

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 523**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2007** **PCT/US2007/064326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2007** **WO07109627**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2007** **E 07758838 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 2013671**

54 Título: **Robot para el cuidado del césped**

30 Prioridad:

17.03.2006 US 783268 P

23.05.2006 US 803030 P

09.11.2006 US 865069 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.09.2018

73 Titular/es:

IROBOT CORPORATION (100.0%)

8 CROSBY DRIVE

BEDFORD, MA 01730, US

72 Inventor/es:

SANDIN, PAUL, E.;

JONES, JOSEPH, L.;

OZICK, DANIEL, N.;

COHEN, DAVID, A.;

LEWIS, DAVID, M.;

VU, CLARA;

DUBROVSKY, ZIVTHAN, A.;

PRENETA, JOSHUA, B.;

MAMMEN, JEFFRY, W.;

GILBERT, DUANE, L.;

CAMPBELL, TONY, L. y

BERGMAN, JOHN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 681 523 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

Robot para el cuidado del césped

Campo técnico

La descripción se refiere a un robot autónomo que puede llevar a cabo las tareas de cuidado del césped.

5 Antecedentes

Los robots autónomos que llevan a cabo funciones domésticas como, por ejemplo, limpiar el suelo y cortar el césped, son ahora productos de consumo disponibles de inmediato. Los robots comercialmente exitosos no son innecesariamente complejos y, en general, funcionan de manera aleatoria dentro de una área confinada. En el caso de la limpieza del suelo, dichos robots se confinan, en general, dentro de (i) paredes tocadas u otros obstáculos dentro de las habitaciones de una vivienda, (ii) escaleras detectadas por IR (precipicio); y/o (iii) barreras detectables colocadas por el usuario como, por ejemplo, vigas IR dirigidas, barreras físicas o cinta magnética. Las paredes proveen la mayoría del perímetro de confinamiento. Otros robots mucho menos ubicuos pueden tratar de localizar o mapear la vivienda mediante el uso de un sistema complejo de sensores y/o balizas activas o pasivas (p.ej., sonar, RFID o detección de código de barras, o varios tipos de vista electrónica).

Existen ejemplos de cortacéspedes robóticos de consumidor que usan una barrera "invisible" similar - un límite de conductor de guía continuo propuesto para confinar cortacéspedes robóticos de movimiento aleatorio a principios de 1960 (es preciso ver, p.ej., las Patentes de Estados Unidos Nos. 3,128,840; 3,550,714). Los ejemplos incluyen productos comerciales de Electrolux, Husqvarna, Zucchetti S.A., Belrobotics y Friendly Robotics. El conductor de guía pretende confinar el robot dentro del área de césped u otra área apropiada, para evitar el daño a áreas no herbosas del patio o meterse en una propiedad vecina. El conductor es un bucle continuo alrededor de la propiedad cuyo césped se cortará. Aunque el conductor de guía puede incluir meterse en la propiedad en penínsulas para rodear jardines u otras áreas prohibidas, continúa siendo un bucle continuo y se activa con una corriente CA detectable como un campo magnético a unos pocos metros. Debe proveerse potencia al conductor de guía, la cual, en general, proviene de un enchufe de pared. Dentro del área limitada, los robots conocidos pueden "rebotar" de forma aleatoria a medida que el robot se acerca al conductor de guía, o pueden seguir a lo largo del conductor de guía. Algunos de los cortacéspedes también tocan y rebotan en barreras físicas. Los cortacéspedes comerciales más complejos pueden tratar de localizar o mapear el área cuyo césped se cortará, nuevamente mediante el uso de un sistema complejo de sensores y/o balizas activas o pasivas (p.ej., sonar, detección de retrorreflector óptico codificado, vista electrónica).

La solicitud de patente británica publicada GB 2 142 447 A describe un vehículo de trabajo que funciona automáticamente equipado con sensores de seguimiento para detectar un límite predeterminado de un área de funcionamiento, de modo que se desplace a lo largo del límite automáticamente.

La patente de EE. UU. 4.133.404 A describe un cortacésped automático que puede operar de modo que corte por toda la periferia de un césped, se mueva hacia el interior y se desactive automáticamente al finalizar la operación de corte.

La solicitud de patente alemana DE 199 32 552 A1 expone un cortacésped controlado automáticamente con capacidad para responder a la detección de césped, de modo que evite cortar o entrar en contacto con otros objetos o plantas.

Compendio

En un aspecto general, la invención se refiere a un cortacésped robot que incluye un cuerpo y un sistema de accionamiento transportado por el cuerpo y configurado para maniobrar el robot a lo largo de un césped. El robot también incluye una cortadora de césped y un detector de borde de franja, ambos transportados por el cuerpo. El detector de borde de franja se configura para detectar un borde de franja entre césped cortado y no cortado, a medida que el sistema de accionamiento maniobra el robot a lo largo del césped mientras sigue un borde de franja detectado. El detector de borde de franja incluye un calibrador que monitoriza el césped no cortado para la calibración del detector de borde de franja. En algunos ejemplos, el calibrador comprende un segundo detector de borde de franja.

Las implementaciones de este aspecto de la descripción pueden incluir una o más de las siguientes características. En algunas implementaciones, el detector de borde de franja incluye una matriz de sensores de longitud del césped que abarcan una distancia que comprende al menos una distancia de error de direccionamiento y una anchura de sensores de longitud del césped. En un ejemplo, el detector de borde de franja tiene una anchura de entre aproximadamente 4 (101 mm) y aproximadamente 10 pulgadas (254 mm). Una primera parte de la matriz se dispone para detectar el borde de franja y una segunda parte de la matriz se dispone para monitorizar el césped no cortado.

En algunas implementaciones, el detector de borde de franja incluye una pluralidad de componentes de detección.

Cada componente de detección incluye una carcasa de sensor que define una cavidad y una abertura de la cavidad, configurada para permitir que el césped entre mientras inhibe la luz solar directa en la cavidad. Cada componente de detección también incluye un emisor transportado por la carcasa en la cavidad y configurado para emitir una emisión a lo largo de la abertura de la cavidad. Un receptor, transportado por la carcasa, se configura para recibir una emisión reflejada de césped y se posiciona en la cavidad para evitar la exposición a la luz solar directa. La emisión puede ser luz infrarroja. En algunos ejemplos, el calibrador incluye al menos uno de los componentes de detección. En otra implementación, el detector de borde de franja incluye múltiples proyecciones que se extienden hacia abajo desde el cuerpo y un sensor emisor montado en cada proyección. El sensor emisor tiene un emisor y un receptor. El emisor se configura para emitir una emisión y el receptor se configura para detectar la emisión reflejada. En algunos ejemplos, el calibrador incluye al menos una de las proyecciones.

En otra implementación más, el detector de borde de franja incluye una primera y segunda proyección eléctricamente conductora que se extienden hacia abajo desde el cuerpo. La segunda proyección es más larga que la primera proyección. La primera y segunda proyección se configuran para formar un circuito eléctrico, con el césped húmedo en contacto con la primera y segunda proyección.

En algunas implementaciones, el detector de borde de franja incluye una primera y segunda proyección que se extienden hacia abajo desde el cuerpo. La primera proyección es más larga que la segunda proyección y se fija un sensor de vibración a cada proyección, y es sensible a las vibraciones en esta. Las proyecciones pueden ser solapas dentadas. El cortacésped robot incluye un orientador de césped, en algunos ejemplos, transportado por el cuerpo por delante del detector de borde de franja y configurado para orientar el césped. El orientador de césped puede ser una rueda aplanadora.

En algunos casos, el cortacésped robot incluye un detector de no césped transportado por el cuerpo y sensible a superficies de no césped, en donde el sistema de accionamiento se configura para redirigir el robot en respuesta a que el detector detecte una superficie de no césped. El detector de no césped incluye una carcasa de sensor que define los receptáculos del emisor y el receptor. En el receptáculo del emisor se transporta un transmisor de audio y transmite una emisión de audio. En el receptáculo del receptor se transporta un receptor y se configura para recibir una emisión de audio reflejada de una superficie del suelo. Un controlador del robot compara una emisión de audio reflejada recibida con una energía umbral para detectar una superficie de no césped. El transmisor de audio transmite múltiples emisiones de audio comenzado a una frecuencia principal y aumentando sucesivamente la longitud de onda de cada emisión por la mitad de la frecuencia principal. Por ejemplo, el transmisor de audio transmite una primera emisión de audio a aproximadamente 6.5 kHz y una segunda emisión de audio a aproximadamente 8.67 kHz. El controlador recibe la emisión de audio reflejada desde el receptor a través de un amplificador de paso de banda estrecho. Un sistema de montaje antivibración fija el receptor en el receptáculo del receptor.

El sistema de montaje antivibración incluye un primer soporte elástico que mantiene el receptor en un tubo por debajo de un absorbedor de ruido. El tubo se fija en el receptáculo del receptor con un segundo soporte elástico que tiene una dureza menor que el primer soporte elástico.

En algunos ejemplos, el detector de no césped incluye cuatro emisores de luz de espectro estrecho de colores diferentes y un receptor óptico, que recibe la luz reflejada desde los emisores. El receptor óptico se configura de modo que detecte el césped evaluando la luz recibida. En otros ejemplos, el detector de no césped es sensible a un pH del césped.

El cortacésped robot puede incluir una podadora lateral transportada en una periferia del cuerpo y configurada para cortar el césped adyacente al cuerpo. El cuerpo puede definir un perfil sustancialmente circular en un plano horizontal o un perfil sustancialmente pentagonal en un plano horizontal. El cortacésped robot puede incluir al menos un erector de césped transportado por el cuerpo y configurado para levantar el césped. El erector de césped incluye una rueda motriz que tiene un eje de rotación paralelo al césped y una pluralidad de agitadores de césped flexibles que se extienden radialmente hacia fuera desde la rueda. El cortacésped robot también puede incluir un detector de estasis transportado por el cuerpo.

En otro aspecto general, la invención se refiere a un método de corte del césped con un robot que incluye detectar un borde de franja con un detector de borde de franja transportado por el robot, a medida que el robot maniobra por sí mismo a lo largo de un césped y compara automáticamente un borde de franja detectado con césped no cortado, monitorizado por un calibrador transportado por el robot. El método incluye seguir el borde de franja detectado y levantar briznas de césped del césped con un erector de césped del robot.

El método incluye cortar el césped con una cortadora del robot y disponer las briznas de césped del césped con un organizador de césped transportado por el robot.

Las implementaciones de este aspecto de la descripción pueden incluir una o más de las siguientes características. En algunas implementaciones, el método incluye orientar las briznas de césped del césped con un orientador de césped transportado por el robot. El método también puede incluir la exploración continua de una ausencia de césped con un detector de no césped transportado por el robot, y redirigir automáticamente el robot en respuesta a la detección de una ausencia de césped. Otro paso del método puede incluir la exploración de un cuerpo de líquido próximo al robot con un detector de líquido transportado por el robot, y redirigir automáticamente el robot en respuesta a la detección de un cuerpo de líquido. En algunas implementaciones, el método incluye la exploración de un obstáculo potencial próximo al robot con un sensor de proximidad transportado por el robot, y redirigir automáticamente el robot en respuesta a la detección de un obstáculo potencial. El método también puede incluir la exploración de un contestador de límite con un detector de límite transportado por el robot, y redirigir automáticamente el robot en respuesta a la detección de un contestador de límite.

Los detalles de una o más implementaciones de la descripción se establecen en los dibujos anexos y en la descripción de más abajo. Otras características, objetos y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y dibujos, así como de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1A es una vista esquemática de robots para el cuidado del césped.

La Figura 1B es una vista esquemática de un método de cortado de césped con un cortacésped robótico.

Las Figuras 2A-2C son vistas esquemáticas de robots para el cuidado del césped.

Las Figuras 3A-3K son vistas esquemáticas y de diagrama de bloques de robots para el cuidado del césped.

La Figura 4A es una vista lateral de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4B es una vista posterior de un robot para el cuidado del césped.

Las Figuras 4C-D son vistas superiores de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4E es una vista lateral de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4F es una vista posterior de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4G es una vista superior de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4H es una vista lateral de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4I es una vista superior de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 4J es una vista lateral de una rueda motriz de un robot para el cuidado del césped.

Las Figuras 4K-N son vistas frontales de una rueda motriz de un robot para el cuidado del césped.

La Figura 5A es una vista esquemática de una cortadora giratoria.

La Figura 5B es una vista ampliada de una cortadora giratoria.

Las Figuras 5C-D son vistas esquemáticas de una cortadora alternativa.

La Figura 5E es una vista esquemática de un peine de una cortadora alternativa.

Las Figuras 5F-G son vistas esquemáticas de una cortadora alternativa.

Las Figuras 5H-I son vistas esquemáticas de cortadoras.

La Figura 6A es una vista esquemática de un sistema de cortacésped robótico híbrido mecánico-eléctrico.

La Figura 6B es una vista esquemática de un sistema de cortacésped robótico todo eléctrico.

La Figura 6C es una vista esquemática de un sistema de cortacésped robótico.

La Figura 6D es una tabla de componentes para un sistema de cortacésped robótico.

La Figura 6E es una vista esquemática de obstáculos para el cortado del césped, límites y áreas que pueden cortarse en un vecindario.

Las Figuras 7A-B son vistas esquemáticas de métodos de navegación de un cortacésped.

La Figura 7C es una vista esquemática de un cortacésped robótico y una manija.

5 La Figura 7D es una vista esquemática de un cortacésped robótico con una manija.

La Figura 7E es una vista esquemática de un cortacésped robótico con una manija almacenada.

La Figura 7F es una vista esquemática de un cortacésped robótico con una manija.

La Figura 8A es una vista esquemática de un detector óptico de no césped.

10 La Figura 8B es un diagrama que ilustra una respuesta a modo de ejemplo de un detector óptico de no césped con el tiempo.

Las Figuras 8C-D son vistas esquemáticas de detectores acústicos de no césped.

La Figura 8E es una vista esquemática de un detector acústico de superficie dura.

La Figura 8F es un diagrama de un proceso de clasificación de una superficie de destino con un detector acústico de superficie dura.

15 La Figura 8G es una vista esquemática de un sistema de montaje para un emisor o receptor de un detector acústico de superficie dura.

La Figura 9 es una vista esquemática de un detector líquido.

La Figura 10 es una vista esquemática de un detector de borde cortado.

Las Figuras 11A-B son vistas esquemáticas de detectores de borde cortado.

20 La Figura 12 es una vista esquemática posterior de un robot para el cuidado del césped que tiene un detector de borde cortado y un calibrador.

La Figura 13 es una vista esquemática de un detector de borde cortado.

La Figura 14 es una vista esquemática de un sensor óptico.

La Figura 15A es una vista esquemática de un detector de borde cortado.

25 La Figura 15B es una vista esquemática superior de un robot para el cuidado del césped.

Las Figuras 16A-B son vistas esquemáticas de detectores de borde cortado.

La Figura 16C es una vista esquemática de un vector de fila de altura de césped.

La Figura 16D es una vista esquemática de una matriz de vector de fila de altura de césped bidimensional.

La Figura 16E es una vista esquemática de una imagen de altura de césped de un detector de borde cortado.

30 Las Figuras 17-19 son vistas esquemáticas de detectores de borde cortado.

La Figura 20 es una vista esquemática posterior de un robot para el cuidado del césped que tiene un detector de borde cortado y un calibrador.

Las Figuras 21-22 son vistas esquemáticas de detectores de borde cortado.

35 La Figura 23A es una vista esquemática de un sistema de robot para el cuidado del césped y un robot para cortar el césped que se encuentra con un contestador de límite.

La Figura 23B es una vista esquemática de un detector de contestador de límite para un sistema de robot para el cuidado del césped.

Las Figuras 24-29 son vistas esquemáticas de contestadores de límite.

40 La Figura 30 es una vista esquemática de una propiedad que tiene límites, obstáculos, áreas que pueden cortarse y áreas que no pueden cortarse.

La Figura 31 es una vista esquemática de una propiedad que tiene contestadores de límite.

La Figura 31 es una vista esquemática de una propiedad que tiene contestadores de límite.

La Figura 32 es una vista esquemática de una propiedad que tiene contestadores de seguimiento y entrada.

La Figura 33 es una vista esquemática de un robot para el cuidado del césped.

- 5 La Figura 34 es una vista esquemática de un patrón de cortado a modo de ejemplo cortado por un robot para el cuidado del césped.

La Figura 35A es una vista esquemática de una propiedad con un límite de perímetro que tiene conectores de empalme, centrales eléctricas y un anclaje.

La Figura 35B es una vista esquemática de un conector de empalme.

- 10 La Figura 35C es una vista esquemática de una central eléctrica activada por robot.

La Figura 35D es una vista esquemática de un límite de perímetro que tiene conectores de empalme y centrales eléctricas.

La Figura 36 es una vista esquemática de una propiedad con un límite de perímetro que tiene conectores de empalme, centrales eléctricas y contestadores de límite.

- 15 La Figura 37 es una vista esquemática de un contestador de límite tipo punta.

La Figura 38 es una vista esquemática de una herramienta de instalación de contestador de límite tipo punta.

Los símbolos de referencia iguales en los diversos dibujos indican elementos iguales.

Descripción detallada

- 20 Un robot autónomo puede diseñarse para limpiar pisos. Por ejemplo, el robot autónomo puede pasar la aspiradora en suelos con alfombras o superficies duras y limpiar pisos mediante lavado asistido con líquido y/o barrido y/o barrido electrostático de superficies de mosaicos, vinilo u otras superficies. La Patente de Estados Unidos No. 6,883,201 de Jones y otros, titulada *AUTONOMOUS FLOOR CLEANING ROBOT* describe un robot de limpieza autónomo. Sin perjuicio del uso del término robot para cortar el césped en la presente memoria, dichos conceptos pueden también aplicarse a un robot de limpieza o de otra cobertura.

- 25 Con referencia a las Figuras 1-3, un robot de cobertura autónomo 10 incluye un cuerpo 100, un tratador de superficie 200 asegurado al cuerpo 100 y al menos un sensor de superficie 310, 320, 330 transportado por el cuerpo 100 y con capacidad de respuesta a al menos una característica de la superficie. Un sistema de accionamiento 400 se transporta por el cuerpo 100 y se configura para maniobrar el robot 10 a lo largo de una superficie 20 mientras sigue a al menos una característica de la superficie. Ejemplos del tratador de superficie 200 incluyen una cortadora simétrica alternativa que flota sobre una rueda de seguimiento 210, una cortadora giratoria, un esparcidor y un recolector. El cuerpo 100, como se muestra en la Figura 1A, tiene un perímetro sustancialmente circular; sin embargo, otras formas son también apropiadas, como, por ejemplo, una forma sustancialmente pentagonal, de lápida, o rectangular, como se muestra en las Figuras 2A-3. En algunas implementaciones, el robot 10 comprende una estructura de bastidor y cuerpo o una estructura sustancialmente monocasco. En algunas implementaciones, el
35 cuerpo 100 incluye un cuerpo articulado de dos partes, el cual se describirá más adelante en detalle.

- En algunos ejemplos, uno o más sensores de seguimiento de borde 310 (a los que también se hace referencia como detectores de borde cortado) y calibradores de borde 320 (p.ej. un sensor de carácter de césped) se montan en el cuerpo 100. La Figura 1A ilustra una colocación a modo de ejemplo de sensores de límite 340, un parachoques 110 (que puede acoplarse a dos o más sensores de desplazamiento para proveer direccionalidad de impacto) y al menos
40 un sensor de césped 330 (p.ej. determina la presencia de césped) en el cuerpo 100. Una peinadora de césped delantera activa o pasiva 510 precede al tratador de superficie 200 y una peinadora de césped trasera 520 sigue a cada rueda 410, 420, 430.

- Con referencia a la Figura 1B, un método para cortar el césped con un cortacésped robótico 10 que tiene un sistema de accionamiento 400 y una cortadora 200 transportada por un cuerpo 100 incluye la etapa E10 de activación del
45 sistema de accionamiento 400 para maniobrar el cortacésped robótico 10 a lo largo del césped 20, la etapa E30 de detección de un borde de franja 26 con el detector de borde de franja 310, y la etapa E40 de seguimiento de un borde de zona detectado. El método puede incluir la etapa E20 de orientación de briznas de césped del césped 20 con un organizador de césped 440 transportado por el cuerpo 100 delante de un detector de borde de franja 310 transportado por el cuerpo 100. El método incluye la etapa E50 de levantamiento de briznas de césped del césped
50 20 con una peinadora de césped delantera 510 transportada por el cuerpo 100 hacia adelante de la cortadora 200, la

etapa E60 de cortado de césped 20 con la cortadora 200, y la etapa E70 de disposición de briznas de césped del césped 20 con una peinadora de césped trasera 520 transportada por el cuerpo 100 hacia atrás de la cortadora 200 y/o el sistema de accionamiento 400. En algunos ejemplos, el método incluye una o más de las siguientes etapas: la etapa E80 de exploración continua de ausencia de césped 20 con un detector de césped 330 transportado por el cuerpo 10, donde el sistema de accionamiento 400 redirige el robot 10 en respuesta a la detección de ausencia de césped 20; la etapa E90 de exploración continua de un cuerpo de líquido 1004C próximo al robot 10 con un detector de líquido 350 transportado por el cuerpo 100, donde el sistema de accionamiento 400 redirige el robot 10 en respuesta a la detección de un cuerpo de líquido 1004C; la etapa E100 de exploración continua de un obstáculo potencial próximo al robot 10 con un sensor de proximidad (p.ej. sensor infrarrojo) transportado por el cuerpo 100, donde el sistema de accionamiento 400 redirige el robot 10 en respuesta a la detección de un obstáculo potencial; y la etapa E110 de exploración continua de un contestador de límite 600 con un detector de límite 1500 transportado por el cuerpo 100, donde el sistema de accionamiento 400 redirige el robot 10 en respuesta a la detección de un contestador de límite 600.

La configuración y altura del parachoques 110, en algunas instancias, se disponen según una distancia del suelo o una altura de cortado de la cortadora 200. La altura del parachoques puede ser más baja que la altura de cortado de la cortadora 200. Asimismo, el parachoques 110 puede subir y bajar con la cortadora 200.

En un ejemplo, el sistema de accionamiento 400 incluye ruedas motrices izquierda y derecha, 410 y 420 respectivamente, y una rueda de arrastre 430 (p.ej. una rueda pivotante). En una implementación, el sistema de accionamiento 400 incluye al menos una rueda motriz 410, 420 girada por un motor u otro mecanismo de accionamiento (p.ej. potencia suministrada por un motor eléctrico a partir de una batería a nivel de consumidor, célula de combustible, grandes condensadores, receptor de microondas, un motor de combustión interna/externa alimentado por una fuente de combustible a bordo, un motor hidráulico/neumático alimentado por una fuente de alimentación mencionada más arriba, grandes fuentes potenciales de energía como, por ejemplo, resortes embobinados o comprimidos como, por ejemplo, en acumuladores de vacío hidráulicos o neumáticos, volantes o aire comprimido). En algunas instancias, el sistema de accionamiento 400 incluye un accionamiento diferencial en un eje central 105 con dos ruedas motrices 410, 420 independientes. Una o más de las ruedas 410, 420, 430 pueden girar para ayudar a la navegación o al ajuste de orientación del robot 10. En otras implementaciones, el sistema de accionamiento 400 incluye un accionamiento holonómico, en particular en combinación con un cuerpo 100 que tiene una forma de ancho de constante. El robot 10 puede rotar alrededor de más de un punto dentro de una área definida por un contorno del cuerpo 100, y así escapar de, atravesar o de otra forma evitar quedar atrapado en espacios que se acercan al ancho del robot 10.

Normalmente, el robot 10 se usa en un patio o césped 20. Con referencia, nuevamente, al ejemplo de la Figura 1A, mientras el robot 10 corta el césped 20, una área no cortada 22 es en general más larga que una área cortada 24. Después de cortar una franja 23 inicial, que puede ser lineal, circular o de alguna otra geometría, el robot 10 sigue un borde de franja 26 (a saber, el borde de límite entre las áreas no cortada y cortada, 22 y 24 respectivamente) para cada franja 23 sucesiva. Si la franja 23 inicial es circular o arqueada, el seguimiento de borde de robot resultará en un trayecto en espiral emergente. Si la franja 23 inicial es lineal, tras alcanzar el fin de una franja 23, el robot 10 gira aproximadamente 180 grados, se alinea con el borde de franja 26 mediante el uso del detector de borde cortado 310 y procede a cortar otra franja 23. El robot 10 repite sucesivamente dicho proceso hasta que determina que ha completado la tarea de cortar el césped en el patio 20, por ejemplo, o hasta que alcanza algún otro estado que finaliza un ciclo de cortado de césped. Mediante su alineación con la franja 23 cortada inmediatamente precedente, el robot 10 puede asegurar que corta el césped 20 en un patrón en general uniforme de franjas 23 adyacentemente cortadas, y logra así una apariencia cortada similar a un césped 20 cortado por dispositivos convencionales. Dependiendo del detector de borde cortado 310 para realinear continuamente el rumbo del robot mientras corta cada franja 23 sucesiva adyacente, el robot 10 puede abstenerse de usar otro equipo más complejo para la alineación como, por ejemplo, GPS, triangulación, reconocimiento inercial y odométrico, que requieren sensores y/o potencia de procesamiento adicionales.

Cada uno de los ejemplos que se muestran en las Figuras 1-4 comparten ruedas motrices 410, 420 diferenciales con diámetro relativamente grande (p.ej., 8 pulgadas (203 mm) o más), ruedas pivotantes 430, 440 de un diámetro menor, y peinadoras/elevadores de césped delanteros y traseros opcionales, 510 y 520 respectivamente.

Las Figuras 2A-C ilustran implementaciones alternativas del robot 10 para el cuidado del césped que tienen una forma sustancialmente pentagonal de ancho constante en la cual la porción más ancha arrastra el eje central 105. Cada robot 11, 12 incluye una transmisión diferencial fuera, cerca de o en el eje central 105 y una cortadora recíproca asimétrica 200A. Sensores de seguimiento de borde 310 y sensores de carácter de césped 320 separados se proveen en pares (aunque solo uno de cada uno de ellos es opcional). Las Figuras 2A y 2B también ilustran ubicaciones alternativas de los peines de césped delantero y trasero, 510 y 520 respectivamente, y los sensores de calibración 320. Una rueda pivotante 430 o rueda auxiliar de sujeción fija 440 puede presionar el césped. Las ubicaciones a modo de ejemplo de la rueda de presión de césped 430, 440 incluyen hacia adelante o hacia atrás de un detector de borde cortado 310, hacia adelante de un primer detector de borde cortado 310 y hacia atrás de un

segundo detector de borde cortado 310 (se muestra entre en la Figura 2A), hacia adelante de la cortadora 200 (se muestra hacia adelante en la Figura 2B), y hacia atrás de la cortadora 200.

Con referencia a la Figura 2A, un robot 11 (que se configura como el robot en la Figura 33) incluye una rueda pivotante de arrastre 430 y una cortadora 200A transportada por el cuerpo 100. La cortadora 200A tiene una cuchilla que se extiende hasta un borde de lado no cortado 101 del robot 11. Una peinadora de césped delantera 510 transportada por el cuerpo 100 se muestra con un tamaño de parte frontal a trasera relativamente más grande para alojar resortes de fijación de barra giratoria, filamentos, cadenas, dientes, púas, solapas flexibles o una combinación de ellos. La peinadora de césped delantera 510 se muestra de forma opcional lateralmente adyacente a una rueda de presión de césped 440 transportada por el cuerpo 100. Un par de sensor de seguimiento de borde 310 y sensor de carácter de césped 320 se transportan por el cuerpo 100 y se ubican hacia adelante de la peinadora de césped delantera 510, alineados de forma paralela a un eje central 105 y lateralmente en línea entre sí. Un segundo sensor de seguimiento de borde 310 se transporta por el cuerpo 100 y se ubica hacia atrás de la peinadora de césped delantera 510, pero hacia adelante de la cortadora 200A.

Con referencia a la Figura 2B, un robot 12 incluye un cuerpo 100 que transporta dos ruedas aplanadoras delanteras 440 ubicadas hacia adelante de un sensor de seguimiento de borde 310 y una cortadora 200A que se extiende hacia un borde de lado cortado 102 del robot 12. El sensor de seguimiento de borde 310 se ubica hacia atrás de una peinadora de césped delantera 510 transportada por el cuerpo 100, pero hacia adelante de la cortadora 200A. Un sensor de carácter de césped 320 se transporta por el cuerpo 100 y se ubica hacia adelante de la peinadora de césped delantera 510. En el presente ejemplo, el sensor de seguimiento de borde 310 no se encuentra lateralmente en línea con los sensores de carácter de césped 320. Una podadora 220 se transporta por el cuerpo 100 en un lado diferente del sensor de borde 310 y/o cortadora 200A. Una de las ruedas de aplanamiento delanteras 440 (p.ej. ruedas pivotantes) puede presionar el césped delante de un tramo de porción de corte 312 del sensor de borde 310, o inmediatamente delante de este (p.ej., separado en la dirección de movimiento por menos de una altura de césped cortado o alrededor de dos pulgadas (51 mm)).

Con referencia a la Figura 2C, un robot 13 incluye un cuerpo 100 que tiene una forma sustancialmente pentagonal de ancho constante en la cual la porción más ancha dirige una línea central 105, con un diferencial de transmisión sustancialmente en el eje central 105 que conecta las ruedas motrices izquierda y derecha 410 y 420 respectivamente. Una rueda pivotante principal 440 y una rueda pivotante de arrastre 430 se transportan, cada una, por el cuerpo 100. Tres cortadoras recíprocas 200B se disponen en el cuerpo 100 en lugares diferentes de adelante hacia atrás que se superponen en forma serial en el ancho cortado. Un agrupamiento extendido de sensores de césped de una pieza 315 se ubica hacia adelante de una peinadora de césped delantera 510 e incluye sensores de seguimiento de borde 310 y sensores de carácter de césped 320. Una podadora 220 puede acoplarse al cuerpo 100 de los lados no cortados o cortados, 101 y 102 respectivamente. Una rueda motriz 420 puede presionar el césped en una porción estrecha que sigue al tramo de porción de corte 312 del sensor de borde cortado 310 (a saber, ninguna peinadora de césped sigue al menos a dicha rueda).

La Figura 3A es un diagrama esquemático que ilustra otro robot 14 para el cuidado del césped a modo de ejemplo que tiene una forma sustancialmente circular. El cuerpo 100 lleva ruedas motrices diferenciales, 410 y 420 respectivamente, sustancialmente en el eje central 105, una rueda pivotante delantera 430, y tres cortadoras de cuchillas Bellinger multi-"exacto" giratorias diferentes 200B (según su uso en la Patente de Estados Unidos No. 3,550,714, aunque con una protección para cubrir las cuchillas cuando la cortadora 200B no está girando, y opcionalmente accionada por motores separados). Las tres cortadoras giratorias 200B se ubican en diferentes lugares de adelante hacia atrás con anchos de corte que se superponen. La disposición de las cortadoras 200B que se muestra (a saber, de forma diagonal) se dispone para cortadoras recíprocas 200A o cortadoras giratorias 200B, o cizalla contragiratoria. Un sensor de seguimiento de borde 310 dispuesto en el cuerpo 100 indica un banco de sensor de borde delantero 3102 que precede a un banco de sensor de borde trasero 3104 en la dirección de cortado para proveer una entrada posicional auxiliar para determinar si el robot 14 procede de forma lineal. Por ejemplo, si el sensor de borde cortado delantero 3102 y el sensor de borde de arrastre 3104 se alinean a lo largo de una sola línea paralela a la dirección hacia adelante de trayecto del robot 14 y ambos indican la presencia del borde cortado 26, el robot 14 puede determinar que se está desplazando de forma sustancialmente lineal. Sin embargo, si solo uno de los sensores de borde cortado 3102, 3104 indica la presencia de borde cortado 26, el robot 14 puede haberse desviado de un trayecto en línea recta. Una interpretación más compleja y la detección de errores también son posibles. El sensor delantero 3102 puede ser más ancho o más estrecho que el sensor de arrastre 3104 y se ubica, de manera opcional, en un brazo que se extiende o se encuentra extendido 3106 como se muestra. Una podadora 220 puede acoplarse al cuerpo 100 de los lados no cortado o cortado, 101 y 102 respectivamente. Las peinadoras de césped delanteras 510 pueden reemplazarse con aspas de ventilador para extraer el césped con flujo de aire concéntrico con las cortadoras giratorias 200B.

La Figura 3B es un diagrama esquemático que ilustra una disposición de otro robot 15 para el cuidado del césped a modo de ejemplo que tiene una forma rectangular. El robot 15 incluye un cuerpo 100 que lleva ruedas motrices 410 y 420, respectivamente, accionadas diferencialmente, ubicadas cerca de las esquinas traseras del cuerpo 100, y dos ruedas pivotantes delanteras 430, ubicadas cerca de las esquinas delanteras del cuerpo 100. La dirección diferencial

permite rápidas velocidades de guiñada. Las ruedas 410, 420, 430 ubicadas en las esquinas del cuerpo 100 rectangular permiten buenos ángulos de acercamiento/alejamiento y estabilidad. El robot 15 también incluye una cortadora 200, una batería 160, detectores de borde 310, calibradores 320 y detectores de límite 1500, todos transportados por el cuerpo 100. Los parachoques frontales y traseros 110A y 110B, respectivamente, se aseguran al cuerpo 100 y pueden configurarse para detectar el contacto. El espaciado ajustado entre las ruedas 410, 420, 430 y la cortadora 200 permiten un antidesbrozamiento razonable. El centro de giro 150 se ubica entre las ruedas motrices 410 y 420, respectivamente. La disposición de los componentes y la configuración del cuerpo permiten al robot 15 cortar hasta los límites y paredes y es probablemente más eficaz que una configuración de cargadora patinadora (como se muestra en la Figura 3D), pero puede tener dificultad al cortar un borde de 90 grados. Es menos probable que el robot 15 dañe el césped 20 mientras gira. Las desventajas de la disposición de los componentes y de la configuración del cuerpo del robot 15, como se muestra, incluyen no poder girar en el lugar, requerir protección de parachoques para todas las áreas delante y detrás de las ruedas motrices 410 y 420, respectivamente, y necesitar ligeramente menos de 2 veces su longitud para girar 360 grados (48" - 60"). El robot 15 es estable, pero transfiere alrededor del 20% de su peso hacia adelante y atrás así como hacia la izquierda y derecha en pendientes de alrededor de 30 grados, lo cual causa dificultad o incapacidad de navegar pendientes de 30 grados en marcha atrás debido a la pérdida de tracción y al cambio de dirección. Un centro delantero de gravedad crea suficiente inercia para generar el deslizamiento de la rueda en césped húmedo en terreno plano durante el seguimiento de borde. La pérdida de tracción resulta en un cambio en la orientación o dirección del robot, lo cual puede afectar el seguimiento de borde incluso en terreno plano.

La Figura 3C es un diagrama esquemático que ilustra una disposición de otro robot 16 para el cuidado del césped a modo de ejemplo que tiene una forma de ancho sustancialmente constante. El robot 16 incluye un cuerpo 100 que lleva ruedas motrices 410 y 420, respectivamente, accionadas diferencialmente, ubicadas cerca de las esquinas traseras del cuerpo 100, y una rueda pivotante delantera 430, ubicada cerca de una porción delantera del cuerpo 100. El robot 16 también incluye una cortadora 200, una batería 160, detectores de borde 310, calibradores 320 y detectores de límite 1500, todos transportados por el cuerpo 100. Los parachoques frontales y traseros 110A y 110B, respectivamente, se aseguran al cuerpo 100 y pueden configurarse para detectar el contacto. El espaciado ajustado entre las ruedas 410, 420, 430 y la cortadora 200 permiten un antidesbrozamiento razonable. El centro de giro 150 se ubica entre las ruedas motrices 410 y 420, respectivamente. La disposición de los componentes y la configuración del cuerpo permiten al robot 15 cortar hasta los límites y paredes así como cortar un borde de 90 grados. No es probable que el robot 15 dañe el césped 20 mientras gira. El robot 15 es estable, pero transfiere alrededor del 20% de su peso hacia adelante y atrás así como hacia la izquierda y derecha en pendientes de alrededor de 30 grados, lo cual causa dificultad o incapacidad de navegar pendientes de 30 grados en marcha atrás debido a la pérdida de tracción y cambio de dirección. Un centro delantero de gravedad crea suficiente inercia para generar el deslizamiento de la rueda en césped húmedo en terreno plano durante el seguimiento de borde. La pérdida de tracción resulta en un cambio en la orientación o dirección del robot, lo cual puede afectar el seguimiento de borde incluso en terreno plano.

La Figura 3D es un diagrama esquemático que ilustra una disposición de otro robot 17 para el cuidado del césped a modo de ejemplo con cargadora patinadora. El robot 17 incluye un cuerpo 100 que lleva ruedas motrices 410 y 420, respectivamente, izquierda y derecha dirigidas diferencialmente, ubicadas cerca de las esquinas frontales y posteriores del cuerpo 100. Para girar, el robot 17 puede bloquear una o más ruedas 410, 420 mientras dirige las otras. El robot 17 también incluye una cortadora 200, una batería 160, detectores de borde 310, calibradores 320 y detectores de límite 1500, todos transportados por el cuerpo 100. Los parachoques frontal y trasero 110A y 110B, respectivamente, se aseguran al cuerpo 100 y pueden configurarse para detectar el contacto. El espaciado ajustado entre las ruedas 410, 420, 430 y la cortadora 200 permite un antidesbrozamiento razonable. El centro de giro 150 se ubica sustancialmente cerca del centro del robot 17. La disposición de los componentes y la configuración del cuerpo permiten al robot 17 cortar hasta límites y paredes, pero puede tener dificultad para cortar un borde de 90 grados. El robot 17 puede encender su centro. Cuatro ruedas motrices reducen la necesidad de un centro bajo de gravedad y ofrecen una excelente capacidad de subir un escalón y colina. Una distribución de peso 50-50 limita la posibilidad de pérdida de dirección en pendientes.

Las Figuras 3E-H son diagramas de bloques que ilustran la típica electrónica de control e instrumentación que pueden aplicarse a cualquier robot adecuadamente similar descrito en la presente memoria. Las Figuras 3E y 3F son diagramas de bloques apropiados para un robot 10 con transmisión diferencial y una forma "de lápida" rectangular. Esencialmente los mismos componentes pueden usarse en cualquiera de los robots diferencialmente dirigidos descritos en la presente memoria. Como se muestra en las Figuras 3E y 3F, un parachoques 110 se conecta a sensores de choque izquierdo y derecho 110I y 110D, respectivamente, en cada uno de los extremos frontales y posteriores. Estos permiten al robot 10 detectar la dirección de un choque mediante el uso del tiempo de actuación (p.ej., si el frente izquierdo se acciona antes que el derecho, un obstáculo se encuentra hacia adelante y a la izquierda). El controlador 450 en la electrónica principal 5400 puede usar dicha dirección para hacer retroceder y girar el robot 10 lejos de e inclinarse lejos del lado de detección. Los detectores de superficie dura 330E según se describen en la presente memoria (un método de determinación de falta de césped) se ubican en las cuatro esquinas del robot 10 y se monitorean por el controlador 450. Los detectores de límite artificial 529 (VF - Cerca Virtual) según se describen en la presente memoria también se ubican en las cuatro esquinas del robot,

monitoreados por el controlador 450. Los sensores de caída de rueda 430A son parte de los conjuntos de rueda de la rueda pivotante 430 y de las ruedas motrices izquierda y derecha 410 y 420, respectivamente, monitoreados por el controlador 450. Los sensores de detección de choque, caída de rueda 462A, superficie dura 330, y límite VF 529 son condiciones de activación para comportamientos de evitación de obstáculos y/o comportamientos de seguimiento de obstáculos ("comportamientos" en el contexto de robótica basada en el comportamiento).

Las Figuras 3E y 3F además muestran codificadores 430B provistos a cada conjunto de ruedas 410, 420, 430, los cuales se monitorean junto con choques y corrientes de motor por el controlador 450 para registrar una condición de atascamiento (estasis), una condición de activación para escapar de comportamientos según se describe en la Patente de Estados Unidos No. 6,809,490. De manera similar, un conjunto de motor de cortadora 202 se provee con un codificador para detectar atascos y velocidad. Los sensores de borde cortado derecho e izquierdo 310 según se describen en la presente memoria en varias formas (310A, 310B...310X) se proveen y emplean por el controlador 450 según se describe en la presente memoria. Un transceptor 55 inalámbrico se comunica con el controlador 450 (de manera intercambiable, el controlador 5400) para permitir al mando a distancia inalámbrico enviar y/o recibir señales. Una interfaz de usuario 5410 (p.ej., panel de visualización y/o botones) controlada desde el controlador 450 permite señales de estado e instrucciones. Una interfaz de modo manual 5411 es, según se describe en la presente memoria, con referencia al montaje, desmontaje, y plegado de manijas (p.ej., permitiendo cambiar la señal de hombre muerto y otras señales, y estado de manija detectado), para modos manual y autónomo.

Las Figuras 3E y 3F difieren principalmente en que la Figura 3E se acciona principalmente por un motor de combustión interna 5451 (que puede dirigir directamente algunos componentes mediante embragues y/o transmisiones, y puede también dirigir un alternador o generador para impulsar dispositivos o cargar una batería 5454 para hacer lo mismo). La Figura 3F se acciona principalmente por una batería 5501 (que impulsa, p.ej., motores sin cepillo u otros motores CC mediante circuitos de control de motor y amplificadores de motor). Un motor de combustión interna se selecciona, principalmente, para la densidad de energía y tiempos de ciclo rápidos (p.ej., reemplazar el combustible es más rápido que recargar una batería), y no necesita usarse para dirigir directamente una cortadora 200.

Debe notarse que una característica de las disposiciones accionadas por combustión interna y por batería es que cuando el robot 10 se coloca en modo manual, los embragues en las ruedas motrices (en algunas instancias no se muestran, pero todas las ruedas motrices descritas en la presente memoria pueden tener embragues a tales fines) desconectan las ruedas que se dirigen en modos autónomos, y proveen más potencia para el modo manual. En cada caso, el controlador 450 puede, en respuesta a la detección del modo manual (opcionalmente en asociación con la manija que se fija o despliega), activar un modo de alta potencia para la cortadora 200 (la potencia del motor de cortadora, caja de cambios, embrague, y elemento de corte se selecciona para alojar dicho modo de mayor estrés). Ello es adecuado para instancias en las cuales el usuario cree o percibe que el robot 10 puede verse superado por el crecimiento del césped. Una característica adicional es que el transceptor 55 inalámbrico puede usarse para activar un conmutador "normalmente apagado" conectado al encendido de un motor CI o bucle de corriente de motor en un motor eléctrico. Cuando el robot 10 está fuera de rango o no puede recibir señales inalámbricas de un mando a distancia inalámbrico que emite una señal de hombre muerto (continua o intervalo de segundos a minutos), el robot 10 se desactivará - y puede desactivarse de forma remota deteniendo la señal de hombre muerto.

El robot 10 accionado por batería de la Figura 3F se controla como se describe en la presente memoria con respecto a los esquemas y diagramas de control incluidos. El robot 10 de motor de combustión interna de la Figura 3E incluye monitoreo y control de motor (ECU) 5402 para monitorear el estado del motor 5451. Varios sensores, incluidos los estados de tensión y corriente así como las configuraciones de sensor convencionales, pueden conectarse a ECU 5402, incluida alguna o toda la temperatura y presión de presión aérea de entrada, presión aérea barométrica, temperatura del refrigerante, posición del regulador, posición de la manivela, posición de la leva, ángulo de inicio de inyección de combustible y ancho del impulso, y avance del encendido. El nivel de combustible, el estado de encendido, el estado del interruptor de emergencia, y el estado del conmutador de hombre muerto pueden monitorearse por ECU 5402 o por el controlador principal 450 o 5400. El motor 5451 impulsa un generador 5452 mediante una caja de cambios convencional u otra transmisión. Si la caja de cambios puede dirigirse hacia atrás totalmente o tiene velocidades de cambios apropiadas, el generador o alternador 5452 pueden configurarse para actuar como un motor de arranque (con circuitos apropiados). El acondicionamiento energético 5404 convierte la salida del generador 5452 en corriente suavizada, menos ruidosa, y opcionalmente CD para cargar baterías y dirigir motores eléctricos. La batería 5454 puede conectarse para el arranque eléctrico del motor CI 5451 para alimentar motores eléctricos en el conjunto de rueda izquierda 410, conjunto de rueda derecha 420 (si no se accionan directamente), y para alimentar la electrónica principal 5400 y el transceptor inalámbrico 55. Las señales o conmutadores de hombre muerto (normalmente apagados) o los interruptores de emergencia (normalmente encendidos) según se describen en la presente memoria se conectan para abandonar la electrónica principal 5400 y el transceptor inalámbrico 55 alimentados incluso cuando el robot 10 se encuentra inmovilizado o incapaz de cortar mediante la inhabilitación de encendido, suministro de combustible, suministro de aire, embragues normalmente desconectados o normalmente conectados, o bucles de corriente de motor. El robot 10 de motor de combustión interna de la Figura 3E incluye un embrague 5453 y el correspondiente accionador (p.ej., solenoide, motor, o EM)

intermedia entre el motor CI y la propia cortadora 200. El embrague 5453 desconecta el motor CI de una cortadora 200 alimentada mecánicamente (mediante una transmisión como, por ejemplo, un cinturón, eje, cadena o caja de cambios), o desconecta un motor eléctrico (no se muestra) de una cortadora 200 alimentada eléctricamente (mediante el generador 5452).

- 5 Las Figuras 3G y 3H son diagramas de bloques que ilustran la típica electrónica de control e instrumentación que puede aplicarse a cualquier robot adecuadamente similar descrito en la presente memoria, pero son en particular apropiados para una configuración "deslizante" de articulación. Dichos elementos que tienen iguales números que los elementos en las Figuras 3E y 3F tienen sustancialmente la misma estructura y función.

- 10 Comparando la Figura 3F y la Figura 3H, la configuración de deslizamiento o pivote (antes que tener una sola rueda pivotante delantera) incluye conjuntos de ruedas pasivas izquierda y derecha 5210. Cada uno de estos incluye un sensor de caída 430A y un codificador 430B monitoreado por el controlador 450 o electrónica principal 5400. Un pivote de articulación 5305 según se describe en la presente memoria separa el cuerpo 5000 en dos partes. El pivote 5305 incluye un anillo colector o arnés de cable flexible para pasar el cableado de la primera porción 5100 a la segunda porción 5200 del cuerpo 5000. Un accionador de pivote 5310 (preferiblemente motor eléctrico) se controla por la electrónica principal 5400, y la posición de pivote 5310 se monitorea por un codificador absoluto (a saber, uno que devuelve una posición absoluta antes que una posición relativa). Una rueda motriz 5110 principal se alimenta por un conjunto de motor 5455.

- 20 Muchas de las mismas diferencias se encuentran al contrastar la configuración CI de la Figura 3E con la configuración de deslizamiento CI de la Figura 3G. La configuración de deslizamiento CI según se muestra incluye dos configuraciones de embrague. Un accionador de embrague impulsor y embrague 5452 desconecta el motor CI 5451 de una rueda motriz principal 5110 alimentada mecánicamente mediante (mediante una transmisión como, por ejemplo, un cinturón, eje, cadena o caja de cambios), o desconecta un motor eléctrico (no se muestra) de una rueda motriz principal 5110 alimentada eléctricamente (mediante el generador 5452). Un accionador de embrague de cortadora y embrague 201 desconecta el motor CI 5451 de una cortadora 200 alimentada mecánicamente (mediante una transmisión como, por ejemplo, un cinturón, eje, cadena o caja de cambios), o desconecta un motor eléctrico (no se muestra) de una cortadora 200 alimentada eléctricamente (mediante el generador 5452). Estos y otros embragues descritos en la presente memoria pueden conectarse o desconectarse para el modo manual en situaciones de estabilidad (p.ej., mediante el uso de un sensor de inclinación, el controlador determina que el robot debe inmovilizarse y conecta embragues de manera adecuada) o cuando se usa un conmutador o señal de E-detención, hombre muerto, o señal o interruptor de emergencia. El controlador 450 puede también conectar y desconectar embragues durante comportamientos de escape.

- 35 La Figura 3I ilustra conexiones entre componentes electrónicos y es una manera de conectar componentes según se establece en la Figura 3G y en la presente memoria descriptiva más abajo. La Figura 3I es diferente de la Figura 3G al menos en que todos los motores para la conducción, pivote y cortado son eléctricos; y en que las dos ruedas frontales se dirigen. Los motores de dirección 5456 en los lados delanteros izquierdo y derecho se conectan (incluido el control de motor y la amplificación) al tablero de control 5400. Un motor de articulación (pivote) 5310, un motor de accionamiento principal 5455, y un motor de carga útil o cortadora 202 se conectan de forma similar (incluido el control de motor y la amplificación). El acondicionamiento energético 5404 incluye un circuito de carga o recarga para la batería (uno o dos circuitos pueden convertir el motor CI/alternador CA y/o CA doméstica para cargar la batería), el acondicionamiento para el motor CI/alternador de corriente CA para suavizar y eliminar el ruido mediante el uso de inductores o similares, y un circuito de inicio para proveer corriente inicial (en forma de CA o CD apropiada, tensión y corriente) al arrancador y/o alternador. El arrancador y alternador pueden ser dispositivos iguales o diferentes. Tanto un interruptor de emergencia K como un conmutador de hombre muerto D intervienen entre el encendido y el motor CI 5451 (p.ej., en una manera tal para apagar o saltar funciones de encendido). Cada uno puede activarse por el tablero de control 5400 y comportamientos de robot y también directamente por conmutadores manuales, relés, o similares provistos en el cuerpo del robot o manija adosable/plegable.

- 45 Las Figuras 3J y 3K muestran disposiciones de componentes de bloques de algunos de los componentes descritos con referencia a las Figuras 3G y 4A-N más abajo. La carga útil y el motor de carga útil 202 se encuentran en general cerca del suelo (con el fin de llevar a cabo el cuidado del césped), se muestran en el medio del robot. Los motores de dirección y articulación (eléctricos) 5456 y 5310 se ubican de manera esencialmente adyacente a las ruedas o pivote que se controlará. Sin embargo, como se muestra en las Figuras 3J y 3K, al menos la mitad (tres componentes de, en el presente caso, seis componentes) de los componentes más pesados que pueden ubicarse en diferentes lugares - un motor CI 5451, alternador/generador 5452, motor de accionamiento 5455, batería 5454, tablero de electrónica de control 5400 (si hay más de un tablero, los más pesados de estos), y tanque de combustible 5458 - se posicionan al menos en parte debajo del eje central de la rueda dirigida con el diámetro más alto (aquí, la rueda motriz principal 5110) con el fin de bajar el centro de gravedad. No es necesario que estos componentes se ubiquen dentro del volumen de la rueda motriz con el diámetro más alto 5110 con el fin de estar debajo de su eje central. Sin embargo, como se muestra en las Figuras 3J y 3K, es preferible ubicar al menos la mitad de dichos seis componentes dentro del volumen de la rueda motriz con el diámetro más alto. En la Figura 3J, el motor CI 5451, alternador 5452, motor de accionamiento 5455, batería 5454 y combustible 5458 se encuentran

dentro del volumen de la rueda motriz con el diámetro más alto y el tablero de electrónica de control 5400 se ubica dentro del cuerpo principal pero fuera del volumen de la rueda motriz con el diámetro más alto. En la Figura 3K, el tablero de electrónica de control 5400, motor de accionamiento 5455, y la batería 5454 se encuentran dentro del volumen de la rueda motriz con el diámetro más alto, pero el motor CI 5451, alternador 5452 y tanque de combustible 5458 se ubican dentro del cuerpo principal pero fuera del volumen de la rueda motriz con el diámetro más alto. Los componentes pesados (con frecuencia, el motor, motores/generadores, baterías, combustible, electrónica de control, incluidos los amplificadores de motor) se usan para bajar el centro de gravedad.

Con referencia a las Figuras 4A-N, un robot 18 incluye un cuerpo 5000 que tiene primeras y segundas porciones 5100 y 5200, respectivamente, unidas en una junta articulada 5300. La primera porción 5100 del cuerpo define una área de carga útil 5102 que lleva un controlador 5400, un motor de accionamiento 5450, y una fuente de alimentación 5500, por ejemplo. Al menos una rueda motriz 5110 gira alrededor de un eje 5105 definido por la primera porción 5100 del cuerpo. El diámetro externo de la rueda motriz 5110 tiene un tamaño para ser mayor que una longitud y altura del área de carga útil 5102. En algunos ejemplos, el diámetro externo de la rueda motriz 5110 es de alrededor de 16 pulgadas (406 mm). En un ejemplo, como se muestra en las Figuras 4A-D, una rueda motriz 5110 define una cavidad interna que aloja el área de carga útil 5102. La primera porción 5100 del cuerpo incluye brazos izquierdo y derecho 5120 y 5130, respectivamente, que se extienden del área de carga útil 5102 alrededor de al menos una rueda motriz 5110 a la junta articulada 5300. La segunda porción 5200 del cuerpo define un eje 5205 y lleva al menos una rueda libre 5210 que gira alrededor del eje trasero 5205. En algunos ejemplos, el diámetro externo de la rueda libre 5210 es de alrededor de 9 pulgadas (229 mm) y el robot 18 tiene un centro de gravedad CG y una altura H desde una superficie del suelo de alrededor de 3 pulgadas (76 mm). La al menos una rueda libre 5210 puede pivotar alrededor de un eje perpendicular al eje trasero 5205. Por ejemplo, la al menos una rueda libre 5210 puede pivotar lateralmente con el eje de pivote paralelo a una dirección de desplazamiento, y así permitir a la segunda porción 5200 del cuerpo inclinarse en los giros.

La junta articulada 5300 incluye un accionador 5310 (p.ej., un motor y caja de cambios) controlado por el controlador 5400 y configurado para girar la primera y segunda porciones 5100 y 5200 del cuerpo, respectivamente, en relación entre sí alrededor de al menos un pivote 5305 de la junta articulada 5300. En algunos ejemplos, como se muestra en la Figura 4B, la junta articulada 5300 permite a la segunda porción 5200 del cuerpo girar con respecto a la primera porción 5100 del cuerpo alrededor de una dirección de accionamiento. En algunos ejemplos, como se muestra en la Figura 4D, la junta articulada 5300 gira una dirección de accionamiento de la primera porción 5100 del cuerpo un ángulo A de entre alrededor de +90° y alrededor de -90° con respecto a una dirección de accionamiento de la segunda porción 5200 del cuerpo. Ello permite al robot 18 pivotar 360° alrededor de una rueda libre 5210.

Las Figuras 4E-G ilustran un ejemplo de robot 18 con dos ruedas motrices 5110 llevadas por la primera porción 5100 del cuerpo. La configuración que se muestra expone, de manera parcial, el área de carga útil 5102 entre las dos ruedas motrices 5110. Las dos ruedas motrices 5110 pueden accionarse de manera independiente entre sí.

Con referencia a las Figuras 4H-I, el robot 18 puede accionarse con la primera porción 5100 del cuerpo que dirige la segunda porción 5200 del cuerpo y viceversa. El robot 18 incluye al menos una unidad para el cuidado del césped 5600 transportada por la primera y segunda porciones 5100 y 5200 del cuerpo, respectivamente. En el ejemplo que se muestra, el robot 18 incluye unidades para el cuidado del césped 5600A y 5600B transportadas por la primera porción 5100 del cuerpo y la unidad para el cuidado del césped 5600C transportada por la segunda porción 5200 del cuerpo. Cuando el robot 18 se configura para tener la primera porción 5100 del cuerpo que dirige la segunda porción 5200 del cuerpo, la unidad para el cuidado del césped 5600A puede configurarse como una cortadora 200, la unidad para el cuidado del césped 5600B puede configurarse como una peinadora de césped 510, 520 y/o un detector de borde cortado 310, y la unidad para el cuidado del césped 5600B puede configurarse como una cortadora 200. Cuando el robot 18 se configura para tener la segunda porción 5200 del cuerpo que dirige la primera porción 5100 del cuerpo, la unidad para el cuidado del césped 5600A puede configurarse como una cortadora 200, la unidad para el cuidado del césped 5600B puede configurarse como un detector de borde cortado 310, y la unidad para el cuidado del césped 5600B puede configurarse como una peinadora de césped 510, 520 y/o un detector de borde cortado 310.

Con referencia a las Figuras 4J-N, en algunos ejemplos, la rueda motriz 5110 se soporta por la primera porción 5100 del cuerpo sobre tres soportes de rodillos 5112, cada uno posicionado alrededor de 120° entre sí. Un piñón de accionamiento 5114 acoplado a un motor 5450 por una transmisión 5455 dirige la rueda motriz 5110. La rueda motriz 5110 tiene un centro de gravedad relativamente bajo CG-W. En algunas instancias, la rueda motriz 5110 define un perfil escalonado, como se muestra en la Figura 4K. En otras instancias, la rueda motriz 5110 define un perfil truncado con un pico marcado, como se muestra en la Figura 4L. En otras instancias, la rueda motriz 5110 define un perfil con elevaciones, como se muestra en la Figura 4M. En otras instancias, la rueda motriz 5110 define un perfil acanalado y/o curvo, como se muestra en la Figura 4N.

Con referencia a las Figuras 5A-B, una cortadora giratoria 2000 incluye resguardos de disco superior e inferior 2010 y 2012, respectivamente, y primera y segunda cuchillas de cortadora 2013 y 2014, respectivamente, dispuestas entre los resguardos de disco superior e inferior 2010 y 2012, respectivamente. La cortadora giratoria 2000, en

algunos ejemplos, incluye primer y segundo peines de resguardo de punta de cuchilla 2015 y 2016, respectivamente, dispuestos en las correspondientes primera y segunda cuchillas de cortadora 2013 y 2014, respectivamente. Los peines de resguardo de punta de cuchilla 2015, 2016 reducen los daños de cuchilla y peinan el césped 20. Un bloqueo de cuchilla opcional 2017 sostiene la primera y segunda cuchillas de cortadora 2013 y 2014, respectivamente, juntas para formar una cortadora giratoria.

En algunas implementaciones, el robot 10 incluye un aireador o erector que levanta el césped cortado 24, y así añade volumen percibido al césped cortado 24, y mejora la apariencia estética del césped 20. El aireador/erector puede incluir un cepillo o peine activo para cepillar el césped hacia arriba, por ejemplo. El robot 10 puede incluir un sistema de aireación y/o elevación según se describe en la Patente de Estados Unidos No. 6,611,738; y/o Patente de Estados Unidos No. 3,385,041.

En algunas instancias, el tratador de superficie 200 incluye cortadoras estilo esquilado o estilo cortasetos 200A, los cuales limitan su acción de cortado a un radio particular y evitan que objetos más grandes que dicho radio se corten de forma accidental. Por ejemplo, el tamaño del radio de cortado puede seleccionarse para que sea más pequeño que los dedos de un niño, para evitar daños accidentales. Además, la cortadora 200 corta con una tasa de energía sustancialmente baja de aproximadamente 70 watts en una longitud de cortado de 0,5 metros. La tasa de gasto de energía es lo suficientemente baja para que el robot 10 pueda funcionar durante un período suficiente para cortar un patio de tamaño típico.

La Figura 5C es una vista esquemática de una cortadora alternativa simplificada 2050 como un ejemplo de una cortadora alternativa 200A. La cortadora con barra en forma de hoz 2050 incluye primera y segunda cuchillas, 2051 y 2052, respectivamente, posicionadas en paralelo entre sí y que se mueven en movimientos alternativos opuestos por un accionador 2060.

Con referencia a las Figuras 5D-E, una cortadora alternativa 2050 incluye una carcasa 2055 que lleva un brazo 2070 posicionado para girar de forma horizontal (p.ej. de derecha a izquierda y de vuelta) con respecto al césped alrededor de un cojinete de pivote 2072. Una cuchilla de corte 2080 se monta a un extremo externo del brazo 2070 y linda con un peine 2084 conectado a la carcasa 2055. El movimiento giratorio de un eje accionado 2076 se convierte en un movimiento alternativo de lado a lado para el brazo 2070 mediante el cojinete excéntrico 2074. Mientras el brazo 2070 se mueve de forma horizontal de lado a lado, los dientes 2082 de la cuchilla de corte 2080 se deslizan horizontalmente mientras están en contacto con las púas 2086 del peine 2084, cortando cualquier brizna de césped atrapada en las ranuras 2085 formada entre la cuchilla de corte 2080 adyacente y el peine 2084. En un ejemplo, la distancia de la reciprocidad es de cinco centímetros o menos (a saber, de la cuchilla 2080 con respecto al peine 2084).

Con referencia a la Figura 5F, la cortadora alternativa 2050 incluye un tensor de cuchilla 2090 y provee una tensión hacia abajo uniformemente espaciada en la cuchilla de corte 2080. Los dientes 2082 de la cuchilla de corte 2080 se urgen incluso contra el peine 2084, y así se mejora la acción de esquilado. El tensor de cuchilla 2090 puede incluir una o más extensiones arqueadas que se extienden desde el brazo 2070. De manera alternativa, el tensor de cuchilla 2090 puede incluir una unidad separada conectada al cuerpo 100 como, por ejemplo, una barra pesada horizontalmente alineada que provee una presión hacia abajo contra la cuchilla de corte 2080.

Con referencia a la Figura 5G, la cortadora alternativa 2050 incluye dos cuchillas de corte 2080A y 2080B, cada una de las cuales se acciona por brazos separados 2070A y 2070B, respectivamente, reduciendo el número de dientes 284A, 284B en cada cuchilla de corte 2080A y 2080B, respectivamente.

La cuchilla de corte 2080 puede incluir cuatro dientes 2082 por cada cinco púas 2086 de peine. De manera alternativa, la cuchilla de corte 2080 puede incluir nueve dientes 2084 por cada diez púas 2086. La cuchilla de corte 2080 y el peine 2084 pueden funcionar de modo que solo un diente 2082 (o alternativamente, dos) corta en un momento durante el funcionamiento de la cortadora 2050. Los dientes 2082 de la cuchilla de corte 2080 y las púas 2086 del peine 2084 pueden tener espaciados mutuamente diferentes y pueden ser biselados. El número de dientes 2082 o púas 2086 pueden ser múltiples de los dientes presentes en una esquiladora típica; por ejemplo, tres veces el factor de ampliación del peine 2084 con respecto a la esquiladora. La fuerza de sujeción provista a la cuchilla 2080 contra el peine 2084 puede ser uniforme, o puede variar a lo largo del área horizontal de la cuchilla 2080, dentro de un rango de una fuerza de sujeción aceptable. El material de la cuchilla de corte 2080 y/o peine 2084 puede incluir metal templado (como, por ejemplo, acero) que se estampa, moldea, luego se mecaniza, forja y mecaniza nuevamente.

El peine 2080 y/o cuchilla de corte 2084 pueden incluir orificios de montaje para montar la cuchilla de corte 2080 o peine 2084 a un yugo. Los dientes 2082 o púas 2086 pueden tener puntas redondeadas para guiar briznas de césped en las ranuras 2085. El espaciado de los dientes 2082 o púas 2086 puede establecerse para optimizar el espacio de abertura 2085.

Las curvas de la cuchilla 2080 y el peine 2084 pueden tener contornos similares a los de un dispositivo de esquilado cuando el radio es de nueve pulgadas (229 mm) o menos; cuando el radio de su curvatura es mayor que nueve

pulgadas (229 mm), las curvas de la cuchilla 2080 y peine 2084 pueden alterarse según el radio de conducción y el radio de la cortadora.

Con referencia a la Figura 5H, una cortadora 2100 incluye una primera cuchilla 2110 montada a y accionada, de forma giratoria, por un motor 2140. Una segunda cuchilla 2110 se monta a y se acciona, de manera giratoria, por un engranaje planetario 2130 accionado por el motor 2140. La primera y segunda cuchillas 2110 y 2120, respectivamente, giran en direcciones opuestas para cortar el césped. La cortadora 2100 tiene la capacidad de elevación de una cortadora giratoria convencional, pero requiere menos potencia para funcionar y en general provee un corte más limpio. En algunos ejemplos, la segunda cuchilla 2110 es fija o flota libremente, antes que ser accionada por un engranaje planetario 2130. En la configuración de la segunda cuchilla fija, solo la primera cuchilla 2110 gira y así corta el césped con una acción tipo tijeras.

Con referencia a la Figura 5I, una cortadora 2200 incluye una estructura de cortadora 2210 que define un eje longitudinal 2215. La estructura de cortadora 2210 se monta al cuerpo con el eje longitudinal 2215 sustancialmente paralelo a una superficie de terreno. Un sujetador de cable 2220 accionado se monta, de manera giratoria, a la estructura de cortadora 2210 para girar alrededor del eje longitudinal 2215. El sujetador de cable 2220 incluye múltiples discos espaciados 2222 y al menos un cable 2224 asegurado cerca de un borde periférico de los discos 2222 y dispuesto de forma sustancialmente paralela al eje longitudinal 2215. El sujetador de cable 2220 giratorio y el cable asociado 2224 cortan el césped con relativamente menos potencia que una cortadora giratoria convencional.

En algunos ejemplos, el tratador de superficie 200 incluye un fertilizante o dispensador de pesticidas para distribuir fertilizantes o pesticidas sobre el patio 20, ya sea en lugar de o además de otras tareas de cuidado del césped como, por ejemplo, cortar el césped.

Con referencia a las Figuras 6A-B, el robot 10 genera energía eléctrica que puede almacenarse. Una implementación utiliza un generador 1702 como, por ejemplo, un motor cd que gira para generar corriente CD. El control con frecuencia implica un regulador de tensión 1704 para evitar las tensiones alta y baja en el sistema. Otra implementación incluye un alternador. Un alternador es un generador de tres fases que se ejecuta a través de un conjunto de diodos para rectificar la corriente CA a CD. Con el uso de un regulador de tensión adicional, es posible obtener corriente CD estable, casi libre de ondas del alternador.

La Figura 6A ilustra un sistema híbrido mecánico-eléctrico 1700A que incluye una fuente de combustible 1702 para entregar combustible a un motor 1704 que acciona una cortadora 1706 y un generador 1708. El generador 1708 se conecta a un regulador de tensión 1710. El regulador de tensión 1710 se conecta a una unidad de almacenamiento de energía 1712 (p.ej., una batería), un motor de accionamiento 1714 y electrónica 1716.

La Figura 6B ilustra un sistema todo eléctrico 1700B que incluye una fuente de combustible 1702 para entregar combustible a un motor 1704 que acciona un generador 1708. El generador 1708 se conecta a un regulador de tensión 1710. El regulador de tensión 1710 se conecta a una unidad de almacenamiento de energía 1712 (p.ej., una batería), un motor de accionamiento 1714, una cortadora 1706 y electrónica 1716.

Con referencia a las Figuras 6C-D, el robot 10 incluye seis categorías diferentes de componentes; cada uno de los cuales lleva a cabo una función para el funcionamiento total del sistema. Las seis categorías incluyen: C1) Combustible - Almacenamiento y entrega de combustible al motor; C2) Ingreso - Pasaje de aire hacia el motor; C3) Motor - Combustión de combustible para crear trabajo mecánico a partir de la energía almacenada; C4) Salida Eléctrica - Componente para crear energía eléctrica utilizable a partir del trabajo del eje; C5) Inicio - Componentes para arrancar el motor; y C6) Salida Mecánica - Componentes diseñados para canalizar el trabajo del eje hacia las ubicaciones apropiadas. Para cada una de las seis categorías, existen tres tipos separados de componentes: requeridos (trayecto (coste) de mínima complejidad para el funcionamiento), opcionales (estos componentes añadirán características o funcionalidad adicional al producto a un coste adicional), y esperados.

La Figura 6E provee una vista esquemática de un vecindario 1000 que incluye casas 1002, obstáculos para el cortado de césped 1004 (p.ej., árboles 1004A, arbustos 1004B y agua 1004C), límites 1006 (p.ej., cercos 1006A y líneas de propiedad 1006B), áreas que no pueden cortarse 1008 (p.ej. accesos 1008A, aceras 1008B y calles 1008C), y áreas que pueden cortarse 1020. Aunque se muestra un vecindario 1000 bastante simple, la ilustración es suficiente para céspedes sustancialmente topológicamente equivalentes, céspedes orientados menos linealmente, o céspedes con islas, céspedes con múltiples secciones, y/u otras discontinuidades.

La delineación entre áreas que pretenden atravesarse por el robot 10, y áreas que no pretenden atravesarse por el robot 10 puede dividirse en diferentes tipos de límites, incluidos límites visibles y límites invisibles, límites naturales, límites artificiales, arbitrarios, límites políticos, límites navegables y de bloqueo. Los bordes del césped son un tipo de límite arbitrario que lindan con muchos tipos de áreas de no césped o que no pueden cortarse (p.ej., cercos, canteros, jardines, mantillo, aceras, paredes, escalones). Los límites arbitrarios también incluyen límites establecidos por motivos de propiedad u otros motivos dentro de una área de césped continua que puede cortarse físicamente. Ejemplos de límites arbitrarios incluyen un límite entre un camino de azuleos (colocadas en un mantillo en la corteza del árbol) y un césped herboso y un límite entre un césped herboso y un acceso de cemento. La transición entre el

área de césped y de no césped, o la propia área de no césped, es discernible en virtud de propiedades físicas diversas. En muchos casos, la diferencia es visualmente discernible. Sin embargo, el robot 10 usa un conjunto limitado de características físicas menos complejas como, por ejemplo, longitudes de onda de luz reflejadas promedio (a saber, color) o resistencia al corte (correlacionada con la presencia de césped).

- 5 Los límites arbitrarios que no pueden determinarse inmediatamente por las diferencias en las características físicas incluyen líneas de propiedad 1006B entre lotes adyacentes en un vecindario 1000 y un límite entre una primera región de patio 1020 que debe cortarse y una segunda región de patio 1020 que no debe cortarse debido a la siembra, daños, o similares. Con el fin de reconocer los límites arbitrarios, el robot 10 usa contestadores de límite 600 como, por ejemplo, longitudes de cuerda identificable ("cuerda" también significa cable, cinta, cadena o cuerda de elementos discretos en una línea limitada).

Las Figuras 7A-7E ilustran estructuras relevantes para cambiar entre el funcionamiento autónomo y manual del robot 10. Las Figuras 7A, 7C-7F ilustran estructuras apropiadas como un análogo de una manija de cortacésped de empuje convencional.

- 15 Las Figuras 7A y 7B son vistas esquemáticas de métodos de navegación de un robot 10 para el cuidado del césped. Con referencia a la Figura 7A, un método de dirección manual del robot 10 incluye usar un mando a distancia 50 inalámbrico o IR que envía una señal a un receptor 55 en el robot 10. El sistema de accionamiento 400 se configura para seguir la señal recibida del mando a distancia 50.

- Otro método incluye guiar el robot 10 con una barra de empuje 116 fijada al cuerpo 100. La barra de empuje 116 puede separarse de o almacenarse en el cuerpo o carcasa 100. Por ejemplo, si el robot 10 se programa para evitar vegetación abundante para que esta no se enrede o enmarañe, un operador puede, sin embargo, ignorar el comportamiento guiando al robot 10 con la barra de empuje 116. En algunos casos, la barra de empuje 116 incluye un conmutador, establecimiento de velocidad, o *joystick* para hacer avanzar y dirigir el robot 10. En una instancia, la barra de empuje 116 incluye uno o más sensores de presión o tensión, monitoreados por el robot 10 para mover o dirigir en una dirección de presión (p.ej., dos sensores que monitorean la presión izquierda-derecha o el desplazamiento de la barra para girar el robot 10). En otra instancia, la barra de empuje 116 incluye un conmutador de hombre muerto o interruptor de emergencia 117A en comunicación con el sistema de accionamiento 400 para apagar el robot 10. El conmutador 117A puede configurarse como un conmutador de hombre muerto para apagar el robot 10 cuando un usuario de la barra de empuje 116 cesa el uso o ya no mantiene contacto con la barra de empuje 116. El conmutador 117A puede configurarse como un interruptor de emergencia cuando la barra de empuje 116 se almacena, y así permitir al usuario apagar el robot 10. El conmutador de hombre muerto o interruptor de emergencia 117A puede incluir un sensor capacitivo o una barra de palanca. En otra instancia, la barra de empuje 116 incluye un embrague 117B para conectar/desconectar el sistema de accionamiento 400. El cortacésped robótico 10 puede funcionar a una velocidad más rápida mientras se acciona manualmente por la barra de empuje 116. Por ejemplo, el cortacésped robótico 10 puede funcionar a una velocidad autónoma de alrededor de 0,5 m/seg y a una velocidad manual mayor que 0,5 m/seg (incluida una velocidad "turbo" accionable para 120-150% de la velocidad normal).

- Con referencia a la Figura 7B, en otro método de navegación del robot 10, el robot 10 incluye una correa para jalar o hilo conductor retráctil 118 alimentado a través de una guía 120 desde una bobina 122. En el presente ejemplo, el sistema de accionamiento 400 incluye un controlador 450 transportado por el cuerpo 100 y que controla la liberación y retracción de la bobina 122. El cable para jalar se extiende 6-10 pies, por ejemplo, y el robot 10 monitorea la cantidad de extensión directa o indirectamente (codificador, etc.), así como la dirección en la cual se jala el cable (se monitorea la posición de la guía de cable 120). El robot 10 sigue la dirección del tirón y controla la velocidad para mantener una longitud de cable. La Figura 7B también muestra un erector de césped 510 transportado por el cuerpo 100 hacia adelante de la cortadora 200. El erector de césped 510, 520 incluye una rueda motriz 510A que tiene un eje de rotación paralelo al césped 20, 1020 y múltiples agitadores de césped flexibles 510B que se extienden radialmente hacia afuera desde la rueda 510A.

- Con referencia a las Figuras 7C y 7D, el robot 19 se configura para los modos autónomo y manual (empuje). Como se muestra en la Figura 7D, la manija 116 se configura sustancialmente en la forma de una manija de cortacésped de empuje convencional. La manija 116 incluye, en un extremo superior, un conmutador de hombre muerto 117A manualmente accionable por la mano de un operador. El conmutador de hombre muerto 117A se conecta a un accionador cargado por resorte 117D y se conecta, de allí en adelante, al robot 19 mediante el uso de una línea de conexión 117E (que puede ser un cable de accionador mecánico móvil o una línea eléctrica). En un extremo inferior de la manija 116, la línea de conexión 117E atraviesa un conector 116C hacia el robot 19. La manija 116 se puede conectar al robot 19 mediante el conector 116C, así como mediante una abrazadera 116B. El extremo inferior de la manija 116 se conecta sustancialmente en los alrededores del eje de las ruedas 410, 420 en la parte posterior del robot 19, mientras la abrazadera 116B y la conexión inferior permiten, juntas, que el robot 19 se incline mediante la manija 116 mientras la manija se baja por un usuario. De esta manera, el robot 19, usado en el modo manual, puede inclinarse y girar en el lugar en forma de un cortacésped de empuje ordinario.

El conmutador de hombre muerto 117a se provee con un sesgo mecánico o resorte que sesga el conmutador 117a hacia una posición "apagado". En el presente caso, "apagado" significa un estado mecánico o eléctrico en el cual una combustión interna o accionamiento eléctrico de cortadora no pueden funcionar. Para un accionamiento de combustión interna de cortadora, ejemplos de "apagado" incluyen un circuito abierto desde un encendido o un corto entre una terminal de encendido y un bloque de motor u otro dispositivo conocido para inhabilitar el motor CI. Para un accionamiento eléctrico de cortadora, ejemplos de "apagado" incluyen un circuito abierto, normalmente relé apagado, u otro dispositivo conocido para inhabilitar un motor eléctrico. En cualquier caso, un freno y/o un embrague pueden conectarse al conmutador de hombre muerto 117a y accionarse al mismo tiempo que se inhabilita el motor, o en lugar de ello. En una posición "encendido", el conmutador 117a se mantiene contra el sesgo del resorte por el operador. El conmutador 117a puede no bloquearse o fijarse en la posición "encendido".

El robot 19 ilustrado en las Figuras 7C y 7D, capaz de recibir la manija de empujar/jalar separable 116, tiene un motor de combustión interna (o sistema de combustión o basado en combustible equivalente que provee densidad de alta energía como, por ejemplo, células de combustible) para el accionamiento directo de una cortadora, cargando baterías o presurizando fluidos. El robot 19 también incluye un número de motores eléctricos o hidráulicos, incluidos uno o dos motores motrices 460 (accionados para mover el robot hacia adelante) y/o uno o dos motores de dirección 470 (accionados a velocidades diferenciales o juntos para girar el robot 10). Cada motor 460, 470 que se conecta a una rueda motriz se provee con un embrague electromagnético u otro embrague accionado eléctricamente para desconectar el motor respectivo en modos manuales. Un embrague puede desconectar más de un motor. Los embragues electromagnéticos pueden controlarse desde el controlador 450, o más directamente mediante el conector 116C según se describe en la presente memoria.

Como se muestra en las Figuras 7C y 7D, la manija 116 puede separarse mediante el conector 116C provisto al robot y un conector 100A correspondiente provisto en el cuerpo 100 del robot. Los conectores 116A o 100A pueden, cada uno, ser mecánicos (a saber, si pasan un cable de accionamiento o transmiten su movimiento), o pueden ser eléctricos (conectores con múltiples pasadores).

Los conectores 116A y 100A pueden tener funciones adicionales. Cuando la manija 116 se fija, el conmutador de hombre muerto 117A es un conmutador normalmente apagado que transmite la condición "apagado" (que desconecta o inhabilita el accionamiento de la cortadora) al cortacésped mediante los conectores 116A, y puede accionarse manualmente para cambiar a una condición "encendido". Sin embargo, tras retirar la manija 116 del robot 19, la condición normalmente "apagado" por defecto se revierte con el fin de permitir al robot 19 funcionar de manera autónoma (y se restablece cuando la manija 116 se fija). Cualquiera de o ambos conectores 116A, 100A pueden proveerse con un conmutador de inversión que se acciona cuando se retira la manija, el conmutador de inversión provee el mismo estado como si la manija 116 se fijara y el conmutador de hombre muerto 117A se mantuviera por un operador. Mientras es posible llevar a cabo la conmutación de inversión en software, es preferible que un conmutador de hombre muerto 117A dependa de las conexiones mecánicas robustas o bucles de corriente abiertos/cerrados para conectar y desconectar el conmutador 117A. El conmutador de inversión asociado a los conectores 116A o 100A también emplea, preferiblemente, un conmutador mecánico o bucle de corriente abierto/cerrado para proveer la condición "conmutador encendido". De manera alternativa, el conmutador de inversión puede proveerse dentro del cuerpo 100 del robot antes que directamente en los conectores 100A, 116A.

En algunas implementaciones, los conectores 116A o 100A, o el conmutador de hombre muerto 117A se monitorean por un sensor de manija que detecta la presencia o ausencia de la manija 116. El sensor de manija se conecta a un controlador 450, que inicia o desactiva el modo manual (p.ej., mediante la activación de los embragues para desconectar los motores motrices y de dirección de las ruedas) en respuesta a una presencia o ausencia detectada de la manija 116. Según la presente detección, el controlador 450 puede evitar que el robot 19 entre en el modo autónomo mientras la manija 116 se encuentra fija (con la excepción de un modo de prueba o configuración en el cual el robot se empuja dentro del rango de detección de barreras activas o pasivas o contestadores).

Como se muestra en la Figura 7C, mientras el robot 19 se usa en modos totalmente autónomos, la manija 116 queda colgando o de otra forma se almacena de manera conveniente en un garaje de usuario u otra propiedad resguardada. El robot 19 completa el volumen de cortado de césped, o todo el cortado en áreas segmentadas. Según la configuración del patio, las áreas no cortadas pueden limitarse por obstáculos, o de otra forma no ser alcanzables, o encontrarse afuera de un límite establecido por el usuario. El usuario puede elegir completar, finalizar o retocar las áreas restantes. Preferiblemente, el puerto del robot, base, o ubicación de acabado se encuentran en los alrededores del lugar de almacenamiento de la manija. En cualquier caso, el usuario monta la manija 116 en el robot 19. Dado que los conectores 116C y 100A se conectan de forma mecánica, el conmutador de inversión antes mencionado se desactiva, y hace funcionar el conmutador de hombre muerto 117A (y, como normalmente se encuentra apagado, evita funciones de cortado). El controlador 450 del robot 19 puede detectar la presencia de la manija 116A y entrar en un modo manual en respuesta. Cualquier implementación puede usarse por el controlador 450 para conectar y desconectar los embragues de los motores motrices y/o de dirección, 460 y 470 respectivamente, de modo que el robot 19 puede empujarse libremente. En un ejemplo, los embragues se conectan normalmente de modo que un robot que tiene una batería muerta u otro fallo de energía no rodará inmediatamente por una colina ya que los embragues normalmente conectados conectan los motores con resistencia no accionables

hacia atrás o accionables hacia atrás a las ruedas 410, 420. El usuario puede entonces empujar libremente el cortacésped y presionar el conmutador de hombre muerto 117A para arrancar el motor y/o las cortadoras 200. El robot 19 puede autopropulsarse en modo manual, más rápidamente que en el modo autónomo, y puede controlarse mediante el uso del conmutador de hombre muerto 117A u otro control manual.

Las Figuras 7E y 7F ilustran un robot 19 con una estructura de manija plegable y una estructura de cuerpo diferente, pero en general similar a la estructura de manija separable de la Figura 7F. Como se muestra en la Figura 7F, la manija 116, mientras se usa, permanece configurada sustancialmente en la forma de una manija de cortacésped de empuje convencional. La manija 116 incluye un conmutador de hombre muerto 117A con un accionador cargado por resorte 117D y se conecta al robot 19 mediante una línea de conexión 117E (no se muestra). La línea de conexión 117E atraviesa un extremo inferior de la manija 116 hacia el robot 19. La manija 116 se puede conectar al robot 19 mediante un conector de pivote 100A en el robot 19, así como mediante una abrazadera deslizante 116B. El extremo inferior de la manija 116 se conecta sustancialmente en los alrededores del eje de las ruedas 410, 420 en la parte posterior del robot 19. La abrazadera deslizante 116B y la conexión inferior 100A juntas permiten al robot 19 inclinarse mediante la manija 116 mientras la manija 116 se baja por un usuario. De esta manera, el robot 19, usado en el modo manual, puede inclinarse y girar en el lugar en la forma de un cortacésped de empuje ordinario.

Una junta de plegado 117F o conmutadores dentro del conector de pivote 100A o abrazadera deslizante 116B pueden tener la misma funcionalidad que los conectores 116A y 100A, previamente descritos. Cuando la manija 116 se despliega, el conmutador de hombre muerto 117A es un conmutador normalmente apagado que transmite la condición "apagado" (que desconecta o inhabilita el accionamiento de la cortadora) al cortacésped mediante el conector de pivote 100A, y puede accionarse manualmente para cambiar a una condición "encendido". Sin embargo, tras plegar la manija 116 presionada al robot 19, en general conforme al cuerpo 100 del robot 19, la condición normalmente "apagado" por defecto se invierte con el fin de permitir al robot 19 funcionar de manera autónoma (y se restablece cuando la manija 116 se encuentra fija). La junta de plegado 117F, el conector de pivote 100A, o la abrazadera deslizante 116B pueden proveerse con un conmutador de inversión que se acciona cuando la manija se pliega hacia abajo. El conmutador de inversión provee el mismo estado que existiría si la manija 116 se desplegara y el conmutador de hombre muerto 117A se mantuviera por un operador. Como se muestra en la Figura 7E, el conmutador de hombre muerto 117A puede plegarse hacia abajo a una posición en la cual mira hacia arriba y sustancialmente en la misma posición que un interruptor de emergencia 117C útil. En la presente posición, y con el conmutador de inversión activado, el conmutador de hombre muerto 117A puede estar normalmente "encendido", accionable para una condición "apagado", y así también convertirse en un interruptor de emergencia 117C.

El cortacésped en modo manual, con la manija fija y el conmutador de hombre muerto encendido o apagado, puede usarse en un modo de configuración de control por el usuario. Dicho modo de configuración de control requeriría al usuario circunnavegar y aproximarse a todos los límites, obstáculos y áreas resguardadas marcadas que evitará el robot. El robot, mediante la interfaz de usuario, notifica al usuario tras reconocer o activar cada límite, obstáculo o contestador. El usuario recibiría instrucciones para probar de manera diligente y "engañar" al robot (a saber, empujar manualmente el robot para probar, evitar y/o acercarse a áreas no limitadas claramente por un límite o contestador) o escapar al confinamiento de límites sin detección y, de ser exitoso, sabría colocar contestadores o segmentos de límite adicionales, incluidos contestadores o segmentos de límite redundantes, según fuera necesario. El robot también puede configurarse para permitir el cortado autónomo solamente después de un control de configuración suficiente (p.ej., cierta distancia medida por odómetro en el modo de configuración de control).

En algunos ejemplos, el robot 10 autónomo incluye un detector de no césped 330 para ayudar a cortar áreas herbosas 20, antes que áreas que no deben cortarse o atravesarse como, por ejemplo, cemento, mantillos o superficies cubiertas con gravilla. El detector de no césped 330, en varios ejemplos, incluye un sensor mecánico, eléctrico, piezoeléctrico, acústico, óptico u otro sensor apropiado capaz de detectar la presencia de césped. Ciertos sensores descritos más arriba con respecto al sensor de borde cortado 310 pueden funcionar como el detector de no césped 330 si se disponen en una posición o se extienden hacia una posición diferente de la ubicación del sensor de borde cortado. El detector de no césped 330 y el sensor de borde cortado 310 pueden integrarse o combinarse como una sola unidad.

Con referencia a la Figura 8A, en algunas implementaciones, un detector de no césped 330A incluye un detector de clorofila que tiene uno o más emisores de luz 332 y un sensor óptico 334. Las longitudes de onda emitidas por los emisores de luz 332 se seleccionan según un espectro de absorción de clorofila. En un ejemplo, el detector de no césped 330A incluye cuatro diodos emisores de luz (LED, por sus siglas en inglés) de espectro estrecho de colores diferentes 332A-D. El LED 332A emite una longitud de onda azul. El LED 332B emite una longitud de onda verde. El LED 332C emite una longitud de onda amarilla. El LED 332D emite una longitud de onda roja.

El sensor óptico 334 recibe y analiza la luz reflejada desde una área iluminada 20A por los emisores de luz 332 para determinar la presencia de clorofila. En algunos ejemplos, el sensor óptico 334 incluye un detector de escala de grises o de negro y blanco (1 bit). Cuando una imagen provista por el sensor óptico 334 es principalmente oscura o negra (o señal débil) en respuesta a la luz azul y roja emitida por los emisores de luz 332A y 332D, respectivamente, pero es principalmente clara o blanca (o señal fuerte) en respuesta a la luz verde y amarilla emitida por los emisores

de luz 332B y 332C, respectivamente, el robot 10 determina que el área iluminada 20A probablemente incluye césped y atraviesa y/o corta el césped del área iluminada 20A.

La Figura 8B provee un ejemplo de señales del sensor óptico 334 (a saber, filtradas promediadas en el área 20A) en respuesta a cuatro emisiones de longitud de onda, que muestra, de manera comparativa, respuestas más bajas en las longitudes de onda azul y roja, mientras muestra, de manera comparativa, respuestas más altas en las longitudes de onda verde y amarilla. Según se ilustra, el robot 10 se encuentra con una área no verde mientras se mueve hacia adelante y luego inmediatamente retrocede. Según se muestra, el robot 10 puede haberse encontrado algo rojo, pero la señal de interés es la señal de no césped.

En implementaciones adicionales, un detector de no césped 330B incluye múltiples emisores de luz 332 que tienen diferentes longitudes de onda verde que se usan para pruebas de respuesta de color secundarias, que proveen un rango de color de césped para una resolución mayor. Por ejemplo, el detector de no césped 330B identifica el verde pero no el mismo verde que en las áreas de césped que pueden cortarse 20, 1020. El color de césped puede caracterizarse con el tiempo mientras el robot 10 cortacésped cubre el área de césped que puede cortarse 20, 1020. Los LED de luz negra UV o cercanas a IR pueden también usarse para los emisores de luz 332 de manera similar. La polarización de la luz emitida por los emisores de luz 332 (p.ej. lineal o circular) provee información adicional.

En un ejemplo, una cinta tipo arpón con medios no utilizados o particulados detectables que no son un obstáculo (p.ej. limaduras de hierro, retrorreflectores, o similares) se atascan en una superficie dura 1008 como, por ejemplo, un acceso 1008A o acera 1008B, y se retiran, dejando el medio detectable adherido a la superficie 1008. El detector de no césped 330 detecta los medios detectables (p.ej. luz reflejada fuera de los medios detectables).

En algunas implementaciones, el detector de no césped 330 también actúa como un detector de precipicio, dado que apunta hacia abajo y tiene un ángulo para centrarse en una área de interés. La ausencia de cualquier señal es detección de un precipicio.

Con referencia a la Figura 8C, en algunas implementaciones, un detector de no césped 330C incluye un emisor de ultrasonido o acústico 333 y un micrófono o transductor ultrasónico 335 para grabar y medir reflejos acústicos, p.ej., atenuación de eco, cambio de frecuencia o características, para determinar la presencia de césped. Las superficies duras 1008 (p.ej. accesos 1008A, aceras 1008B y calles 1008C) reflejan el sonido mejor que el césped 20, 1020.

Con referencia a la Figura 8D, un sensor de césped 330D incluye una rueda de rodamiento inactiva 336 (p.ej. rueda motriz) acústicamente monitoreada por un micrófono o recogida piezoeléctrica 335 para una o más frecuencias características, picos, amplitudes RMS, y amortiguación representativos de áreas que no pueden cortarse 1008 (p.ej. accesos 1008A, aceras 1008B, calles 1008C y flores/jardín 1008D). En un ejemplo, la rueda 336 gira en el lugar para generar una resistencia giratoria característica de áreas que no pueden cortarse 1008. En otro ejemplo, la rueda 336 define ranuras 337 (p.ej. algunas de manera longitudinal, lateral, diagonal o secuencial) que mejoran la información de resistencia de desplazamiento y acústica. En otro ejemplo, el robot 10 incluye un sensor de pH o químico para áreas descubiertas de suciedad o tierras de pino.

Con referencia a la Figura 8E, el sensor de césped 330, en algunos ejemplos, incluye un sensor de superficie acústico 330E que tiene una carcasa 3310 de sensor que define receptáculos de emisores y receptores 3313 y 3314, respectivamente. Un transmisor de audio 3311 (p.ej. un elemento piezoeléctrico, o bobina móvil y conjunto de imanes) se transporta en el receptáculo de emisor 3313 y transmite una emisión de audio 3315 hacia abajo. Un receptor 3312 (p.ej. un elemento piezoeléctrico, o bobina móvil y conjunto de imanes) se transporta en el receptáculo de receptor 3314 y se configura para recibir una emisión de audio reflejada 3316 fuera de una superficie de suelo 3340. Un controlador 3350 monitorea una emisión 3316 de audio reflejada recibida y compara una energía máxima recibida con una energía umbral para clasificar la superficie como dura o suave. El transmisor de audio 3311 transmite múltiples emisiones de audio 3315, cada una de las cuales tiene longitudes de onda sucesivamente más grandes aumentadas por la mitad de la frecuencia principal. En un ejemplo, el transmisor de audio 3311 transmite una primera emisión de audio 3315 a alrededor de 6.5 kHz (longitud de onda de alrededor de 52 mm) y una segunda emisión de audio 3315 a alrededor de 8.67 kHz. La etapa en la frecuencia de transmisión entre la primera y segunda emisiones de audio 3315 cambia la energía acústica en una mitad de una longitud de onda de una frecuencia fundamental (p.ej. en 26 mm). Pequeñas variaciones en una distancia entre el sensor de superficie acústico 330E y una superficie de destino 3340 pueden provocar grandes variaciones en la energía recibida debido principalmente a una interferencia constructiva y destructiva.

En algunos ejemplos, un amplificador 3362 de paso de banda relativamente estrecho limita la interferencia acústica externa para señales de audio reflejadas 3316 recibidas por el receptor 3312. Un detector de recepción de envoltura 3364 recibe una señal condicionada del amplificador 3362 de paso de banda. El detector de envoltura de recepción 3364 está en comunicación con un convertidor A/D 3366, que está en comunicación con el controlador 3350.

El uso de un transmisor de audio 3311 y un receptor 3312 separados entre sí acorta la distancia mínima de detección con respecto a un transmisor-receptor de una sola unidad. Un transmisor-receptor de una sola unidad

(p.ej. en modo pulso-eco) en general tiene un período de espera después de una transmisión para atenuar el timbre antes de que la unidad 330E pueda escuchar una transmisión reflejada 3316.

Con referencia a la Figura 8F, el funcionamiento del sensor de superficie acústico 330E comienza por la etapa E100 de inicialización de una frecuencia de transmisión, la etapa E102 de inicialización de un contador de frecuencia, y la etapa E104 de variables en cero para una señal pico máxima recibida y energía máxima recibida. En la etapa E106, un temporizador de propagación de sonido se establece en cero. En la etapa E108, el controlador 3350 se comunica con una unidad de transmisión 3330, que se comunica con el transmisor de audio 3311 para generar emisiones de audio 3315. Para cada etapa de frecuencia, el controlador 3350, en la etapa E110, prueba una amplitud del detector de envoltura de recepción 3364 y determina una energía máxima reflejada fuera de la superficie de destino 3340. En la etapa E112, si una amplitud pico del detector de envoltura de recepción 3364 no es mayor que una señal pico máxima, el sensor de superficie acústico 330E procede a la etapa E120, de reducción de contador de frecuencia. De lo contrario, en la etapa E114, la amplitud pico se almacena como la amplitud pico de la longitud de onda de corriente; en la etapa E116, una energía máxima recibida se almacena como la energía máxima recibida para la longitud de onda de corriente; y en la etapa E118, se almacena una distancia de destino determinada. En la etapa E122, si el contador de frecuencia es cero, el sensor de superficie acústico 330E aumenta la frecuencia en la etapa E124 y vuelve otra vez a la etapa E106. Si el contador de frecuencia no es cero, el controlador 3350, en la etapa E126, compara una energía máxima recibida con una energía umbral para clasificar la superficie como dura o suave.

Con referencia a la Figura 8G, en algunas implementaciones, el receptor 3312 y, opcionalmente, el transmisor 3311 se montan con un sistema de montaje antivibración 3370 de una manera que minimiza la transferencia de vibración desde la carcasa 3310. En el ejemplo que se muestra, el receptor 3312 se asegura con una goma de durómetro alto 3372 (p.ej. valor *Shore* de 70A por el estándar de prueba ASTM D2240-00) en un tubo 3374. El tubo 3374 se asegura en el receptáculo de receptor 3314 con una goma de durómetro bajo 3376 (p.ej. valor *Shore* de 20A por el estándar de prueba ASTM D2240-00). La espuma absorbente de sonido 3378 se coloca por encima del receptor 3312 en el tubo 3374. Un adhesivo 3779 (p.ej. epoxi) puede usarse para asegurar cables 3380 desde el receptor 3312 en el receptáculo de receptor 3314.

Con referencia a las Figuras 1 y 9, en algunos ejemplos, el robot 10 incluye un detector de líquido 350 para detectar la presencia de líquido en su trayecto. En un ejemplo, como se muestra en la Figura 1, el detector de líquido 350 se posiciona hacia la parte frontal del cuerpo 100 para proveer la detección de un cenagal antes de que el sistema de accionamiento 400 contacte el obstáculo potencial. El detector de líquido 350 ayuda al robot 10 a evitar que caiga, de forma inadvertida, al agua 1004C (o que pierda allí la tracción). El detector de líquido 350, en algunas instancias, incluye dos emisores de luz polarizada 352A y 352B, respectivamente, y un detector de luz polarizada 354. Los emisores de luz polarizada 352A y 352B, respectivamente, emiten haces mutuamente polarizados de manera cruzada de luz con ángulos hacia abajo. El detector de luz polarizada 354 se polariza con respecto a uno de dos emisores de luz 352A, 352B y se posiciona para detectar si un reflejo especular se ha eliminado de una superficie generalmente inactiva de un cuerpo de líquido 1004C (p.ej. agua).

En algunos ejemplos, el detector de líquido 350 incluye un sensor sónico, como el sensor de césped 330 que se muestra en la Figura 8C, que emite una señal sónica y detecta su eco. El detector de líquido 350 discierne un eco característico de agua 1004C de un eco característico de césped 1020 o una superficie de otra forma diferente del agua. Los ecos de radar o microonda pueden usarse para discernir las mismas características. En otros ejemplos, el detector de líquido 350 incluye un sensor capacitivo o magnético que detecta un cambio en la capacitancia o campo magnético cuando se encuentra cerca del agua 1004C.

Tras detectar un estanque u otro cuerpo de agua 1004C con el detector de líquido 350, el robot 10 lleva a cabo un comportamiento coherente con la evitación de obstáculos o precipicio. Por ejemplo, el robot 10 altera su dirección lejos del cuerpo de agua 1004C detectado, retrocede o emite una alarma.

Con referencia a las Figuras 10-22, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310 para determinar un borde entre césped no cortado y cortado, 22 y 24, respectivamente. En algunas implementaciones, la detección de borde cortado conlleva usar una variedad de sensores 312 para reconocer diferentes tipos de césped, velocidades de crecimiento y otras propiedades del césped. El detector de borde cortado 310 en general incluye una variedad de sensores 312 que se extienden hacia el césped no cortado 22 para proveer una autocalibración o normalización para otra variedad de sensores 312 que pretenden detectar el borde entre césped no cortado y césped cortado, 22 y 24, respectivamente. Las técnicas de detección de borde cortado empleadas en el robot 10 pueden incluir combinaciones de desplazamiento por el césped cortado 24 en frente del detector de borde 310, levantando el césped no cortado 22 en frente del detector de borde 310, levantando el césped cortado 22 detrás de las ruedas 410, 420, 430, 440, interpretando, en función del comportamiento, que el bode cortado 26 sigue, de manera robusta y suave, al borde cortado 26, y disponiendo más de un detector de borde cortado 310 a lo largo de la longitud de desplazamiento del cortacésped robótico 10.

Con referencia a la Figura 10, en algunos ejemplos, el robot 10 incluye un sensor de borde cortado analógico 310A para detectar las regiones cortadas 24 y regiones no cortadas 22 de un césped 20 para determinar el borde 26

definido entre ellas. Un ejemplo de un sensor de borde cortado analógico 310A se provee en la patente de Estados Unidos No. 4,887,415. El sensor de borde cortado analógico 310A incluye franjas metálicas 69, 70 y 71 alineadas lateralmente, ortogonales a una dirección delantera de desplazamiento del robot 10, en el cual dos de las franjas metálicas 69 y 70 se proyectan hacia abajo más lejos que la tercera franja metálica 71. Mientras el robot 10 procede hacia adelante mientras se alinea, de manera adecuada, al borde cortado 26, las dos franjas metálicas más grandes 69 y 70 contactan el césped más corto de la franja 23 previamente cortada en el área cortada 22 mientras la franja metálica más corta 71 hace contacto con el césped más alto del área no cortada 22. Una corriente eléctrica pasa de la franja metálica más corta 71 a la franja metálica más grande 69 a través de césped humedecido del césped 20. En general, el césped recientemente cortado de la franja 23 cortada liberará humedad suficiente para permitir la conducción eléctrica. Cuando no se detecta pasaje de corriente de la franja metálica 71 a la franja metálica 69, el robot 10 determina que se ha alejado de la alineación con el borde cortado 26 y puede alterar su orientación hasta que la corriente se detecte nuevamente, por ejemplo.

Con referencia a las Figuras 11A-B, un detector de borde cortado 310B alternativo se ejemplifica en la patente de Estados Unidos No. 5,528,888. El detector de borde cortado 310B puede incluir una serie de brazos oscilantes 80 que rompen el contacto eléctrico con un nodo 81 cuando el detector de borde cortado 310B está en contacto con césped suficientemente alto del área no cortada 22. Mediante el posicionamiento de varios brazos oscilantes 80 en una fila en un estilo tipo peine a lo largo de una dirección ortogonal a una dirección delantera de desplazamiento del robot 10, el detector de borde cortado 310B puede determinar que el borde cortado 26 reside entre un primer y un segundo brazos oscilantes 80 adyacentes. El primer brazo oscilante 80 golpea el césped alto no cortado 22 y rompe el contacto con el nodo 81, mientras el segundo brazo oscilante 80 posicionado sobre el césped más corto de la franja 23 cortada mantiene contacto con el nodo 81. Como se describe de otra forma en la presente memoria, la presente configuración también puede usar una porción de calibración o sensor 320 separado del detector de borde cortado 310B.

Otro ejemplo de un detector de borde cortado 310 incluye un emisor de luz polarizada, reflector y sistema de detector, según se ilustra y describe en las Figuras 24-26 de la Patente de Estados Unidos No. 4,133,404.

Otros detectores de borde cortado 310 a modo de ejemplo para detectar la diferencia entre la franja 23 cortada y la región no cortada 22 para determinar el borde 26 entre ellas incluyen, pero sin limitación, un sensor acústico o piezoeléctrico, un sensor óptico, y un sistema de sensor mecánico o eléctrico.

Cuando se emplea un sensor de borde cortado analógico 310, un calibrador 320 puede también incluirse para proveer una referencia para la calibración y comparación de la señal analógica producida por el sensor de borde cortado analógico 310. En general, el sensor de calibración 320 provee una señal de referencia contra la cual la porción de arrastre de césped del sensor de borde 310 puede normalizarse o de otra forma calibrarse. En algunos ejemplos, el sensor de calibración 320 arrastrará céspedes 20 que tienen esencialmente la misma variedad, salud, altura, contenido de humedad o sequedad, contenido de mala hierba o trébol, contenido y carácter de escombros/mantillo, rigidez, historial de corte, escasez, y grumosidad (y otra variabilidad) como el césped 20 al que se sigue para detectar el borde. El calibrador 320 puede incluir un elemento de sensor idéntico o similar al sensor de borde cortado 310.

El calibrador 320 puede posicionarse debajo, en frente o detrás del cuerpo 100, siempre que la posición del calibrador 320 respecto al cuerpo 100 se encuentre sobre el área de césped no cortado 22. El calibrador 320 (así como el sensor de borde cortado analógico 310, por ejemplo) puede montarse para minimizar la posibilidad de colisión perjudicial con piedras, escombros u otros obstáculos. En algunos ejemplos, el calibrador 320 incluye un blindaje de piedra dura o toldo montado en frente del calibrador 320 para protegerlo de colisiones con escombros más grandes que un espacio libre entre el fondo del blindaje de piedra y el suelo 20. Preferiblemente, el detector de borde cortado 310 y el calibrador 320 se montan, de forma flexible o pivotante y/o flotando a cierta altura del suelo 20 (p.ej. mediante el uso de una rueda acoplada o patín para seguir el suelo 20 y/o moviéndose junto a una cortadora 200 flotante que puede emplear también una rueda o patín).

En muchas instancias, el sensor de calibración 320 tiene la misma altura que el detector de borde cortado 310. En algunos ejemplos, como se muestra en las Figuras 1-3, el calibrador 320 se posiciona en el cuerpo 100 en un lugar expuesto al césped alto del área no cortada 22. Por consiguiente, cuando el calibrador 320 contacta el área no cortada 22, provee una señal de referencia característica del césped no cortado 22. El robot 10 compara la señal provista desde el detector de borde cortado 310 con la señal del calibrador 320. En algunas instancias, el detector de borde cortado 310 incluye una variedad de sensores 312 y genera múltiples señales o una señal con múltiples porciones correspondientes a cada sensor 312 o diferentes regiones del detector de borde cortado 310. Una señal o porción de la señal correspondiente a una región del detector de borde cortado 310 en contacto con el área no cortada 22 puede parecerse, sustancialmente, a una señal del calibrador 320. En cambio, una señal o porción de la señal correspondiente a una región del detector de borde cortado 310 expuesta a una franja 23 previamente cortada diferirá, sustancialmente, de una señal del calibrador 320. La dirección del robot 10 mientras corta a lo largo del borde cortado 26 se mejora mediante la calibración continua del detector de borde cortado 310 con el calibrador 320.

Un calibrador 320 a modo de ejemplo incluye uno o más sensores ópticos. El calibrador óptico 320A es un sensor tipo "interrupción del haz" donde un haz de frecuencia infrarroja, visible u otra de luz emitida lateralmente hacia un detector se interrumpe con la presencia de césped. Otro ejemplo incluye un sensor capacitivo o estático como el calibrador 320. En una instancia, una capacitancia eléctrica que surge entre un conductor cargado eléctricamente conectado al robot 10 y el césped del área no cortada 22 se detecta. En otra instancia, la electricidad estática generada por la fricción entre el robot 10 y el césped alto del área no cortada 22 se detecta. Otros ejemplos de calibradores 320 incluyen sensores sonar (que pueden ser similares al detector de interrupción de haces óptico, que reemplazan ondas de sonido por luz), acústicos (que detectan sonido indicativo de césped alto mientras el robot 10 pasa sobre este), desplazamiento a magnético, o cualquier otro sensor capaz de indicar la diferencia entre césped no cortado 22 más alto y césped cortado 24 más corto.

En algunas implementaciones, donde el calibrador óptico 320A incluye múltiples sensores ópticos, los emisores y receptores de los sensores ópticos pueden incluir fibras ópticas, conductos del flujo luminoso, reflectores multidireccionales y similares. En un ejemplo, múltiples emisores ópticos pueden reemplazarse con un solo emisor y un elemento óptico que dirige la emisión en más de una dirección. En otro ejemplo, múltiples detectores ópticos pueden reemplazarse con un solo detector y un elemento óptico que recoge la emisión desde más de una dirección. Los sensores conductivos, capacitivos o electromagnéticamente resonantes pueden combinarse, promediarse o ponderarse conectándolos a un elemento conductivo o antena. Dichos sensores pueden usar un sensor para recoger señales de más de una ubicación o dirección. Múltiples sensores de contacto con capacidad de respuesta a la vibración como, por ejemplo, micrófonos y elementos piezoeléctricos, pueden reemplazarse por uno o más miembros que conducen vibración al sensor, y estos pueden también usar solamente un sensor para recoger señales desde más de una ubicación o dirección.

En algunos ejemplos, las frecuencias altas o distintivas de señales provistas desde el detector de borde cortado 310 y el calibrador 320 (p.ej. señal óptica, de cámara, vibración, acústica u otra señal descrita en la presente memoria) se procesan o sujetan a transformadas apropiadas para el análisis de dominio de frecuencia para caracterizar frecuencias significativas y para eliminar frecuencias no significativas. Por ejemplo, las señales acústicas pueden procesarse para eliminar o ignorar tanto componentes cíclicos como ruido de baja frecuencia de motores, ruedas, cojinetes y/o cortadoras e identificar "ruido blanco" en el rango de frecuencias esperado para las briznas de césped que golpean a los detectores durante el movimiento hacia adelante del robot 10. Las señales de cámara de píxeles bajos, ópticas y otras señales pueden procesarse de manera similar.

En algunas implementaciones, el tipo de sensor empleado en el detector de borde cortado 310 y calibrador 330 son iguales, con el fin de simplificar la comparación de la señal de calibración con la señal del detector de borde cortado. Sin embargo, dichos sensores 310, 320 pueden ser diferentes y la comparación de señales se facilita mediante la normalización o condicionamiento de una o ambas señales.

Seguir un borde suavemente es, en cierta forma, análogo a seguir una pared suavemente. Una vez que se obtiene una señal adecuadamente condicionada, el robot 10 puede llevar a cabo la interpretación y análisis de la señal y algoritmos de seguimiento de obstáculo, según se describe en la Patente de Estados Unidos No. 6,594,844. En el presente caso, el "obstáculo" o pared es el borde cortado 26. Además del algoritmo de seguimiento de borde, en algunos ejemplos, el robot 10 incluye algoritmos para determinar o calcular el fin de una fila/franja 23 y girar para establecer una nueva fila mientras depende del borde cortado 26.

La Figura 12 muestra una vista esquemática posterior de un ejemplo de un robot 10 que incluye ruedas 410, 420, un cuerpo 103, un detector de borde cortado 310, y una matriz de sensores de calibrador 320. El detector de borde cortado 310 y la matriz de sensores de calibrador 320 incluyen, cada una, múltiples o una variedad de sensores, 312 y 322, respectivamente, que se proyectan hacia el césped 20. Los sensores 312 del detector de borde cortado 310 se proyectan hacia el trayecto de borde cortado 26. En varias instancias, algunos de los sensores 312, 322 pueden detectar césped y algunos o todos se posicionan con respecto a una altura de cortado (p.ej. altura de la cortadora 200 y cuchillas de cortado) de modo que no detectan el césped cortado 24. Las señales de múltiples sensores 312 y 322 pueden combinarse, promediarse, filtrarse para proveer una o más señales simples de césped-no césped en forma digital, o codificarse (n bits de distribución de césped/no césped de izquierda a derecha).

Las disposiciones a modo de ejemplo de los múltiples o una variedad de sensores, 312, 322 incluyen zonas laterales, conjuntos de adelante hacia atrás y zonas diagonales. Diferentes disposiciones proveen diferentes ventajas al detectar césped y recoger datos promediados o acumulativos.

Con referencia a la Figura 13, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310C que tiene sensores de luz 380 montados en pilares 313 que se extienden desde un soporte de sensor 311. El sensor de luz 380 incluye un emisor de luz IR o visible 382 acoplado a un receptor 384. En algún ejemplo, el emisor 382 y el receptor 384 tienen ángulos hacia una área de interés/distancia de interés. El emisor 382 puede aumentarse en potencia hasta que se detecta una iluminación reflejada por el receptor 384. Las mediciones de tiempo de vuelo y/o fase pueden usarse para detectar césped 20 en el área de interés. Un emisor y receptor acústicos activos pueden usarse de manera similar, además de ecos de detección o la atenuación de ecos con el tiempo.

La Figura 14 muestra un sensor infrarrojo (IR) 390 que incluye un diodo emisor de luz (LED) 392 y fototransistor 394 al que se señala y montados de forma opuesta entre sí. Cada uno está protegido de la luz parásita por tubos negros cortos 396 (p.ej. tubería termoretráctil de alrededor de 1/8" i.d.). La luz que alcanza el fototransistor 394 desde el LED 392 se mide por la detección síncrona, mediante el uso de tecnología de sensor de precipicio según se describe en la presente memoria. Dicho sistema puede detectar una sola o múltiples briznas de césped con una resolución vertical de alrededor de ¼ pulgadas (6.35 mm). Los niveles de potencia de LED, la distancia entre el emisor IR 392 y el detector 394, y el diámetro y longitud de los tubos ópticos 396 son todos parámetros que pueden variar.

Con referencia a la Figura 15A, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310D que tiene sensores emisivos 390 montados en pilares 313 que se extienden desde un soporte de sensor 311. Los sensores emisivos 390 incluyen un emisor 392 de luz IR o visible y receptor 394 posicionados y alineados entre sí de modo que una emisión atraviesa una área o distancia de interés. El receptor 394 puede configurarse para detectar una obstrucción parcial o total. Las mediciones del tiempo de vuelo o fase pueden usarse para detectar césped en una área de interés. Un emisor acústico activo y receptor pueden usarse de manera similar.

Con referencia a la Figura 15B, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310D que tiene uno o más pares de sensores emisor-receptor de adelante hacia atrás 390. En algunas instancias, varios pares de sensores de emisor-receptor 390 dispuestos con un eje de detección en una dirección delantera detectan más césped que si se dispusieran de manera transversal a la dirección delantera. Cada par de sensores de emisor-receptor 390 puede proveer un bit o varios bits. Los múltiples pares de sensores de adelante hacia atrás 390 forman una matriz lateral que abarca el borde cortado 26 para proveer una señal para seguir al borde cortado 26.

En algunas implementaciones, cada sensor 312, 322 o matriz de sensores 310, 320 se dispone para girar hacia atrás o plegarse y regresar cuando el robot cortacésped 10 se encuentra con obstrucciones u obstáculos a la altura de la cortadora 200 o más arriba. En algunas instancias, el robot cortacésped 10 hace que la cortadora 200 deje de cortar cuando una obstrucción ha hecho que la matriz de sensores 310, 320 gire o rote hacia arriba.

Con referencia a la Figura 16A, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310D que tiene una carcasa 3910 de sensor que define una cavidad 3930 y una abertura 3932 de cavidad configurada para permitir que el césped 22 entre mientras inhibe la luz solar directa 3990 en la cavidad 3930. La cavidad 3930 puede colorearse en un color absorbente de luz (p.ej. negro) o realizarse de un material absorbente de luz. El césped 20 es inherentemente mullido y puede aflorar después de la desviación. La carcasa 3910 del sensor se monta para desviar el césped no cortado 22, mientras pasa sobre el césped no cortado 24, ya que el robot 10 maniobra a lo largo del césped 20. La carcasa 3910 del sensor permite al césped no cortado 22 desviado autoenderezarse hacia arriba a través de la abertura 3932 de la cavidad y hacia dentro de la cavidad 3930. En algunos ejemplos, la carcasa 3910 del sensor se monta al cuerpo 100 a una altura respecto a una superficie de suelo que minimiza la entrada de césped cortado 24 en la cavidad 3930. Un par de sensores emisor-receptor 3900, en comunicación con el controlador 3350, se transporta por la carcasa 3910 e incluye un emisor de luz IR o visible 3920 y receptor 3940 (p.ej. detector de fotón). El emisor 3920 se posiciona dentro de la cavidad 3930 y se configura para emitir una emisión 3922A a lo largo de la abertura 3932 de la cavidad. El receptor 3940 se posiciona debajo del emisor 3920 y se configura para recibir una emisión reflejada de césped 3922B, mientras no recibe una luz solar directa 3990. El receptor 3940 tiene un campo de vista definido que cruza un campo de emisión a lo largo de la abertura 3932 de la cavidad. En ejemplos preferidos, el par de sensores emisor-receptor 3900 se dispone de modo que el césped 20 debajo de una cierta altura sustancialmente no refleja emisiones 3922 otra vez al receptor 3940.

Con referencia a las Figuras 16B-C, en algunas implementaciones, la carcasa 3910 del sensor se configura para transportar una matriz de pares de sensores emisor-receptor 3900 (a los que también se hace referencia como sensores de altura de césped) igualmente espaciados entre sí y en comunicación con el controlador 3350. La carcasa 3910 del sensor puede ser lineal a lo largo de un eje longitudinal 3911 definido por la carcasa 3910 o curvado y ubicado en una porción delantera del cuerpo 100. En algunos ejemplos, los separadores 3914 separan cada par de sensores emisor-receptor 3900. La matriz de sensores de altura de césped 3900 puede abarcar todo el ancho o solo una porción del ancho del cuerpo 100. En algunos ejemplos, una porción de la matriz de sensores de altura de césped 3900 se usa para el calibrador 320. Por ejemplo, una mitad de la matriz de sensores de altura de césped 3900 provee detección de borde, mientras la otra mitad provee calibración. Mientras el robot 10 se desplaza hacia adelante, los cálculos de altura del césped se adquieren por los sensores de altura de césped 3900 según la potencia de señal del receptor 3940 de las emisiones reflejadas 3922B. Un ejemplo de medición de potencia de señal es apagar el emisor 3920, medir una primera potencia de señal del receptor 3940, encender el emisor 3920, medir una segunda potencia de señal del receptor 3940, y obtener una diferencia entre la primera y segunda potencias de señal. La diferencia resultante en potencias de señal se usa para la medición de sensor (señal de altura de césped) y, en general, tiene relaciones señal-ruido más bajas. Una señal de altura de césped obtenida por cada sensor de altura de césped 3900 se compara por el controlador 3350 con un valor umbral, por encima del cual el césped se considera no cortado y por debajo del cual el césped se considera cortado, y se almacena como decisiones binarias en un vector 3905 de fila de altura de césped, como se muestra en la Figura 16C. Con frecuencia, el controlador 3350 compara el vector 3905 de fila de altura de césped con vectores 3905B de fila a

5 modo de ejemplo previamente almacenados representativos de mediciones ideales de borde de césped en cada posición 3906 de la matriz de par de sensores para determinar una ubicación del borde cortado 26 a lo largo de la matriz de sensores. Con N número de sensores de altura de césped 3900 en la matriz, existen (N-1) posiciones de borde posibles que tienen, cada una, un vector 3905B de fila a modo de ejemplo almacenado, más vectores 3905B de fila a modo de ejemplo almacenados de "no césped" y "todo césped". El controlador 3350 selecciona el vector 3905B de fila a modo de ejemplo (y la correspondiente posición de la matriz de borde de césped) que tiene el número mínimo de diferencias (elemento por elemento) con el vector 3905 de fila de altura de césped comparado para determinar la ubicación del borde cortado 26 a lo largo de la matriz de sensores 310D y, por lo tanto, una posición de borde cortado 26 debajo del cuerpo 100. El número de diferencias con el vector 3905B de fila a modo de ejemplo seleccionado se llama la "claridad de borde de césped". La posición de borde cortado y la claridad de borde de césped pueden usarse para influir en el sistema de accionamiento 400 para crear un comportamiento de seguimiento de borde de césped.

10 El siguiente vector Vx de altura de césped a modo de ejemplo se ha adquirido de una matriz de ocho sensores 3900. Vx = [01001110]

15 La Tabla 1 más abajo provee vectores 3905B de altura de césped a modo de ejemplo y las respectivas posiciones de borde para una matriz de ocho sensores.

Vectores de Altura de Césped a Modo de Ejemplo	Posición de borde
[0 0 0 0 0 0 0 0]	0 - no césped
[0 0 0 0 0 0 0 1]	1
[0 0 0 0 0 0 1 1]	2
[0 0 0 0 0 1 1 1]	3
[0 0 0 0 1 1 1 1]	4
[0 0 0 1 1 1 1 1]	5
[0 0 1 1 1 1 1 1]	6
[0 1 1 1 1 1 1 1]	7
[1 1 1 1 1 1 1 1]	8 - todo césped

Tabla 1

La Tabla 2 más abajo provee el número de diferencias entre el vector Vx de altura de césped a modo de ejemplo y cada vector 3905B de altura de césped a modo de ejemplo.

Vectores de Altura de Césped a Modo de Ejemplo	Diferencias con V _x (Claridad de Borde)
[0 0 0 0 0 0 0 0]	4
[0 0 0 0 0 0 0 1]	5
[0 0 0 0 0 0 1 1]	4
[0 0 0 0 0 1 1 1]	3
[0 0 0 0 1 1 1 1]	2
[0 0 0 1 1 1 1 1]	3

Vectores de Altura de Césped a Modo de Ejemplo	Diferencias con V_x (Claridad de Borde)
[0 0 1 1 1 1 1 1]	4
[0 1 1 1 1 1 1 1]	3
[1 1 1 1 1 1 1 1]	4

Tabla 2

En el ejemplo de más arriba, el controlador 3350 selecciona el vector de fila a modo de ejemplo [0 0001111] (y la correspondiente posición de matriz de bordes de césped de 4) como uno que tiene el número mínimo de diferencias (elemento por elemento) con el vector V_x de fila de altura de césped comparado. La cuarta posición de matriz de bordes de césped de un total de ocho sensores 3390 es aproximadamente el centro del detector 310D.

Con referencia a la Figura 16D, en algunas implementaciones, el uso de un vector 3905 unidimensional para calcular una posición de borde cortado y claridad de borde de césped se extiende hacia un modelo bidimensional 3907 (p.ej. una matriz bidimensional) que tiene una ventana deslizante de M vectores de fila 3905 que representan lecturas binarias sucesivas de los N sensores 3900 de altura de césped. El número de vectores de fila 3905, M, incluidos en la matriz bidimensional 3907 depende de la frecuencia de mediciones llevadas a cabo en una distancia, X, recorrida por el robot 10 en un período, T. En un ejemplo, los sensores 3900 miden la altura del césped a una frecuencia de 512Hz. La suma de diferencias entre vectores de fila 3905B a modo de ejemplo y vectores 3905 de fila de altura de césped medida se lleva a cabo en la misma manera descrita más arriba, excepto fila por fila. Los resultados de las filas comparadas pueden promediarse. En algunos ejemplos, los datos de columna se resumen en un solo vector de fila de resumen, donde un elemento de fila 3906 se designa como "no cortado" (p.ej. por un 0 o 1 correspondiente) si cualquiera de los elementos en dicha columna contiene una designación "no cortado".

Con referencia a la Figura 16E, en algunas implementaciones, una señal de altura de césped pico 3962 se determina para cada sensor 3900 o una combinación de sensores 3900 mediante la combinación de resultados de altura de césped de sensores 3900 adyacentes (p.ej. de 1-2 sensores 3900 adyacentes a uno o ambos lados del sensor 3900). El controlador 3350 compara las señales de altura de césped pico 3962 con valores umbrales almacenados, según se describe anteriormente, para determinar si el césped se ha cortado o no. En un ejemplo, la matriz de sensores 3900 de altura de césped se divide en pares de sensores 3900 adyacentes y una señal de altura de césped pico 3962 se determina para cada par de sensores 3900 adyacentes. Una imagen de altura de césped 3960, como se muestra en la Figura 16E, se crea ilustrando las señales de altura de césped pico de los sensores 3900 de altura de césped o combinaciones de sensores 3900. El eje horizontal de la imagen representa la matriz de N sensores 3900 de altura de césped y el eje vertical representa el número de mediciones realizadas dentro de la ventana de desplazamiento, X, por el robot dentro de un período, T. Según el método de obtención de las señales 3962 de altura de césped pico, cada píxel 3964 puede representar un valor pico (o promedio) para una combinación de sensores 3900 o solamente un sensor 3900 en un período. El píxel 3964 puede tener un color y/o intensidad proporcional a la potencia de señal de altura de césped. El controlador 3350 compra una matriz de píxeles (p.ej. 4 píxeles de ancho por 1 píxel de alto o 16 píxeles de ancho por 16 píxeles de alto) con uno o más patrones de referencia almacenados (o al mismo tamaño de matriz) de diferentes configuraciones de borde posibles. Diferentes criterios pueden emplearse al combinar patrones de referencia con matrices de muestra para determinar la ubicación del borde cortado 26. Con coincidencia de patrones, el controlador 3350 puede determinar la orientación del borde cortado 26 con respecto al robot 10. Por ejemplo, mientras se busca un borde cortado 26 para seguir, el robot 10 puede determinar un ángulo de aproximación cuando se encuentra con un borde cortado 26 según la orientación de la orientación del borde cortado 26 con respecto al robot 10. En el ejemplo que se muestra en la Figura 16E, los píxeles más oscuros 3964A representan señales 3962 más débiles de altura de césped pico características de césped cortado 24 y los píxeles más claros 3964B representan señales 3962 más fuertes de altura de césped pico características de césped no cortado 22. El límite entre los píxeles más claros y más oscuros 3962 provee la ubicación calculada del borde cortado 26. En el presente ejemplo particular, el robot 10, mientras ejecuta un comportamiento de seguimiento de borde, lo hace en forma de izquierda y derecha para seguir el borde cortado 26, de ahí la apariencia vertical en zigzag. Como una técnica de ahorro de energía, el robot 10 puede apagar las cortadoras 200 para ahorrar energía mientras detecta todo el césped cortado 24 y luego encender las cortadoras 200 nuevamente una vez que se detecta césped no cortado 22.

El sistema de accionamiento 400 maniobra el robot 10 mientras mantiene el borde de césped 26 centrado en la matriz de sensores 3900 de altura de césped del detector de borde cortado 310D. En una implementación, el sistema de accionamiento 400, configurado como una transmisión diferencial y al menos una rueda pivotante frontal pasiva, en un ejemplo, usa el borde de césped 26 determinado para dirigir el robot 10 mediante la selección de un radio de giro. Cuanto más a la izquierda se encuentra el borde de césped 26 determinado del centro de la matriz de sensores 3900 de altura de césped, más corto es el radio de giro izquierdo seleccionado por el sistema de

accionamiento 400. Cuanto más a la derecha se encuentra el borde de césped 26 determinado del centro de la matriz de sensores 3900 de altura de césped, más corto es el radio de giro derecho seleccionado por el sistema de accionamiento 400. El radio de giro es proporcional a un error en la ubicación de borde (a saber, la ubicación del borde cortado 26 con respecto al centro del robot 10). En otra implementación, cuando el borde de césped 26 determinado está a la izquierda o derecha del centro de la matriz de sensores 3900 de altura de césped, el sistema de accionamiento 400 gira el robot 10 a la izquierda o derecha, respectivamente, tan marcadamente como sea posible mientras mantiene las ruedas motrices izquierda y derecha 410 y 420, respectivamente, moviéndose hacia adelante. El sistema de accionamiento 400 dirige el robot 10 de forma recta cuando el borde de césped 26 determinado se centra en la matriz de sensores 3900 de altura de césped.

Varios comportamientos robóticos se emplean para lograr cobertura de cortado del césped 20. En algunas implementaciones, los comportamientos se ejecutan de forma serial (versus de forma concurrente). El comportamiento con prioridad más alta es un comportamiento de seguimiento de perímetro. Mientras crea el comportamiento de seguimiento de perímetro, el robot 10 sigue un perímetro a través de la detección de choque o el uso de dispositivos de confinamiento (p.ej. contestadores de límite 600). Esto tiende a crear bordes de césped cortado 26 alrededor de obstáculos y perímetros de propiedad que pueden luego seguirse mediante el uso de un comportamiento de seguimiento de borde cortado. El siguiente comportamiento con la prioridad más alta es de seguimiento de borde cortado. El comportamiento de seguimiento de borde cortado usa la posición de borde de césped como calculada por la matriz de sensores de borde de césped 310D para controlar la orientación del robot 10. El comportamiento de seguimiento de borde de césped crea un nuevo borde cortado 26 detrás del robot 10 que coincide con el contorno del borde 26 que sigue. El siguiente comportamiento con la prioridad más alta es un comportamiento de giro de césped alto, que se ejecuta después de que el robot 10 detecta todo el césped no cortado como calculado por la matriz de sensores de césped 310D para una cantidad de tiempo predeterminada como, por ejemplo, cinco segundos. Mediante el uso del reconocimiento de estimación solamente, el robot 10 lleva a cabo un giro ajustado para traer la variedad de sensores de borde de césped 310D otra vez hacia el borde de césped 26 recién cortado por el cortacésped robot 10. El robot 10 puede mantener un historial de detección de borde cortado para permitir aproximaciones de la ubicación del último detectado en el borde 26. El robot 10 puede también dirigirse en una dirección o patrón aleatorio (p.ej. en espiral) para encontrar un borde cortado 26. El comportamiento de giro de césped alto se diseña para evitar la fragmentación del césped 20 en muchas islas de césped no cortado 22 que necesitan encontrarse a través de travesaños aleatorios antes que a través del cortado metódico siguiendo un borde de césped 26.

Con referencia a la Figura 17, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310E que tiene una solapa 302 de material suficientemente flexible a la cual se aseguran los sensores 312, 322. Los sensores 312, 322 se mueven junto con la solapa 302 cuando se encuentra una obstrucción. Los sensores 312, 322 se disponen para preceder al cabezal de cortadora 200 en una dirección del robot cortacésped 10 a una altura en o cerca de la altura de cortado. En algunos ejemplos, los sensores 312, 322 incluyen micrófonos (solos o fijados a franjas de material), transductores piezoeléctricos, conductores, condensadores, o transductores excitados con longitudes de onda amortiguadas o interferidas. Cada detector o transductor 312, 322 se dispone de modo que una perturbación por el contacto con una cuchilla o briznas de césped es detectable (por el movimiento, vibración, doblado, conductividad, capacitancia). Los detectores 312, 322 pueden aislarse de la solapa continua de soporte 302 o capaz de detectar perturbaciones de la solapa 302 (que pueden proveer una señal promediada). En algunos casos, solo una inclinación saliente del detector 312, 322 puede ser sensible (p.ej., para material piezoeléctrico excitado por el doblado).

Con referencia a la Figura 18, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310F que tiene múltiples sensores 312 que se extienden hacia abajo desde un soporte de sensor 311 y que incluye un sensor de vibración (o señal) 315 montado a una sonda del sensor 313 (a saber, conductores de señal o vibración). Los sensores 312 se disponen de modo que una perturbación por el contacto con una cuchilla o brizna de césped es detectable (por el movimiento, vibración, doblado, conductividad, capacitancia). La flexibilidad y/o cubierta de las sondas 313 pueden ser similares a cuerdas, cadenas, cerdas o pasadores rígidos, y pueden seleccionarse para amortiguar, atenuar o filtrar vibraciones perjudiciales para la detección de césped no cortado 22. La longitud de la sonda 313 sirve para transmitir la vibración o señal al sensor de señal 315 y, en algunos casos, para atenuar, amortiguar, o filtrar la señal o vibración. En un ejemplo, un sensor de franja piezoeléctrico 312A incluye una franja de película piezo fina 315A depositada en un sustrato Mylar 313A (o franjas individuales montadas en pilares individuales 313). El sensor 312A se monta para permitir la deflexión por briznas de césped, o deflexión por un dedo en movimiento en contacto con las briznas de césped. El sensor 312A produce una salida de tensión cuando se desvía mecánicamente que es proporcional a la cantidad y velocidad de cambio de deflexión. La salida de sensor puede estar sujeta al filtrado de señal y amplificación.

De manera alternativa, un miembro de detector de peso ligero puede montarse, de forma giratoria, a un potensiómetro, sensor Hall, conmutador mecánico, o codificador óptico (fotointerruptor reflectivo o transmisivo) que mide la rotación de miembro de detector del césped encontrado en una cantidad proporcional a la densidad, altura, grosor, etc. del césped.

Con referencia a la Figura 19, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310G que tiene un sensor de vibración (o señal) 315 montado a una solapa de contacto continuo 303. La flexibilidad de la solapa 303 puede ser similar a una lámina plástica fina, metal en hoja, o chapa metálica y puede seleccionarse para amortiguar, atenuar o filtrar vibraciones perjudiciales para la detección de césped no cortado 22 así como para promediar múltiples señales conducidas por la solapa 303. Ejemplos del sensor (o señal) de vibración 315 incluyen un micrófono, un transductor piezoeléctrico, un sensor conductivo, un sensor capacitivo y un transductor de excitación. Las ondas resonantes o estacionarias germinadas por la solapa 303 pueden amortiguarse o sujetarse a una interferencia con el transductor de excitación separado de un transductor de detección. El sensor (o señal) de vibración 315 se configura para detectar perturbaciones de solapa por el movimiento, vibración, doblado, conductividad, capacitancia, etc. (p.ej. a partir del contacto con una serie de briznas de césped). La configuración del sensor de borde que se muestra en la Figura 18 captura contactos a lo largo del ancho de la solapa 303.

Con referencia a la Figura 20, en algunas implementaciones, el robot 10 incluye un detector de borde cortado 310H y calibrador 320B transportado por el cuerpo 103. El detector de borde cortado 310H es una solapa almenada 303A con porciones de solapa separadas 304 que proveen separación o flexibilidad para aislar, amortiguar, atenuar o filtrar vibraciones u otras señales conducidas perjudiciales para la detección de césped no cortado 22. La matriz de calibración separada 320B que arrastra el césped no cortado 22 provee una señal para normalizar o calibrar de forma continua una señal de detección de césped provista por el detector de borde cortado 310H. En el ejemplo ilustrado, el calibrador 320B incluye una primera solapa almenada 303A y una segunda solapa almenada relativamente más larga 303B. La segunda solapa almenada relativamente más larga 303B detecta una falta total de césped (p.ej., como un sensor de césped secundario o complementario 330).

Los múltiples sensores 312, 322 pueden ubicarse en el césped 20 (p.ej. con sondas 313 o solapas 303) a diferentes alturas, p.ej., en modo almenado, de escalera, u otra forma escalonada, para proveer información adicional y resolución. En algunas instancias, los sensores 312, 322 se accionan hacia arriba y hacia abajo por un motor o enlace para medir la obstrucción, reflexión, o señal conducida (incluido el sonido) a diferentes alturas. En algunas instancias adicionales, los sensores 312, 322 (y todos o un subconjunto de los pilares, sondas, sensores o solapas asociadas) se accionan hacia arriba y hacia abajo por un motor o enlace para seguir una altura de césped como detectada o según una predicción.

Con referencia a las Figuras 21-22, en algunas implementaciones, un detector de borde cortado giratorio 310I, que gira en un plano horizontal o vertical, reemplaza múltiples sensores 312, 322 y aumenta una frecuencia de señal. Para sensores conductivos, un detector de borde cortado giratorio 310I, que gira en un plano horizontal, puede usarse. El detector de borde cortado giratorio 310I incluye un disco giratorio 316 configurado con salientes/rayos 317 o ranuras/depresiones 318 que giran con el disco 316 para aumentar la frecuencia e intensidad de contactos con el césped 20. El tamaño del disco giratorio 316 determina el área promediada para una señal, y diferentes tamaños de disco pueden usarse en diferentes ubicaciones en el robot 10. De manera alternativa, el mismo tamaño de disco puede usarse en situaciones en las cuales el tamaño de disco controla la frecuencia resonante, capacitancia u otra propiedad dependiente del tamaño. En algunos ejemplos, la altura de disco es ajustable (p.ej. mediante un motor o enlaces) según la altura del césped, o aumentarse/reducirse con frecuencia. La señal provista es característica de frotamiento del césped contra, que contacta o golpea el disco 316. Por ejemplo, la señal puede ser característica de acústica, vibraciones, o resistencia mecánica (a la rotación) del césped 20. El detector de borde cortado giratorio 310I provee lecturas de señal mientras el robot 10 es estacionario.

El detector de borde cortado 310, en algunas implementaciones, resuelve el borde cortado 26 hacia abajo a alrededor de más o menos una pulgada de forma horizontal, $\frac{1}{2}$ pulgada preferiblemente, y resuelve el borde cortado 26 hacia abajo a alrededor de más o menos $\frac{1}{2}$ " de altura, $\frac{1}{4}$ " preferiblemente. En algunos ejemplos, el detector de borde cortado 310 detecta un borde 26 cuando se acerca de una primera dirección de entre alrededor de 30-90 grados a una segunda dirección normal al borde cortado 26. En otros ejemplos, el detector de borde cortado 310 detecta el borde 26 cuando se acerca desde entre alrededor de 0-30 grados de una dirección normal al borde cortado 26.

En algunas implementaciones, el robot 10 incluye un sensor 340 de límite de detección delantero orientado sustancialmente de forma horizontal. En algunas instancias, se usa un sensor tipo reflexión como se muestra y describe en la presente memoria con referencia a la Figura 13. En otras instancias, el sensor de límite 340 es un sensor de recepción pasivo o cámara. En muchos casos, el sensor de detección de precipicio sería de un tipo análogo. El sensor de límite 340 detecta, por ejemplo, flores, arbustos y estructuras flexibles frágiles no detectables por un parachoques presionables lo suficientemente pronto para evitar el daño. En algunas instancias, el sensor de límite 340 se configura de forma similar al sensor de césped 330 con frecuencia múltiple basado en el color descrito anteriormente. El sensor de límite 340 puede filtrarse, cerrarse, cubrirse parcialmente, o condicionarse la señal de allí, para enfatizar líneas verticales y diagonales típicas de tallos de plantas y troncos.

La Figura 23A es una vista esquemática de un sistema de robot para el cuidado del césped 5 que incluye un robot 10 y contestadores de límite 600. Los contestadores de límite 600 ubicados sobre o en el suelo 20 limitan o influyen en el comportamiento del robot 10. En algunas implementaciones, el robot 10 autónomo incluye una unidad 1500 de

emisor-receptor de contestador de límite que incluye un emisor de señal 1510 que emite, continuamente o con frecuencia, una señal (p.ej. una radiofrecuencia, onda electromagnética, o una señal acústica) y un receptor de señal 1520. En otras implementaciones, el emisor 1510 no es necesario con ciertos tipos de contestadores de límite 600 activos o semi-activos. Ejemplos de contestadores de límite 600 incluyen contestadores de límite resonantes pasivos y contestadores de límites de identificación por radiofrecuencia activos accionados (RFID, por sus siglas en inglés). Los contestadores de límite pasivos hacen eco de o generan una señal con capacidad de respuesta para una señal emitida desde el robot 10 que se detecta por el receptor de señal 1520. Los contestadores de límite resonantes pasivos se detectan mediante la medición de la energía transferida desde el emisor 1510 que funciona en una frecuencia resonante. Cada uno de los contestadores de límite 600 descritos pueden estructurarse para cubrir bien, en forma de cadena floja con un pequeño radio de curvatura (p.ej., menos de 2 pulgadas (51 mm), preferiblemente menos de 1 pulgada (25,4 mm)). En algunos ejemplos, los contestadores de límite activos 600 se accionan solamente cuando el robot 10 se encuentra dentro de cierto rango.

Cuando el robot 10 se acerca y detecta un contestador de límite 600, el robot 10 comienza un comportamiento con capacidad de respuesta como, por ejemplo, alterar su orientación (p.ej. rebotar lejos del contestador de límite 600) o seguir a lo largo del contestador de límite 600. El contestador de límite 600, en algunos ejemplos, responde, de forma pasiva, a una señal emitida por el emisor de señal 1510 del robot 10 y no requiere una conexión con una fuente de alimentación central como, por ejemplo, una salida de potencia CA o puerto de origen. En otros ejemplos, el contestador de límite 600 es un cable de perímetro accionado 6012 que responde a una señal emitida por el emisor de señal 1510 del robot 10. El cable de perímetro accionado 600 puede conectarse a una fuente de alimentación central como, por ejemplo, una salida de potencia CA o puerto de origen. El cable de perímetro accionado 6012 puede también proveerse en una bobina y cortarse según la longitud para la aplicación. El cable de perímetro accionado 600 puede también proveerse en una longitud precortada para la aplicación que tiene conectores en cada extremo del cable precortado. En algunas implementaciones, los contestadores de límite 600 pasivos y activos se detectan, ambos, por la misma antena de robot 1520.

Con referencia a la Figura 23B, en algunas implementaciones, el emisor de señal 1510 es un circuito 1514 que incluye un bucle de antenas 1512 configurado como una figura ocho, que crea un vacío en el bucle de antenas 1512 para evitar la llamada y minimiza la señal transmitida acoplándose a las antenas 1522 del receptor y así permitir la detección más temprana de un pulso recibido en el dominio temporal. El receptor 1520 de señal es un circuito 1524 que incluye un bucle de antenas 1522 que rodean y son coplanas con el bucle de antenas 1512 de la figura ocho del emisor 1510 de señal. El bucle de antenas 1512 de la figura ocho coplano con el bucle de antenas de receptor 1522 proveen un rango de detección aumentado para la misma cantidad de potencia de transmisión en bucles de antenas coplanas convencionales. Una unidad 1515 de control de emisor-receptor controla el emisor 1510 y receptor 1520 de señal y se comunica con el sistema de accionamiento 400. El circuito de control de emisor-receptor 1515 activa el emisor de señal 1510 durante un período. El emisor de señal 1510 emite una señal de radiofrecuencia (RF) (p.ej. a 13.56 MHz) a contestadores de límite 600 pasivos sintonizados para la frecuencia transmitida. Los circuitos inductivos y/o capacitivos 620 en los contestadores de límite pasivos 600 absorben la energía RF y vuelven a emitir la energía otra vez al receptor de señal 1520 (p.ej. a una frecuencia diferente de 13.56 MHz). La señal de re-emisión persistirá durante un período después de que el emisor de señal 1510 haya cesado las emisiones. La señal detectada se procesa por la unidad de control de emisor-receptor 1515 y comunica la presencia de un contestador de límite al sistema de accionamiento 400. Según el tipo de contestador de límite 600, el sistema de accionamiento 400 puede dirigir el robot 10 lejos, sobre o para seguir al contestador de límite 600.

Con referencia a la Figura 24, un contestador de límite 600 incluye un cuerpo de contestador de límite 610 que tiene uno o más circuitos inductivos y/o capacitivos 620 (en la presente memoria llamados "circuitos de tanque"). Los circuitos de tanque 620 pueden formarse, depositarse o imprimirse en el cuerpo de contestador de límite 610. Por ejemplo, los circuitos de tanque 620 pueden formarse en el cuerpo de contestador de límite 610 mediante fotolitografía, de manera similar a la fabricación de circuito integrado de silicio; imprimirse en el cuerpo de contestador de límite 610 mediante chorro de tinta u otras técnicas de depósito; o fabricarse de forma individual y fijarse al cuerpo de contestador de límite 610. Los circuitos de tanque 620 pueden incluir bucles doblados/concéntricos compactos localizados o bucles que se extienden a lo largo de la longitud del cuerpo de la cuerda o cinta 610A. Aunque el contestador de límite 600 se muestra como una cinta plana con circuitos impresos, los circuitos 620 pueden incluir elementos concéntricos más largos, en espiral u otros elementos tipo antena, y pueden construirse en forma tipo cinta embobinada o enrollada en forma tipo cuerda o tipo cable.

En algunos ejemplos, el contestador de límite 600 tiene una frecuencia de resonancia predecible, el cuerpo de contestador de límite 610 formándose como una cuerda o red continua con elementos del circuito de tanque/inductivos discretos 620 de una frecuencia con capacidad de respuesta conocida.

En general, los circuitos de tanque 620 son conocidos y se usan en diferentes técnicas. Por ejemplo, las versiones de baja frecuencia se colocan para facilitar la detección de cables enterrados (p.ej., 3M Electronic Segment System, Patentes de Estados Unidos Nos. 4,767,237; 5,017,415), minería atrapada (Patente de Estados Unidos No. 4,163,977), o radioendosondas tragadas (p.ej., la cápsula de Heidelberg), como, por ejemplo, las Patentes de Estados Unidos Nos. 6,300,737; 6,465,982; 6,586,908; 6,885,912; 6,850,024; 6,615,108; WO 2003/065140. Cuando

los circuitos de tanque 620 se exponen a una energía de pulso magnético o energía electromagnética a una frecuencia particular sonarán durante un tiempo a una frecuencia determinada por el condensador e inductor. Cada circuito de tanque 620 puede sintonizarse en la misma frecuencia, en algunos ejemplos, y para una mejor discriminación sintonizarse en dos o más frecuencias diferentes, en otros ejemplos. En algunas implementaciones, el robot 10 pulsa un transmisor 1510 y busca una respuesta de los circuitos de tanque 620 de los contestadores de límite 600. En otras implementaciones, el robot 10 barre una frecuencia de transmisión y busca una respuesta en cada frecuencia particular. Ciertos tipos de bobinas de recepción para el receptor de señal 1520 (una bobina en figura de 8, por ejemplo) pueden detectar un cambio de fase mientras un circuito de tanque 620 externo pasa una línea central de la bobina, y así permitir al robot 10 detectar cuándo cruza el contestador de límite 600. En algunos ejemplos, una bobina de recepción o antena del receptor de señal 1520 y los circuitos de tanque 620 de los contestadores de límite 600 se disponen en planos paralelos.

En algunas implementaciones, el contestador de límite 600 incluye metal amorfo, que puede permanecer pasivo pero emitir una señal con capacidad de respuesta cuando recibe una señal electromagnética. Cuando el contestador de límite 600 compuesto de metal amorfo recibe (ya sea de forma total o parcial) una señal electromagnética, por ejemplo, el metal amorfo se convierte en saturado y emite un espectro de señales electromagnéticas, incluidas las frecuencias armónicas de la señal electromagnética entrante recibida. El metal amorfo requiere un campo magnético muy pequeño para convertirse en saturado. Cuando un metal amorfo se expone a una energía RF débil, el metal entra y sale de la saturación magnética durante cada ciclo. Ello provee una no linealidad en la respuesta del metal a la radiación y resulta en la producción de armonía para una frecuencia fundamental. Dicha propiedad es bastante rara en entornos normales. En algunas implementaciones, para detectar un contestador de límite 600, el robot 10 genera una señal (p.ej. frecuencia modulada) para excitar cualquier metal casi amorfo que emitirá armonía de la frecuencia transmitida. El robot 10 detecta la armonía de la frecuencia emitida (mediante el uso de detección síncrona, por ejemplo) para determinar una ubicación con respecto al contestador de límite 600.

En algunos ejemplos, el emisor 1510 del robot 10 emite una señal electromagnética mientras atraviesa un patio 20. Tras acercarse a un contestador de límite 600, el contestador de límite 600 recibe la señal electromagnética del robot 10 y emite una señal con capacidad de respuesta que incluye la armonía de la señal electromagnética recibida. El receptor de señal 1520 del robot 10 recibe y analiza la señal electromagnética con capacidad de respuesta mediante el uso de un circuito o algoritmo. El robot 10 luego lleva a cabo un comportamiento predeterminado (como, por ejemplo, girar lejos de o seguir al contestador de límite 600, según fuera apropiado).

Un contestador de límite 600 tipo cable o tipo cinta que incluye al menos una porción compuesta de metal amorfo no necesita un circuito de tanque 620, y así reduce los costes de fabricación. Cuando los contestadores de límite 600 incluyen circuitos de tanque 620 o se componen de metal amorfo (o ambos), los contestadores de límite 600 pueden cortarse según la longitud (a intervalos fijos o variables), curvarse, doblarse o de otra forma manipularse para la colocación en o detrás del patio 20. Los contestadores de límite 600 pueden proveerse en una bobina o carrete, por ejemplo, y cortarse con tijeras o cizallas de jardín en segmentos de una longitud particular. El contestador de límite 600 se fija al patio 20 mediante un número de métodos, incluidos, por ejemplo, su ubicación detrás del césped grueso; adherirlo al suelo 20 mediante el uso de cal, cemento, epoxi, resina, u otro adhesivo (p.ej., cuando atraviesa una zona pavimentada como, por ejemplo, un acceso o acera), sujetarlo con clavos de césped o estacas, o enterrarlo a una profundidad eficaz del suelo de modo que el contestador de límite 600 pueda aún detectar y responder a señales entrantes.

El contestador de límite 600 es divisible o separable en y entre los circuitos 620. Cortar contestadores de límite 600 fabricados de metal amorfo o tener muchos circuitos de tanque 620 alrededor de toda su longitud no destruye la capacidad del contestador de límite 600 de detectar y responder a señales entrantes. Si un circuito de tanque 620 se daña durante el cortado, otros circuitos de tanque 620 ubicados en otro lado a lo largo del cuerpo 610 del contestador de límite aún funcionarán de forma adecuada. Cuando se corta el metal amorfo, sus propiedades electromagnéticas permanecen en general sin cambios.

Con referencia a la Figura 25, un contestador de límite 600A, en algunos ejemplos, incluye un circuito 620A que tiene uno o más pares de conductores (p.ej. cables paralelos) cortocircuitados juntos para formar un bucle de inductor 622. Los circuitos de carga 624 pueden establecer una frecuencia resonante. En algunas implementaciones, el bucle de cable estrecho 622 (p.ej. 3/8") se construye con cables paralelos (p.ej. línea doble de 300 ohm) con los extremos circuitados para crear un inductor en bucle capaz de resonar a una longitud de onda apropiada (p.ej., 100 MHz). El cable doble está disponible en muchas formas, incluido el cable doble de cinta de antena e invisible (cables finos asegurados a una cinta adhesiva). Aunque la Figura 24 muestra espacios entre los circuitos 620A (que pueden marcarse con indicios "cortar aquí" de cualquier tipo), el contestador de límite 600A, en algunos ejemplos, incluye un cuerpo de contestador de límite 610 que tiene cables dobles continuos 622. Acortar las derivaciones ubicadas a lo largo del cuerpo del contestador 610 a intervalos fijos (p.ej. 1 a 6 pies) crea circuitos iterativos 620A. El contestador de límite 600A es divisible o separable en las derivaciones entre circuitos 620A. Las derivaciones pueden incluir inductores o condensadores de carga para hacer la resonancia menos dependiente de la longitud.

La orientación de la antena de detección 1520 en el robot 10 puede ser apropiada para detectar los circuitos 620. La antena de detección 1520 puede proveerse en un bucle giratorio o como tres componentes de antena con impedancia equilibrada dispuestos de forma ortogonal, que detectan la absorción de energía por el circuito resonante 620 a una frecuencia conocida. La configuración ilustrada en la Figura 24 puede alimentar componentes activos tipo RFID.

Con referencia a la Figura 26, un contestador de límite 600B, en algunos ejemplos, incluye conductores 622 en espiral o con múltiples bucles con elementos de carga opcionalmente fijos (condensador, inductor) 624. En casos donde se usan bucles 620 de circuito más largos, p.ej. bucles inductivos de 1-6 pies de largo, los contestadores de límite 600 pueden separarse en lugares marcados 626 (p.ej. perforaciones) entre bucles 620 de circuito adyacentes. En cada caso, los elementos de carga 624 son opcionales.

La Figura 27 muestra un contestador de límite 600C que incluye un cuerpo de contestador de límite 610 formado por múltiples láminas 630. Cada lámina 630 incluye elementos 624 de carga impresos, depositados o grabados (condensador, inductor) y/o inductores 622 de bucle, o partes de ellos. Algunas de las estructuras 622, 624 pueden completarse mediante laminación de todo el cuerpo de contestador 610 (p.ej. partes de los elementos de carga y/o bucles que se distribuyen entre diferentes láminas). La lámina 630 puede ser una sola lámina de Mylar con una capa en forma depositada o metal en hoja grabado en una forma deseada.

Las Figuras 28 y 37 ilustran un contestador de límite 600D que incluye un circuito 620D dispuesto dentro de un cuerpo de contestador 610D formado como una punta o tachuela. En algunos ejemplos, la punta de cuerpo de contestador 610D incluye una parte superior 612 del contestador visible por encima del suelo 20. En algunos ejemplos, la parte superior 612 del contestador es excitable de forma pasiva, p.ej. fluorescente y detectable por el detector de no césped 330. La parte superior 612 del contestador es una bandera en algunos ejemplos con elementos de carga 624 ubicados en un mástil de bandera. En algunos ejemplos, el contestador de límite 600D se conecta a un inductor 622 de bucle extendido o antena extendida, con o sin elementos de carga 624 en la punta de cuerpo de contestador 610D o mástiles de bandera. El contestador de límite 600D puede conectarse a otro para formar una estructura. Si los elementos de carga 24 están en las puntas del cuerpo de contestador 610D, la resonancia puede dominarse por los elementos de carga 24, pero una antena de extensión 622 puede distribuir la longitud del circuito con capacidad de respuesta a la resonancia entre contestadores de límite 600D ubicados de forma periódica. En algunos ejemplos, el circuito de tanque 620 de los contestadores de límite 600 se dispone en una porción principal del cuerpo de contestador 610D (p.ej. posicionar el circuito de tanque 620 en un plano paralelo al receptor de señal 1520 del robot 10).

Con referencia a la Figura 29, en ejemplos no pasivos, un contestador de límite 600E incluye emisores RFID 625 en lugar de elementos de carga 624 y emite una señal detectable por el receptor de señal 1520 del robot 10 y un bucle 622E. La etiqueta RFID 525 recibe una señal transmitida por el emisor de señal 1510 del robot 10 y responde emitiendo información almacenada. En algunos ejemplos, el contestador de límite 600E incluye una fuente de alimentación (p.ej. batería) para extender un rango del contestador de límite 600E (p.ej. el robot 10 podría detectar el límite 600E a una mayor distancia).

En algunas implementaciones, el contestador de límite 600 incluye uno o más dispositivos acústicos que chirrían cuando se excitan de forma remota para establecer un límite. En otras implementaciones, el contestador de límite 600 emite y/o recibe señales de espectro visible (códigos de color u otro pasaje de mensaje codificado, por ejemplo) mediante retrorreflectores u objetivos ópticos. Los objetivos ópticos son distinguibles de otros objetos en un campo visual del robot 10. Los objetivos ópticos puede imprimirse con un patrón retro-reflectivo "autosimilar" que puede iluminarse con iluminación modulada. Los objetivos ópticos pueden identificar puntos de extremo del contestador de límite 600.

En un ejemplo, un contestador de límite 600F incluye un bucle magnéticamente cargable 622F. Un imán móvil (p.ej. giratorio) transportado por el robot 10 transfiere energía. Por ejemplo, un imán se ubica en una parte móvil de la cortadora 200 (p.ej. una cuchilla giratoria, o cizallas oscilantes). El contestador de límite 600F se instala en o sobre el suelo 20 con el bucle 622 orientado para derivar suficiente flujo a través del bucle 622. El material del soporte giratorio o alternativo para el imán o imanes no debe poner en corto las líneas de flujo (p.ej., plástico o no conductores). En algunos ejemplos, el bucle magnéticamente cargable 622F se usa para despertar un bucle continuo alimentado por batería 622D.

En otra variación, un contestador de límite 600G incluye un cuerpo de cable plástico 610G con fluorescencia allí incorporada o pintada, que puede activarse con una fuente de emisión UV (p.ej. LED) en el robot 10 y separable hasta cualquier longitud. El contestador de límite 600G de fluorescencia, en algunos ejemplos, está enmascarado o incorporado para codificar un tipo de contestador (p.ej., largo, corto, largo). En otra variación, el contestador de límite 600H incluye una antena de un cuarto o media onda o antena cargada por inductor, detectable por resonancia, re-radiación, o absorción de energía de manera similar a los circuitos de tanque 620 previamente descritos en la presente memoria. Nuevamente, pueden detectarse diferentes frecuencias. Si el contestador de límite 600H se corta según la longitud, un primer pase por el robot 10 establece una frecuencia que se espera en un césped 20 particular.

En otra variación, un contestador de límite 600I incluye un cuerpo de contestador plano 610I que define franjas de ruido detectadas de forma vibracional o acústica y preferiblemente dispuestas con frecuencia distintiva para generar distintas frecuencias para la detección.

La Figura 30 provee una vista esquemática de una propiedad 1001 con un interior 1001A de propiedad que tiene una casa 1002 rodeada de áreas que pueden cortarse 1020 (p.ej. césped herboso 20), obstáculos para el cortado del césped 1004 (p.ej. árboles 1004A, arbustos 1004B y agua 1004C, y objetos inmóviles 1004D), límites 1006 (p.ej. cercas 1006A y líneas de propiedad 1006B), y áreas que no pueden cortarse 1008 (p.ej. accesos 1008A, aceras 1008B y calles 1008C, y flores/jardín 1008D).

Con referencia a la Figura 31, una instalación de sistema de cortacésped a modo de ejemplo para una propiedad 1001 incluye disponer contestadores de límite 600 a lo largo de la longitud de una línea de propiedad vecina 1006B. No hay necesidad particular de disponer segmentos a lo largo de las aceras 1008B o calle 100BC, ya que estas se detectarán como se describe en la presente memoria. El lecho de flores 1008D, que es frágil y difícil de detectar, se protege también con un contestador de límite 600. El resto de obstáculos 1004, 1006 en la propiedad 1001 se detectan por un sensor apropiado para el robot 10 según se describe en la presente memoria. En el presente caso, la mayor parte del césped 1020 es contigua a unas pocas áreas limitadas por la acera 1008B. El robot 10 cortacésped puede llevar a áreas limitadas o provistas con un comportamiento que sigue a los contestadores de límite 600 hacia las áreas limitadas. Por ejemplo, un comportamiento puede dirigir el robot 10 para que siga a los contestadores de límite 600 a lo largo de la acera o mantillo 1008 con la cortadora 200 apagada, pero no a lo largo de una caída o precipicio. Un sensor de precipicio apropiado para detectar dichos precipicios o caídas se describe en la Patente de Estados Unidos No. 6,594,844.

Con referencia a la Figura 32, en algunos ejemplos, existen múltiples tipos de contestadores de límite 600. Los contestadores de límite 600 incluidos los circuitos resonantes 620 (si se usa inductancia y capacitancia concentrada o distribuida) pueden tener diferentes frecuencias resonantes para transmitir información de tipo de límite. En un ejemplo, un contestador de límite pasivo 6010 señala al robot 10 para que maniobre sobre este y si el cortado debe comenzar, continuar o detenerse. El contestador de límite pasivo 6010 puede también activar el robot 10 para llevar a cabo otras acciones tras la detección. Por ejemplo, un contestador de límite tipo seguimiento 6010A señala al robot 10 para que siga al contestador 6010A durante toda su longitud (p.ej., para cruzar un acceso o navegar un largo trayecto sucio o acera entre zonas). En otro ejemplo, un contestador de límite tipo entrada 6010B señala al robot 10 para que entre en una área normalmente fuera de los límites (p.ej., para navegar a lo largo de una acera para llegar a patios de adelante hacia atrás o para continuar cortando a lo largo de un trayecto de losas separadas). En otro ejemplo, tras detectar un contestador de límite tipo paso prohibido 6010C, el robot 10 inicia un comportamiento para alterar su orientación para rebotar lejos del contestador de límite 6010C.

En algunas implementaciones, el cable de perímetro alimentado 6012 y los contestadores de límite pasivos 6010A-C funcionan en la misma frecuencia (p.ej. 13.56 MHz). El cable de perímetro alimentado 6012 tiene un ciclo de trabajo, que alterna entre alimentado y no alimentado, para no hacer sombra a señales de contestadores de límite pasivos 6010A-C ubicados en una propiedad 1001 limitada por el cable de perímetro alimentado 6012. Cuando el cable de perímetro alimentado 6012 está quieto, el receptor de señal 1520 puede detectar contestadores de límite pasivos 6010A-C. El ciclo de trabajo se establece para permitir al robot 10 alternar rápidamente el monitoreo del confinamiento del contestador activo 6012 y contestador pasivo 6010A-C mientras maniobra a lo largo del césped 1020.

Después de la instalación de los contestadores de límite 600, el robot 10 puede atravesar la propiedad 1001 sin cortadoras 200 activadas para verificar la ubicación de los contestadores de límite 600. En algunas instancias, el robot 10 se configura para funcionar solamente cuando se encuentra dentro de cierto rango de los contestadores de límite 600 o cuando los contestadores de límite 600 están activos (p.ej. con fines de seguridad). Por ejemplo, el robot 10 se configura para detectar una dirección de corriente en contestadores de límite 600 alimentados con corriente alterna para determinar si se encuentra dentro o fuera de un perímetro de límite. Otras técnicas para evitar escapes del robot incluyen usar GPS para determinar una ubicación del robot, determinar una distancia desde una baliza, y usar paredes virtuales que incluyen balizas que emiten una emisión (p.ej. luz infrarroja o radiofrecuencia) detectable por el robot 10. En algunos ejemplos, el robot 10 emplea detección de proximidad para protegerse del movimiento hacia personas o mascotas. Una etiqueta de identificación de radiofrecuencia (RFID) reconocible por el robot 10 puede colocarse en las personas o mascotas para evitar su colisión con el robot 10.

Los componentes de navegación del robot pueden dividirse en cinco subcategorías: seguir el borde de césped cortado (a saber, encontrar el límite entre el césped cortado y no cortado); permanecer en el césped (a saber, detección pasiva de césped/no césped); permanecer dentro de los límites arbitrarios (a saber, no cortar el césped del vecino); no alejarse demasiado (p.ej. sistema de seguridad/secundario); y finalizar cerca de una ubicación especificada. El sistema de seguridad, por ejemplo, puede ser un detector basado en radio que limita al robot 10 para que no se desplace demasiado lejos de una base (que se integraría, opcionalmente, de un dispositivo de carga de batería). Algunas implementaciones incluyen usar un circuito GPS, determinar una potencia de señal del contestador 600, o resolver un tiempo de vuelo desde una baliza codificada local. Como medida de seguridad, el

robot 10, en algunos ejemplos, no puede funcionar si no es dentro de un conjunto coordinado limitado, o en caso de ausencia de una señal apropiada. Para minimizar errores y pérdida de señal debido al clima, toldo u obstáculos, el robot 10 puede entrenarse con las características de señal de la propiedad 1001 (p.ej. el primer ciclo completo de cortado del césped recogería datos de la señal del punto de referencia para determinar umbrales mínimos y máximos de la propiedad 1001). Dicha provisión puede también ignorarse por el usuario con autorización apropiada. Una baliza o señal GPS pueden ayudar al robot 10 a regresar a una ubicación de fin especificada por el usuario, o una radio o baliza visible de alcance medio o corto adicional provistos con fines domésticos.

La Patente de Estados Unidos No. 6,690,134 de Jones y otros, titulada *Method and System for Robot Localization and Confinement* describe métodos para el confinamiento y la ubicación de un robot de interior mediante el uso de haces IR dirigidos y sensores multidireccionales. Métodos adicionales para la ubicación de sala a sala, confinamiento, y navegación que usan diferentes frecuencias y rangos de haces IR y sensores multidireccionales también se encuentran disponibles. Estos pueden usarse como, en combinación con, o en lugar de, los contestadores de límite 600 descritos en la presente memoria. Aunque el uso de haces IR y detectores es menos efectivo al aire libre, varias implementaciones pueden usar longitudes de onda más altas de emisión y detección IR (p.ej., 900 nm +). La emisión y detección IR pueden contenerse, canalizarse y filtrarse para eliminar la luz solar y/o componentes espectrales de luz solar. La emisión y detección IR pueden también modularse para permitir el acoplamiento CA en receptores para rechazar luz solar y otras fuentes luminosas constantes. Los emisores y detectores de microonda (p.ej., en frecuencias convencionales de detector/pistola de radar) de haz estrecho (5 grados o menos) pueden usarse en lugar de, o además de, haces IR dirigidos (rechazo falso positivo complementario) con el mismo software y comportamientos de interpretación.

Con referencia a la Figura 33, en algunos ejemplos, el robot 10 cortacésped incluye uno o más sensores de inclinación 710 (p.ej. acelerómetros) que monitorean una inclinación del robot para evitar el cortado o maniobras por encima de un ángulo máximo de inclinación del robot. El sensor de inclinación 710 puede también proveer datos del terreno que ayudan al robot a maniobrar y comportamientos. Por ejemplo, cuando el sensor de inclinación detecta una inclinación del robot, el robot 10 compara una inclinación de robot medida con valores conocidos para determinar si está maniobrando por encima de un umbral, raíces de árboles, montículos, lomas, pequeñas colinas, u otros fenómenos de la superficie que pueden tratarse como obstáculos, pero que no pueden detectarse fácilmente por parachoques o sensores de proximidad.

En algunos ejemplos, el robot 10 cortacésped incluye un sensor de lluvia, de modo que regresa a una base cuando se detecta lluvia.

El robot 10 incluye al menos un detector de estasis 442, en algunos ejemplos, como, por ejemplo, un sensor de rueda inactiva (p.ej., codificador de conmutador de límite, óptico, magnético en ruedas no motrices) o un sensor de torque/corriente de rueda motriz para detectar una condición de atascamiento. El sensor de borde cortado 310 o sensor de calibración de borde 320 se usan como un sensor de estasis en algunos casos, o como un sensor de seguridad para un sensor de estasis tipo sensor de torque/corriente de rueda. Cualquier cámara, incluidas cámaras ópticas tipo ratón u otras cámaras de píxeles bajos, incluso cuando se usan con otros fines (p.ej., césped/no césped), puede usarse como un sensor de estasis cuando no se detecta movimiento alguno. En algunos casos, una carga de motor de la cortadora 200 se monitorea para una condición de estasis o atascamiento. Cualquier combinación de estos puede interpretarse como una condición de atascamiento cuando las circunstancias que dan lugar a dicha respuesta son apropiadas (p.ej., no se ha detectado césped + no hay carga de cortado = atascamiento, a menos que la rueda frontal esté girando y la carga de motor sea normal).

En algunas implementaciones, el robot 10 incluye detectores de obstáculos adicionales como, por ejemplo, sensores de golpe, infrarrojos, ópticos, sónicos y de exploración horizontal para detectar peligros de colisión (a saber, cercos alambrados) dentro de un trayecto del robot 10. En un ejemplo, un sensor sónico horizontalmente orientado puede detectar una maceta o tronco de árbol antes de una colisión, y así permitir al robot 10 alterar su orientación para evitar el obstáculo.

En algunos ejemplos, el robot 10 incluye un recolector de recortes 720 como, por ejemplo, una bolsa o barril para recoger los recortes de césped o escombros del patio. El recolector de recortes 720 incluye un sensor de capacidad 722, en una implementación. Ejemplos del sensor de capacidad 722 incluyen un sensor acústico que analiza una respuesta espectral acústica de un barril de recortes sustancialmente rígido y un sensor óptico de interrupción del haz. El sensor óptico de interrupción del haz tiene un emisor que proyecta un haz de luz a lo largo del recolector de recortes hacia un receptor. Cuando el haz de luz no se detecta por el receptor, el robot 10 determina que el recolector de recortes 720 está completo y lleva a cabo un comportamiento apropiado como, por ejemplo, detener el cortado, o tirar los contenidos del recolector de recortes 720 en un lugar designado, por ejemplo.

En algunos ejemplos, el robot 10 se comunica de forma inalámbrica con un monitor remoto, también descrito de manera intercambiable en la presente memoria como un mando a distancia inalámbrico capaz de comunicarse con el transceptor 55 en el robot. El monitor remoto es una pequeña consola o indicador, en algunas instancias, no significativamente más grande que 3 pulgadas cúbicas (76,2 mm³). El monitor remoto puede fijarse a una puerta de

refrigerador u otro objeto de metal mediante el uso de un imán. El monitor remoto señala a un operador que el robot 10 necesita asistencia cuando el robot 10 queda atascado, se daña, su funcionamiento es inseguro, o es incapaz de vaciar el recolector de recortes, por ejemplo. El monitor remoto puede incluir un interruptor de emergencia para finalizar el funcionamiento del robot 10; y/o puede transmitir una señal de hombre muerto sin la cual el robot 10 no funcionará. En un ejemplo, el robot 10 envía una señal de radiofrecuencia mediante una frecuencia sin permiso (p.ej. 900 MHz o 2.4 GHz) al monitor remoto. La señal inalámbrica puede codificar información mediante la modulación de amplitud o frecuencia, por ejemplo, y/o mediante cualquier estándar de comunicaciones apropiado como, por ejemplo, Bluetooth, ZigBee, WiFi, IEEE 802.11a, b, g, n, USB (UWB) inalámbrico, o un protocolo exclusivo como, por ejemplo, se describe en la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos No. 60/741,442, "*Robot Networking, Theming, and Communication System*".

Una estación base actúa como un relé o intermediario, en algunas instancias, entre el robot 10 y el monitor remoto. En algunos ejemplos, la estación base incluye un sistema de carga y se comunica con una red del hogar cableada o inalámbrica. El monitor remoto hace sonar una alarma audible (en particular, si la señal emitida por el robot indica que una condición peligrosa o un accidente han ocurrido) y/o luz de destellos u otra señal, por ejemplo, para llevar una condición de peligro del robot a la atención de un operador. El monitor remoto puede comunicar datos transmitidos por el robot 10 en una visualización (p.ej. LCD) o mediante un sintetizador de voz. Ejemplos de datos transmitidos incluyen un área de césped cortado, nivel de potencia restante y alarmas de advertencia.

En algunas implementaciones, el robot 10 corta una franja 23 que tiene un trayecto en general en espiral, combinado con seguimiento de límite, seguimiento de borde, y movimiento aleatorio. Limpiar un lugar en espiral equivalente esencialmente al cortado en espiral así como seguir una pared esencialmente equivalente al seguimiento de contestador de límite y/u obstáculo se describen específicamente en la Patente de Estados Unidos N° 6.809.490, de Jones y otros, titulada *Method and System for Multi-Mode Coverage for an Autonomous Robot*.

El robot 10 puede tener un solo lado de seguimiento dominante 101, 102, o dejar que un lado 101, 102 domine según si un límite 600, 1004, 1006, 1008 o borde cortado 26 se seguirá. Los contestadores de límite 600 pueden seguirse de forma diferente de los límites físicos, p.ej. en el borde de robot, el borde cortado, o el centro del robot. Cuando el cabezal de cortadora 200 se extiende totalmente a lo largo de un lado 101, 102 del cuerpo 100 del robot pero no del otro, un lado 101, 102 del robot 10 puede aún ser un lado dominante y/o de seguimiento de límite. El robot 10 sigue obstáculos 1004, 1006, 1008 en el lado 101, 102 que tiene la mayor extensión de cortadora para cortar tan cerca de un borde como sea posible, y aún puede seguir bordes cortados 26 en el otro lado 101, 102.

De manera alternativa, el robot 10 puede seguir los bordes cortado 26 y límites 600, 1004, 1006, 1008 en el mismo lado 101, 102 con una disposición de cuchillas asimétrica 200. Una cortadora asimétrica 200 deja un lugar sin cortar, p.ej., donde el cabezal de cortadora 200 se desplaza hacia la derecha y el robot 10 gira en espiral a la izquierda, la parte inferior del robot 10 sin cobertura de cabezal de cortadora crea un pequeño círculo no cortado en el centro de la espiral. Ello puede tratarse añadiendo a la espiral un paso central basado en la navegación a estima, o siguiendo la espiral con una o más figuras de ochos de pasos centrales según la navegación a estima, o invirtiendo la dirección de la espiral.

La Figura 34 provee una vista esquemática de un patrón 3000 de cobertura alternativo no aleatorio por el robot 10. El patrón 3000 es apropiado para robots 10 que tienen cabezales de cortado 200 de desplazamiento y de no desplazamiento. Para llevar a cabo el patrón 3000, el robot 10 sigue una sucesión de bucles 3005 de desplazamiento que se superponen como, por ejemplo, los que atraviesan las máquinas acondicionadoras de la placa de hielo Zamboni®. Un trayecto de rueda 3010 general se muestra en líneas punteadas y un trayecto de cobertura 3020 general se muestra en líneas continuas. La superposición es suficiente para cubrir cualquier lugar no cortado provocado por el cabezal de cortado 200 desplazado o sistema de accionamiento 400 diferencial desplazado. El patrón 3000, en un ejemplo, incluye una serie de rectángulos con esquinas redondeadas que se superponen alcanzados por giros diferencialmente dirigidos de ángulo derecho. En otros ejemplos, el patrón 3000 incluye óvalos lisos. Una distancia a lo largo de cada bucle 3005 del patrón 3000 puede tener cualquier tamaño. Los bucles 3005 más grandes que incorporan muchas líneas sustancialmente rectas proveen mayor eficacia de cortado que los bucles 3005 más pequeños. Sin embargo, el error de desviación puede acumularse con bucles 3005 grandes, y así interrumpir el patrón 3000. Si los bucles 3005 son demasiado pequeños, se invierte demasiado tiempo girando. La calidad de cortado durante los giros puede no ser tan satisfactoria como cuando se conduce de forma recta. Un equilibrio de rendimiento de cortado, velocidad y tamaño de bucle puede establecerse para cada patio 20. En un ejemplo, el bucle 3005 tiene un tamaño para cubrir totalmente un centro del bucle 3005 en un tercer a sexto pase paralelo (paralelo si el bucle 3005 es irregular, circular, ovalado, cuadrado o rectangular) y se superpone por no más de la mitad de un ancho de cortado en cada pase. Los patrones 3000 a modo de ejemplo incluyen bucles 3005 que se superponen por alrededor de 120%-200% de una distancia 107 de un centro de rueda a un borde del cabezal de cortado 200, los bucles 3005 desplazados por un ancho de cortado 108 menos alrededor de 120%-200% de distancia 107, los bucles 3005 que se superponen por alrededor de 1/5-1/3 del ancho del cabezal de cortado 108, y los bucles 3005 desplazados por alrededor de 4/5-2/3 del ancho del cabezal de cortado 108, con bucles 3005 de menos de tres a cuatro veces el ancho del patio 20. En muchas instancias, los bucles 3005 son sustancialmente simétricos. El patrón 3000 se ajusta para no dejar espacios en el área cortada 22 para un robot 10

que corta hasta un borde de lado de seguimiento o dominante 101, 102, o que tiene una cortadora 200 que no se extiende hasta el borde en cualquier lado 101, 102.

Con un trayecto de cortado, no es crucial que las filas sean rectas, sino, más importante, que el robot siga su pase/franja 23 previa. La franja 23 de referencia puede ser paralela a un obstáculo curvo o escalonado. Seguir las franjas 23 previas mejora la eficacia, en comparación con el rebote aleatorio (se reduce el tiempo en la superficie de trabajo de 5x deterministas para 1,5-3 veces deterministas) y mejora la percepción de un usuario de la eficacia del robot y estética del césped 20.

Un método para cortar el césped de un patio incluye colocar un robot 10 cortacésped autónomo en un patio 20 y permitir al robot 10 cortar una fila/franja 23 de referencia de longitud arbitraria o restringida por límites. El robot 10 procede a seguir un borde cortado 26 de la fila/franja 23 de referencia. Al final de la fila 23 de referencia, el robot 10 gira y sigue cada fila 23 sucesiva, cortando un patrón 3000 según se describe más arriba. El patrón 3000 tiene bucles 3005 de desplazamiento sucesivos que se superponen que se mueven en espiral y aumentan en tamaño con cada bucle 3005 iterativo. El robot 10 continúa cortando siguiendo el borde cortado 26 de una fila 23 precedente hasta una área arbitraria que se ha cortado o hasta que el patrón 3000 se interrumpe por un obstáculo 1004 o límite 1006. El robot 10 luego se mueve hacia una nueva área no cortada 24 del césped 20 (aleatoriamente o mediante el uso del historial de límites recogido), corta una nueva fila 23 de referencia, y repite el proceso de cortado hasta que se calcula que el césped 20 está completo. El robot 10 usa una orientación de referencia de un sistema de navegación para establecer cada fila 23 de referencia, cuyo borde se sigue para cortar filas sustancialmente paralelas.

Además o en lugar del sensor de borde cortado 310, en algunos ejemplos, el robot 10 incluye uno o más sistemas de navegación auxiliares para mejorar la alineación y navegación del robot 10. Por ejemplo, el robot 10 puede incluir un receptor de satélite de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés), un sensor de tiempo de vuelo de señal de radio, un sistema de guía inercial que incluye uno o más acelerómetros o giroscopios, o un sensor de punto de referencia óptico. Cualquier sistema posicional puede sufrir derivaciones o reducir continuamente la precisión durante el funcionamiento. Múltiples sistemas de posición mejoran la precisión de navegación.

En un ejemplo, el robot 10 incluye una brújula electrónica que devuelve una orientación precisa de alrededor de +/- 6 grados. En otro ejemplo, el robot 10 incluye un odómetro. En otro ejemplo, el robot 10 incluye un receptor de satélite de posicionamiento global (GPS), que provee una orientación con una exactitud dentro de unos pocos grados después de desplazarse decenas de metros en una línea recta. Mediante la integración de la entrada de dos o más sistemas de orientación, la precisión de la orientación puede mejorarse. Por ejemplo, después de cortar una franja 23 de 100 metros, el robot 10 gira aproximadamente 180 grados para comenzar una nueva franja 23 y obtiene un primer vector de orientación del receptor de GPS. El GPS puede proveer un grado de error de alrededor de más o menos 6 grados. El robot 10 obtiene un segundo vector de orientación de una brújula electrónica y compara los dos vectores de orientación para determinar una orientación promediada a seguir.

Si, por ejemplo, se desea aproximarse a filas/franjas 23, el robot 10 puede obtener ayuda de la orientación. Las filas/franjas 23 pueden ser paralelas por el seguimiento de borde o sin seguimiento de borde por un vector de orientación. De manera alternativa, las filas/franjas 23 pueden ser ligeramente abiertas y en zigzag, p.ej., se abren por una cantidad de grados más grande que el error de orientación en cada giro. Las filas/franjas 23 pueden alternar filas paralelas con filas de ángulo cerrado, p.ej., volviendo a cruzar para rehacer una área probablemente cortada 22 en más que el error de orientación o menos que el ancho de fila en cada giro. Cada fila/franja 23 se dispone para hacer avanzar sucesivamente el área cortada 22.

En un ejemplo, una técnica de ubicación híbrida de brújula/odometría se usa para determinar la posición de un robot. La brújula se usa para determinar la orientación de un robot y la odometría se usa para determinar una distancia recorrida entre actualizaciones. La posición del robot se determina mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

$$\Delta_t = \sqrt{(x_t - x_{t-1})^2 + (y_t - y_{t-1})^2}$$

$$x'_t = \Delta_t \cos \theta_t$$

$$y'_t = \Delta_t \sin \theta_t$$

donde (x_t, y_t) es la posición de odometría en el tiempo t, θ_t es la orientación de la brújula en el tiempo t, Δ_t es la distancia recorrida entre el tiempo t-1 y el tiempo t, y (x'_t, y'_t) es el cálculo de posición híbrida de brújula/odometría para el tiempo t.

La odometría tiende a acumular errores. En un solo recorrido del césped 20, la odometría puede acumular más de 90 grados de error de orientación, por ejemplo. En cambio, una brújula en conjunto con la odometría permite al robot

10 determinar la posición del robot dentro de unos pocos grados. El método de localización híbrido de brújula/odometría puede determinar la posición de un robot exactamente dentro de unos pocos metros después de un circuito del césped 20. La inclusión de uno a tres ejes de datos del acelerómetro aumenta la exactitud. Cualquier combinación de odometría, brújula, GPS o guía inercial puede procesarse por un filtro de Kalman si hay una suficiente capacidad de cálculo disponible.

En los ejemplos que usan GPS, guía inercial u odométrica, los sensores de reconocimiento de punto de referencia y/u otra navegación a estima o sensores de navegación, el robot 10 puede determinar si ha cruzado un límite 1006, 1008 hacia una calle, o hacia la propiedad de un vecino, por ejemplo, y tomar una acción correctiva apropiada (como, por ejemplo, apagarse o navegar nuevamente a un punto de referencia doméstico o punto de referencia reconocido).

El robot 10 puede alinear su fila inicial o cada conjunto de filas mediante el uso de una orientación preferida. De la fila 23 a la fila 23, el robot 10 puede usar datos de orientación corregidos para evitar la desviación y mantener una apariencia de filas sucesivas. El robot 10 también puede usar los datos de orientación corregidos para ubicar nuevas áreas que cortar.

Con referencia a las Figuras 35A-D, según se describe más arriba, el sistema 5 de robot puede usar una combinación de cable de límite activo 6012 y barreras de resguardo pasivas 6010. El sistema de robot puede proveerse con conectores de empalme y/o terminador 5910 para mover, reencaminar, o reparar el límite activo 6012. Una redistribución típica se muestra en la Figura 35A, donde un usuario ha elegido no cortar un acceso 1008A pero, en su lugar, reencamina el límite activo 6012 mediante el uso de dos conectores de empalme 5910. Los conectores de empalme 5910 pueden empalmar en series o empalmar lado a lado un solo conductor o un conductor dual, y son, preferiblemente, conectores sin herramientas de presilla cerrada que incluyen una cuchilla que penetra el aislamiento y conecta los cables 6012. Los conectores de empalme 5910 pueden ser también terminadores, p.ej., que terminan la longitud de un conductor dual para convertirse en un bucle. Los conectores de empalme 5910 pueden usarse para conectar un cable 6012 provistos como longitudes discretas. Un conector de empalme 5910 a modo de ejemplo se muestra en la Figura 35B. Como se muestra en la Figura 35A, todo el perímetro activo 6012 puede ser una combinación de longitudes de cable y conectores de empalme 5910 (sin excluir otros dispositivos que pueden colocarse a lo largo del perímetro). En algunos casos, los conectores de empalme 5910 pueden proveerse con circuitos de prueba útiles para comprobar la posición de una interrupción en el límite (p.ej., si cada conector de empalme incluye un enchufe, los bucles de conductor pueden probarse conectando conectores de empalme adyacentes mediante el uso de una línea de prueba con un detector (p.ej., lámpara), o enchufando una lámpara de prueba en conectores de empalme subsiguientes).

Las Figuras 35A y 35C ilustran centrales eléctricas 5912 activadas por robot ubicadas a lo largo del perímetro activo 6012. Las centrales eléctricas 5912 activadas por robot pueden ser alimentadas por batería y/o energía solar, lo cual puede, en algunos casos, permitir que longitudes aisladas se usen o que se evite una extensión principal 5920 de una CA doméstica al límite 6012 de perímetro alimentado. Algunas estaciones eléctricas 5912 pueden incluir un emisor, receptor o antena, así como control. El robot 10, en el presente caso, se provee con un emisor 1510 que "excita" estaciones eléctricas 5912 cercanas. Por ejemplo, el robot 10 puede proveerse con un emisor RF o IR 1510 de rango limitado que solo activa ("despierta") una estación eléctrica 5912 cuando el robot 10 se encuentra en cierto rango. El rango de excitación puede ser más largo que la distancia entre dos a cuatro estaciones eléctricas 5912. Después de activar una central eléctrica 5912, puede contactar al robot 10 en el canal de receptor mediante el uso de su propio emisor o en otro canal para la comunicación (p.ej., línea de vista como, por ejemplo, luz visible omnidireccional o colimatada o IR) para asegurar que las centrales eléctricas de un vecino, por ejemplo, no se han activado. Las implementaciones que activan una porción limitada en cualquier parte a lo largo de todo un perímetro 6012 (p.ej., un sector o una subporción de todo el límite incluidas dos a cuatro centrales eléctricas) solo cuando el robot 10 se aproxima al perímetro 6012 permiten que el límite 6012 se alimente con batería y/o que se usen baterías más pequeñas. Las centrales eléctricas 5912 pueden ubicarse a lo largo de, y abarcar, perímetros 6012 de un solo conductor o conductor dual. En el caso de conductores duales, dos centrales eléctricas 5912 o una central eléctrica 5912 y un terminador pueden cerrar un circuito formado por los conductores duales.

La Figura 35 muestra un anclaje 5930. Un anclaje 5930 puede ser una baliza que incluye un emisor de no línea de vista principal de potencia de señal limitada y puede incluir un emisor direccional o de línea de vista secundario también. Cuando el robot 10 se desplace fuera del límite de potencia de la señal del anclaje 5930, puede desactivar o puede buscar el anclaje mediante el uso del emisor secundario. Un anclaje virtual puede proveerse mediante el uso de señales de navegación terrestre, p.ej., GPS. Un robot 10 provisto con un receptor de posicionamiento global (GPS) puede bloquearse en una posición aproximadamente dentro del centro del patio que se cuidará o cuyo césped se cortará. Sin embargo, el GPS comercial normalmente tiene una resolución insuficiente para proveer una ubicación útil dentro de la mayoría de los patios y no es confiable bajo un toldo u otras barreras naturales. El GPS puede proveer una resolución suficiente para determinar que el robot 10 ya no se encuentra cerca de un punto de anclaje 5930. Un controlador 452 en el robot 10 puede desactivar el robot 10 cuando está lo suficientemente lejos (p.ej., a 100 pies) de su punto de anclaje 5930; y puede también activar una bocina antirrobo, radiobaliza, bloqueo u otra contramedida cuando el robot 10 está muy lejos (p.ej., a más de 200 yardas) de su punto de anclaje 5930.

Las Figuras 36-38 ilustran un uso típico de barreras de resguardo tipo "punta" pasivas 600D. Como se muestra en la Figura 36, las puntas pasivas tipo límite de paso prohibido 6010C pueden disponerse para rodear una área que no se detectaría por detecciones de superficie dura, límite, choque u otras detecciones. Las puntas 600D se ubican de una mitad a dos anchos de trabajo del robot entre sí, según la configuración de la antena 1520 y emisor 1510 del robot 10. Las puntas 600D pueden usarse en conjunto con el límite tipo conector de empalme 5910 o el límite tipo central eléctrica 5912 de la Figura 35. Como se muestra en la Figura 37, cada punta 600D puede incluir un RFID o circuito de tanque dispuesto en un cabezal horizontal tipo chincheta. El cabezal 612 evita que la punta 600D se empuje demasiado lejos (más de 3-5 pulgadas (76-127 mm) para una punta de longitud correspondiente) hacia el suelo y que se entierre el circuito 620 a detectar. La orientación perpendicular del circuito 620 de cabezal de punta permite disponer la antena o circuito 620 en la mejor orientación (p.ej., paralela) para la excitación y/o detección por una antena 1510 en el robot 10. El cabezal 612 puede proveerse con ganchos u orificios 612A allí formados para usar una línea para comprobar la distancia entre puntas. De manera opcional, cada punta o algunas puntas pueden proveerse con una bandera 612B (p.ej., puntas "de esquina" con una frecuencia resonante o codificación diferente, y usarse en esquinas, pueden ser las únicas provistas con pequeñas banderas).

Las puntas 600D pueden ser más fáciles de instalar si se proveen con una herramienta de instalación 5950. La herramienta 5950 puede ser una "herramienta de pico" de aproximadamente 36 a 48 pulgadas (0,9-1,2 m) de altura (a saber, la altura aproximada o más baja de la cadera de un usuario típico) y puede proveerse con una manija 5952 en la parte superior y un estribo 5954 en la parte inferior. Durante el uso, una punta 600D puede ubicarse en la herramienta 5950 (ya sea de forma manual en una ranura o cargada desde la parte superior de la herramienta 5950 para caer dentro de un mecanismo de recepción en la parte inferior). Luego, la herramienta 5950 se dispone para insertar la punta 600D en la tierra. El estribo 5954 permite al usuario usar su peso para forzar la punta 600D hacia el suelo. Una línea de medición 5956 puede colgar desde la herramienta 5950, y la línea de medición 5956 puede engancharse o fijarse a una punta 5950 adyacente ubicada en último lugar para establecer una distancia de punta a punta. La herramienta 5950 puede también proveerse con un mecanismo de sujeción o apalancamiento para cerrar más fácilmente los conectores de empalme previamente mencionados. El eje que se extiende de la manija 5952 al estribo 5954 puede incluir un mecanismo telescópico, de plegado u otro mecanismo de compactación para permitir a la herramienta 5950 almacenar en un tamaño más pequeño. En el presente caso, el mecanismo de sujeción o apalancamiento puede disponerse para su uso con la herramienta 5950 en el tamaño más pequeño.

Se han descrito un número de implementaciones. Sin embargo, se comprenderá que varias modificaciones pueden llevarse a cabo sin apartarse del alcance de la descripción. Por ejemplo, el robot puede usarse sin una red. La red puede usarse sin un robot. Una plataforma de movilidad diferente puede proveerse para el robot. Ningún elemento o característica descrita es crucial o necesaria, de forma implícita, explícita o inherente, para el funcionamiento del robot o sistema para el cuidado del césped, salvo que así se describa explícitamente en la presente memoria. Aunque varias disposiciones de sensor se han descrito como unas que detectan césped a lo largo de una línea lateral sustancialmente perpendicular a la dirección de movimiento hacia adelante, la propia orientación del sensor puede ser de adelante hacia atrás o diagonal. Aunque se ha hecho referencia a robots cortacéspedes y/o robots podadores de arbustos, se comprende, sin embargo, que cualquiera de las características establecidas también se aplican a cualquier robot autónomo para el cuidado del césped. Por consiguiente, otras implementaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) que comprende:
un cuerpo (100);
un sistema de accionamiento (400) transportado por el cuerpo (100) y configurado para maniobrar el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) a lo largo del césped (20, 1020);
una cortadora de césped (200, 200A, 200B, 2000A, 2050, 2100, 2200) transportada por el cuerpo (100);
y
un detector de borde de franja (310A, 310B, 310C, 310D, 310E, 310F, 310G, 310H, 310I) transportado por el cuerpo (100) y configurado para detectar un borde de franja (26) entre el césped cortado (24) y el césped no cortado (22), mientras el sistema de accionamiento (400) maniobra el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) a lo largo del césped (20, 1020) mientras sigue un borde de franja detectado (26),
caracterizado por que el detector de borde de franja (310, 310A, 310B, 310C, 310D, 310E, 310F, 310G, 310H, 310I) incluye un calibrador (320, 320A, 320B) que monitoriza el césped no cortado (22) adyacente al borde de franja (26) para la calibración del detector de borde de franja (310, 310A, 310B, 310C, 310D, 310E, 310F, 310G, 310H, 310I).
2. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de la reivindicación 1, en donde el calibrador (320, 320A, 320B) comprende un segundo detector de borde de franja (310, 310A, 310B, 310C, 310D, 310E, 310F, 310G, 310H, 310I).
3. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el detector de borde de franja (310, 310A, 310B, 310C, 310D, 310E, 310F, 310G, 310H, 310I) comprende una matriz de sensores de longitud del césped (312, 322, 380, 390, 3900) que abarcan una distancia que comprende al menos una distancia de error de direccionamiento y una anchura de sensores de longitud del césped, donde una primera parte de la matriz (312, 322, 380, 390, 3900) se dispone para detectar el borde de franja (26) y una segunda parte de la matriz se dispone para monitorizar el césped no cortado (22).
4. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el detector de borde de franja (26) comprende una pluralidad de componentes de detección (3900), comprendiendo cada componente de detección (3900):
una carcasa de sensor (3910) que define una cavidad (3930) y una abertura de la cavidad (3932) configurada para permitir que el césped (22) entre mientras inhibe la luz solar directa (3990) en la cavidad (3930);
un emisor (3920) transportado por la carcasa (3910) en la cavidad (3930) y configurado para emitir una emisión (3922A) a lo largo de la abertura de la cavidad (3932); y
un receptor (3940) transportado por la carcasa (3910) y configurado para recibir una emisión reflejada de césped (3922B), donde el receptor (3940) está posicionado en la cavidad (3930) para evitar la exposición a la luz solar directa (3990).
5. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un detector de no césped (330, 330A, 330B, 330C, 330D, 330E) transportado por el cuerpo (100) y sensible a superficies de no césped, en donde el sistema de accionamiento (400) se configura para redirigir el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) en respuesta a que el detector (330, 330A, 330B, 330C, 330D, 330E) detecte una superficie de no césped.
6. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de la reivindicación 5, en donde el detector de no césped (330, 330E) comprende:
una carcasa de sensor (3310) que define un receptáculo del emisor (3313) y un receptáculo del receptor (3314);
un transmisor de audio (3311) transportado en el receptáculo del emisor (3313) y que transmite una emisión de audio;
un receptor (3312) transportado en el receptáculo del receptor (3314) y configurado para recibir una emisión de audio reflejada desde la superficie (3340); y

un controlador (3350) que monitoriza una emisión de audio reflejada recibida y compara una energía recibida máxima con una energía umbral para detectar una superficie de no césped;

en donde el transmisor de audio (3311) transmite múltiples emisiones de audio comenzando a una frecuencia principal y aumentando sucesivamente la longitud de onda de cada emisión por la mitad de la frecuencia principal.

- 5 7. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de la reivindicación 6, que comprende además un sistema de montaje antivibración (3370) que fija el receptor (3312) en el receptáculo del receptor (3314), comprendiendo el sistema de montaje antivibración (3370) un primer soporte elástico (3372) que mantiene el receptor en un tubo (3374) por debajo de un absorbedor de ruido (3378), donde el tubo (3374) se fija en el receptáculo del receptor (3314) con un segundo soporte elástico (3376) que tiene una dureza menor que el primer soporte elástico (3372).
- 10 8. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una podadora lateral (220) transportada en una periferia del cuerpo (100) y configurada para cortar el césped (20, 1020) adyacente al cuerpo (100).
- 15 9. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un erector de césped (510, 520) transportado por el cuerpo (100) y configurado para levantar el césped (20, 1020).
10. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de la reivindicación 9, en donde el erector de césped (510, 520) comprende una rueda motriz (510A) que tiene un eje de rotación paralelo al césped (20, 1020) y una pluralidad de agitadores de césped flexibles (510B) que se extienden radialmente hacia fuera desde la rueda (510A).
- 20 11. El cortacésped robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un detector de estasis (442) transportado por el cuerpo (100).
12. Un método para cortar el césped con un robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19), comprendiendo el método:
detectar un borde de franja (26) con un detector de borde de franja (310, 310A, 310B, 310C, 310D, 310E, 310F, 310G, 310H, 310I) transportado por el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) a medida que el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) maniobra por sí mismo a lo largo del césped (20, 1020);
25 comparar automáticamente un borde de franja detectado (26) con el césped no cortado (22) monitorizado por un calibrador (320, 320A, 320B) transportado por el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19);
seguir el borde de franja detectado (26);
30 levantar las briznas de césped (20, 22, 24, 1020) del césped (20, 1020) con un erector de césped (510, 520) del robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19);
cortar el césped (20, 1020) con una cortadora (200, 200A, 200B, 2000A, 2050, 2100, 2200) del robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19).
- 35 13. El método de la reivindicación 12, que comprende además orientar las briznas de césped (20, 22, 24, 1020) del césped (5200) con un orientador de césped (510, 520, 440) transportado por el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19).
14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-13, que comprende además la exploración continua de una ausencia de césped (20, 1020) con un detector de no césped (330, 330A, 330B, 330C, 330D, 330E) transportado por el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19), y redirigir automáticamente el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) en respuesta a la detección de una ausencia de césped (20, 1020).
- 40 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-14, que comprende además la exploración de un contestador de límite (600, 600A, 600B, 600C, 600D, 600E, 600F, 600G, 600H, 600I, 6010A, 6010B, 6010C, 6012) con un sistema de detección de límite (1500, 1520) transportado por el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19), y redirigir automáticamente el robot (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19) en respuesta a la detección de un contestador de límite (600, 600A, 600B, 600C, 600D, 600E, 600F, 600G, 600H, 600I, 6010A, 6010B, 6010C, 6012).

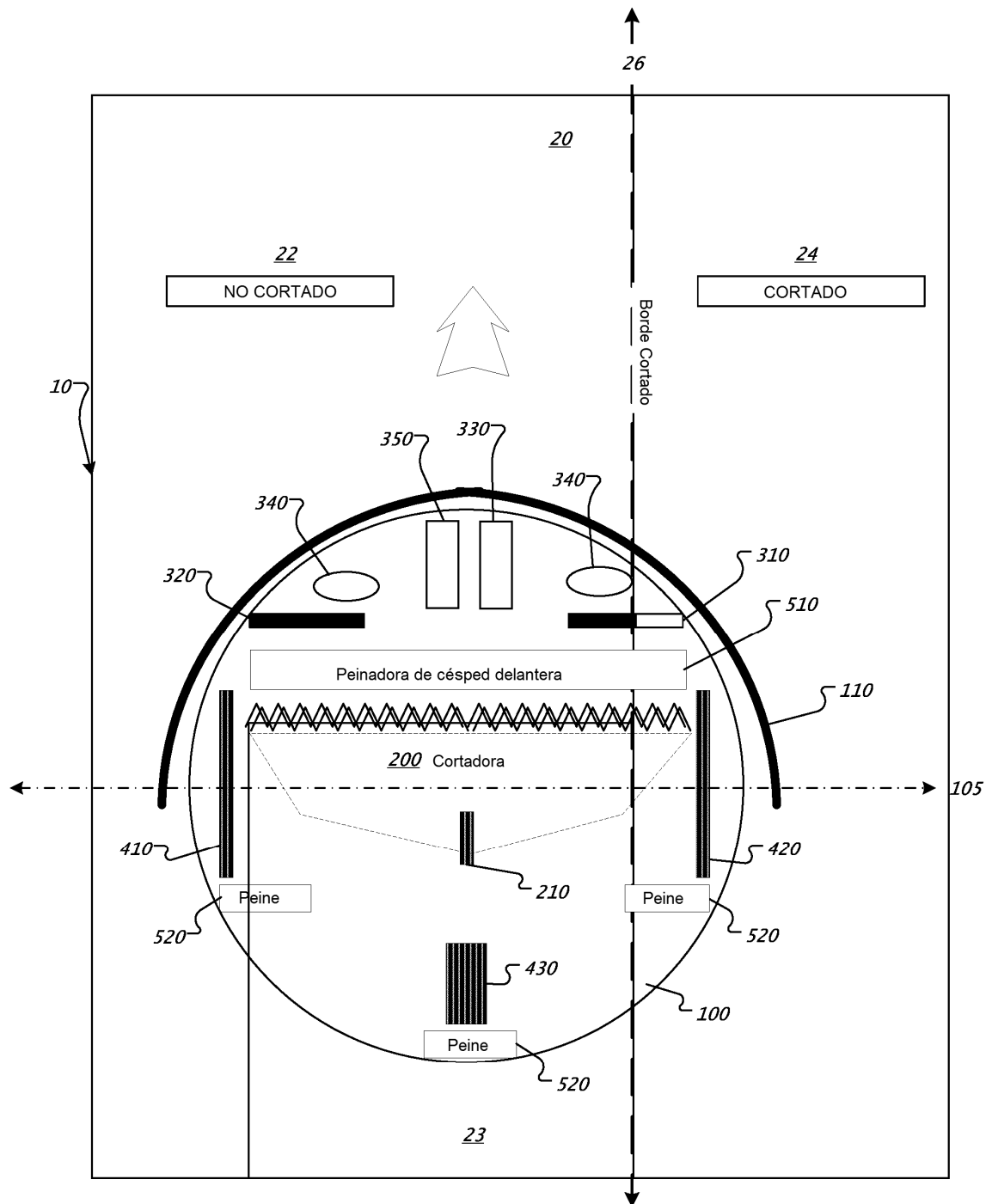


FIG. 1A

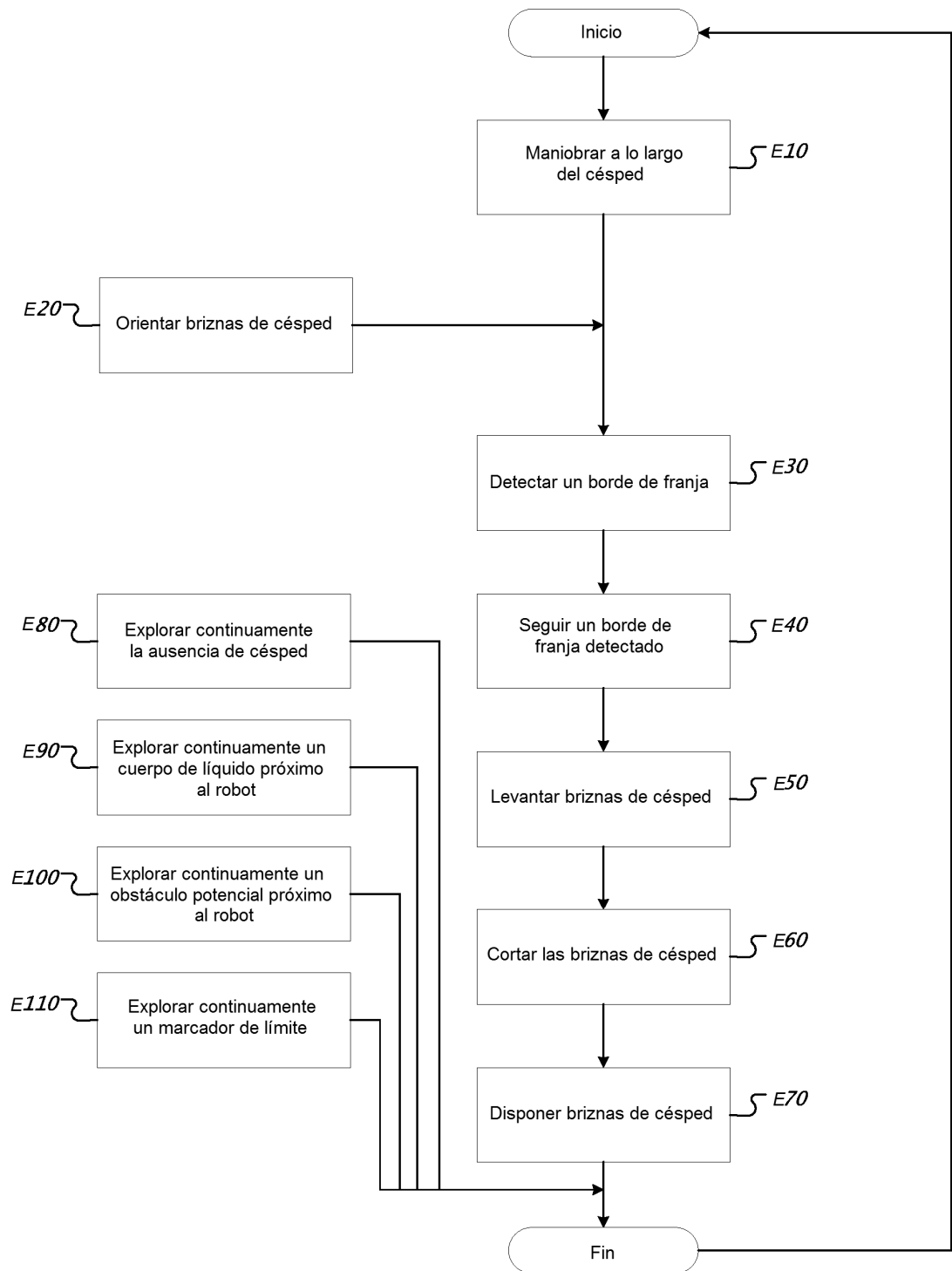
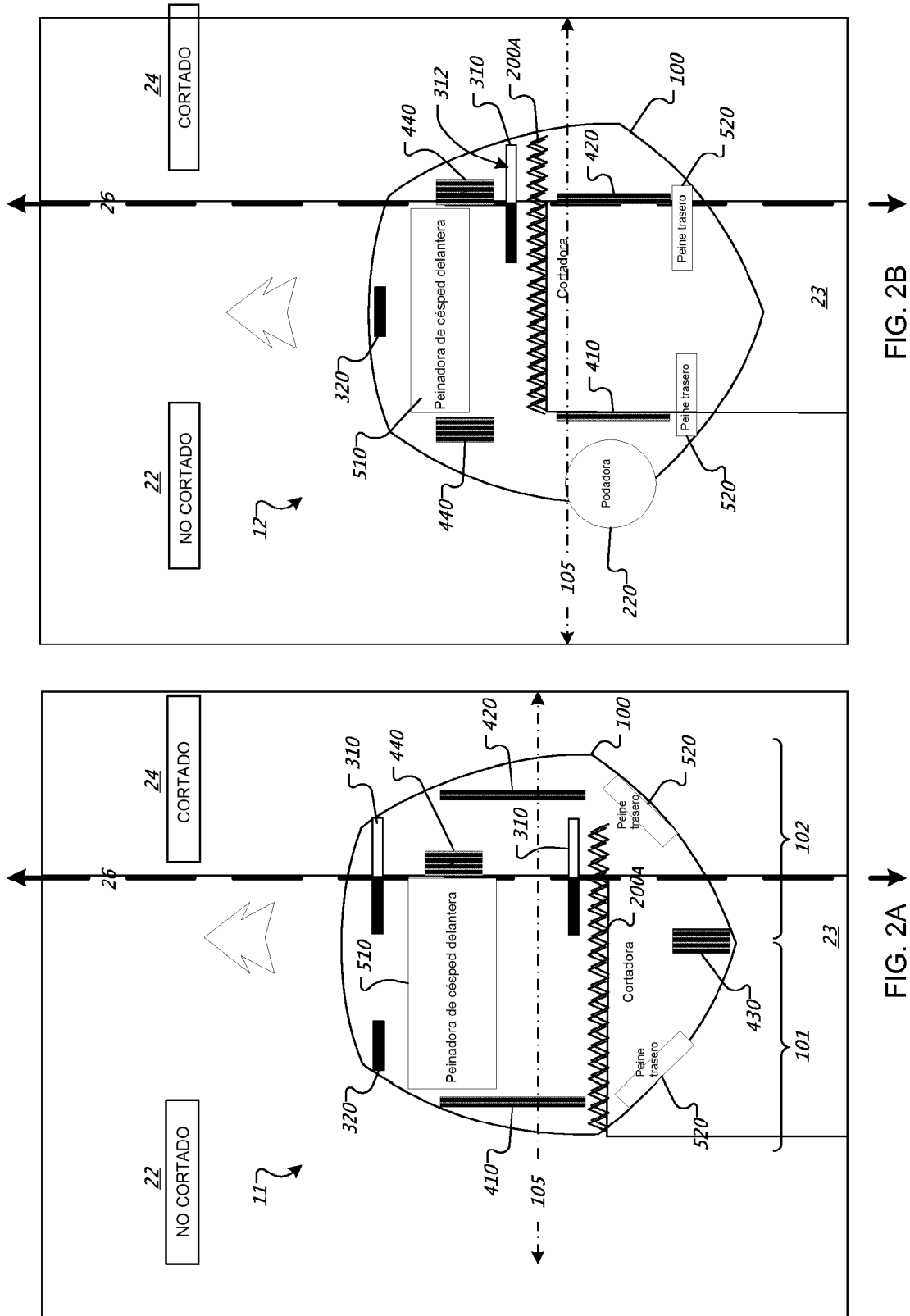


FIG. 1B



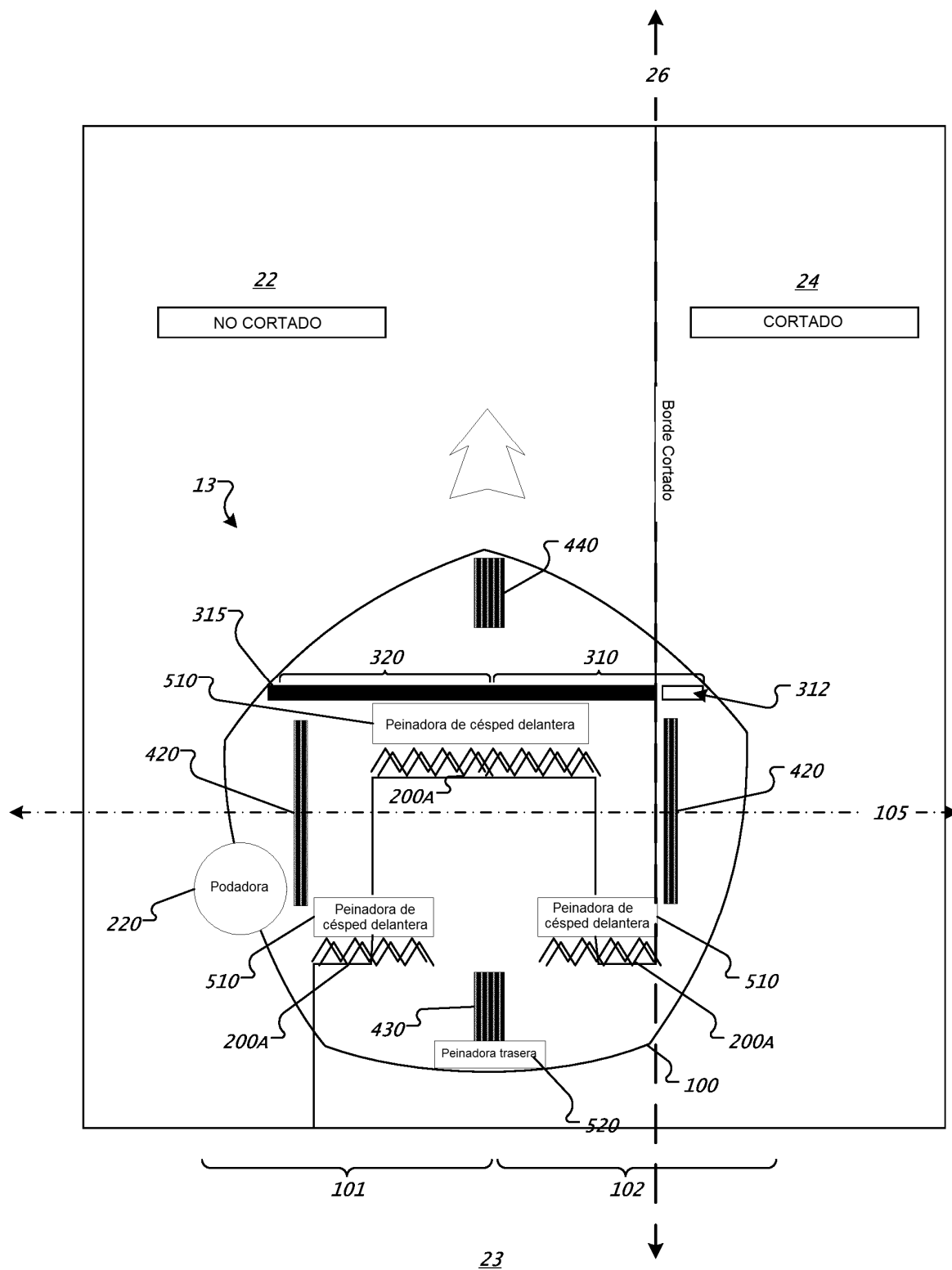


FIG. 2C

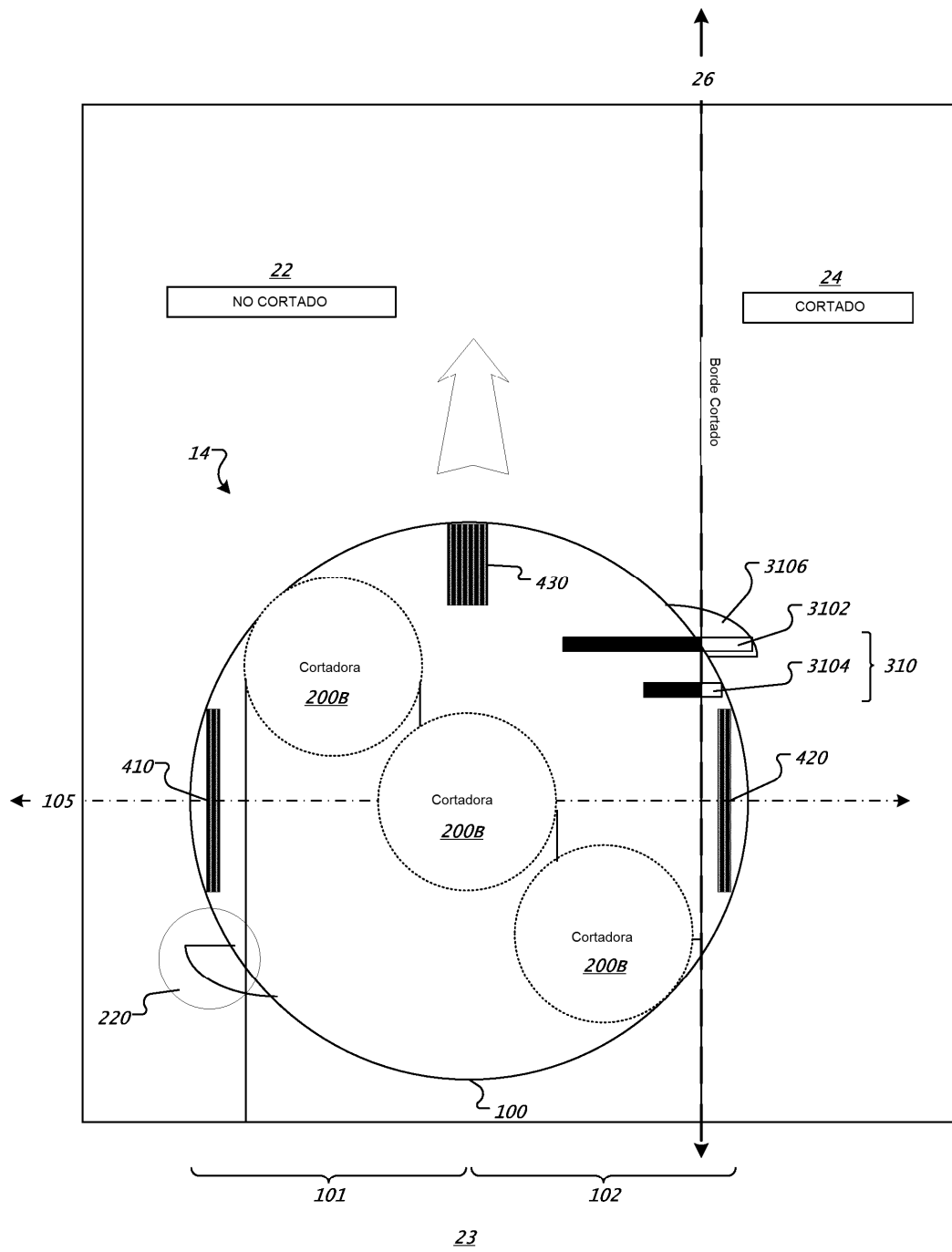


FIG. 3A

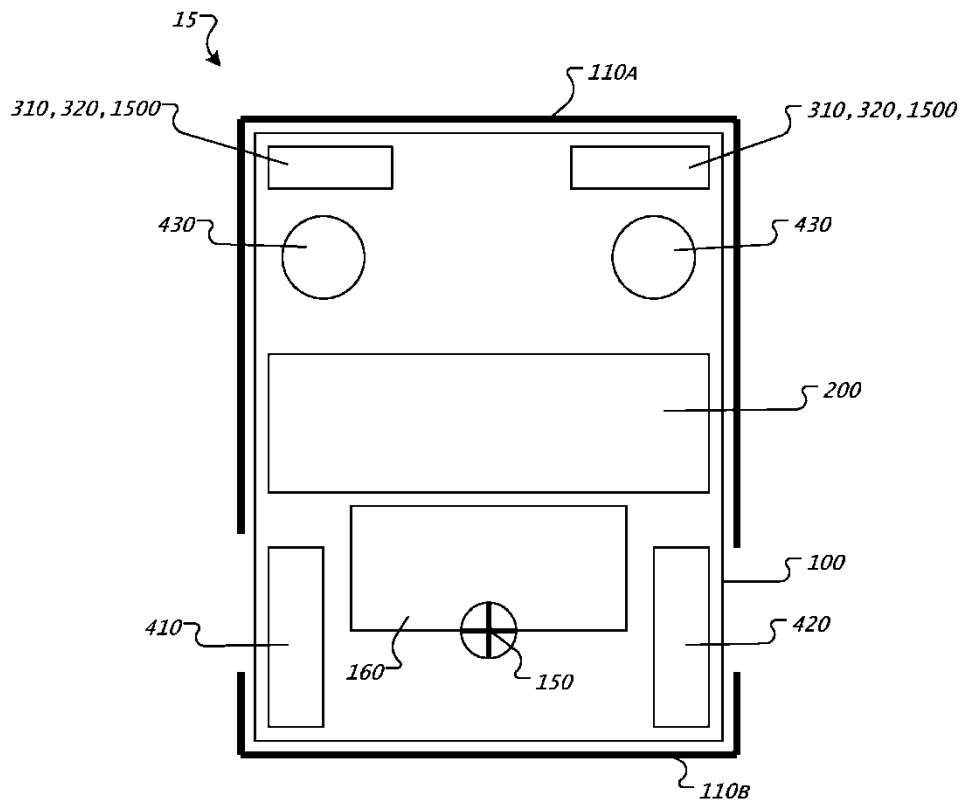


FIG. 3B

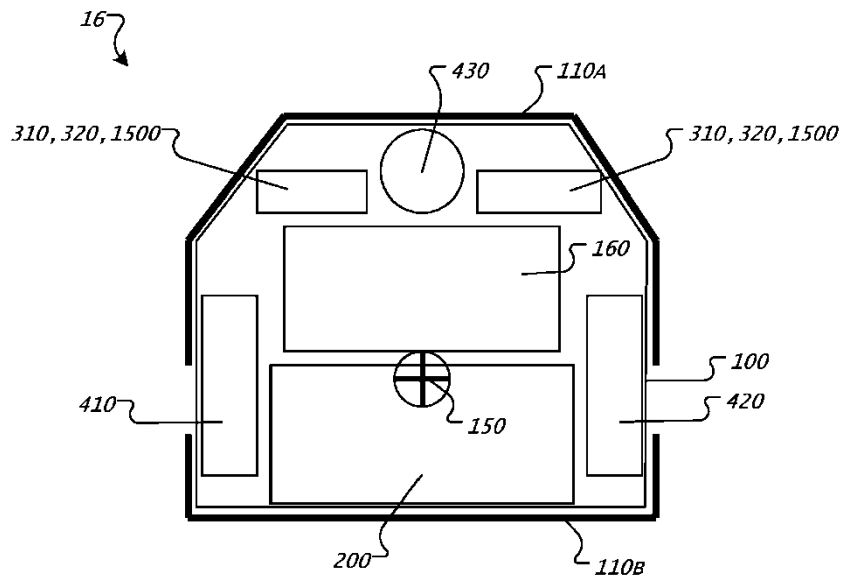


FIG. 3C

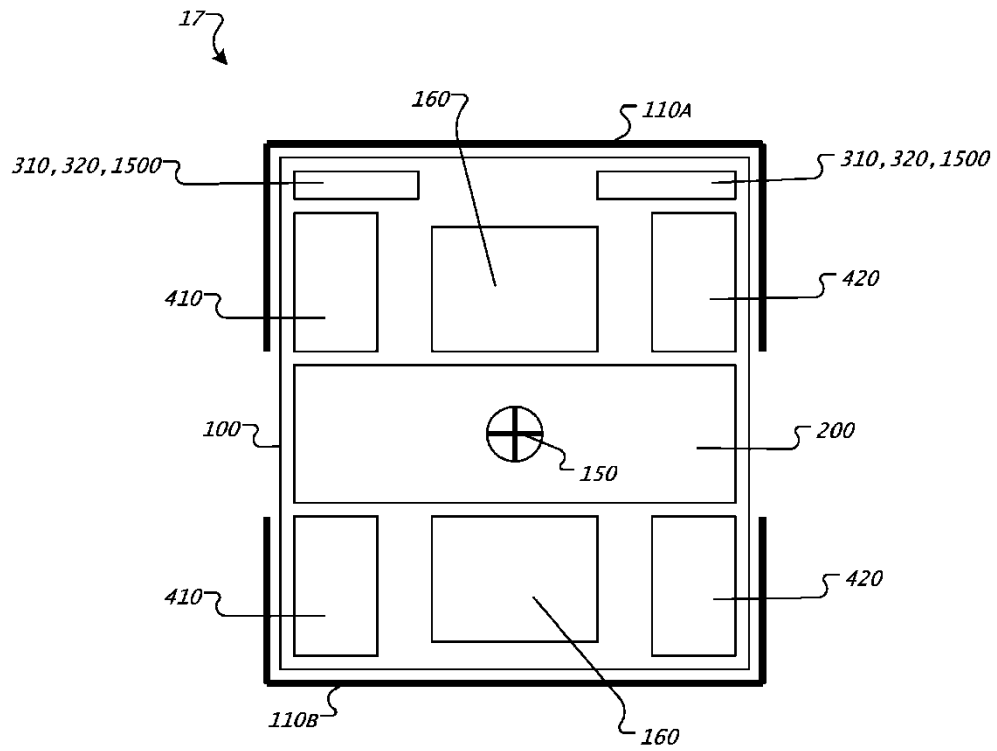


FIG. 3D

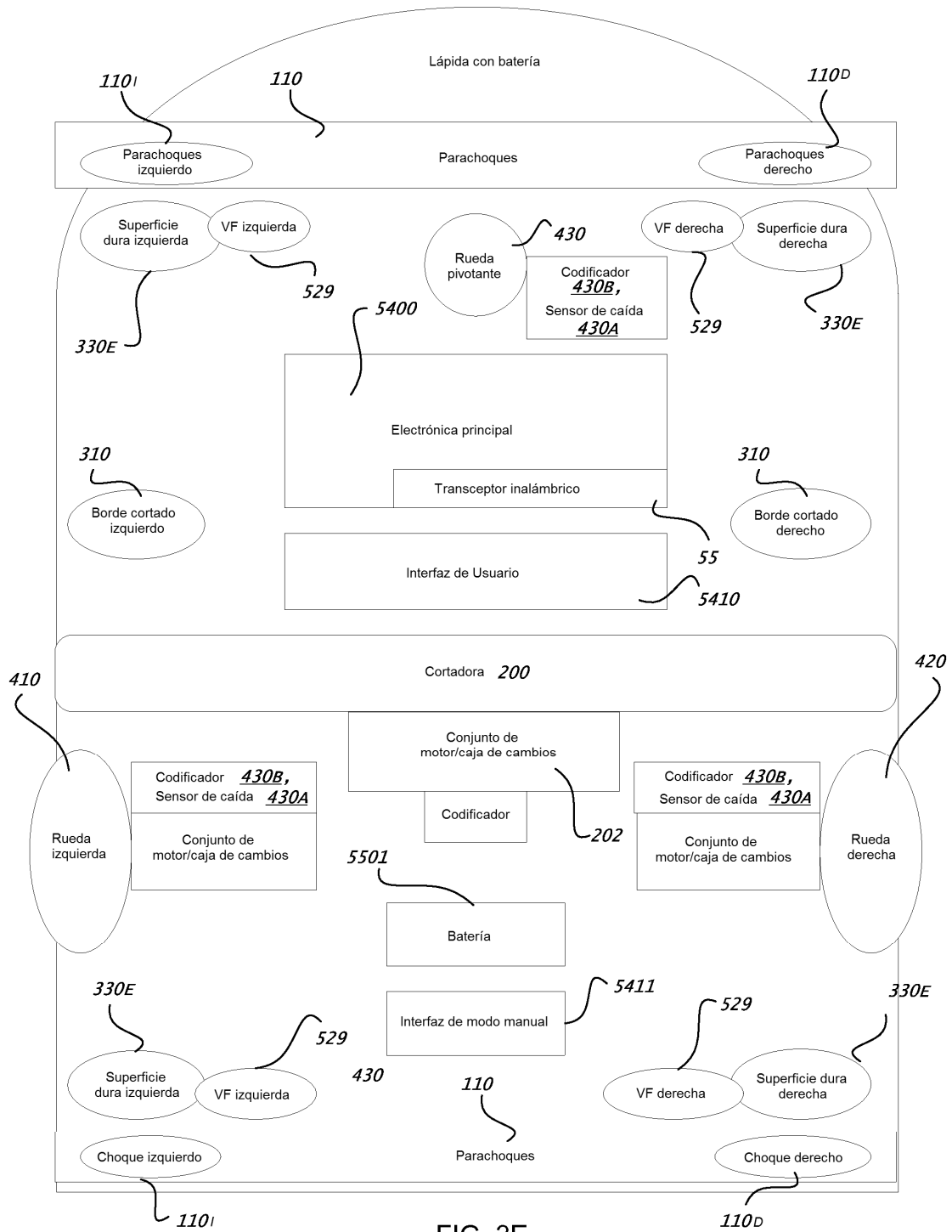


FIG. 3E

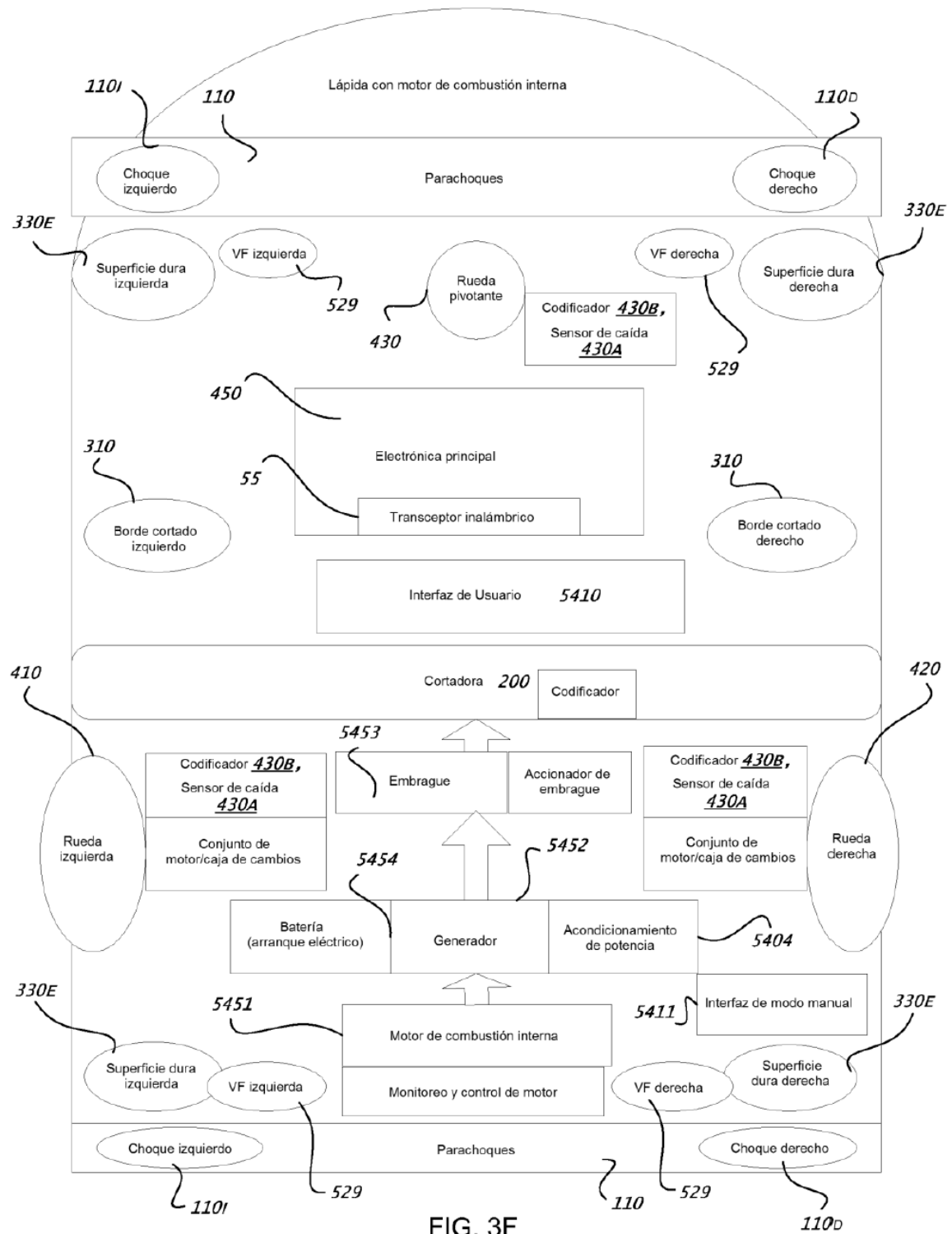


FIG. 3F

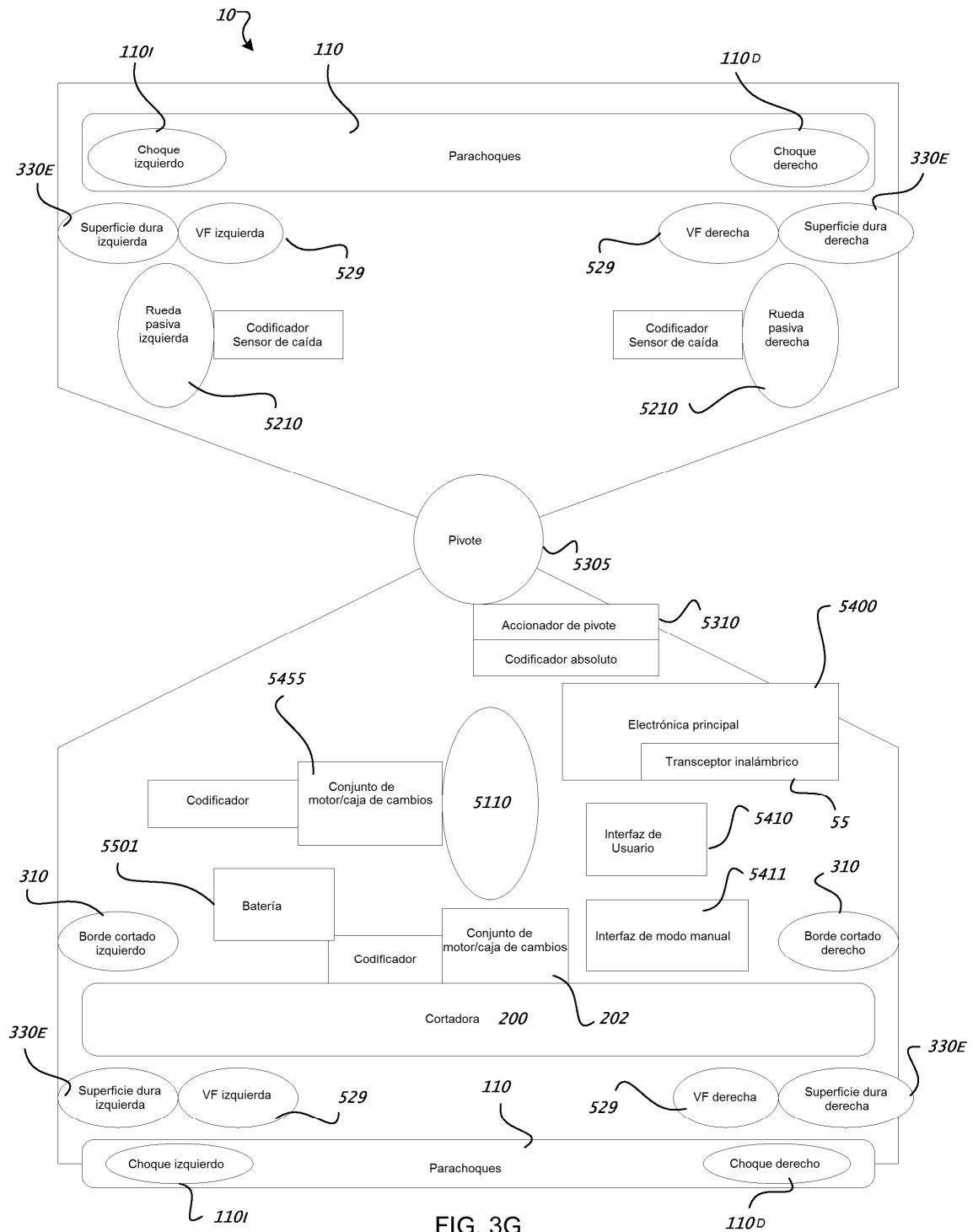


FIG. 3G

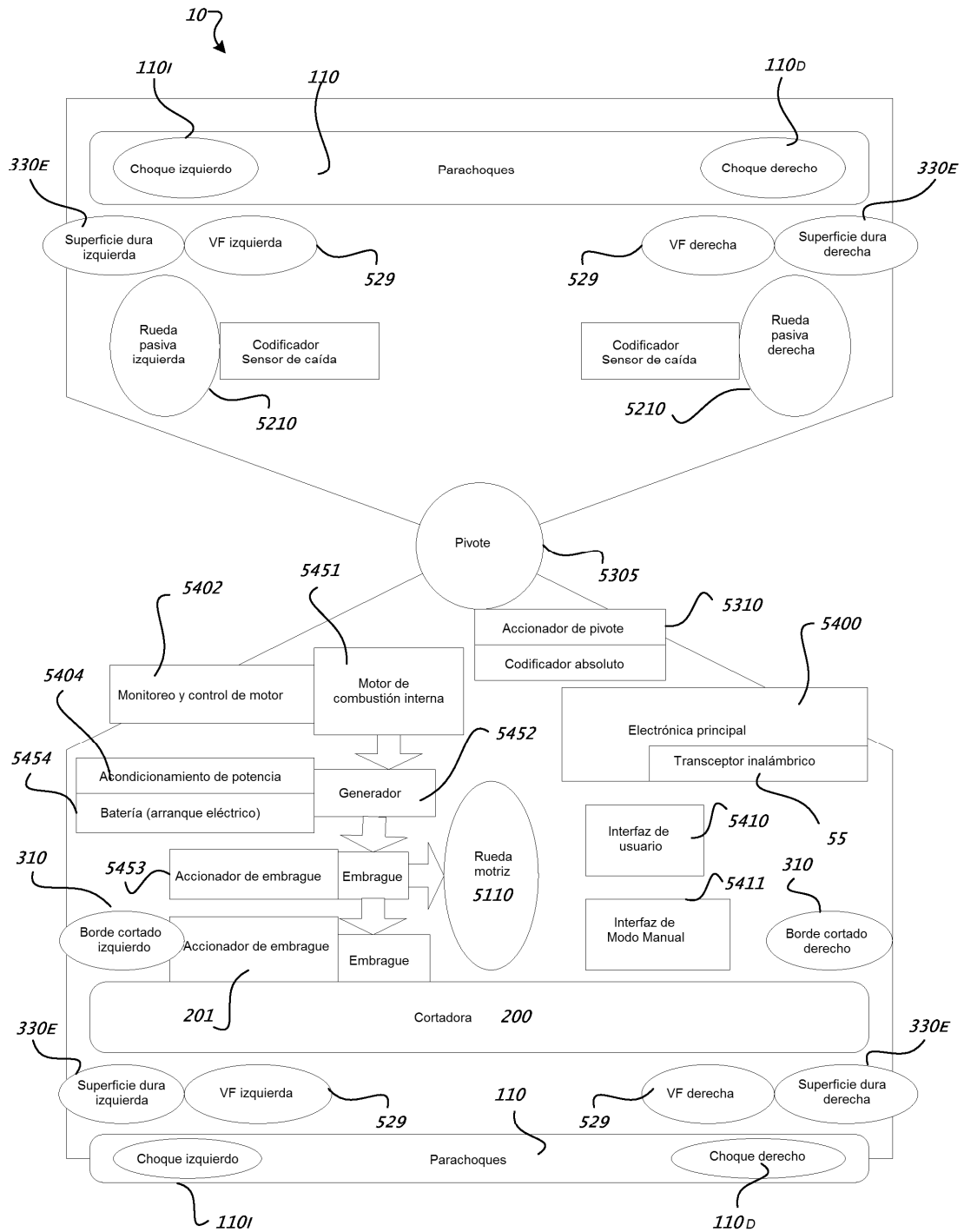


FIG. 3H

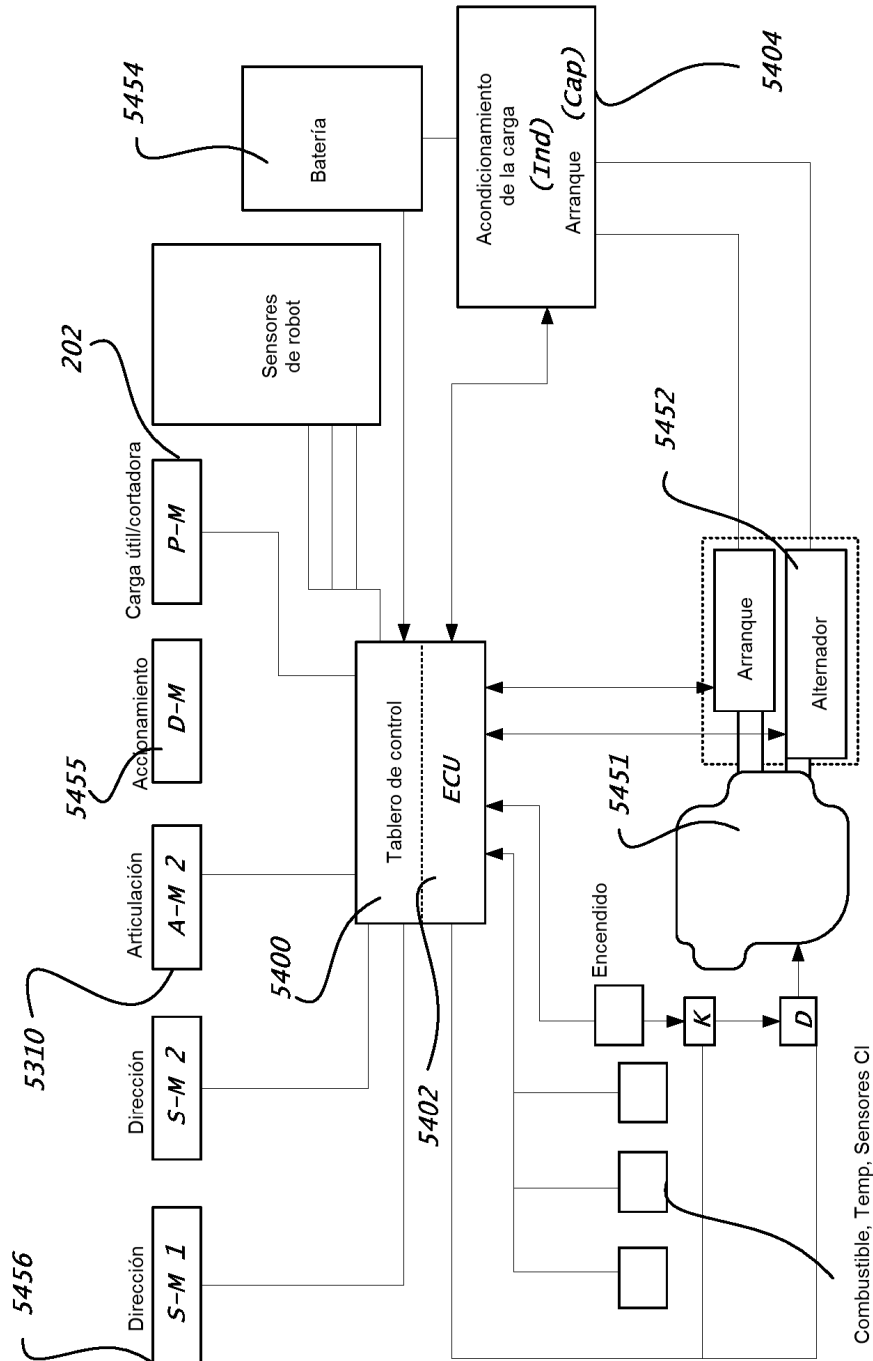


FIG. 3I

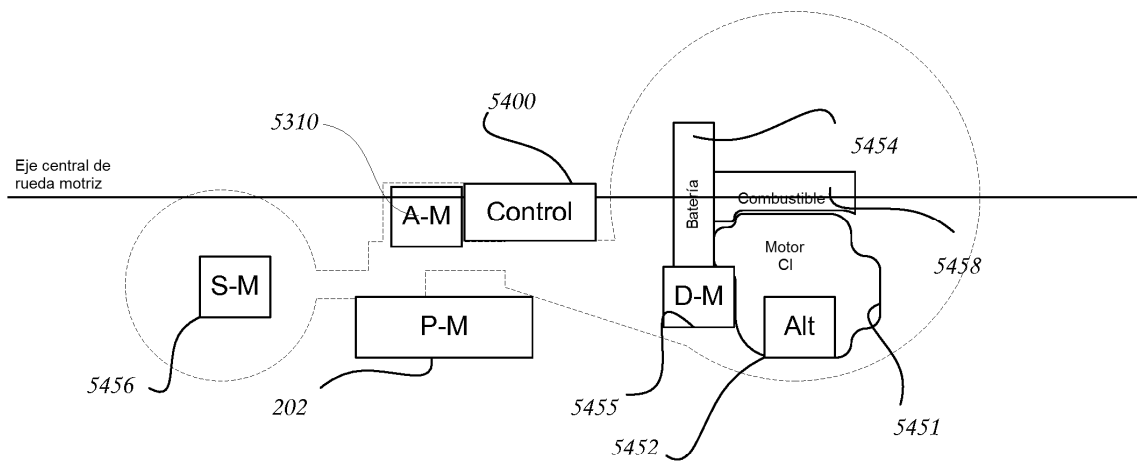


FIG. 3J

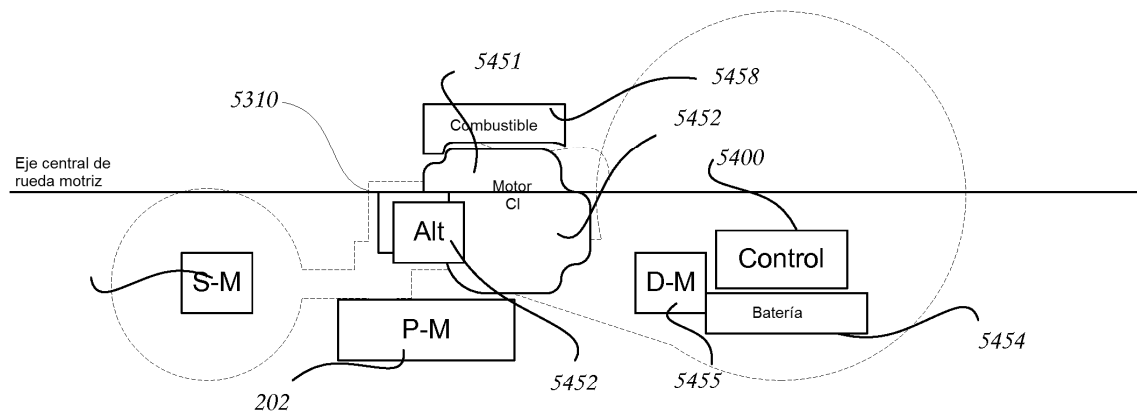
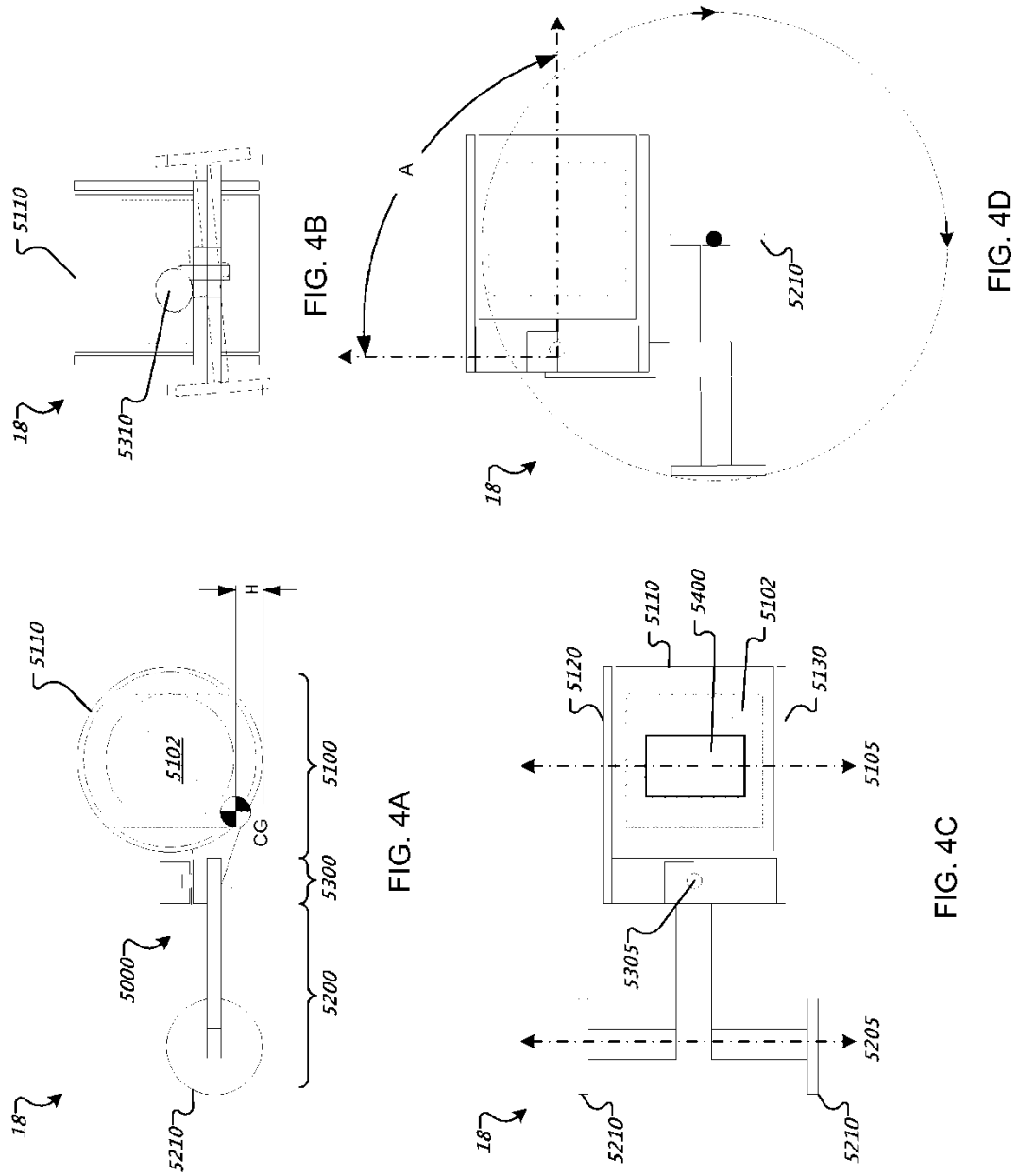


FIG. 3K



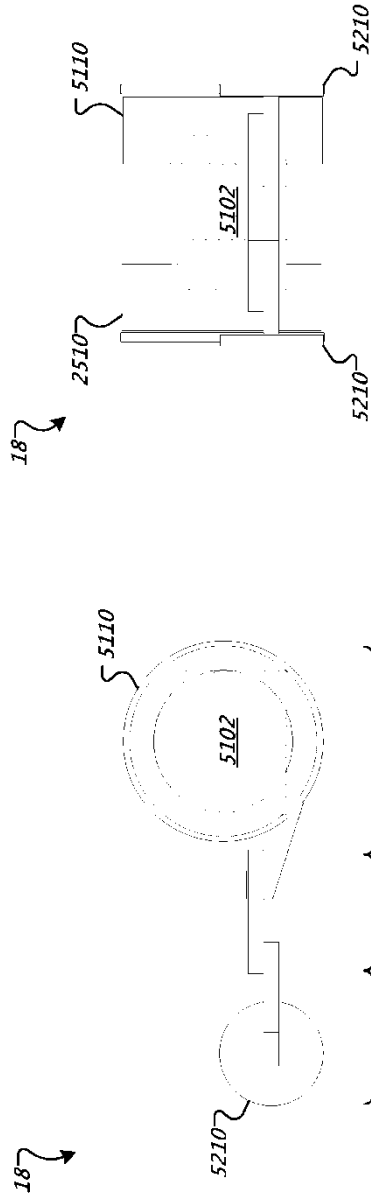


FIG. 4E

FIG. 4F

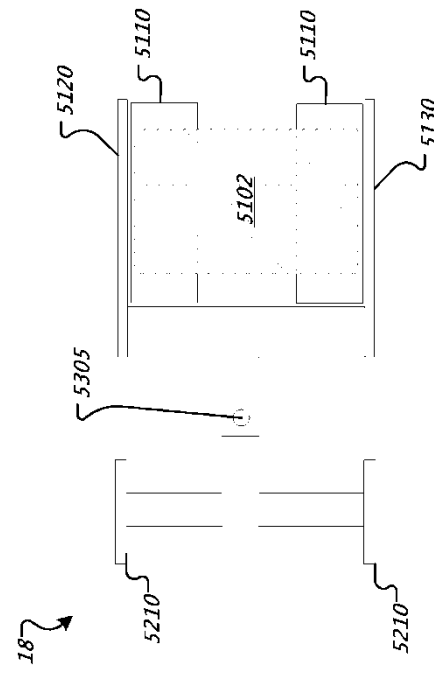


FIG. 4G

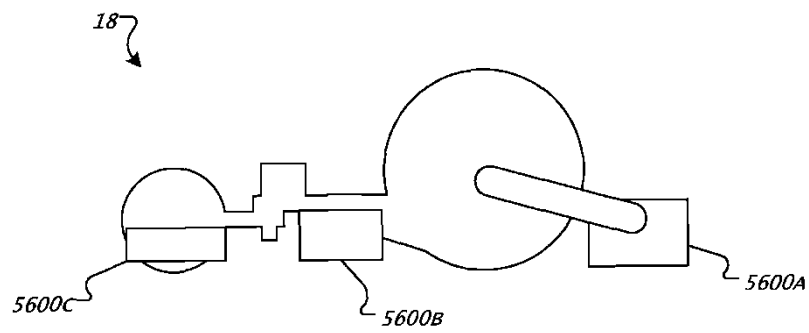


FIG. 4H



FIG. 4I

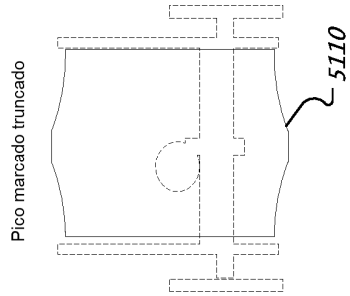


FIG. 4L

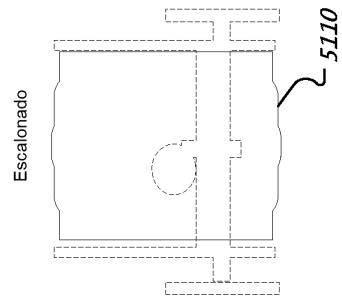


FIG. 4K

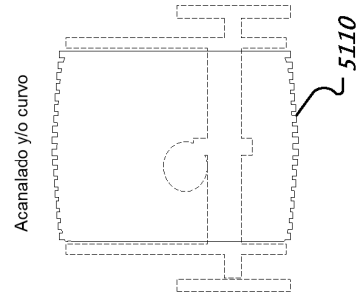


FIG. 4N

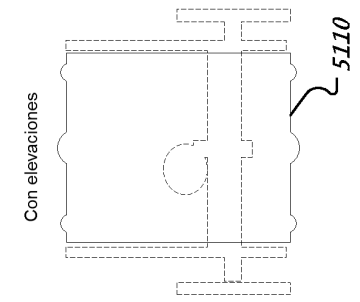


FIG. 4M

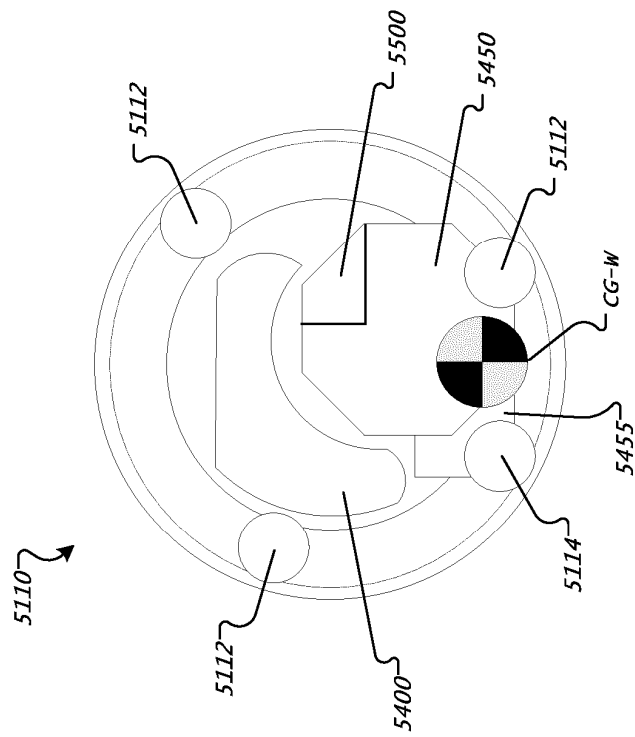


FIG. 4J

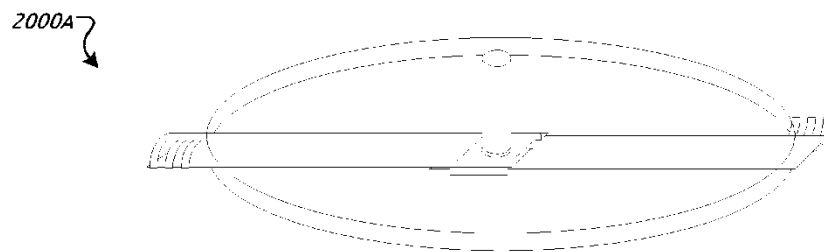


FIG. 5A

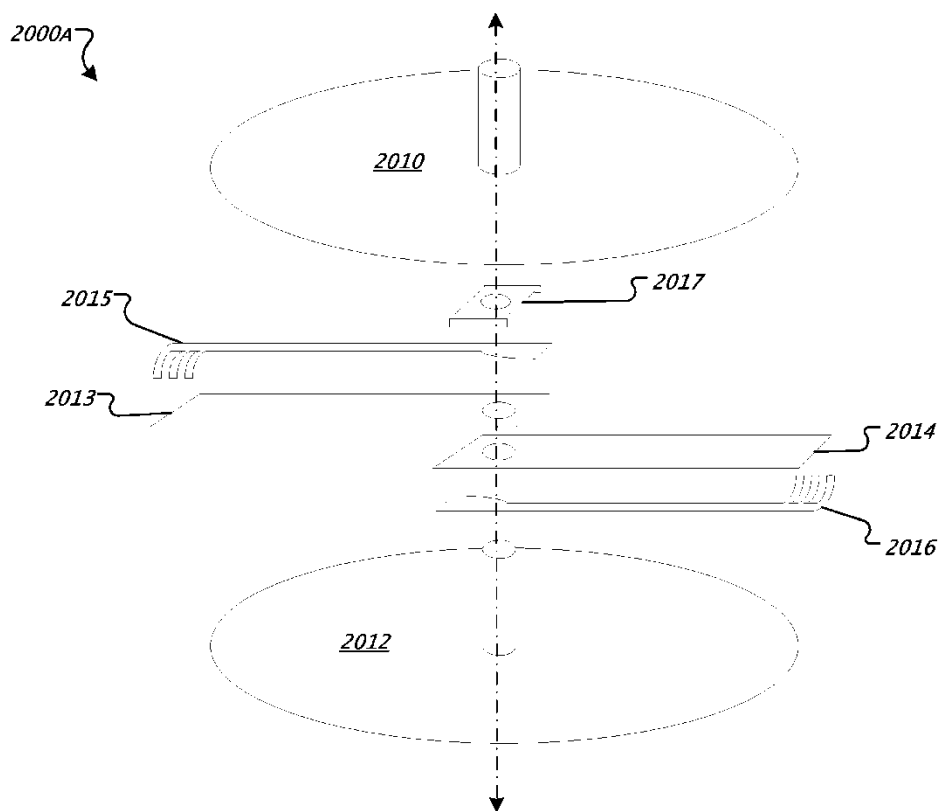


FIG. 5B

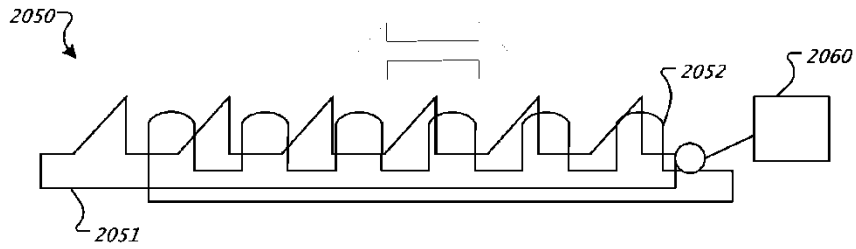


FIG. 5C

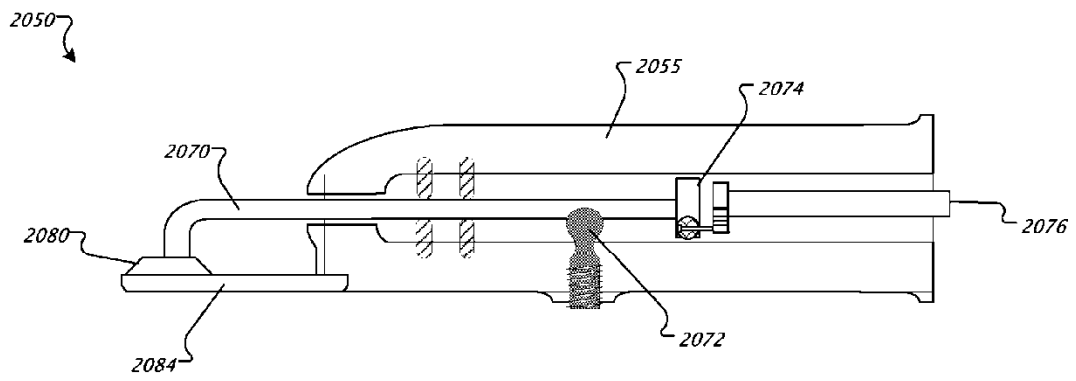


FIG. 5D

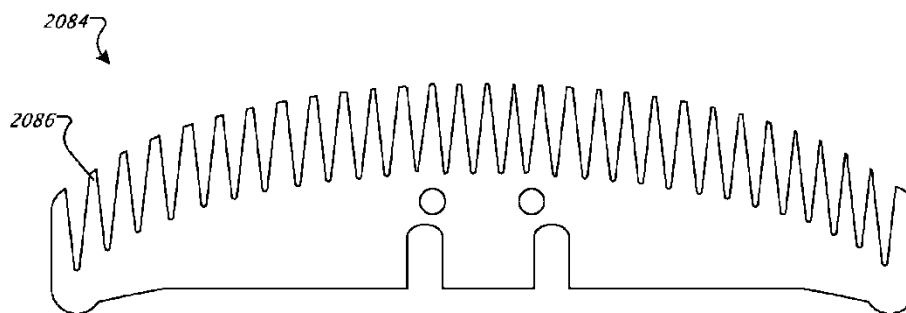


FIG. 5E

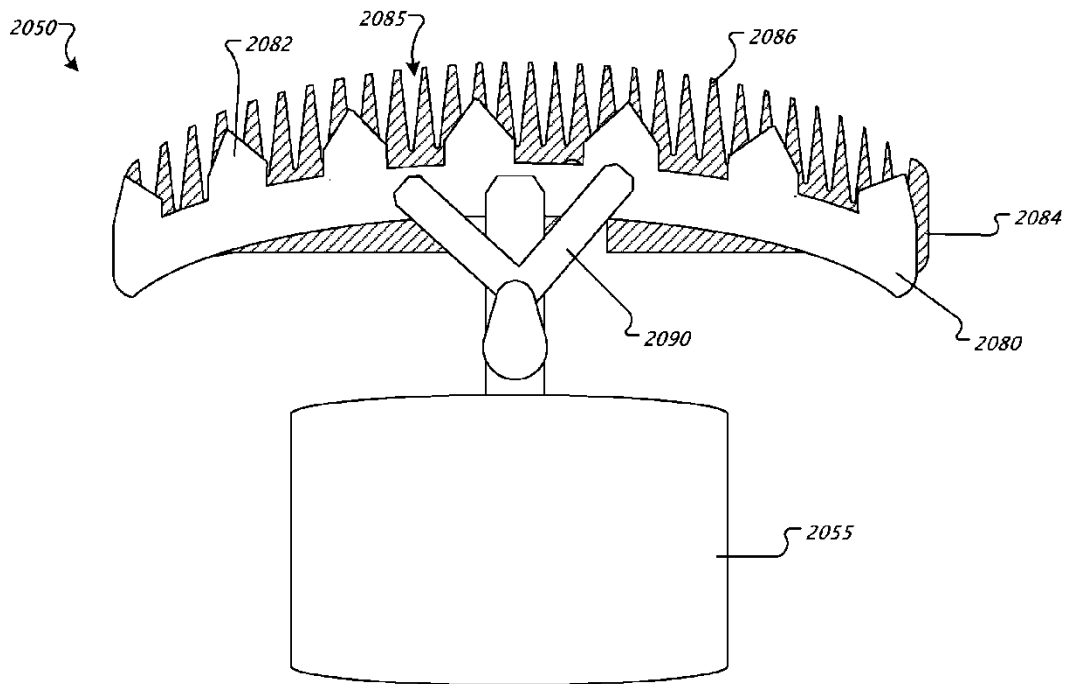


FIG. 5F

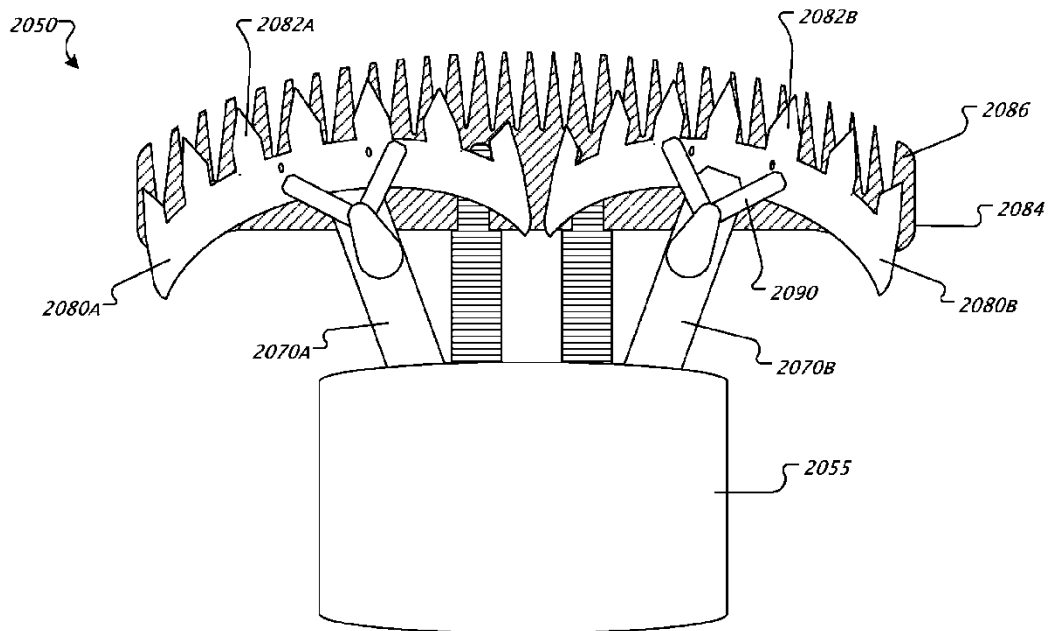


FIG. 5G

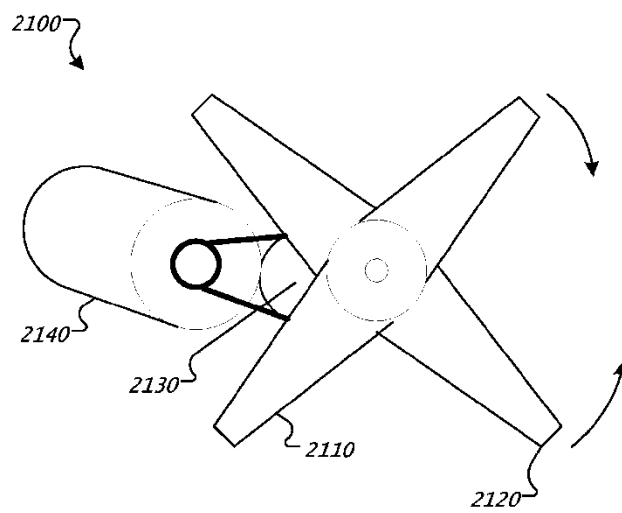


FIG. 5H

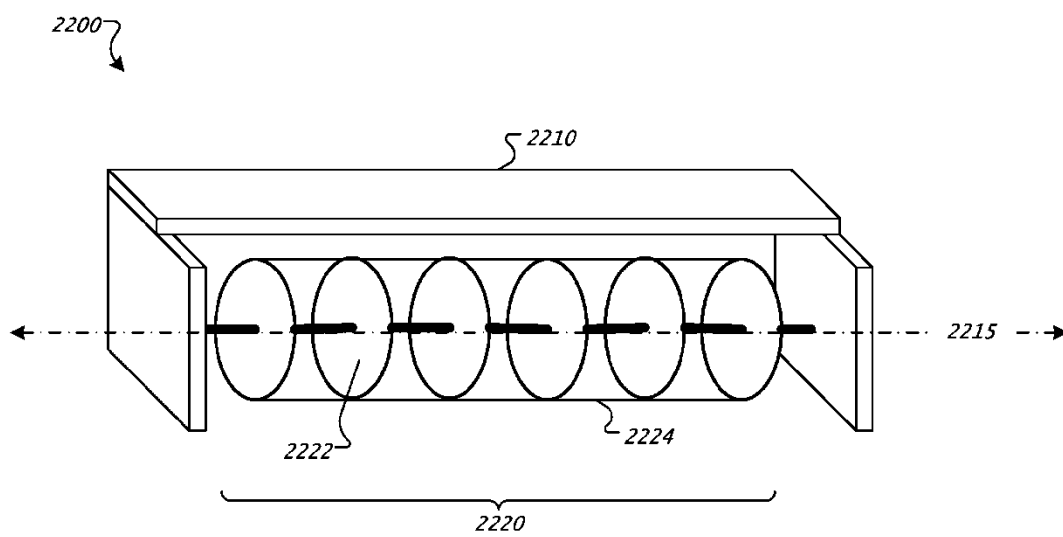


FIG. 5I

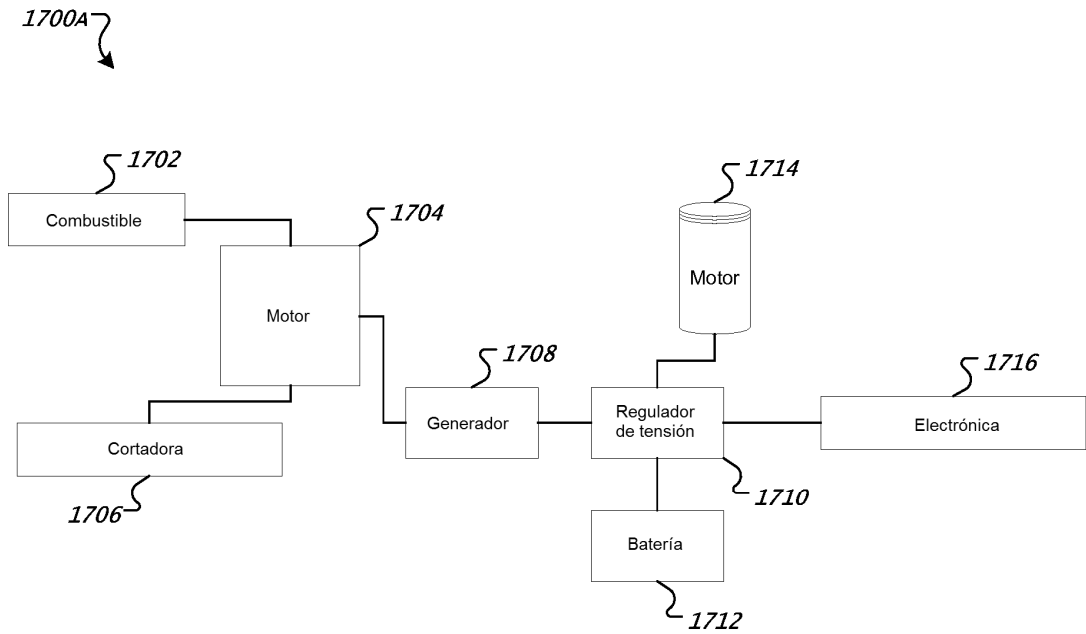


FIG. 6A

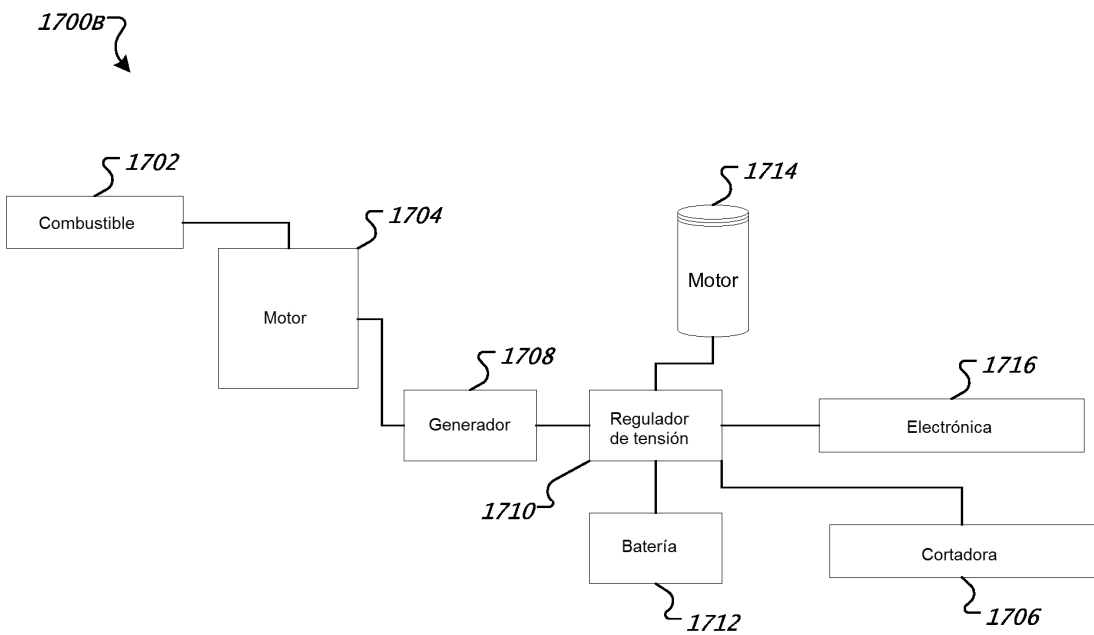


FIG. 6B

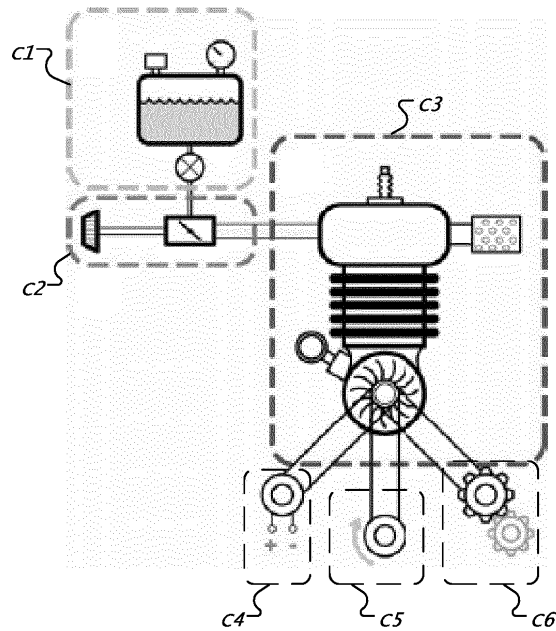


FIG. 6C

	C1 Combustible	C2 Entrada	C3 Motor	C4 Salida eléctrica	C5 Arranque	C6 Salida mecánica	
Sistema esperado	- Tanque - Válvula con alivio - Filtro de tanque - Línea de combustible - Válvula de combustible	- Filtro de aire - Tubos/colector de entrada - Carburador - Regulador - Bobina de choque	- Cabeza del cilindro - Cilindro - Silenciador de escape - Cárter - Eje de salida - Bujía - Bobina de control de encendido - Magneto de control de encendido - Sistema de refrigeración - Sistema de aceite	- Alternador / Generador - Cables - CPU	- Motor eléctrico - Relés de arranque - Cables de alto amperaje - Batería - Control de sistema de arranque - Circuito de carga de batería - Voltímetro para batería	- Eje de salida - Cojinetes de soporte - Acoplador	Requerido
	Sensor de nivel de combustible	- Control de regulador activo - Detección de filtro de aire - Control de choque activo	- Sensor de velocidad de manivela - Sensor de nivel de aceite	- Rectificadores - Sensor de tensión - Batería		- Embrague - Sensor de velocidad	
	- Bomba de combustible - Presurización de combustible - Emisor de presión de combustible	- Inyección de combustible - Sensores de presión - Sensores de temp - Sensor de posición del regulador	- Control de encendido activo - Sensor de posición de manivela - Sensores de temp	Regulador de tensión	- Embrague unidireccional - Cuerda de arranque manual - Manija - Sistema de accionamiento de desplazamiento	- Transmisión - Reductor de velocidad - Accionador de embrague - Inversor de dirección - Sensor de carga	Opcional

FIG. 6D

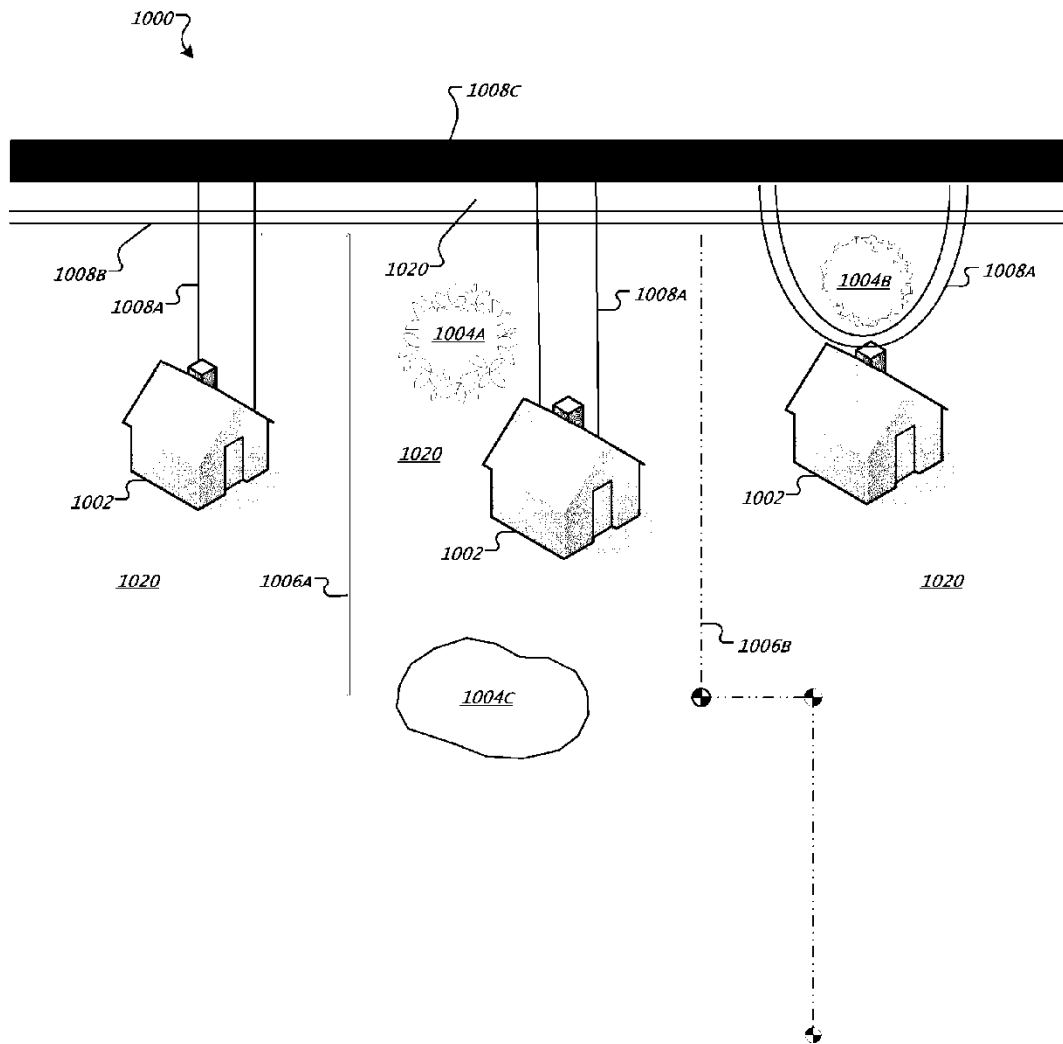


FIG. 6E

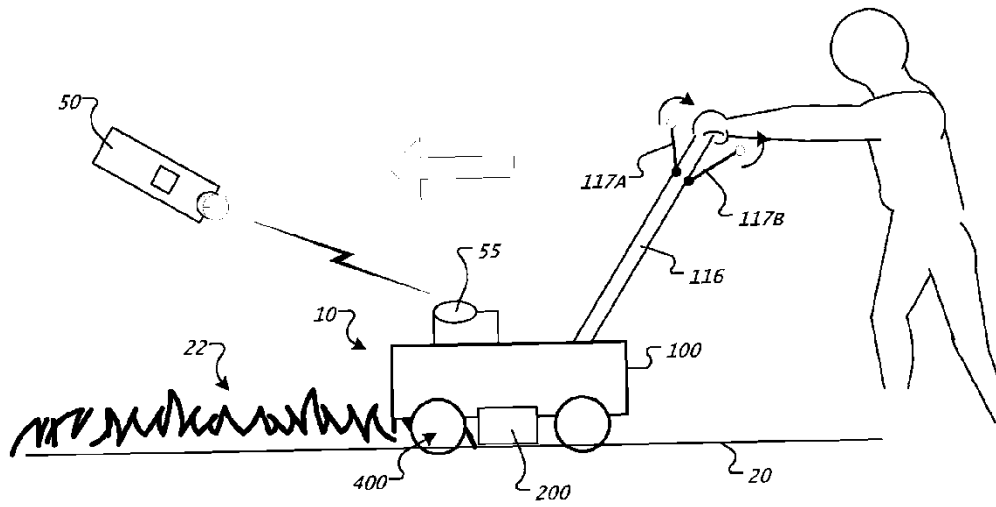


FIG. 7A

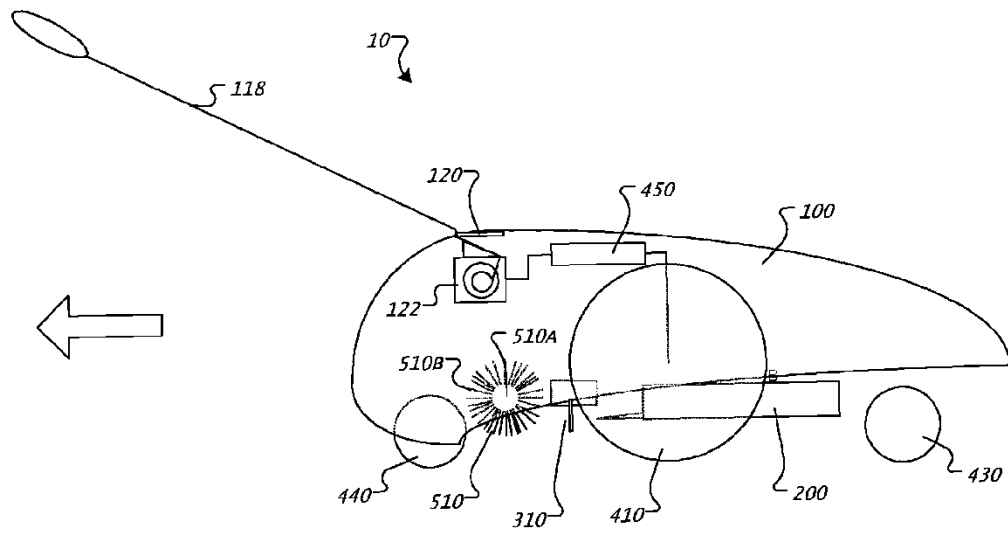
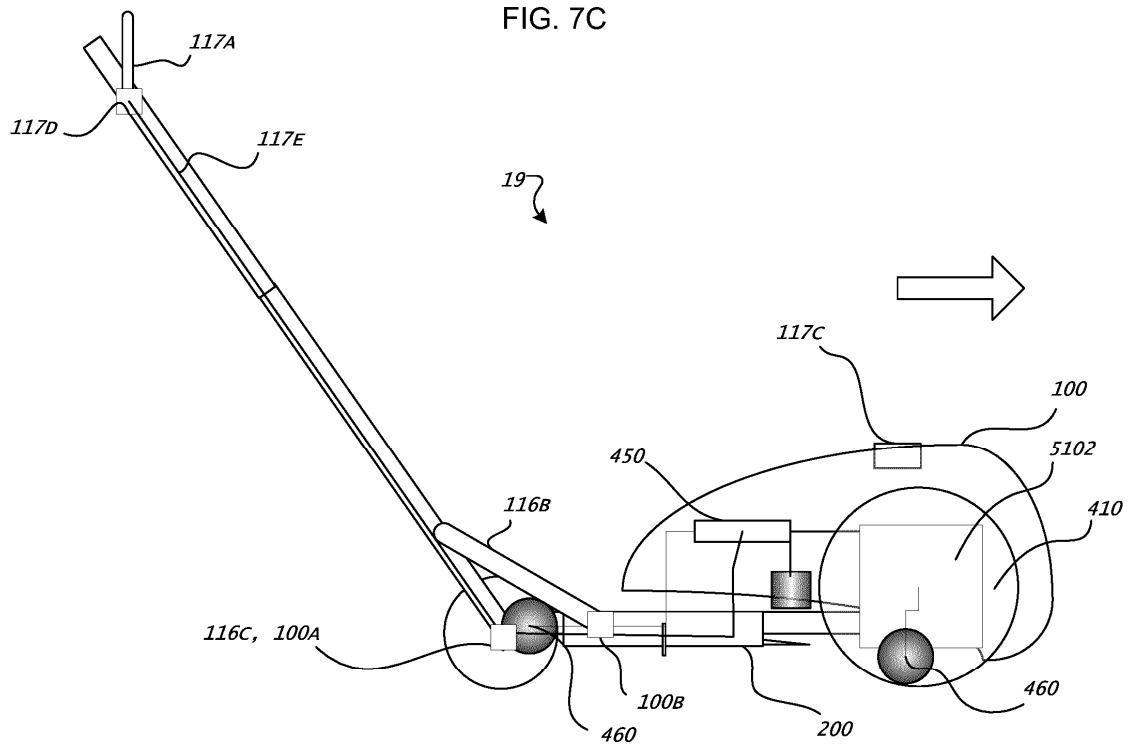
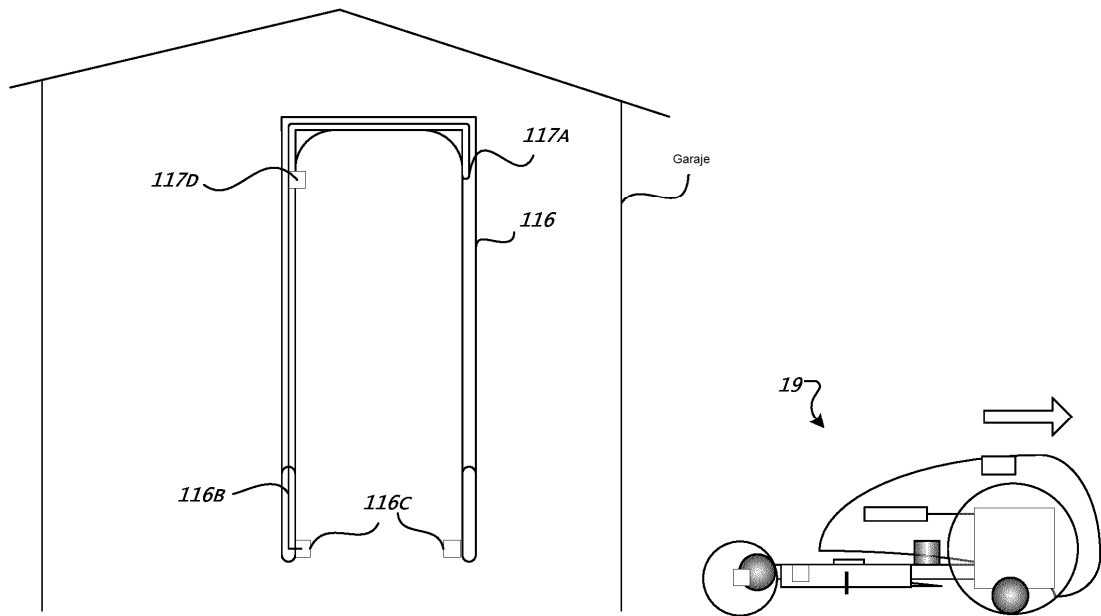


FIG. 7B



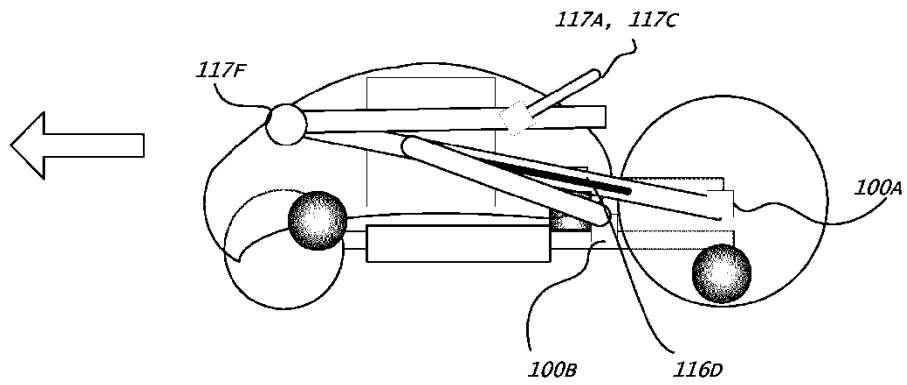


FIG. 7E

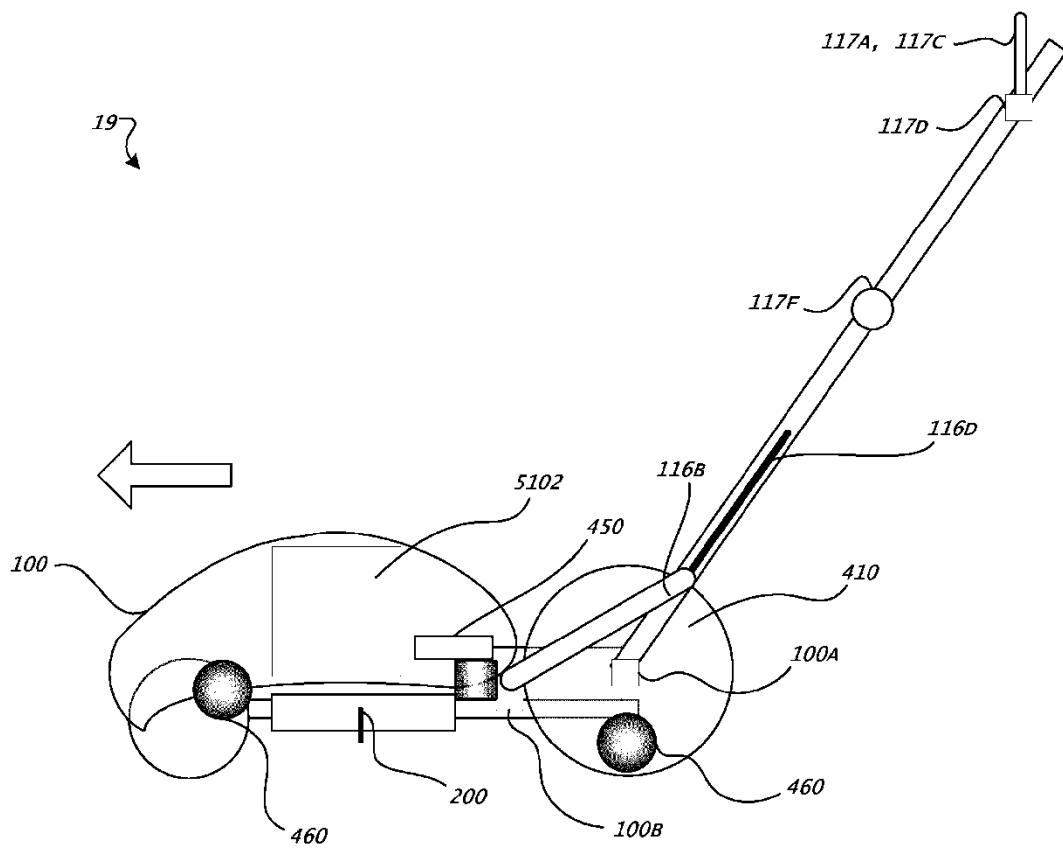


FIG. 7F

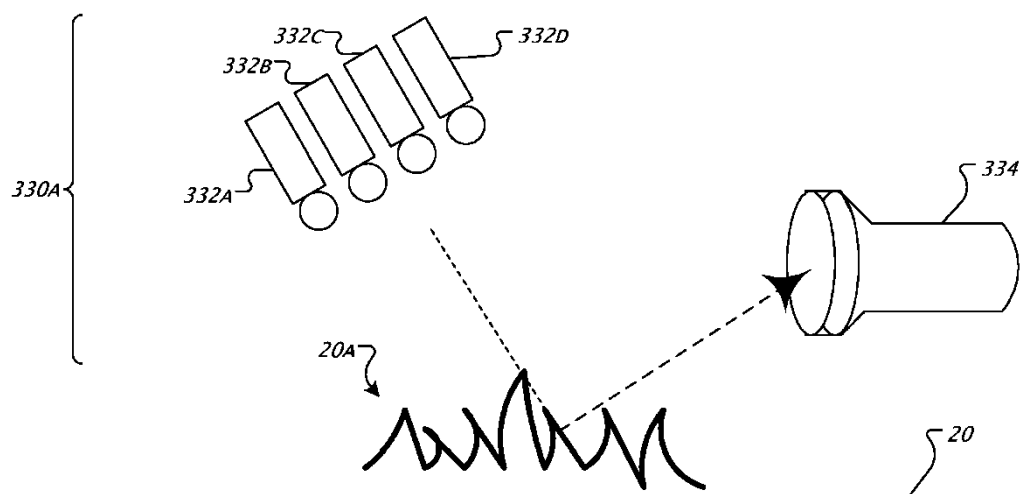


FIG. 8A

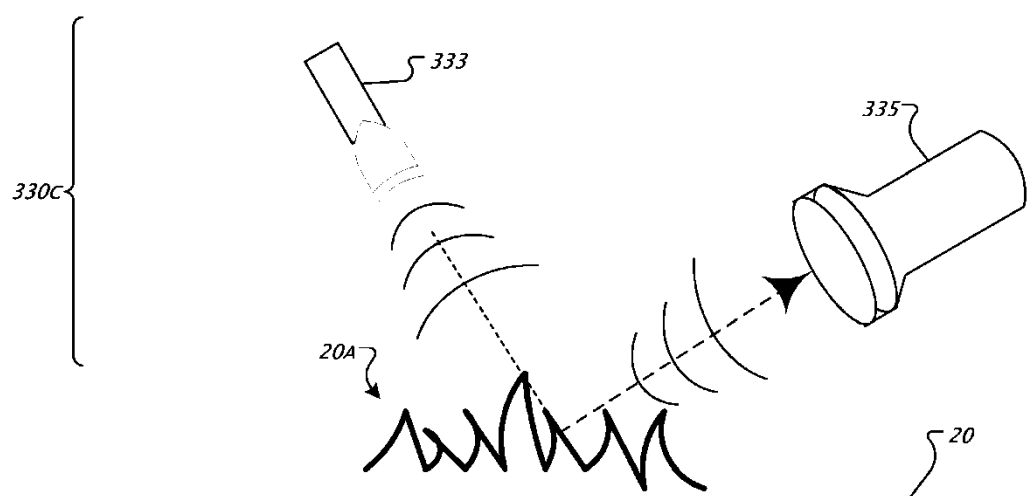


FIG. 8C

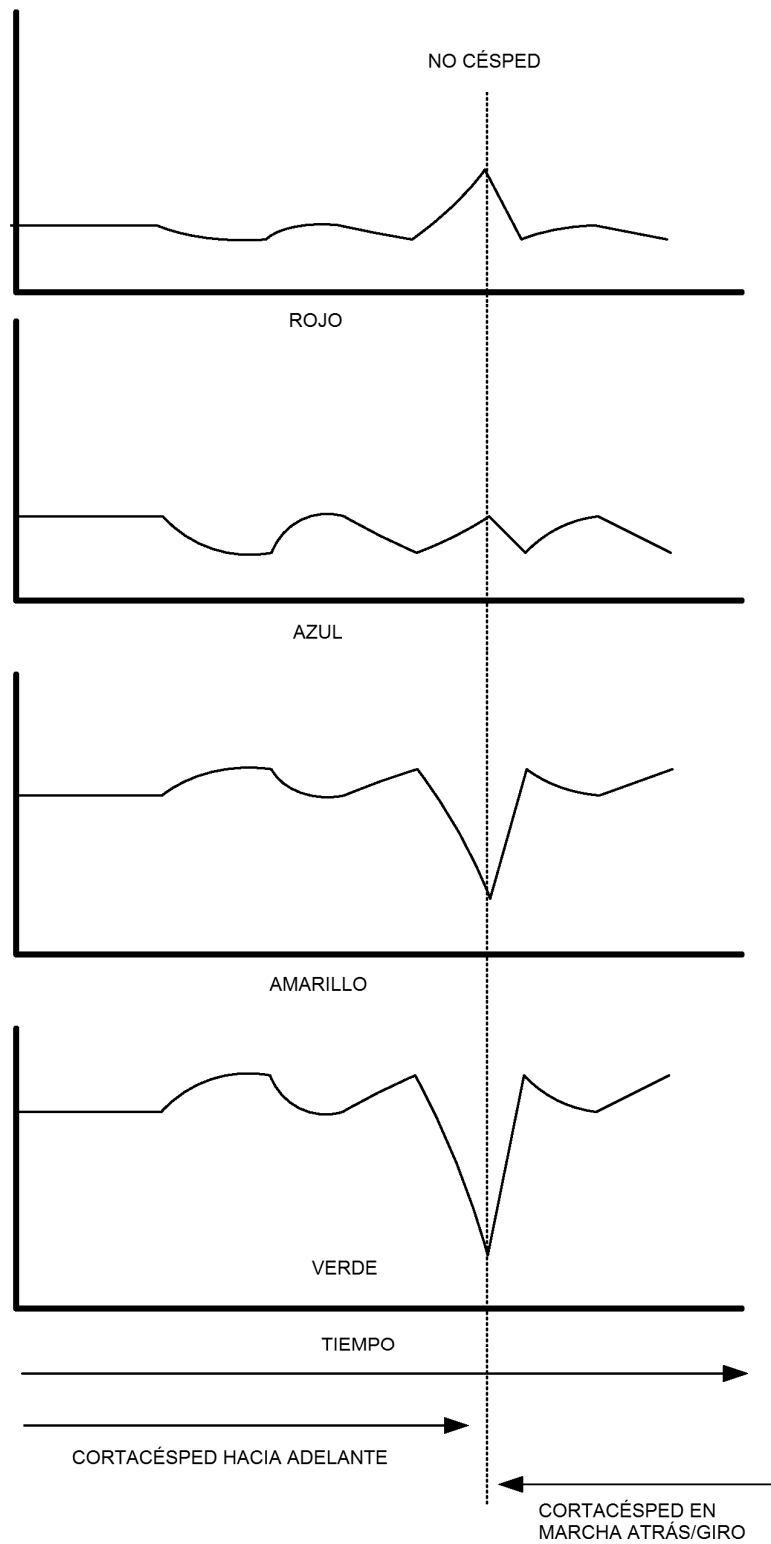


FIG. 8B

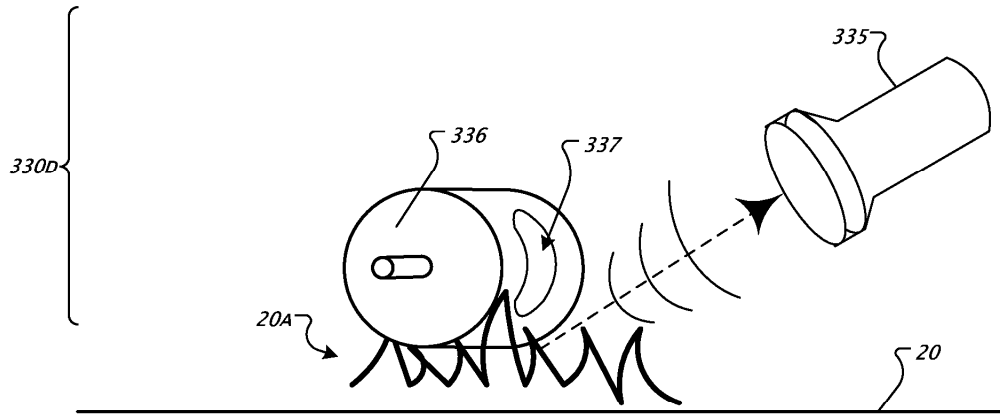


FIG. 8D

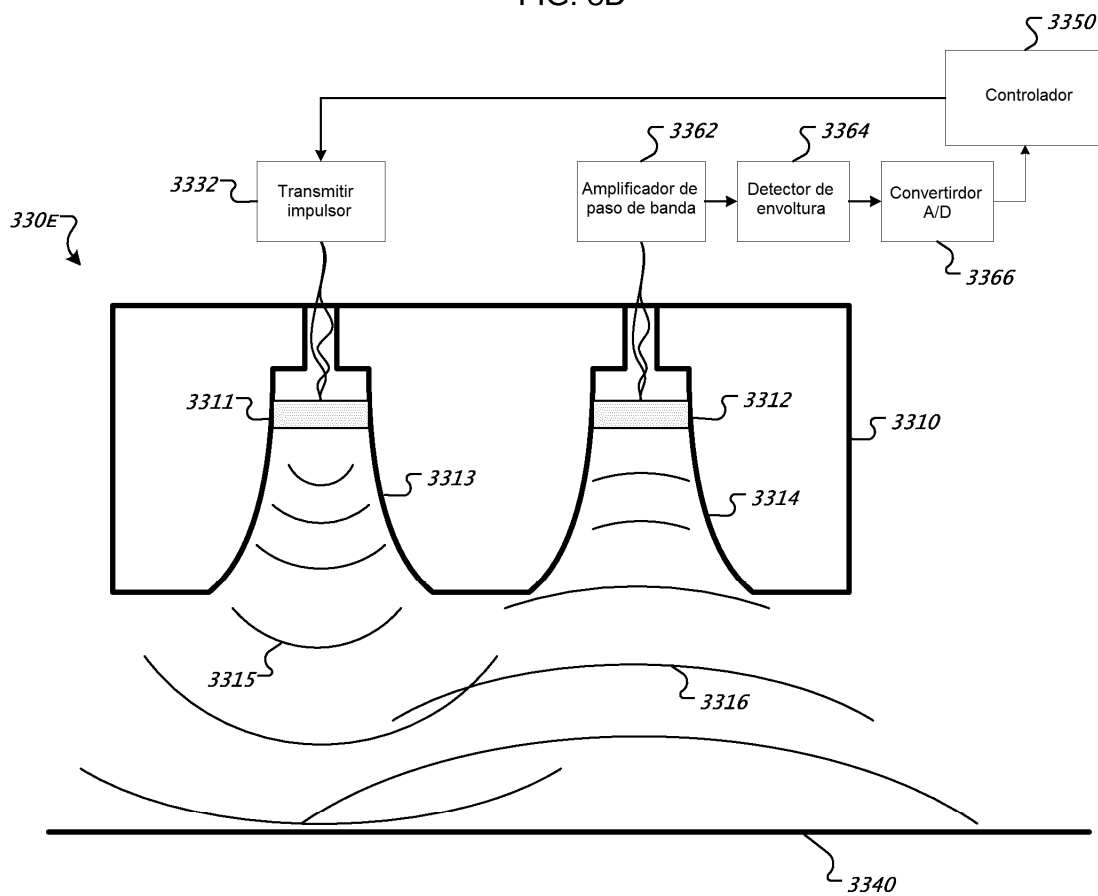


FIG. 8E

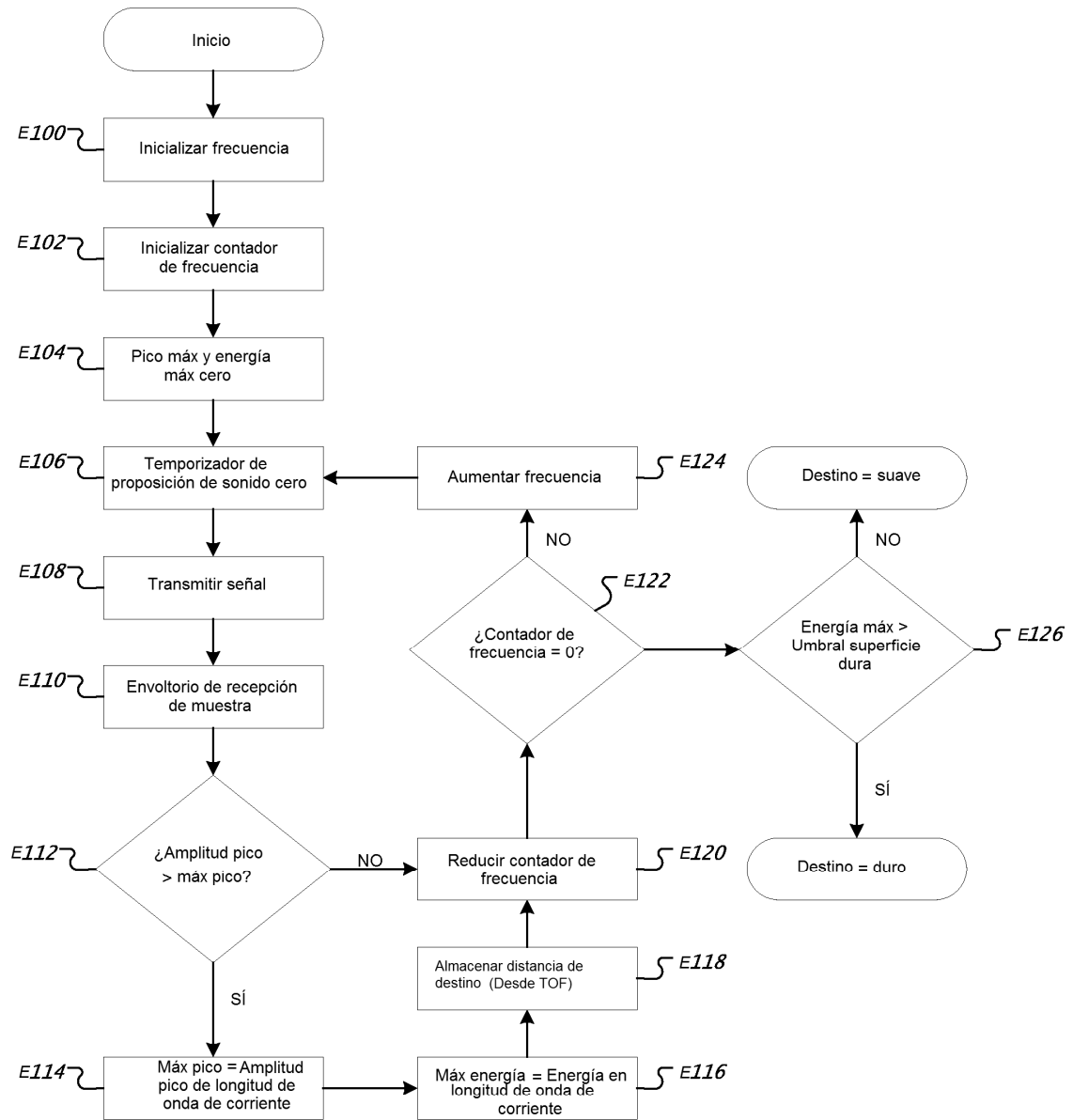


FIG. 8F

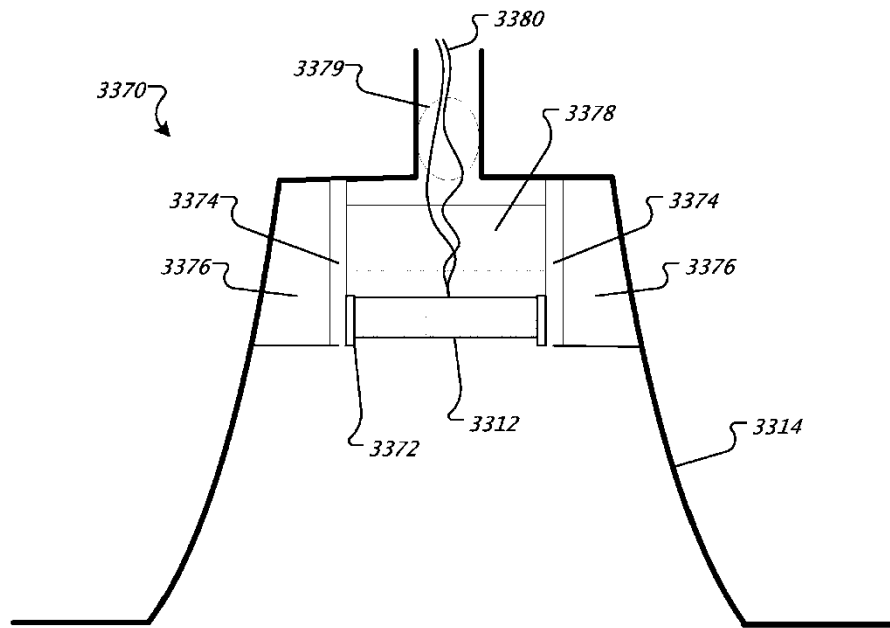


FIG. 8G

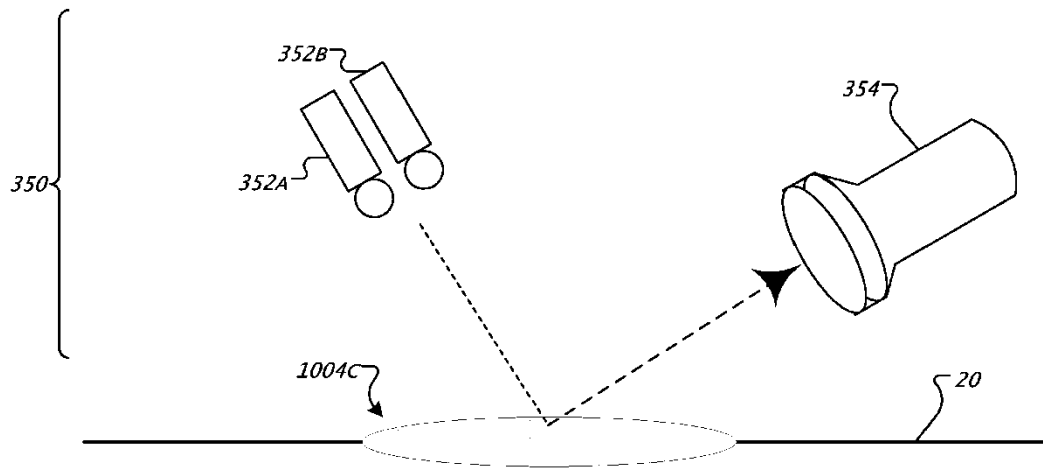


FIG. 9

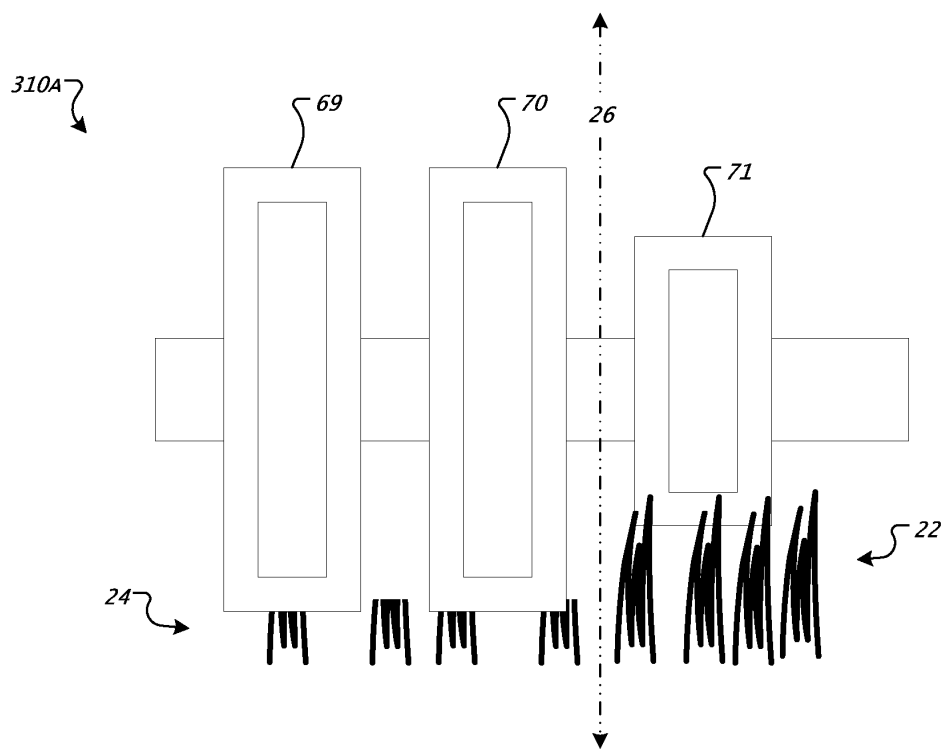


FIG. 10

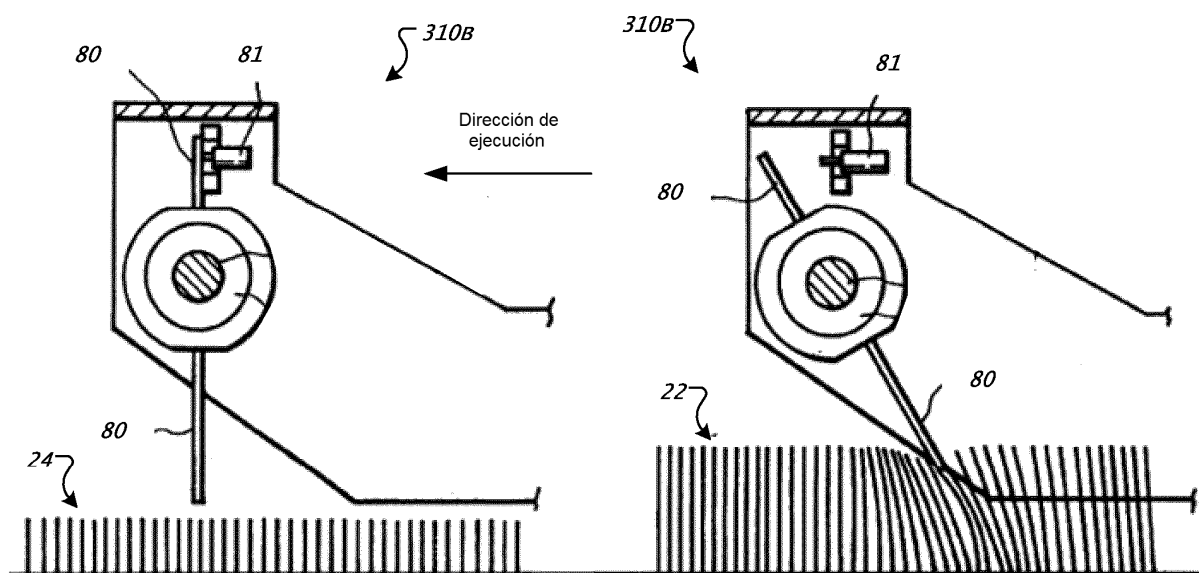


FIG. 11A

FIG. 11B

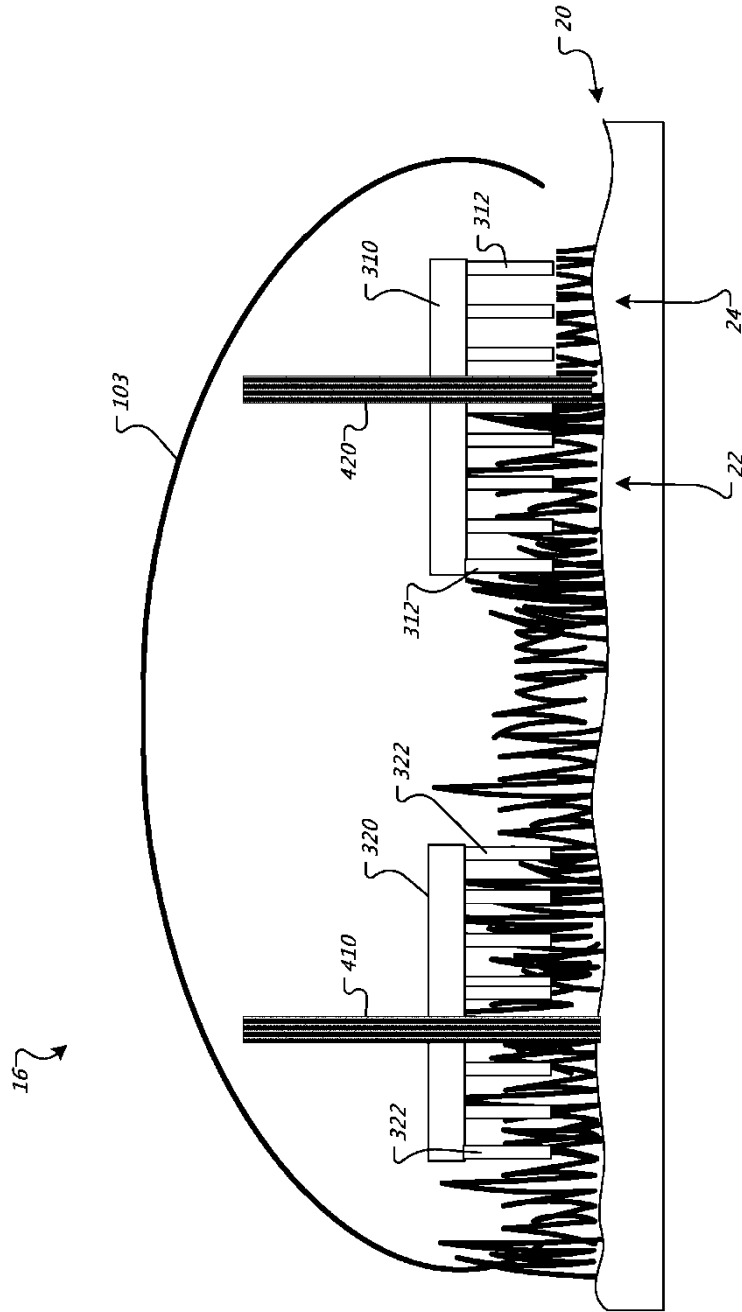


FIG. 12

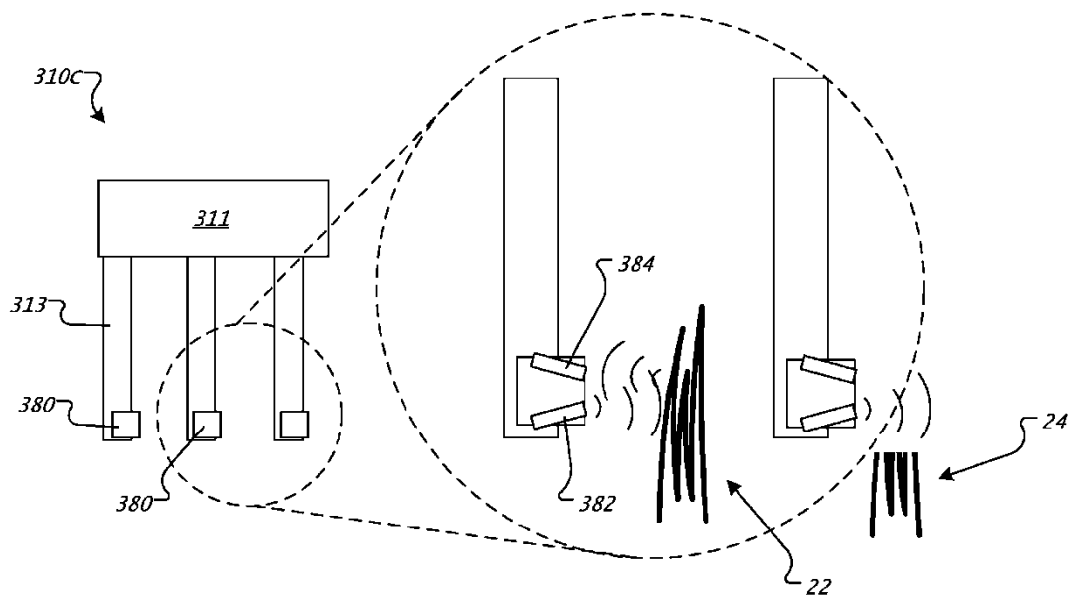


FIG. 13

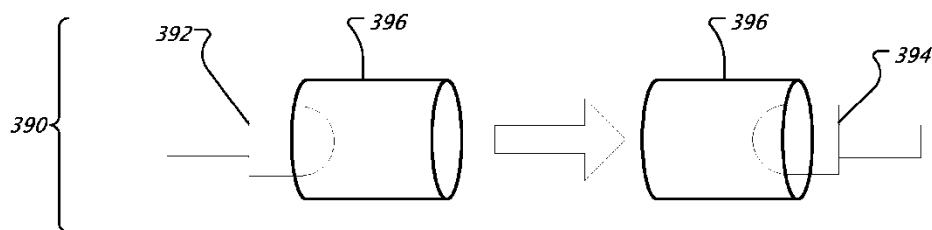


FIG. 14

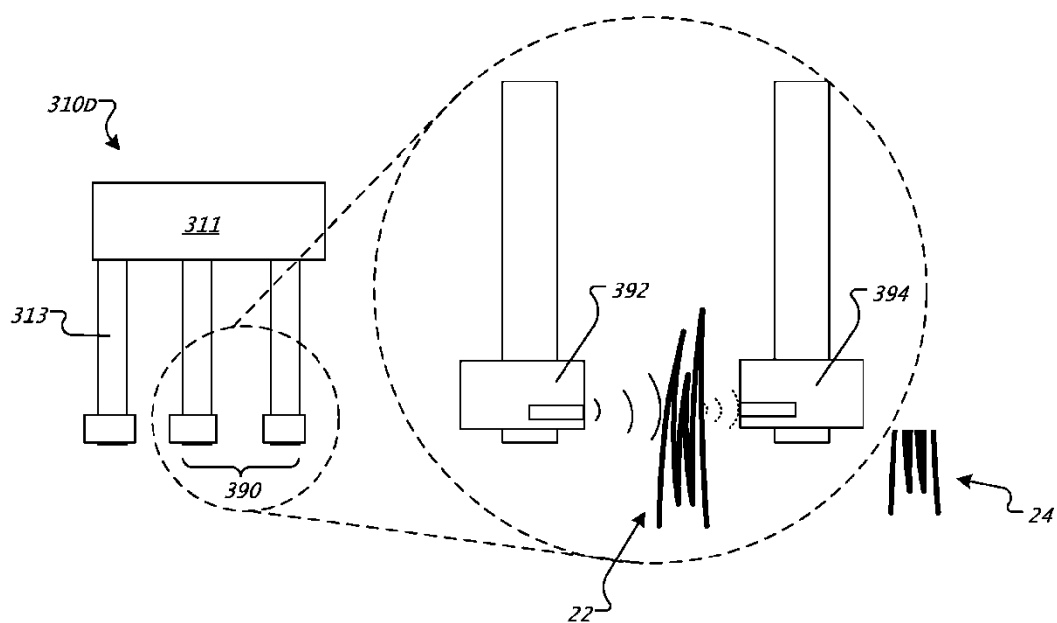


FIG. 15A

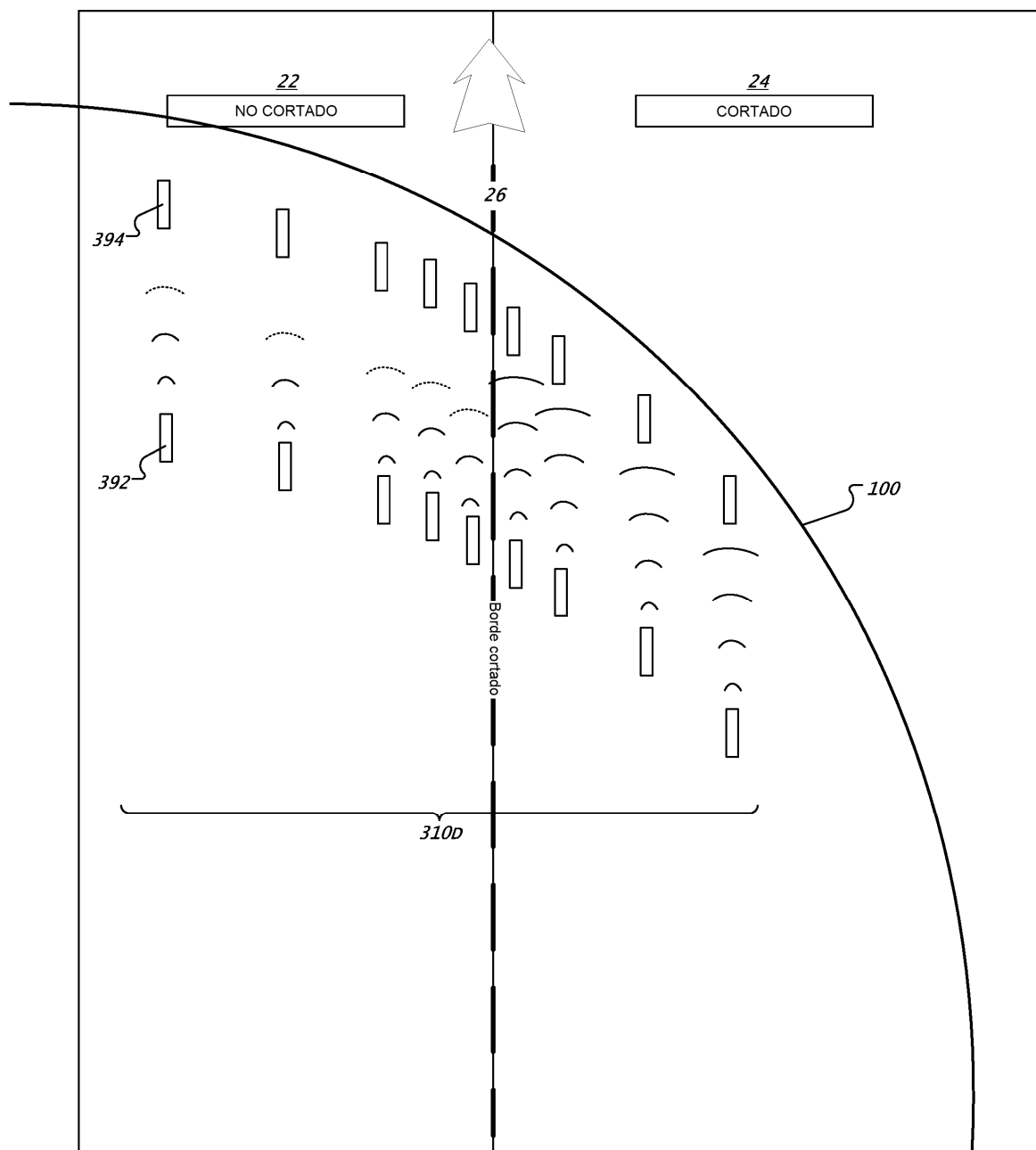


FIG. 15B

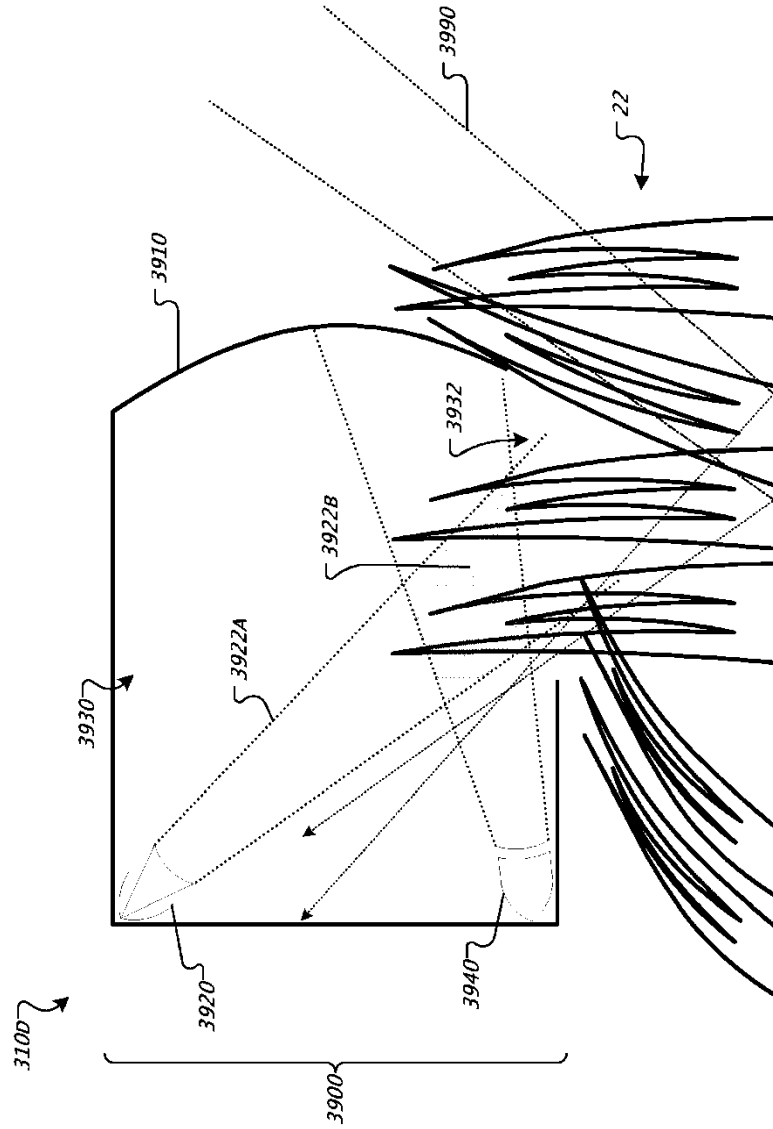


FIG. 16A

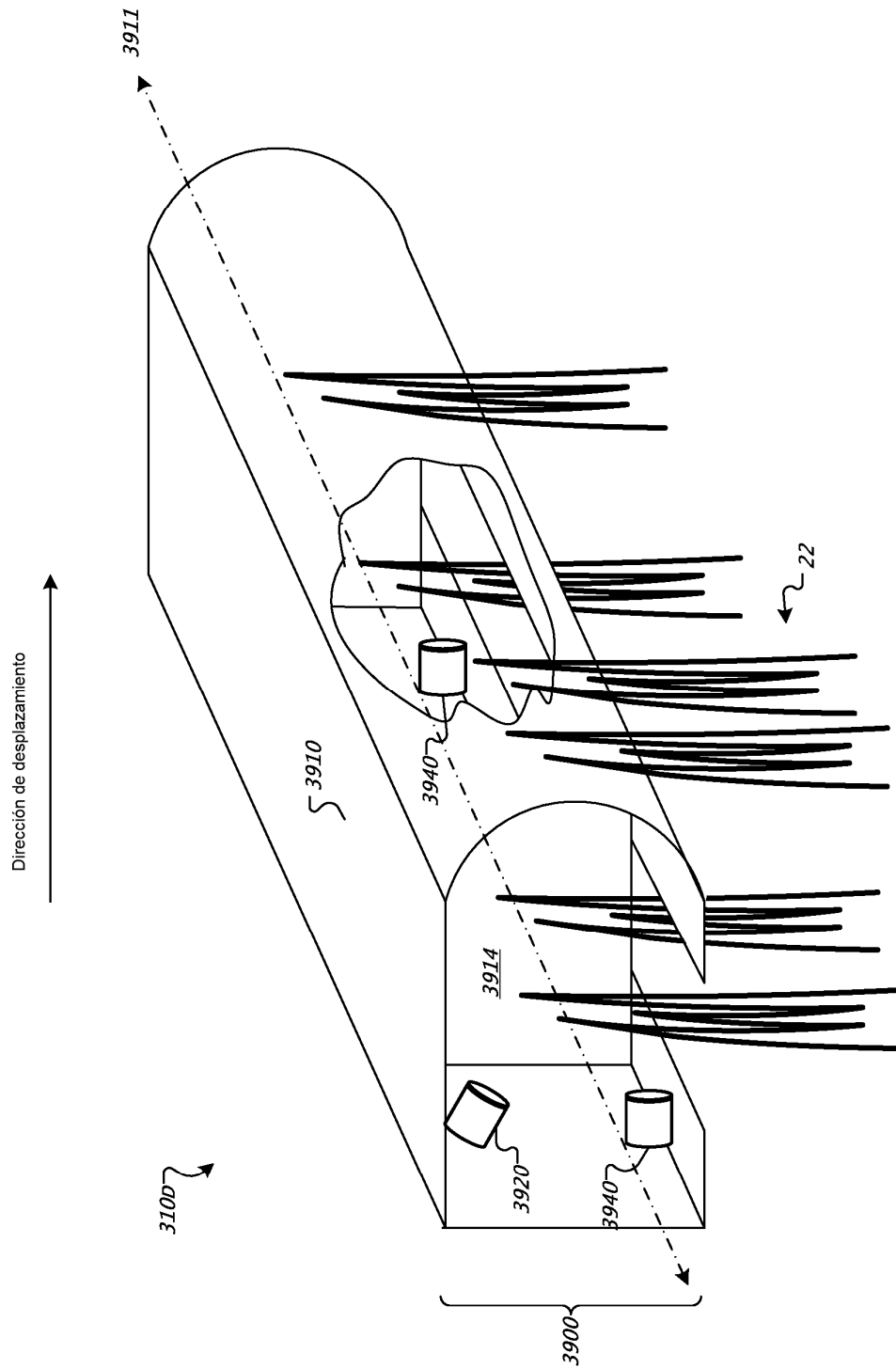


FIG. 16B

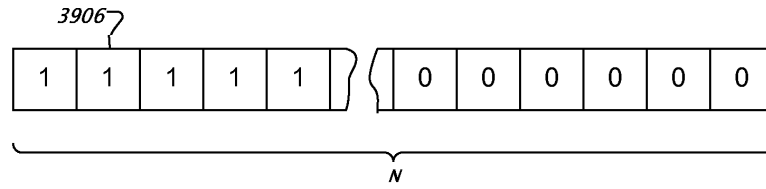


FIG. 16C

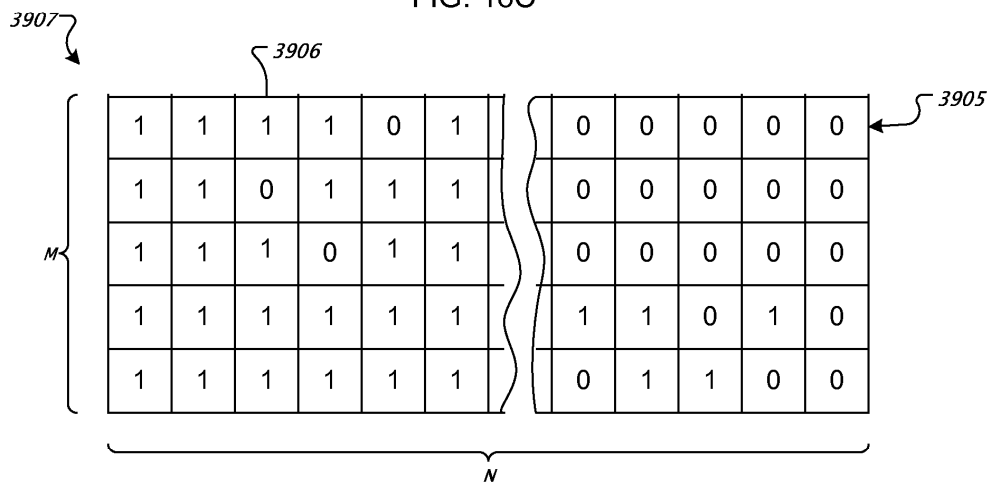


FIG. 16D

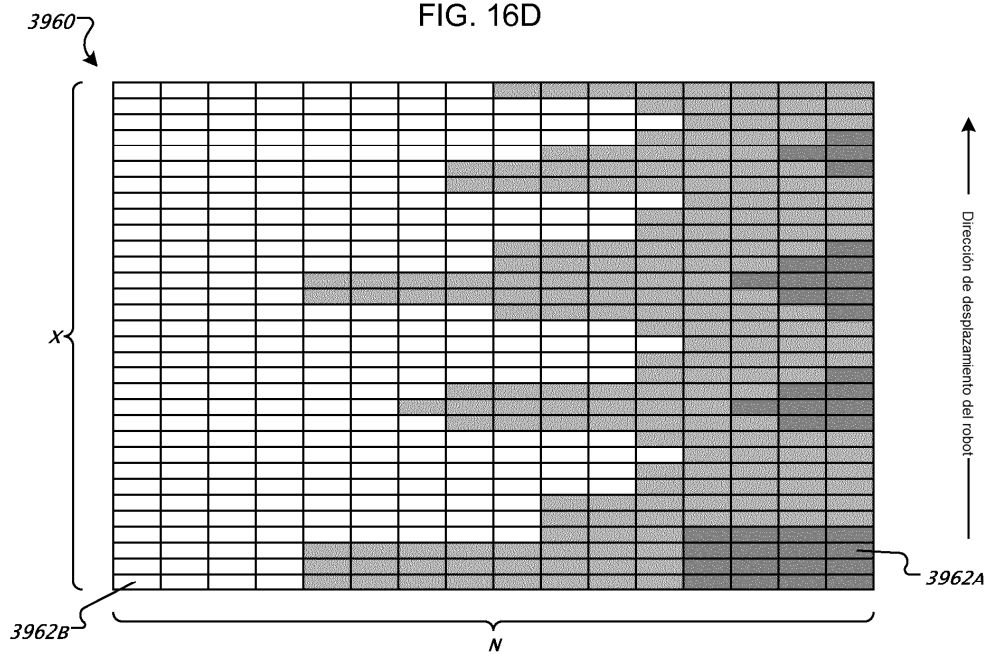


FIG. 16E

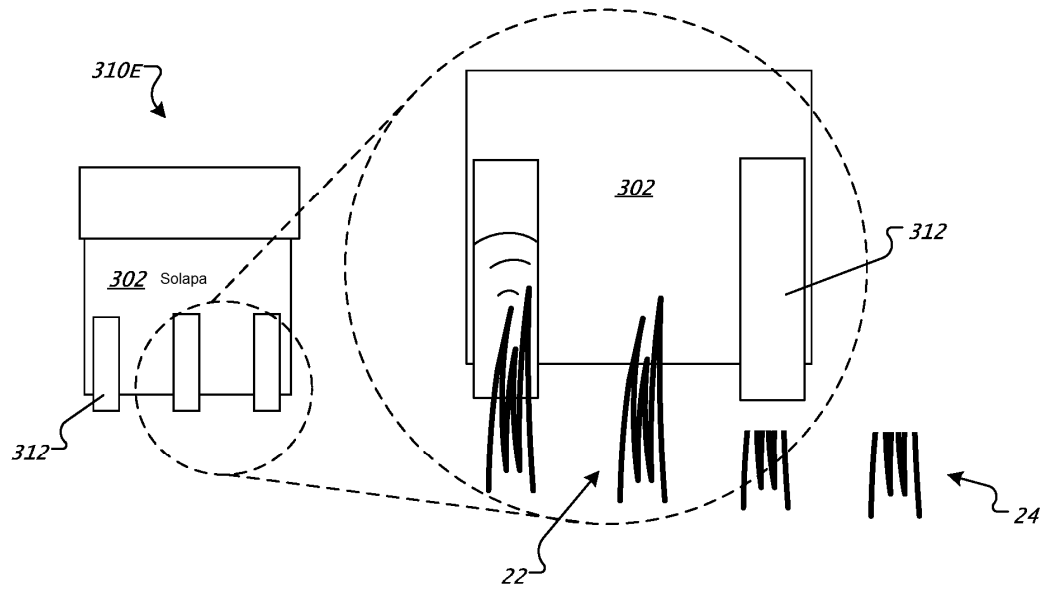


FIG. 17

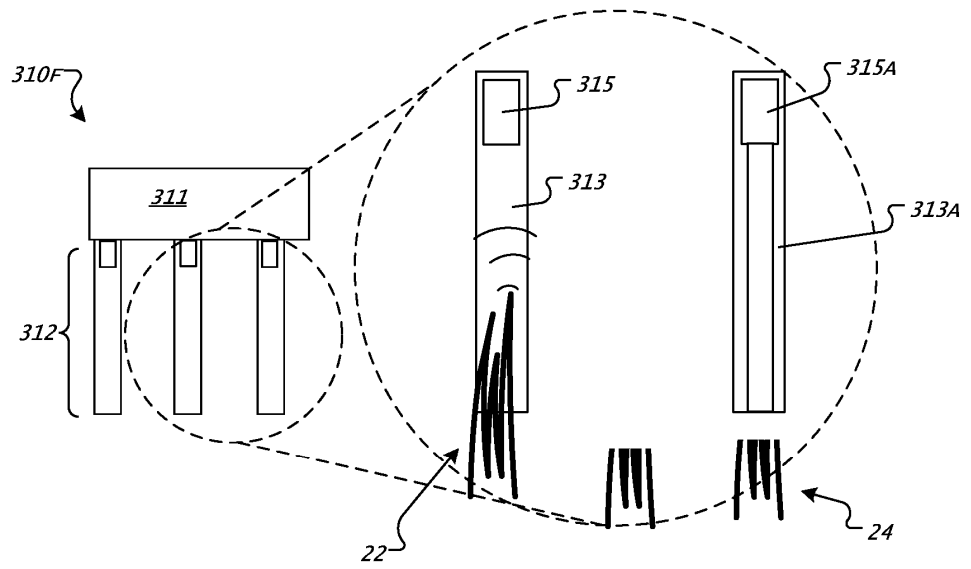


FIG. 18

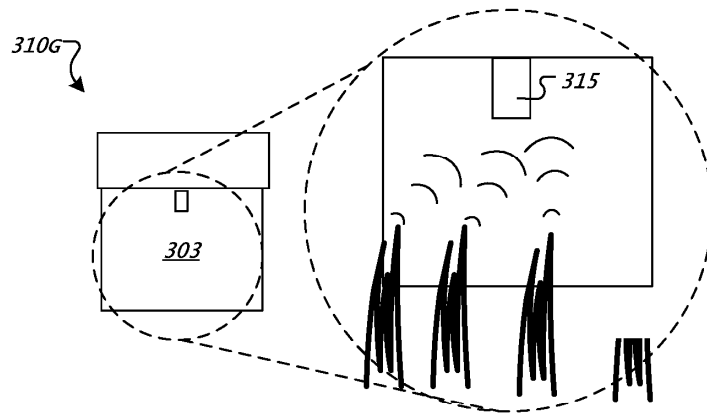


FIG. 19

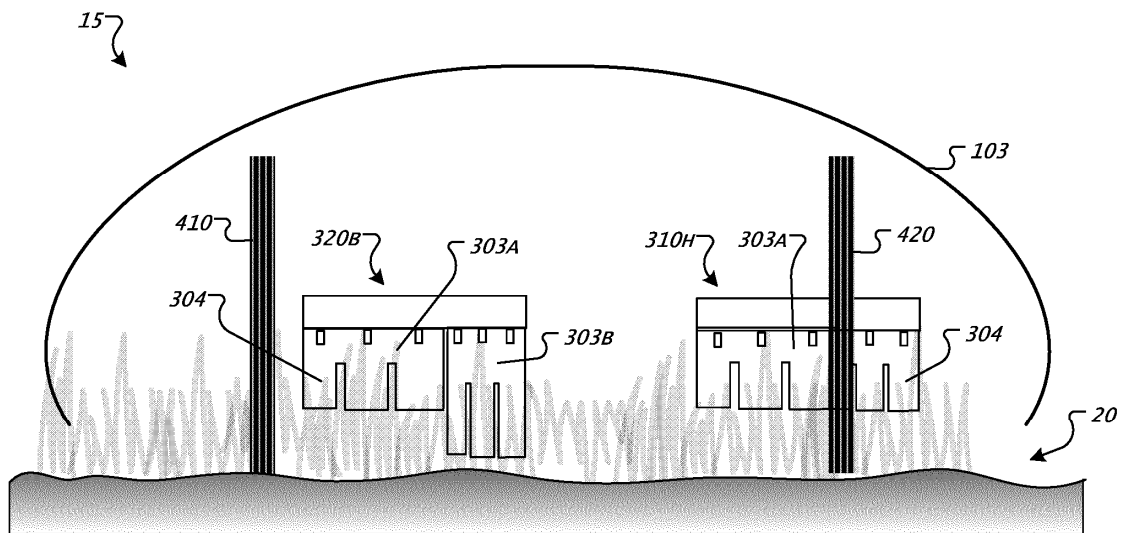


FIG. 20

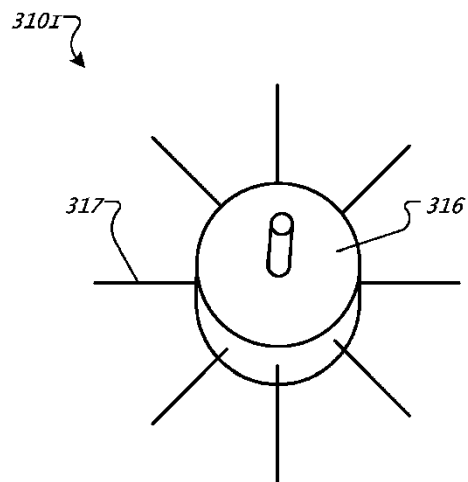


FIG. 21

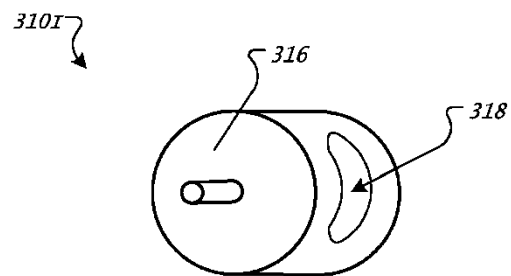


FIG. 22

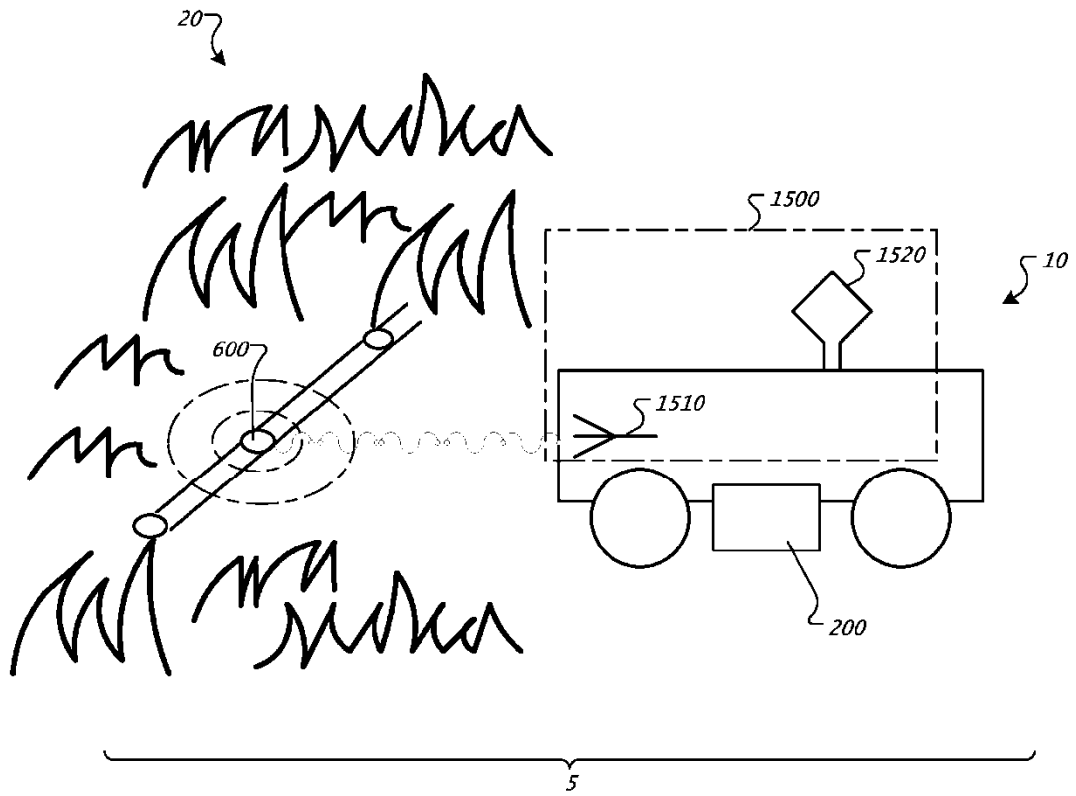


FIG. 23A

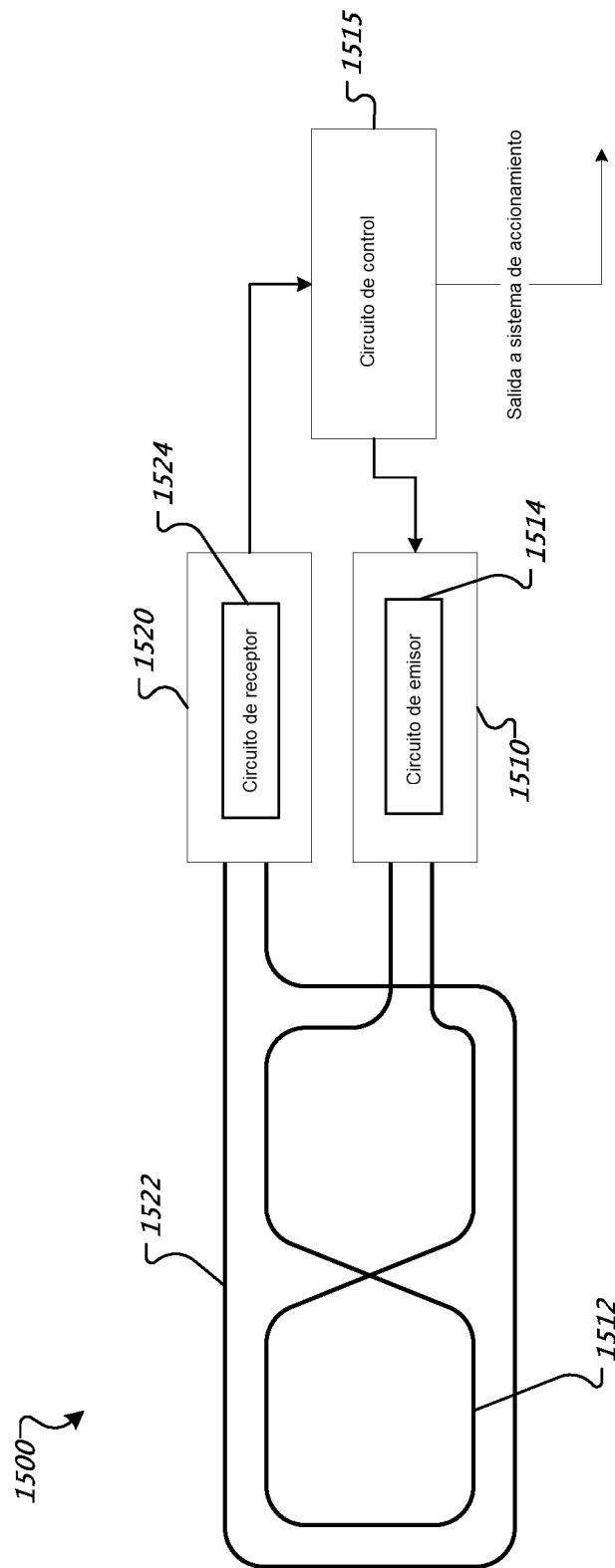


FIG. 23B

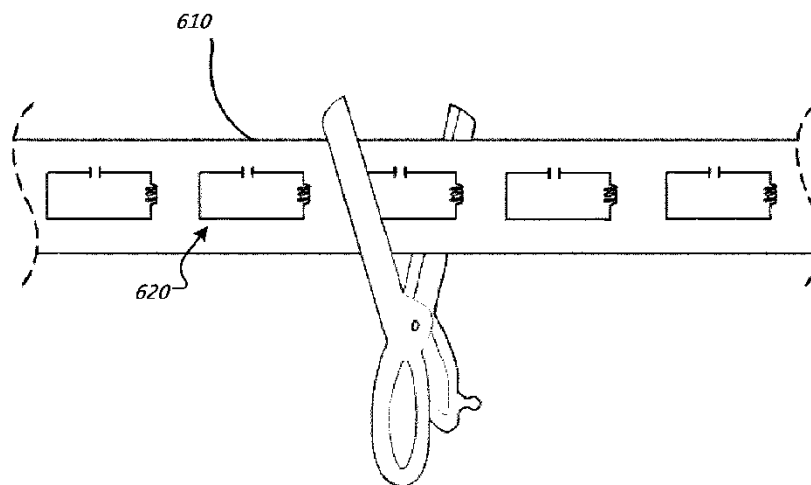


FIG. 24

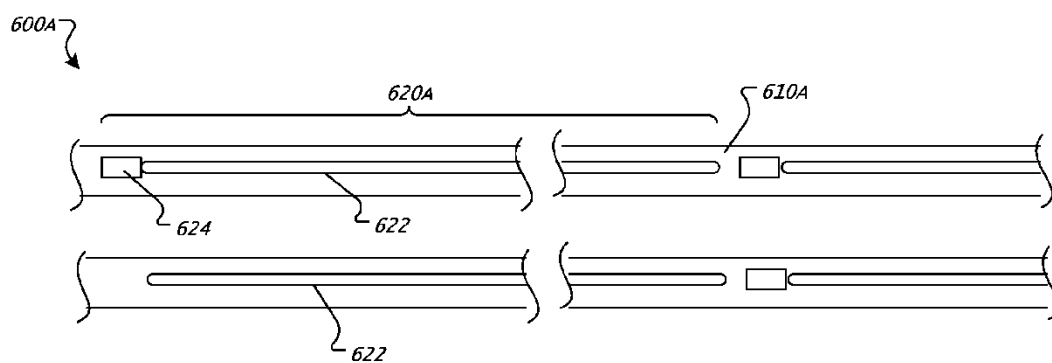


FIG. 25

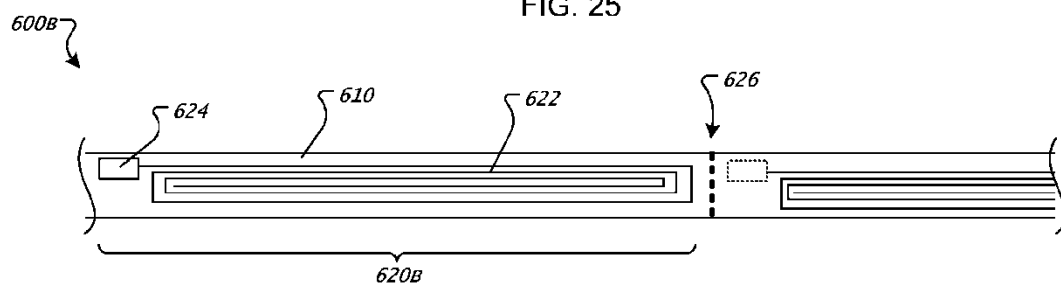


FIG. 26

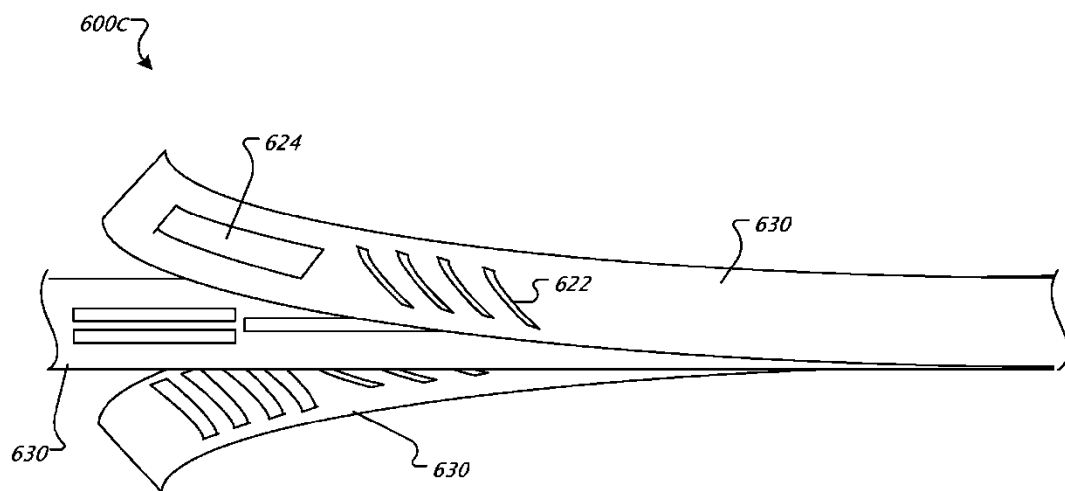


FIG. 27

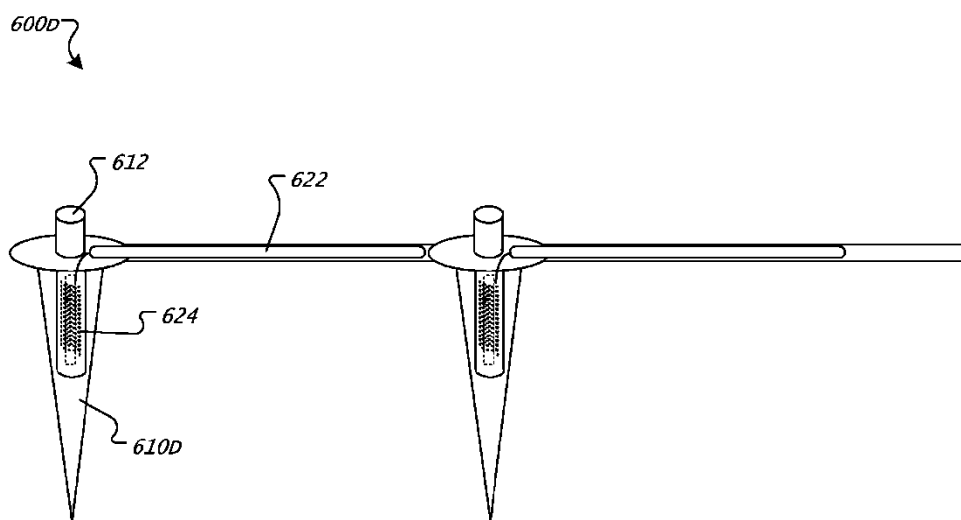


FIG. 28

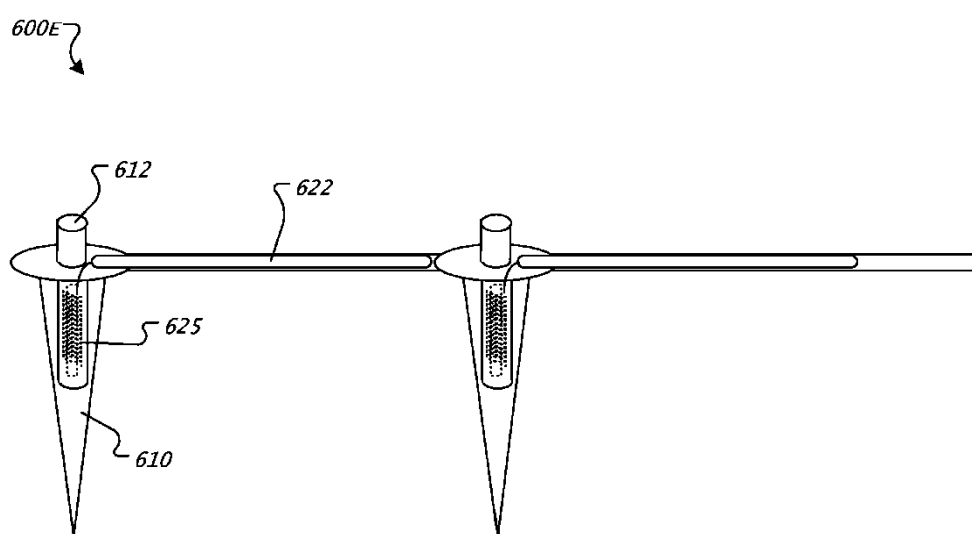


FIG. 29

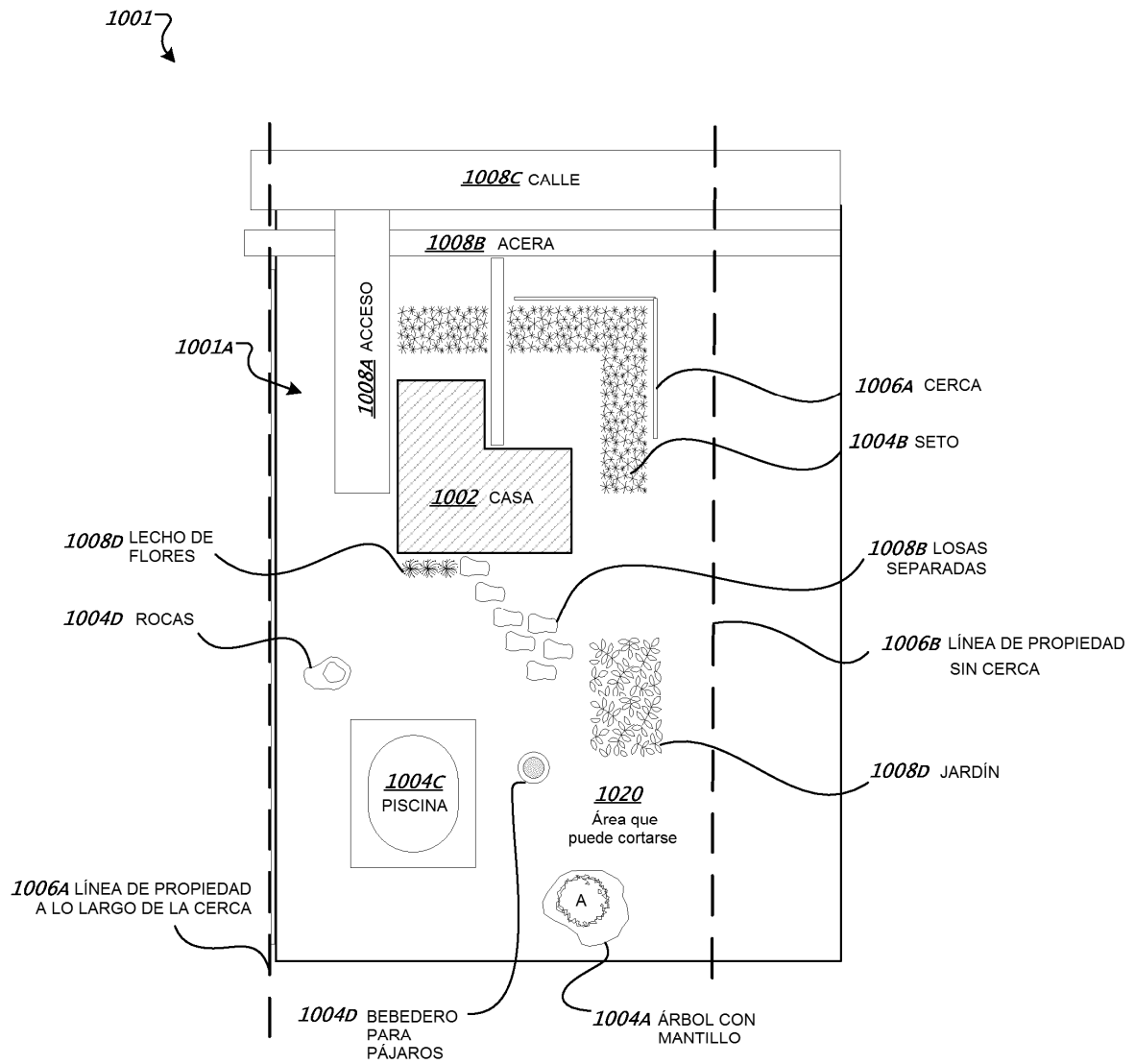


FIG. 30

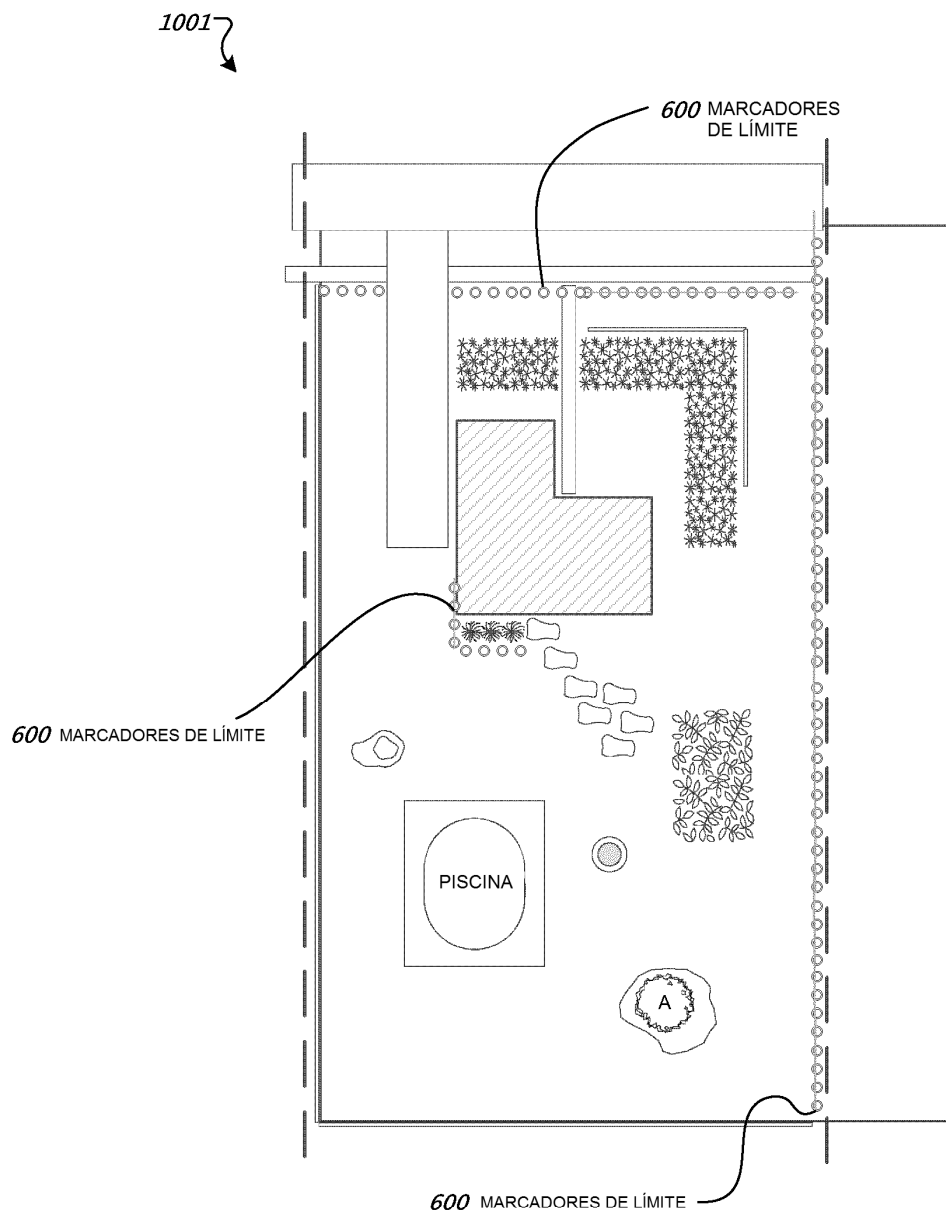


FIG. 31

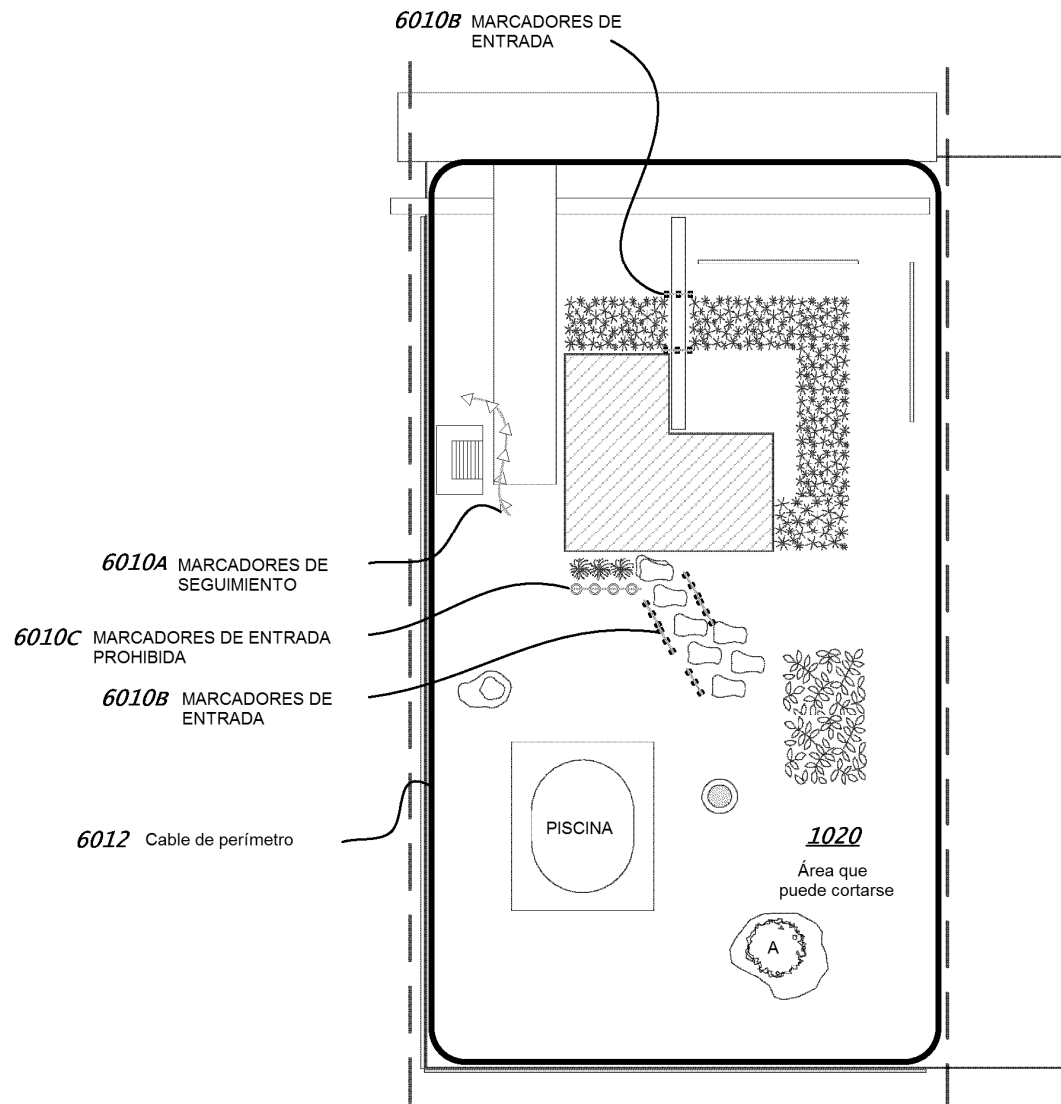


FIG. 32

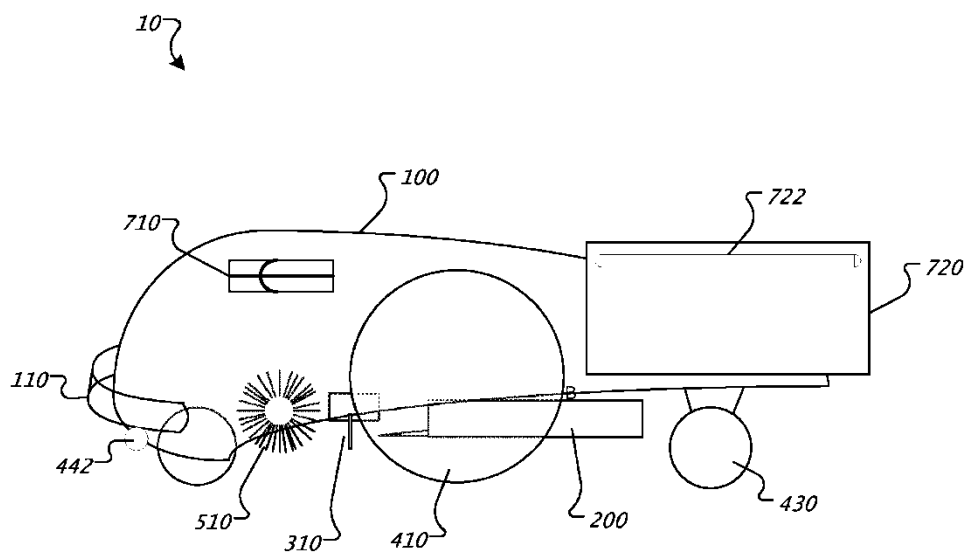


FIG. 33

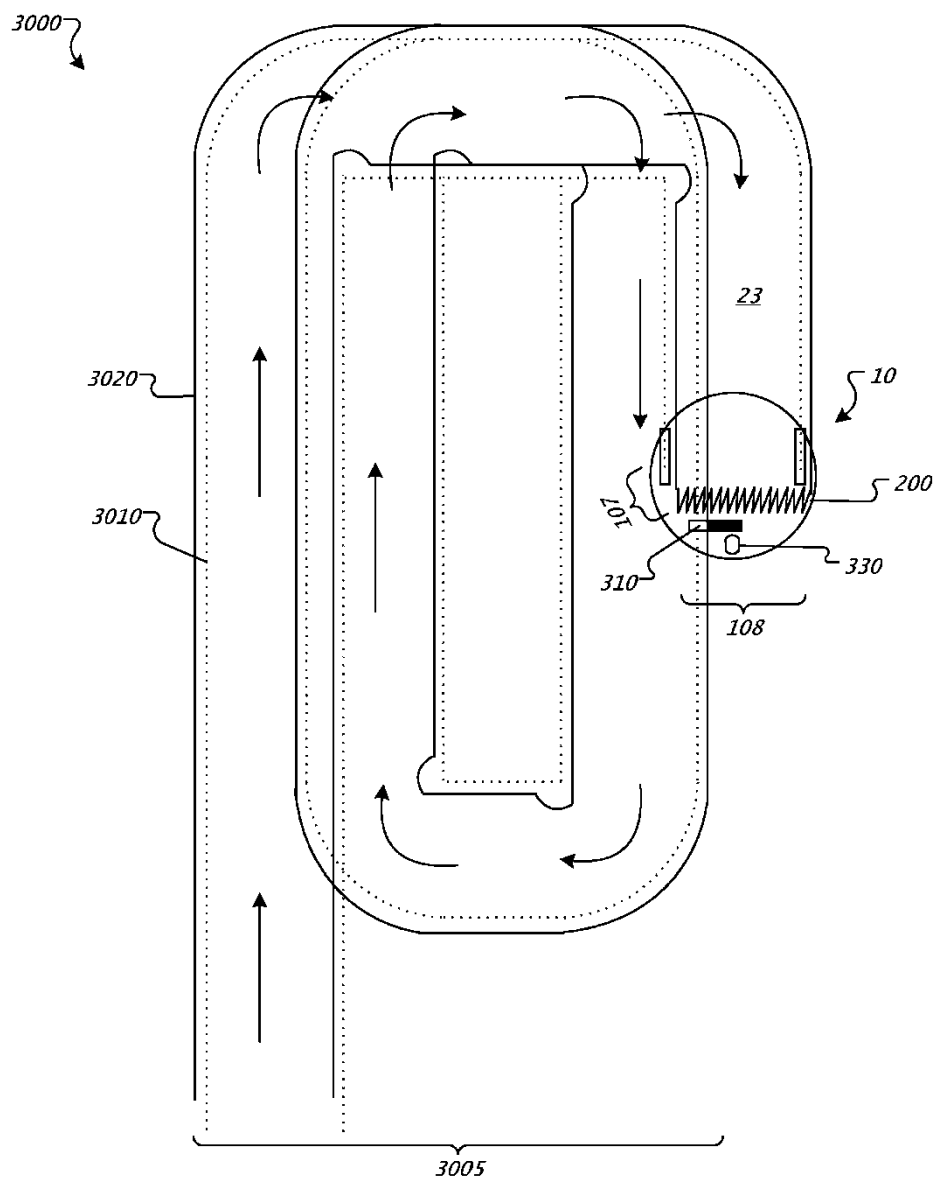
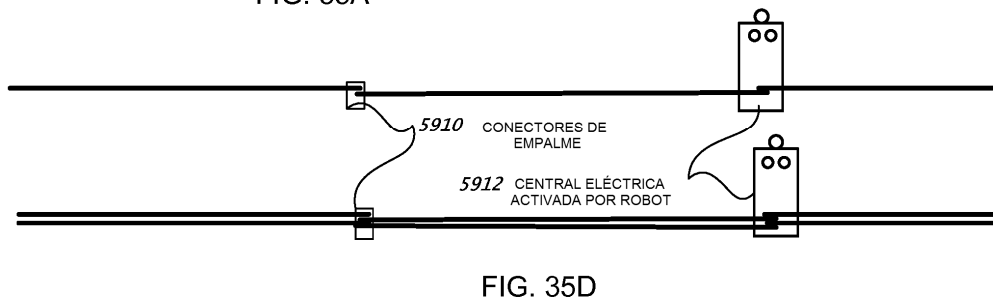
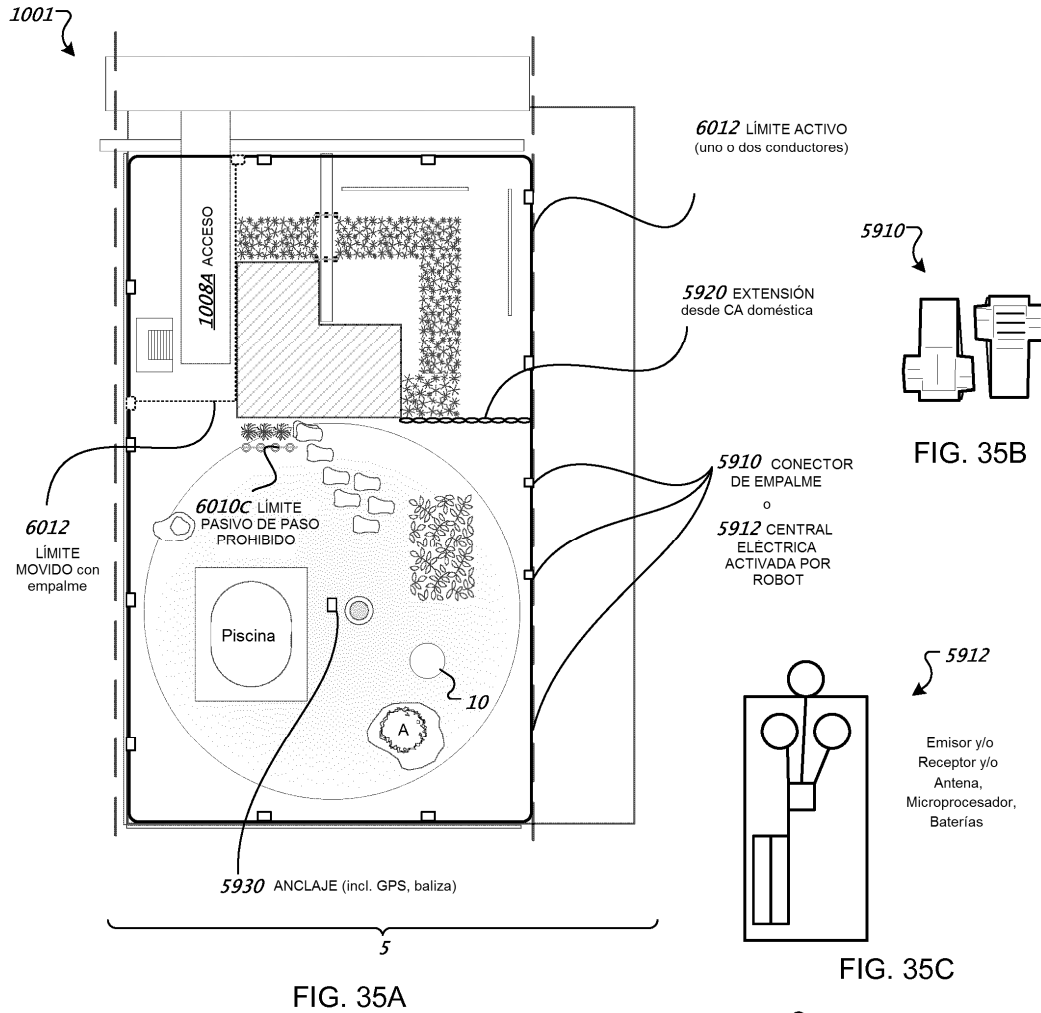


FIG. 34



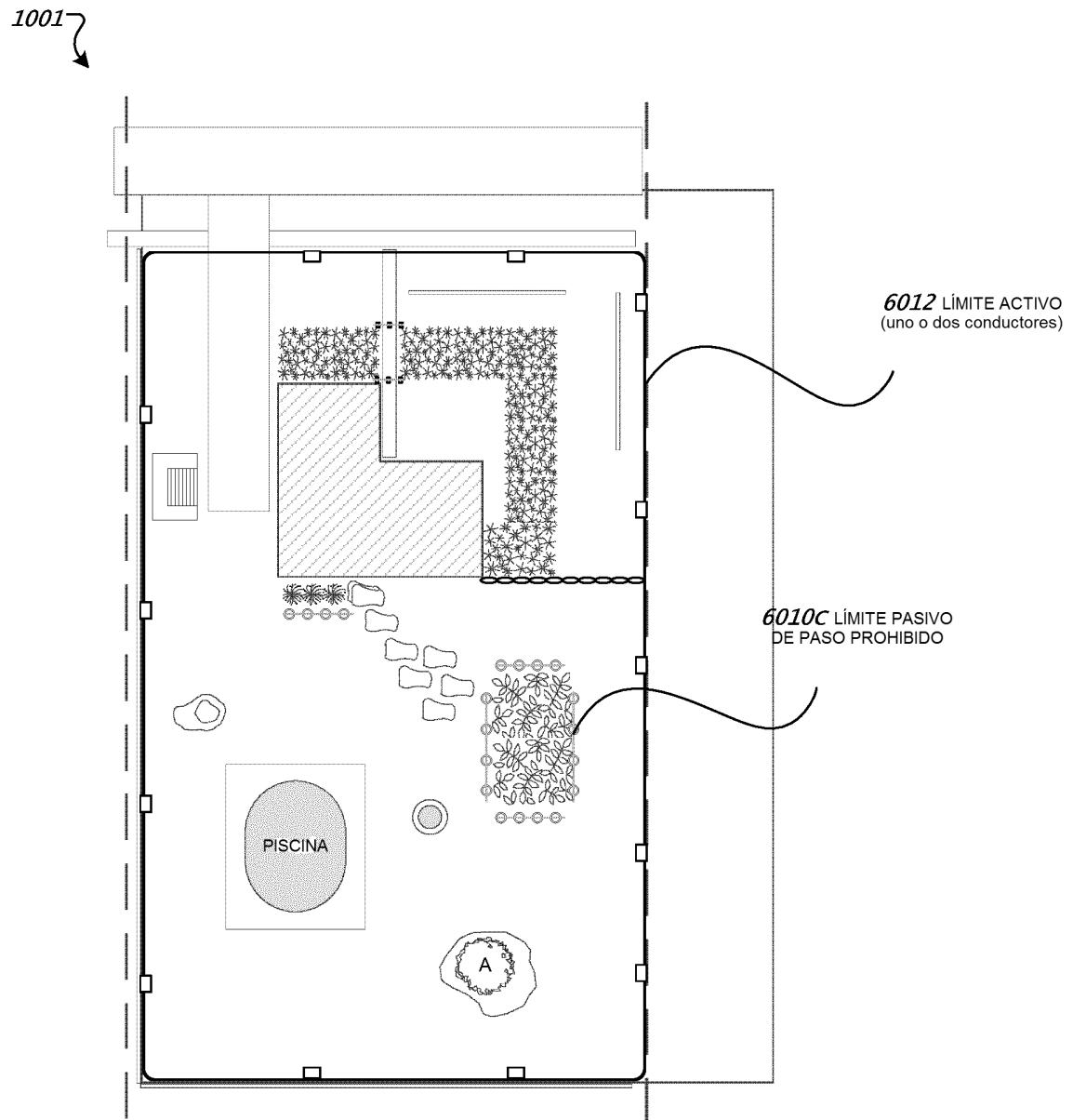


FIG. 36

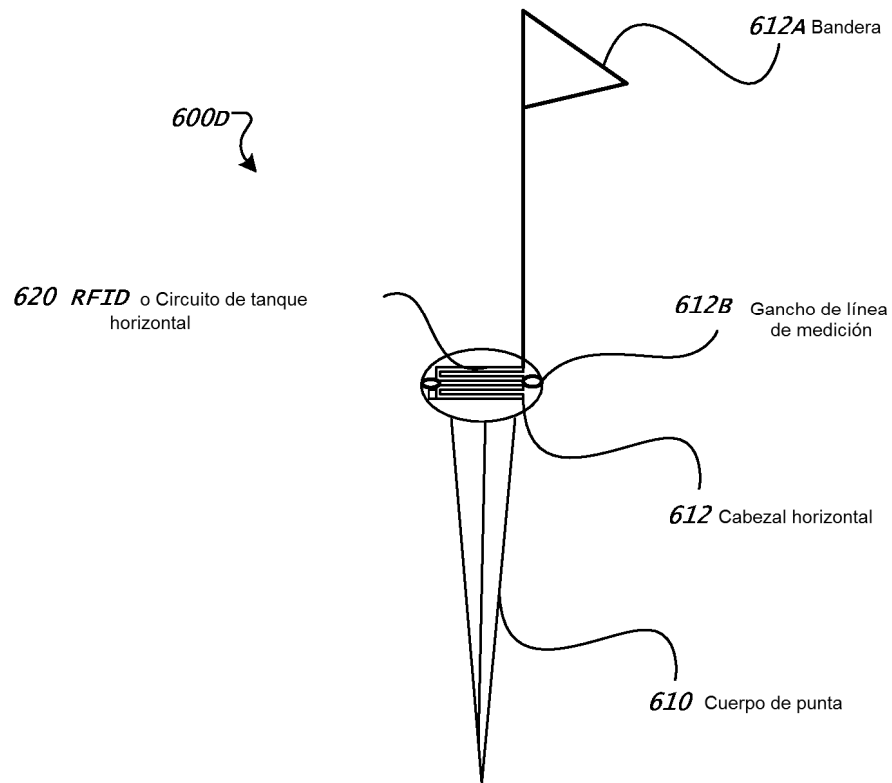


FIG. 37

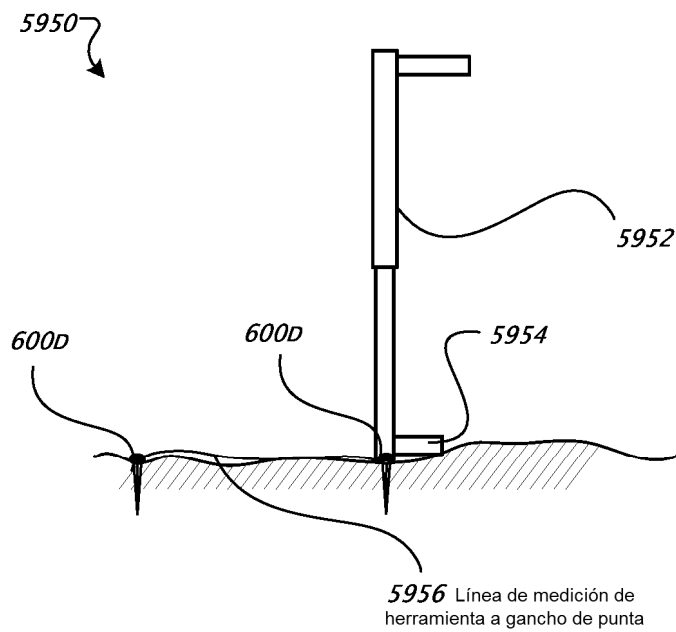


FIG. 38