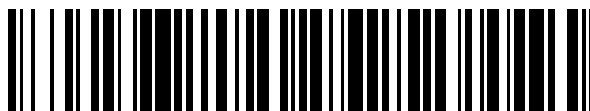


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 214**

51 Int. Cl.:

G01S 7/48	(2006.01)	G06T 7/20	(2007.01)
G01S 7/481	(2006.01)	G01B 11/24	(2006.01)
G01S 7/486	(2006.01)	G08G 1/04	(2006.01)
G01S 17/08	(2006.01)		
G01S 17/10	(2006.01)		
G01S 17/42	(2006.01)		
G01S 17/88	(2006.01)		
G06K 9/00	(2006.01)		
G06K 9/20	(2006.01)		
G06T 7/00	(2007.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.09.2012 PCT/US2012/054993**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2013 WO13040121**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2012 E 12831647 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2756484**

54 Título: **Sensor mejorado de telémetro de láser**

30 Prioridad:

13.09.2011 US 201161534148 P

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

14.03.2018

73 Titular/es:

**OSI OPTOELECTRONICS (100.0%)
12525 Chadron Ave
Hawthorne, CA 90250, US**

72 Inventor/es:

**FOWLER, KEITH y
LAI, NAN-MING**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 659 214 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

Sensor mejorado de telémetro de láser

5 **Campo**

La presente memoria descriptiva se refiere en general a sensores de objetos, y en particular a sensores mejorados de telémetro de láser útiles para percibir, detectar y/o clasificar vehículos de forma precisa y exacta a la vez que posibilita también la activación de cámaras de tráfico, importación, exportación u otra aplicación reguladora.

10

Antecedentes

Un sensor optoelectrónico convencional utiliza un sistema de telémetro de láser de tiempo de vuelo para medir la distancia normal a una superficie de la carretera desde un punto fijo sobre la superficie de la carretera y luego mide la distancia a un vehículo que pasa o se detiene debajo del sensor. Debido a la alta tasa de repetición del haz pulsado, los sistemas tradicionales pueden desarrollar un perfil longitudinal del vehículo utilizando múltiples mediciones de rango consecutivas a medida que el vehículo se mueve debajo del sensor. Algunos sistemas convencionales también pueden determinar la velocidad del vehículo y utilizar esta información para desarrollar un perfil del vehículo.

15

20

Convencionalmente, el sensor recibe una porción de la energía reflejada desde el área o un objeto ubicado dentro del área, como un vehículo. La energía del impulso devuelto es provista luego como una entrada a un receptor para determinar un cambio en el tiempo de vuelo de los impulsos emitidos y recibidos, que pueden ser causados por la presencia de un objeto dentro del área. El sensor también está provisto de varias funciones útiles para proporcionar salidas que indican la velocidad, el censo, el tamaño o la forma de uno o más objetos en el área. Por ejemplo, un sensor típico está provisto de un componente para recibir una entrada de los medios de determinación del tiempo de vuelo y para proporcionar una salida que indique si el objeto cumple con uno de una pluralidad de criterios de clasificación (por ejemplo, si el objeto es un automóvil, camión o motocicleta).

25

30

Dichos sensores se utilizan como soluciones no invasivas para rastrear y analizar el tráfico en una amplia gama de aplicaciones, incluida la recolección de peajes, el análisis de flujo de tráfico, la verificación de despeje de puentes/túneles, así como el control y la vigilancia del tráfico. Estas aplicaciones tienen entornos operativos altamente dinámicos que exigen capacidades de seguimiento y detección de sensores muy precisas. Los sistemas convencionales todavía no pueden medir con precisión y rastrear el flujo de tráfico de alta velocidad a través de una ubicación con velocidades de escaneo suficientemente altas para permitir la identificación y clasificación del vehículo, particularmente durante las inclemencias del tiempo.

35

De acuerdo con esto, existe la necesidad de un sistema de sensor con precisión y resolución de rango mejoradas a altas tasas de escaneo. También existe la necesidad de un sistema de sensor que reduzca las mediciones falsas que surgen debido a condiciones climáticas adversas.

40

El documento US 5757472, que se considera que representa la técnica anterior más cercana, divulga un sistema como el que se define en la porción precharacterizadora de la reivindicación 1, y divulga un método como es que se define en la porción precharacterizadora en la reivindicación 6.

45

El documento US 2005/088644 divulga un sistema de imagen para determinar la forma tridimensional de un objeto.

Sumario

50

De acuerdo con un aspecto de la invención, es provisto un sistema como se define en la reivindicación 1.

Además, el sistema de una realización comprende un convertidor de tiempo a digital (TDC) para mediciones de tiempo de vuelo, en el que el TDC está adaptado para recibir hasta cuatro impulsos de retorno desde un único impulso de láser. En una realización, el sistema comprende al menos dos TDC.

55

En una realización, el cubo de cuatro caras descrito en la presente memoria descriptiva gira continuamente en una dirección a una velocidad constante y permite cuatro escaneos para cada revolución.

60

En una realización, el sistema genera una pluralidad de huellas de láser y en el que dichas huellas de láser aparecen como bandas que tocan de extremo a extremo y proporcionan una línea de detección continua.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método como se define en la reivindicación 6.

65

En una realización, el cubo de cuatro caras gira continuamente en una dirección a una velocidad constante durante el escaneo. En otra realización, el cubo de escaneo está adaptado para producir cuatro escaneos para cada revolución.

En una realización, el método de la presente memoria descriptiva utiliza además un convertidor de tiempo a digital (TDC) para mediciones de tiempo de vuelo, en el que el TDC está adaptado para recibir hasta cuatro impulsos de retorno desde un único impulso de láser. En otra realización, el sistema comprende al menos dos TDC.

5 En una realización, el sistema genera una pluralidad de huellas de láser durante un escaneo y en el que cada una de dichas huellas de láser aparece como bandas que tocan de extremo a extremo y proporcionan una línea de detección continua.

10 En una realización, la resolución del rango de distancia del sistema es + 1 cm. En otra realización, los límites de las mediciones del rango de distancia son personalizables.

En una realización, el circuito de control del escáner activa un impulso de láser una vez por cada grado de ángulo de escaneo.

15 Las realizaciones mencionadas anteriormente y otras de la presente memoria descriptiva se describirán con mayor profundidad en los dibujos y la descripción detallada que es provisto a continuación.

Breve descripción de los dibujos

20 Estas y otras características y ventajas de la presente invención se apreciarán adicionalmente, ya que se entienden mejor por referencia a la descripción detallada cuando se considera en relación con los dibujos adjuntos:

la figura 1 muestra una vista en alzado frontal de una realización de un sistema de sensor optoelectrónico montado sobre una carretera;

25 la figura 2 es una vista en alzado lateral del sensor, que se describe en la figura 1A, montado a una altura 'H' y en un ángulo de orientación hacia abajo 'A';

30 la figura 3 muestra la huella de láser, en una realización, en la que el sensor está montado a una altura de aproximadamente 7 metros;

la figura 4 es una tabla que proporciona datos de cobertura de carril de acuerdo con diferentes alturas de montaje para el sensor cuando el sensor está inclinado a 0 grados con respecto a la dirección del tráfico;

35 la figura 5A es una tabla que muestra una pluralidad de parámetros de rendimiento para el sistema de detección de acuerdo con una realización;

la figura 5B es una tabla que describe una pluralidad de parámetros de salida de láser de acuerdo con una realización de la presente invención;

40 la figura 5C es una tabla que muestra una pluralidad de factores ambientales y parámetros de rendimiento asociados en los que el sensor es capaz de realizar, de acuerdo con una realización de la presente invención; y,

la figura 6 ilustra un escáner de cubo giratorio de acuerdo con una realización de la presente invención.

45

Descripción detallada

50 La presente memoria descriptiva divulga un sistema de sensor de rango de tiempo de vuelo pulsado que comprende medios de láser para proporcionar información de clasificación de vehículos. Más específicamente, la presente memoria descriptiva divulga un sistema de sensor de rango de tiempo de vuelo pulsado que comprende medios de láser para determinar un rango de distancia desde el sensor a las porciones de un vehículo, por el cual el vehículo se desplaza dentro de una zona de detección del sensor y un rango respectivo de salidas de datos correspondientes con un ángulo de sensor para cada salida de datos del rango de distancia.

55 Además, el sistema de detección comprende medios de escaneo para escanear al menos un haz a través del vehículo, que, en una realización, es un cubo de cuatro caras, que tiene superficies reflectantes, que se utiliza como un espejo de escaneo. Además, también es provisto un medio de procesamiento para procesar los respectivos datos de rango de distancia y datos de rango de ángulo para determinar la forma tridimensional del vehículo.

60 La presente memoria descriptiva divulga múltiples realizaciones. La siguiente divulgación es provista con el fin de permitir que una persona con experiencia normal en la técnica practique las invenciones. El lenguaje utilizado en esta memoria descriptiva no debería ser interpretado como una negación general de una realización específica o ser utilizada para limitar las reivindicaciones más allá del significado de los términos utilizados en las mismas. Los principios generales definidos en el presente documento se pueden aplicar a otras realizaciones y aplicaciones sin apartarse del alcance de la invención. Además, la terminología y la fraseología utilizadas tienen el propósito de describir realizaciones de ejemplo y no deben considerarse limitativas. Por lo tanto, las invenciones divulgadas en la

65

presente memoria tienen un alcance más amplio que abarca numerosas alternativas, modificaciones y equivalentes consistentes con los principios y características divulgados. Para fines de claridad, los detalles relacionados con el material técnico que se conoce en los campos técnicos relacionados con la invención no se han descrito en detalle para no oscurecer innecesariamente la presente invención.

5 La figura 1 muestra una vista en alzado frontal de un sensor optoelectrónico 105 de un sistema de detección que está montado sobre una carretera 110, que tiene una pluralidad de carriles 115 de circulación, para percibir, detectar y/o clasificar vehículos 120 que pasan por debajo del sensor 105 y también para activar el equipo de captura de video y/o audio. De acuerdo con una realización, el sensor 105 se utiliza en operaciones de cobro de peaje electrónico de varios carriles para detectar vehículos que viajan a velocidades de autopista. El sensor 105 está típicamente montado sobre los carriles de circulación en una grúa pórtico, un brazo de poste o una estructura de techo de plaza de peaje 125. Más específicamente, el sensor está montado preferiblemente en o alrededor del punto central de una porción horizontal de la estructura 125 de grúa pórtico que se extiende por y encima de la carretera 110 y se mantiene en alto al estar fijamente unida a porciones verticales derecha e izquierda de la estructura 125 de grúa pórtico.

La figura 2 es una vista en alzado lateral del sensor 205 montado a una altura 'H' de aproximadamente 7 metros (23 pies) y en un ángulo 215 de orientación hacia abajo 'A' de 10 grados. Preferiblemente, el sensor está montado desplazado de lo normal de tal manera que un haz 225 emitido desde el sensor 205 se desplaza hacia abajo hacia la carretera e intersecta la carretera en un ángulo que, con respecto a la grúa pórtico 230, es inferior a 90 grados. Tal ángulo puede formarse teniendo el sensor 205 montado, con relación a la grúa pórtico 230, utilizando un ángulo 215 de orientación hacia abajo en un rango de menos de 25 grados y preferiblemente de aproximadamente 10 grados.

25 Con referencia a las figuras 1 y 2, durante el funcionamiento, el sensor 105 escanea la carretera, tomando mediciones de distancia/rango a lo ancho del camino debajo del sensor. Cuando no hay vehículos presentes, las mediciones de rango son iguales al rango de distancia en la carretera 110. Cuando un vehículo 120 está presente debajo del sensor, se mide la distancia a la superficie superior del vehículo y proporciona un perfil de altura transversal del vehículo en cada escaneo. Por lo tanto, cuando un vehículo pasa a través del rayo láser de escaneo, como se muestra en la figura 2, las distancias o rangos a varios puntos en la superficie del vehículo se miden emitiendo una pluralidad de rayos láser hacia el vehículo, detectando un haz reflector correspondiente para cada uno de la pluralidad de rayos láser, registrando el tiempo de vuelo para cada emisión y haz reflector correspondiente y utilizando los datos de tiempo de vuelo para generar información de distancia. En una realización, el sensor 105 escanea un rayo láser estrecho 135 a través del ancho del campo de visión de 90 grados a una velocidad de 120 escaneos por segundo (sps). El ancho del rayo láser estrecho permite la detección y separación de vehículos que se siguen de cerca y viajan a alta velocidad.

Estos rangos o distancias medidas se utilizan luego para generar un perfil de vehículo. El perfil se forma utilizando transformaciones geométricas, bien conocidas en la técnica, para las mediciones de distancia obtenidas. En una realización, el escaneo de láser se lleva a cabo en varios ángulos de escaneo para obtener un rango más amplio de mediciones de distancia, y para generar un perfil de vehículo más preciso.

En una realización, estas mediciones se transmiten (utilizando una red cableada o inalámbrica) en tiempo real a un ordenador que está programada para detectar, clasificar y determinar de forma única la posición de cada vehículo en la carretera. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, el telémetro de láser de escaneo mide un único perfil de plano que permite una precisión mejorada de la detección y activación del vehículo. En una realización, las mediciones del rango de tiempo de vuelo pulsado proporcionan perfiles de vehículo precisos de $\pm 2,5$ cm ($\pm 1,0$ pulgadas). Mediante la transmisión de escaneos consecutivos al ordenador, se puede desarrollar un perfil tridimensional completo del vehículo en tiempo real.

50 Debe observarse en el presente documento que la altura de montaje del sensor puede variar con cada sitio de instalación. Diversas correlaciones de ancho de haz horizontal y altura de montaje son provistas a continuación y se muestran con respecto a la figura 4, que proporciona una tabla que proporciona cobertura de carril, en términos de ancho 405 de haz horizontal, con respecto a alturas 415 de montaje variables para el sensor cuando el sensor está inclinado a 0 grados en el tráfico. En una realización preferida, el ángulo de orientación hacia adelante 'A' está en el rango de 0 a 10 grados para crear alta reflexión de la luz de láser emitida. Opcionalmente, se puede pintar una banda reflectante en la superficie de la carretera a lo largo de la carretera posicionada con un ángulo de observación mayor de 10 grados para aumentar la reflexión de la luz de láser emitida. Se emplea opcionalmente una banda reflectante si el pavimento es muy negro y, por lo tanto, de baja reflectividad. Esto asegura que haya una cantidad suficiente de energía reflejada en la lluvia, donde el agua está sobre el pavimento y tiende a reflejar la energía lejos del escáner (un efecto similar al espejo).

65 Con referencia de nuevo a las figuras 1 y 2, de acuerdo con una realización, el sensor 105, 205 emplea un telémetro de tiempo de vuelo pulsado que comprende un transmisor de láser de diodo y un receptor de fotodiodo de avalancha de silicio (APD) en una configuración fuera del eje yuxtapuesta. Como referencia, un fotodiodo de avalancha, como se utiliza en este documento, es un fotosensor que genera una gran cantidad de corriente cuando es golpeado por

una pequeña cantidad de vuelo debido a la avalancha de electrones. El transmisor comprende el láser de diodo, su circuito de accionador y una lente de colimación. El receptor óptico comprende una lente objetivo, filtro óptico de banda estrecha, detector/amplificador y detector de umbral, cada uno acoplado entre sí.

5 El láser de diodo, en una realización, es un láser de inyección de InGaAs accionado por un accionador de diodos para producir una salida pulsada. Un impulso de activación desde un circuito de control del escáner activa el láser en los ángulos de escaneo necesarios. En una realización, una longitud de onda de emisión de láser ideal para el receptor de APD de silicio es de 904 nm. La figura 5B muestra una pluralidad de parámetros de salida de láser de acuerdo con una realización de la presente invención, que incluyen, pero no se limitan a longitud de onda, ancho de impulso máximo, energía máxima por impulso y potencia media de láser. En una realización, la longitud de onda del láser es 904 nm. En una realización, el ancho de impulso máximo es 8 ns. En una realización, la energía máxima por impulso es 64 nJ. En una realización, la potencia media de láser es 8 μ W. Los valores provistos anteriormente son valores de ejemplo que reflejan una realización de la presente invención. Cabe señalar que estos valores pueden cambiar y que puede haber ligeras variaciones de unidad a unidad debido a las fluctuaciones en la fabricación.

15 De acuerdo con una realización de la presente invención, el sensor también emplea un cubo de cuatro caras giratorio para escanear en línea, y por lo tanto, dirige efectivamente el impulso de láser de diodo a través de su campo de visión (carretera) en línea recta. Por lo tanto, el cubo de cuatro caras se emplea como colimador de láser. Con referencia a la figura 6, el escáner 601 de cubo gira continuamente en una dirección a una velocidad constante. El escáner 601 de cubo comprende cuatro lados, o caras, 601a, 601b, 601c y 601d. En una realización, el escáner 601 de cubo comprende un bloque cuadrado o rectangular 691 formado por cuatro caras 601a, 601b, 601c y 601d y un segundo bloque cuadrado o rectangular 692 también formado por cuatro caras. El segundo bloque 692, que está configurado para recibir y reflejar energía transmitida desde el láser 602 de diodo, y el primer bloque 691, que está configurado para recibir y reflejar la energía reflejada desde la carretera o los vehículos, puede estar separado por un espacio y puede estar físicamente acoplado a través de un eje de tal manera que los dos bloques 691, 692 sean capaces de girar uno con respecto al otro. Los dos bloques 691, 692 están montados en una base 693 que puede estar separada del segundo bloque 692 por un espacio y acoplarse a ambos bloques de una manera que les permita girar.

30 Cada cara en cada bloque 691, 692 comprende una superficie reflectante. El ángulo entre cada cara y entre cada cara y la base del bloque respectivo es de 90 grados. El cubo de escaneo de cuatro caras permite cuatro escaneos para cada revolución. Los sistemas de escaneo convencionales utilizan una única superficie de espejo montada en un ángulo de 45 grados con respecto al eje del láser, permitiendo así solo un escaneo por revolución del espejo. Al tener cuatro caras que son perpendiculares al eje del láser, el cubo 601 del presente sistema proporciona cuatro escaneos por revolución. Como tal, el motor en el presente sistema necesita girar solo a 1/4 de la velocidad de los motores en sistemas convencionales para lograr el mismo número de escaneos. Además, dado que el láser es pulsado a 1 grado de rotación en el presente sistema, el uso del cubo de cuatro lados permite que el láser en el presente sistema sea pulsado a 1/4 de la velocidad de repetición de los sistemas convencionales. Esto permite que el sistema actual haga girar el motor más rápido, escanee más rápido y pulse el láser a una frecuencia más baja, lo que evita que el láser trabaje en exceso o se caliente a una temperatura perjudicial.

45 El cubo giratorio permite una separación angular fija necesaria para escanear el láser 602 de diodo en una línea casi recta a través de una carretera entera, incluso aquellas que tienen tres o más carriles. Un mecanismo 603 de control de motor está acoplado al cubo 601 para facilitar la rotación. Las señales para el control 631 de velocidad del motor y la posición 632 de cara se generan a través de un procesador 610 de señal digital (DSP) que, en una realización, está conectado a un ordenador a través de una interfaz adecuada 660.

50 El DSP 610 también genera la señal 633 de activación por láser, que activa el accionador 604 de láser para activar el láser 602 de diodo. El haz de láser emitido por el láser de diodo se colima utilizando la lente 605. El haz 640 es dirigida por el escáner 601 de cubo giratorio y pasa a través de una ventana 606 de temperatura controlada para escanear el vehículo objetivo. Debido a que la ventana puede calentarse y/o refrigerarse, según sea necesario, la ventana es menos susceptible de volverse nublada o borrosa debido a la condensación.

55 En una realización, la circuitería de detección óptica convierte la radiación óptica reflejada desde el vehículo y/o la carretera en un análogo eléctrico equivalente de la radiación de entrada y, posteriormente, una señal de nivel lógico. Por lo tanto, el rayo láser reflejado desde el vehículo 650 de destino es dirigido nuevamente por el cubo de escaneo 601 a través de la circuitería de detección óptica que comprende una lente 607 de objetivo del receptor, un filtro 608 y un detector APD 609, y finalmente al receptor óptico 611. Las señales de nivel lógico se procesan dentro de una lógica 620 de contador de rango para producir datos 634 de rango digital.

60 En una realización, las mediciones del tiempo de vuelo pulsado son leídas por el procesador 610 de señal digital (DSP) y convertidas en mediciones de distancia/rango. En una realización, un convertidor de tiempo a digital (TDC) se utiliza como un circuito integrado en un solo chip para mediciones de tiempo de vuelo. Este dispositivo permite que el software integrado del sistema determine el rango de un objeto debajo del escáner al proporcionar el período de tiempo entre un impulso 635 de inicio, que se genera cuando se dispara el láser, y un impulso 636 de detención, que se genera cuando la energía reflejada del láser alcanza un objetivo y se refleja de nuevo en el escáner. El uso

de TDC proporciona una resolución mejor, un tamaño más pequeño, circuitería más simple, menor consumo de energía y menor coste cuando se compara con la circuitería multichip de conversión de tiempo a analógico (TAC) y conversión de analógico a digital (ADC) de la técnica anterior. Esto se debe a que, mientras que la tecnología TDC convierte segmentos de tiempo en una representación digital de ese momento, la tecnología TAC convierte un segmento de tiempo en un valor analógico que luego debe convertirse en un valor digital. El TAC requiere una cantidad relativamente grande de circuitería electrónica para realizar la tarea, mientras que un TDC consiste en un pequeño circuito integrado. El TDC consume aproximadamente el 0,005% del espacio de la placa de circuito impreso en comparación con el que necesita la circuitería de TAC equivalente. En una realización, la resolución de rango se mejora para que sea de ± 1 cm, frente a $\pm 7,62$ cm en la técnica anterior.

Además, el TDC puede recibir hasta cuatro impulsos de retorno de un único impulso de láser. De acuerdo con una realización, utilizando dos chips TDC en el sensor, y conmutación de ida y vuelta entre ellos, se pueden recibir ocho impulsos de retorno de un único impulso de láser. En una realización, con el rango máximo establecido a 35 pies (10,7 m), se reciben ocho impulsos de retorno en no más de 70 nS o 0,0000007 segundos. Cabe señalar que esto también se puede lograr utilizando un TAC, pero la cantidad de circuitería requerida para este fin ocuparía al menos 200 veces más espacio en una placa de circuito. Esta configuración mejora la capacidad de ver a través de las condiciones climáticas adversas de la lluvia, la nieve y la niebla al ignorar los retornos que provienen de las condiciones climáticas adversas y el uso de los retornos de los vehículos que viajan debajo del sensor.

La figura 5C muestra una pluralidad de factores ambientales y parámetros de rendimiento asociados en los que el sensor es capaz de funcionar de acuerdo con una realización de la presente invención. En una realización, los factores ambientales incluyen, pero no están limitados a, temperatura, choque térmico, humedad, lluvia, carga de nieve, carga de hielo, carga de viento, polvo, vibración, choque, fiabilidad y facilidad de mantenimiento.

En una realización, la geometría del láser y la óptica de colimación provistas (cubo de cuatro caras) proporcionan una huella de láser con una divergencia característica de 82,6u radianes en el eje vertical y 16,5m radianes en el eje horizontal. Cuando el sensor 105 que se muestra en la figura 1 es montado a 7,65 m (25 pies) por encima de la carretera, el ancho de la carretera en el suelo iluminado por los impulsos de láser de escáner 90 cubre 15,3 metros (50 pies). En una realización, cuando el sensor 105 es montado a aproximadamente 6 m (20 pies) por encima de la carretera, un único impulso láser ilumina una banda/huella de 0,762 mm (0,03") por 139 mm (5,49") en la carretera, proporcionando así alta resolución en el carril y cobertura óptima en el carril de cruce para dos o tres carriles cuando el láser se pulsa una vez cada grado del ángulo de escaneo. En otra realización, si el sensor es montado a una altura de 7 metros, por ejemplo, cada medición de rango para el rayo láser ilumina una banda/huella de 0,508 mm (0,02") por 115,6 mm (4,55") en el pavimento.

Con referencia a la figura 3, en otra realización cuando el sensor está montado a una altura de 25 pies (7,65 m), la huella de láser que cae sobre el pavimento es de aproximadamente 0,15 pulgadas (3,6 mm) en una dirección vertical 310 y 4,6 pulgadas (117 mm) en una dirección horizontal 305. Se debe apreciar que las huellas aparecen como bandas a lo largo del pavimento. Estas huellas de patrón "a bandas" se forman durante el escaneo y aparecen como sucesivas bandas en la carretera que solo tocan de un extremo a otro, proporcionando así una línea de detección continua. El patrón de huella a bandas es el resultado del uso de un láser de diodo donde la cara de salida del chip emisor de luz es de forma rectangular.

En una realización, el sistema genera 90 píxeles para cada escaneo, que se alinean a lo largo de la línea de escáner con muy poco espacio intermedio. Con la geometría de montaje de la figura 1, la relación de píxel a hueco es más de 18,8. El espacio entre los píxeles posteriores es de aproximadamente 6,6 mm (0,26") a esta altura de montaje. Por lo tanto, cualquier forma más grande que el tamaño del espacio, por ejemplo una barra de remolque de 5 cm (2") será detectada por al menos un píxel del sensor, permitiendo así la precisión de detección del vehículo superior al 99% en una realización. Este tipo de huella de láser que aparece como una línea de escaneo continua permite, por ejemplo, la detección de un remolque y también su fijación al vehículo remolcador. Se puede observar que la alta relación de píxel a espacio se consigue mediante el uso del diseño de líneas de escaneo continuo a bandas del presente sistema. En una realización, el láser se pulsa en intervalos de 1 grado. Con el intervalo conocido, se seleccionan el ancho y la óptica del láser apropiados para producir una divergencia específica del haz, de modo que el ancho del láser aumenta en tamaño a la velocidad exacta que la separación del ángulo. Un experto en la técnica apreciaría que los escáneres de láser convencionales tienen una huella redonda, a diferencia de una línea de escaneo continuo a bandas de la presente invención, y por lo tanto los escáneres convencionales producen una gran cantidad de superposición a medida que aumenta el rango, mientras que las realizaciones divulgadas actualmente minimizan la superposición.

La figura 5A es una tabla que muestra una pluralidad de parámetros de rendimiento para el sensor de la presente invención de acuerdo con una realización, tal como velocidad de escaneo, precisión de rango, resolución angular, etc. De acuerdo con un aspecto de las invenciones divulgadas, el cliente puede establecer y/o personalizar la puerta de rango mínima del sensor. Esto permite al cliente configurar el sensor para que ignore cualquier retorno hasta un rango predeterminado y solo procese distancias más allá de ese rango. En una realización, la puerta de rango mínimo puede ajustarse desde 0 pies (0 m) hasta 25 pies (7,6 m) en incrementos de 1/8 pies (38 mm). Esto también se puede utilizar para evitar que las condiciones climáticas adversas causen rangos cortos (falsas alarmas) que

puedan distorsionar el perfil tridimensional resultante del vehículo que se está escaneando.

En una realización, el cliente puede personalizar el número de impulsos que ocurrirán en cada escaneo. En una realización, el cliente puede personalizar el ángulo del escaneo. En una realización, el ángulo del escaneo se puede
5 ajustar desde un máximo de 90 grados hasta un mínimo de 20 grados. Una persona medianamente experta en la técnica apreciaría que otros parámetros pueden ajustarse por software de acuerdo con la preferencia del usuario.

Las personas con una experiencia normal en la técnica deberían apreciar que, dado que el sensor de la presente invención mide rangos en un solo plano, la velocidad del vehículo en movimiento es capturada opcionalmente por
10 otro sensor o sensores para permitir una medición tridimensional calibrada. Sin embargo, incluso un perfil 3-D no calibrado permite información valiosa sobre el perfil del vehículo y permite al ordenador distinguir fácilmente entre, por ejemplo, un camión y un autobús. Un experto en la técnica apreciaría que los diversos tipos de clasificaciones de vehículos, tales como camiones, autobuses, camionetas, automóviles, furgonetas, sedán, convertibles, compactos,
15 etc., solo están limitados por la complejidad del software, y por lo tanto, el sistema se puede adaptar para clasificar vehículos en cualquier cantidad de categorías. En una realización, el sistema puede clasificar hasta 12 clases de vehículos. En una realización, el sensor de la presente invención inicializa automáticamente el proceso de rango tras el encendido, y su proceso de autocalibración elimina la necesidad de cualquier ajuste de campo en la inicialización.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema de la presente invención tiene la capacidad de informar de la intensidad de los objetos reflejados junto con los datos de rango. El propósito de capturar la intensidad reflejada para cada píxel a
20 través de la línea de escaneo es realizar una corrección de rango y proporcionar datos adicionales al algoritmo de clasificación para determinar la clase de vehículo. Además, los datos de intensidad se pueden utilizar para mejorar la clasificación y detección de vehículos en condiciones climáticas adversas. En el caso de que se refleje la acumulación de agua o aceite en el suelo o la reflexión del parabrisas del vehículo, el rango informado por el sensor
25 puede ser significativamente más largo que el rango real de la superficie de referencia. Por lo tanto, la captura de datos de intensidad ayuda al usuario a comprender por qué los datos reportados por el sensor parecen ser incorrectos. Otro ejemplo de solución de problemas es el caso donde la alineación óptica del sensor ha sido alterada por razones desconocidas. En este caso, la intensidad reflejada en el escáner puede ser demasiado baja para una
30 alineación adecuada y consistente. En consecuencia, el análisis de los datos de rango e intensidad permite a los operadores del sistema identificar la causa del rendimiento reducido del sensor.

Los ejemplos anteriores son meramente ilustrativos de las muchas aplicaciones del sistema de la presente invención. Aunque solo se han descrito en el presente documento algunas realizaciones de la presente invención,
35 debe entenderse que la presente invención podría incorporarse en muchas otras formas específicas sin apartarse del alcance de la invención. Por lo tanto, los presentes ejemplos y realizaciones se deben considerar como ilustrativos y no restrictivos, y la invención se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema para determinar la forma tridimensional de un vehículo (120), comprendiendo el sistema:

5 un sensor (105) de distancia que comprende un transmisor (602) de láser y un fotodetector (609), para generar una pluralidad de rayos láser y para detectar una pluralidad de haces reflejados, correspondiendo cada uno de dichos haces reflejados a uno de la pluralidad de rayos láser generados;

10 un mecanismo (601, 603, 605) de escaneo, posicionado con relación al sensor (105) de distancia, para colimar cada uno de dichos rayos láser generados a través del vehículo (120), y en el que dicho mecanismo (601, 603, 605) de escaneo comprende unos medios (692) de escaneo multicara, teniendo cada cara una superficie reflectante, en el que dichos medios (692) de escaneo multicara están posicionados en relación con el sensor (105) de distancia de manera que se adaptan para reflejar los rayos laser generados, y en el que dicho mecanismo (601, 603, 605) de escaneo comprende además un circuito (603) de control del escáner en comunicación de datos con dicho sensor de distancia para activar la generación de los rayos láser para crear ángulos de escaneo predefinidos; y

15 un sistema (610) de procesamiento para determinar las mediciones de distancia desde el sensor (105) de distancia hasta porciones del vehículo (120) utilizando mediciones de tiempo de vuelo derivadas de los tiempos de dichos rayos láser y haces reflejados generados, cuando el vehículo (120) se desplaza dentro de una zona de detección del sensor (105) de distancia y para determinar un forma tridimensional del vehículo (120) basándose en dicha medición de distancia, caracterizado porque dichos medios escaneo multicara son un cubo de cuatro caras.

20 2.- El sistema de la reivindicación 1 que comprende además un convertidor de tiempo a digital (TDC) para mediciones de tiempo de vuelo.

25 3.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el cubo (692) de cuatro caras gira continuamente en una dirección a una velocidad constante.

30 4.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el cubo (692) de cuatro caras permite cuatro escaneos para cada revolución.

35 5.- El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema genera una pluralidad de huellas de láser y en el que dichas huellas de láser aparecen como bandas que tocan de extremo a extremo y proporcionan una línea de detección continua.

40 6.- Un método para determinar una forma tridimensional de un vehículo (120) que pasa a través de una zona de detección de un sensor (105) de medición que comprende un transmisor (602) de láser y un fotodetector (609), comprendiendo el método:

45 escanear una pluralidad de rayos láser a través del vehículo (120) utilizando un mecanismo (601, 603, 605) de escaneo, que comprende medios (692) de escaneo multicara, dichos medios (692) de escaneo multicara teniendo superficies reflectantes que se utilizan para dirigir los rayos láser a través de su campo de visión en línea recta, comprendiendo además dichos mecanismos (601, 603, 605) de escaneo un circuito (603) de control del escáner que activa el láser en ángulos de escaneo predefinidos;

50 determinar un rango de distancia desde el sensor (105) de rango hasta porciones del vehículo (120) utilizando mediciones de tiempo de vuelo; y

55 procesar los datos del rango de distancia para cada ángulo de escaneo para determinar la forma tridimensional del vehículo (120), caracterizado porque los medios de escaneo multicara son un cubo de cuatro caras.

7.- El método de la reivindicación 6, en el que el cubo de cuatro caras (692) gira continuamente en una dirección a una velocidad constante durante el escaneo.

8.- El método de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el que el cubo (692) de escaneo está adaptado para producir cuatro escaneos para cada revolución.

9.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende además utilizar un convertidor de tiempo a digital (TDC) para mediciones de tiempo de vuelo.

60 10.- El sistema de la reivindicación 2 o el método de la reivindicación 9, en el que el TDC está adaptado para recibir hasta cuatro impulsos de retorno desde un único impulso de láser.

65 11.- El sistema de la reivindicación 2 o el método de la reivindicación 9, en el que el sistema comprende al menos dos TDC o el método comprende utilizar al menos dos TDC.

ES 2 659 214 T3

12.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, que comprende general una pluralidad de huellas de láser durante un escaneo y en el que cada una de dichas huellas de láser aparece como bandas que tocan de extremo a extremo y proporcionan una línea de detección continua.

5 13.- El sistema o método de cualquier reivindicación precedente, en el que la resolución de distancia de las mediciones es ± 1 cm.

14.- El sistema o método de cualquier reivindicación precedente, en el que los límites de las mediciones de distancia son personalizables.

10 15.- El método de cualquier de las reivindicaciones 6 a 14, en el que el circuito (603) de control del escáner activa un impulso de láser una vez por cada grado de ángulo de escaneo.

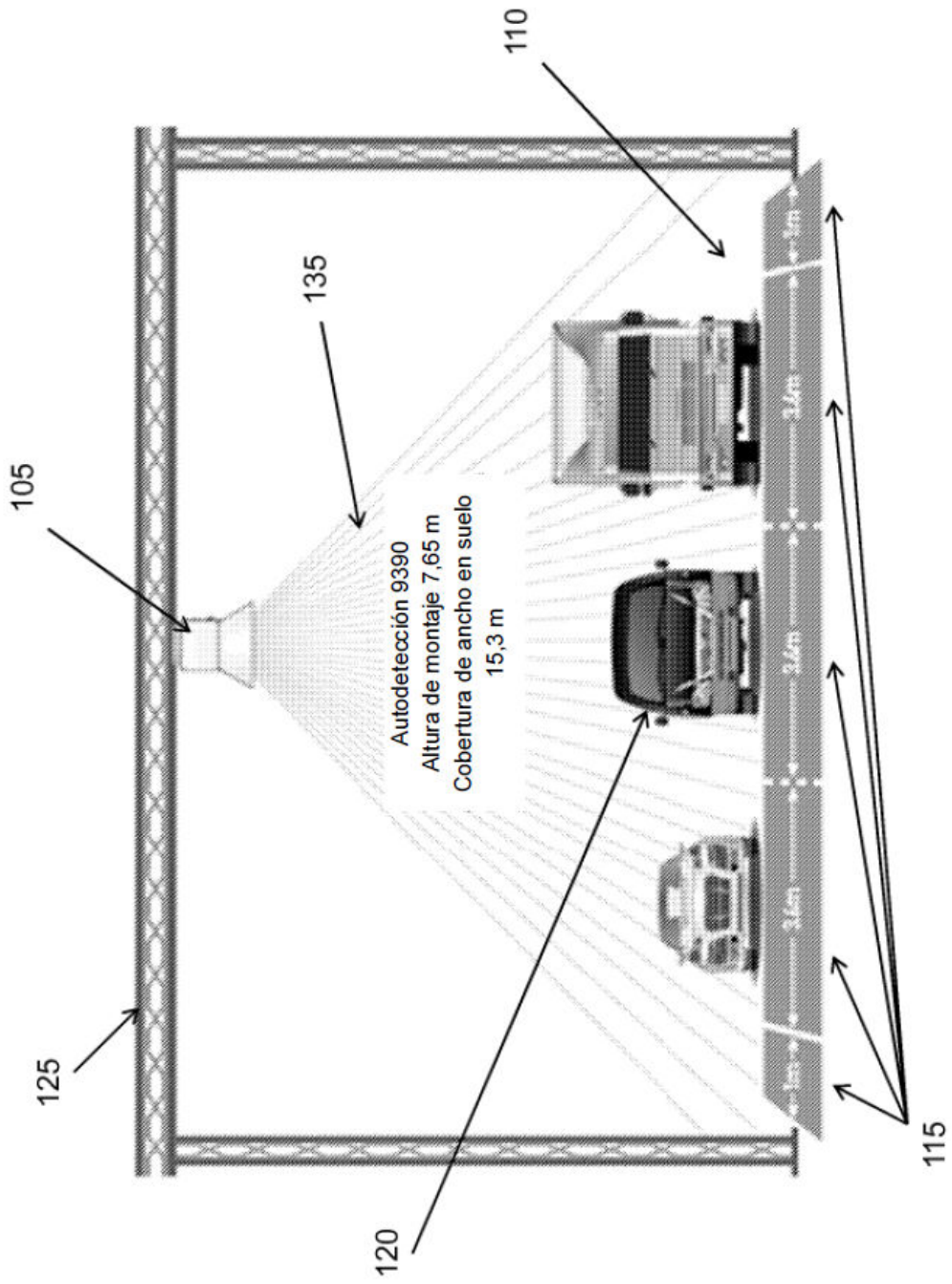


FIG. 1

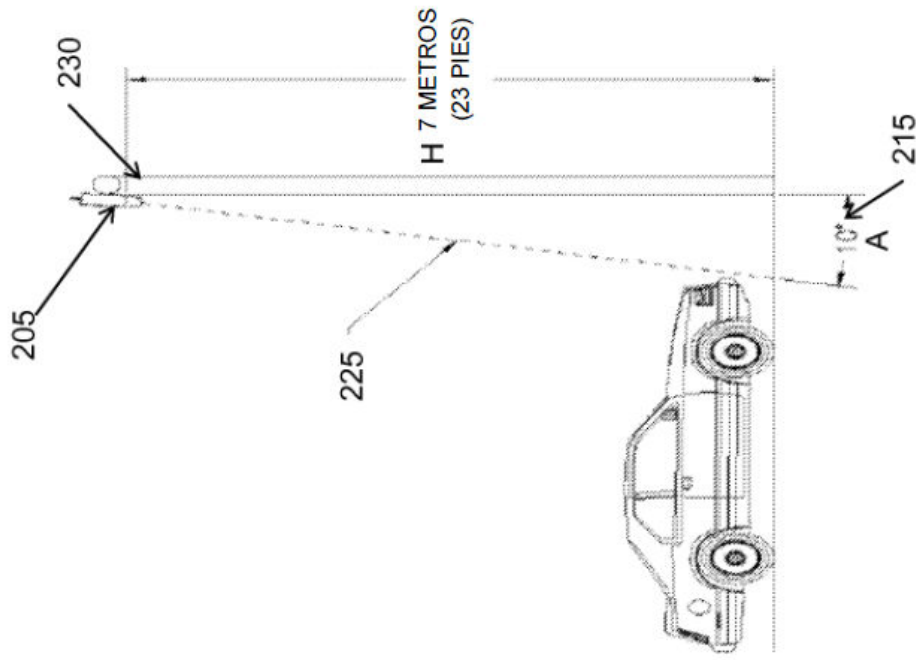


FIG. 2

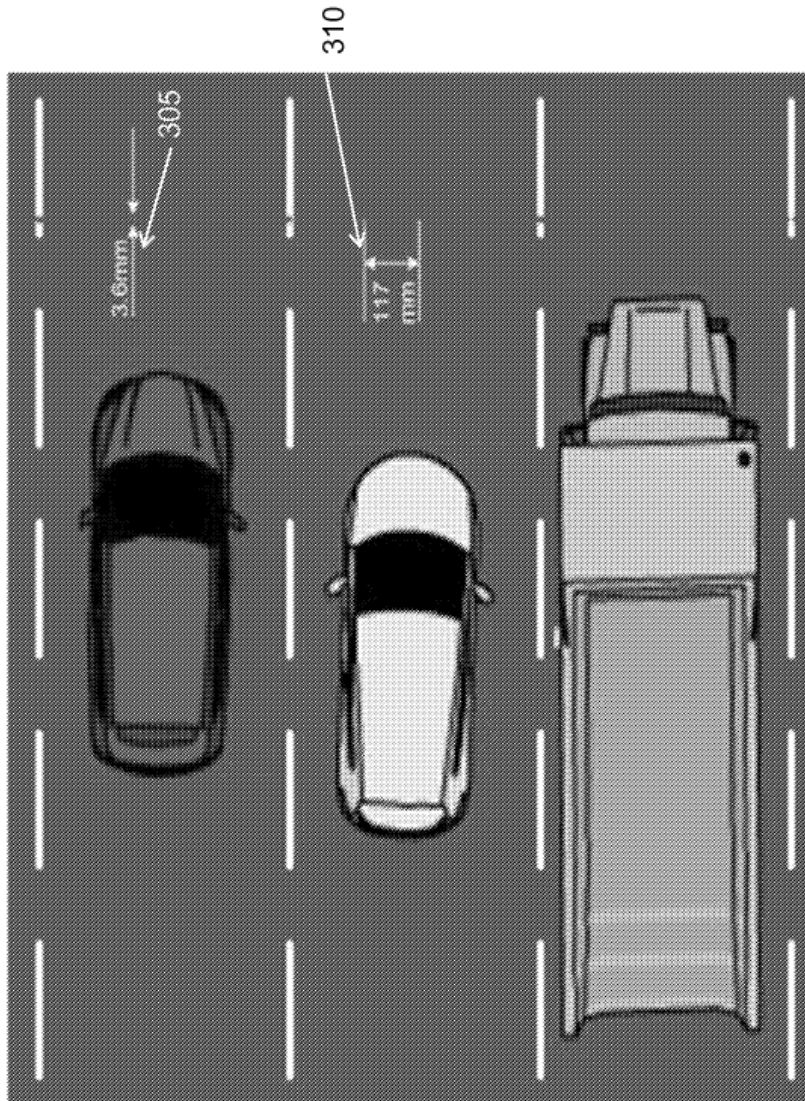


FIG. 3

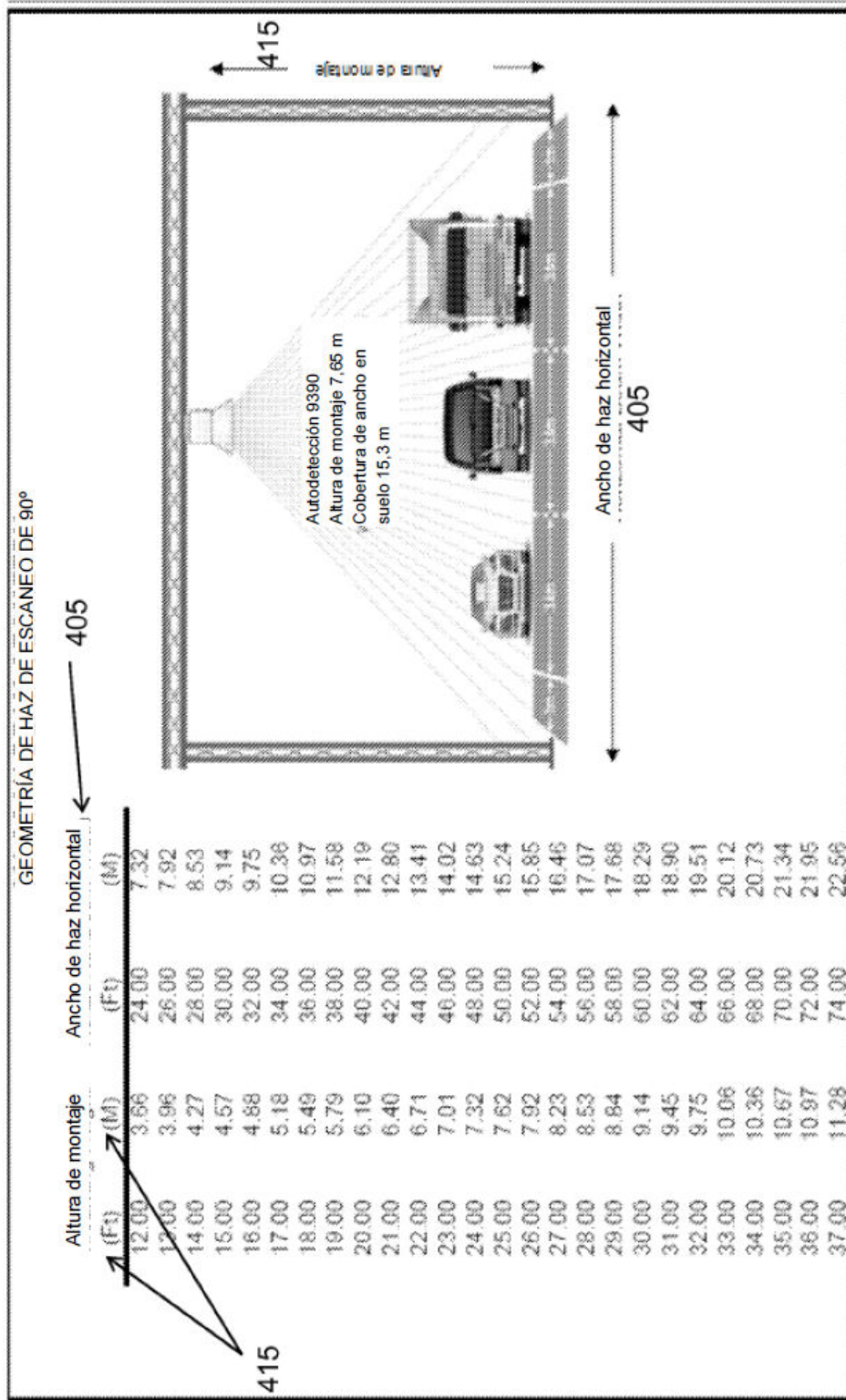


FIG. 4

Parámetro	Especificación
Velocidad de escaneo	120 Hz
Resolución angular	1 grado
Rango mínimo	2 pies (0,6 m)
Rango máximo	35 pies (10,7 m)
Cobertura de ancho	46 pies en altura de montaje de 23 pies (14 m en altura de montaje de 7 m)
Precisión de rango	± 1 pulgada (±2,5 cm)

FIG. 5A

Parámetro	Especificación
Longitud de onda	904 nm
Ancho de impulso (Máximo)	8 ns
Energía por impulso (Máximo)	64 nJ
Potencia de láser (Media)	8 μ W

FIG. 5B

Parámetro	Especificación
Temperatura	-40 a +70 grados C (con carga de sol)
Choque térmico	15 grados C por minuto
Humedad	Condensación de 0 a 100%
Lluvia	0,8 pulgadas/hora (20 mm/hora) funcionando 4 pulgadas/hora (100 mm/hora) máximo
Carga de nieve	20 libras/pies ² (98 kg/m ²)
Carga de hielo	Acumulación en 0,6 pulgadas (15mm)
Carga de viento	43 nudos estables, ráfagas de 73 nudos
Polvo	1 g/m ³ con partículas de diámetro de 10-100 micrómetros
Vibración	5 a 30 Hz, 0,5 G para 3 minutos en cada eje
Choque	10 G en cada eje
Fiabilidad	>50000 horas (Tiempo medio entre fallos)
Facilidad de mantenimiento	15 minutos (tiempo medio de reemplazo)
Clasificación de IP	IP66 (IPAX por IEC60950-22 Versión 2005)

FIG. 5C

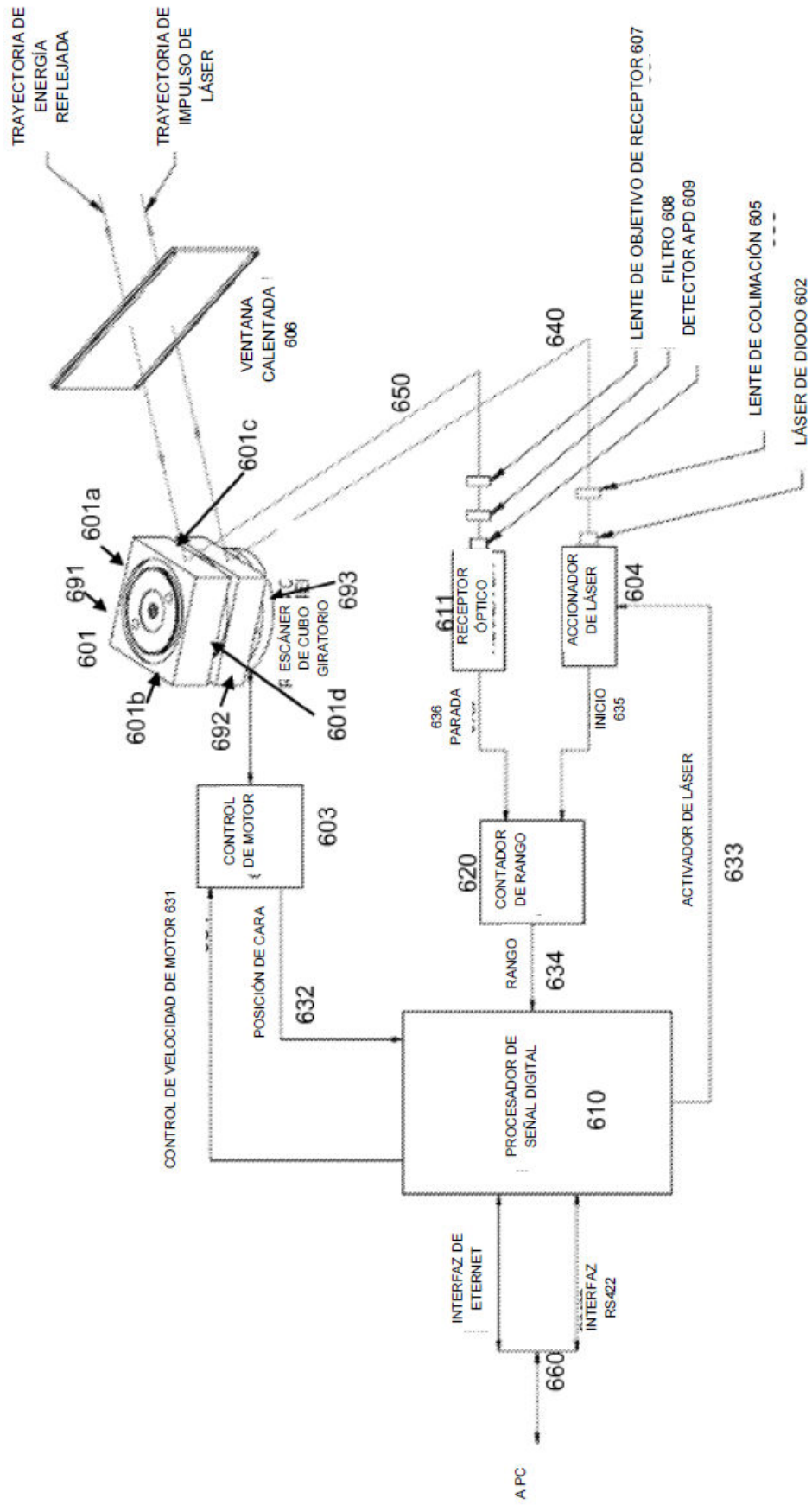


FIG. 6