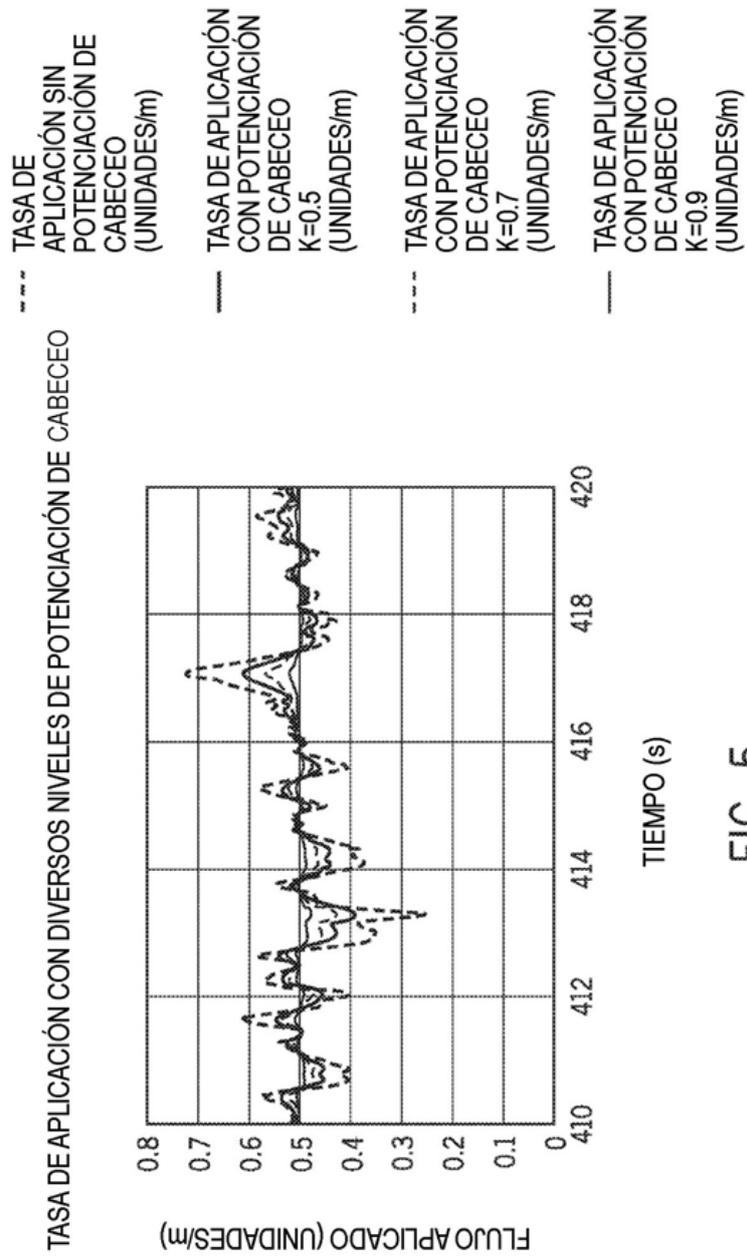


FIG. 5

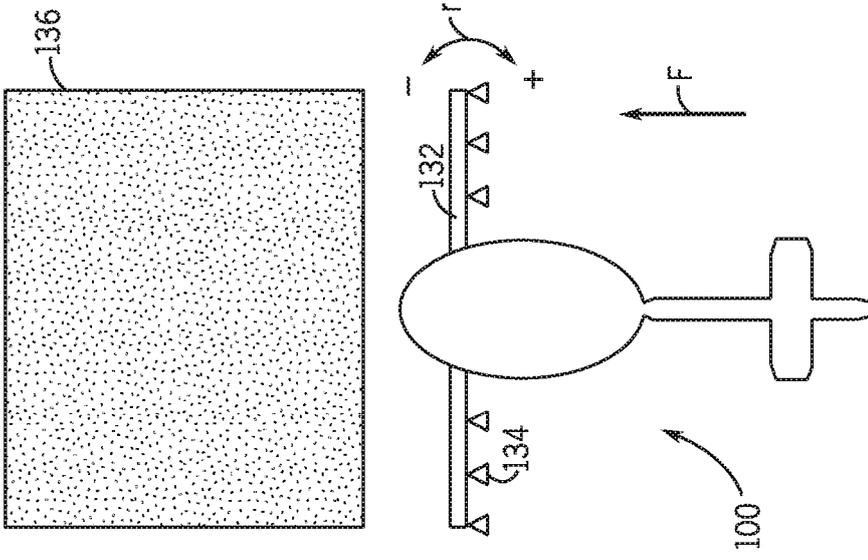


FIG. 6

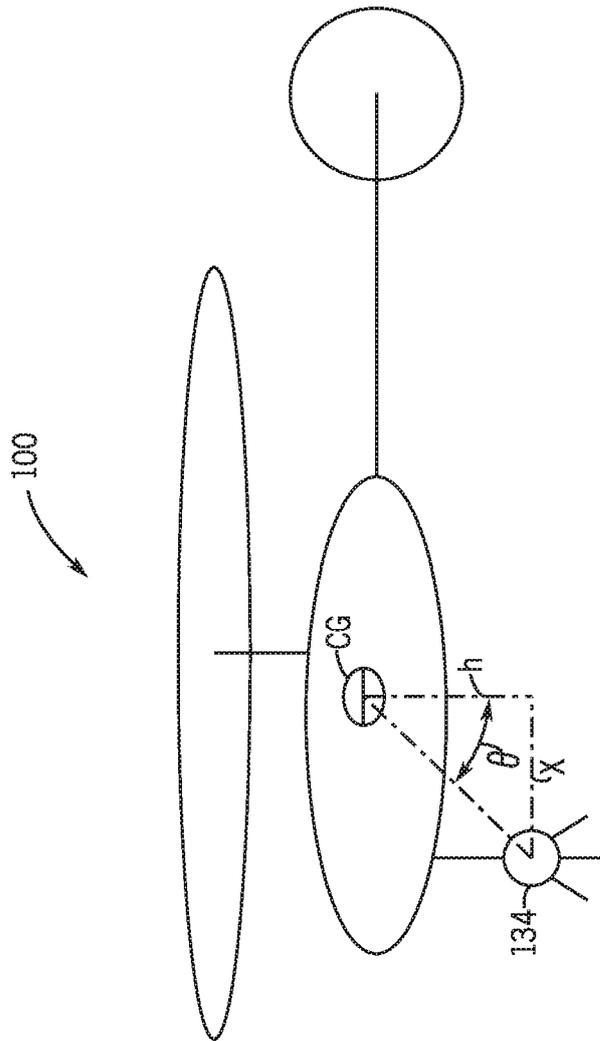
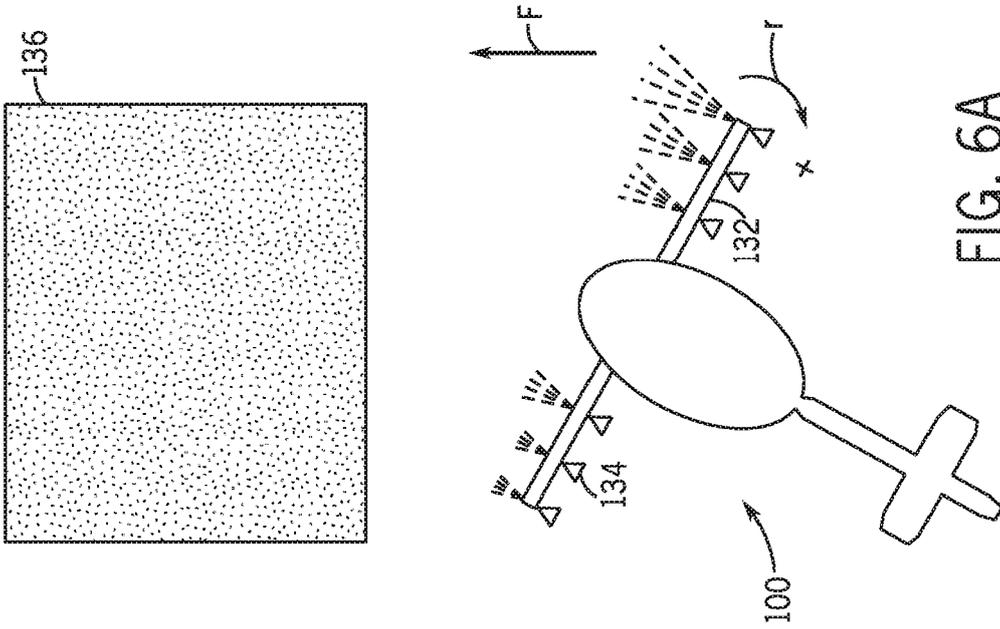
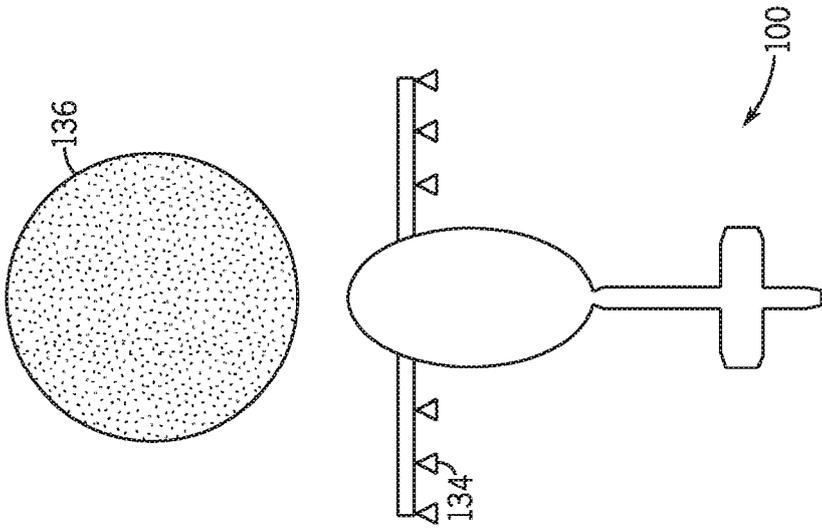


FIG. 4



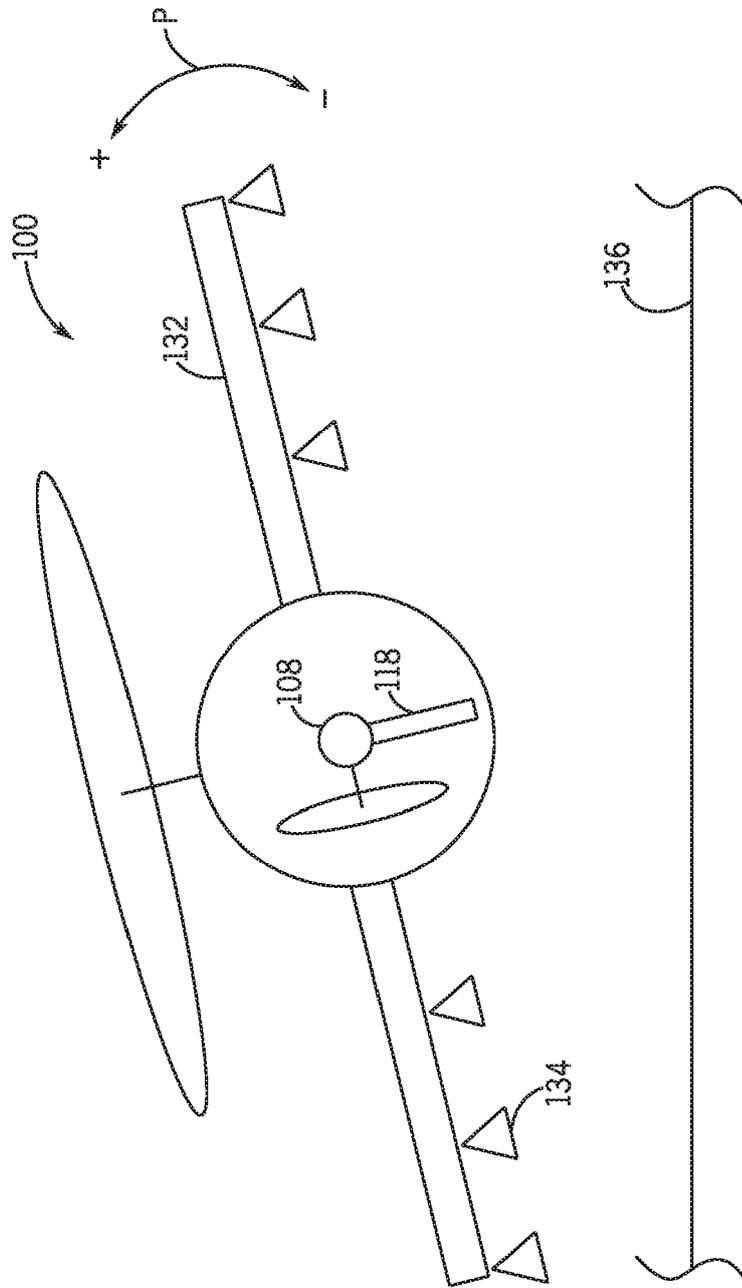


FIG. 7