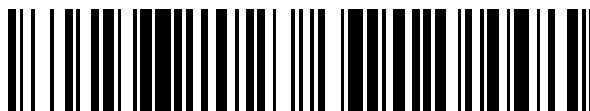


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 651**

51 Int. Cl.:

G01M 17/02 (2006.01)

G01B 11/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2014 PCT/GB2014/053132**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15059457**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2014 E 14787051 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 3060899**

54 Título: **Método y aparato para analizar el estado de neumáticos**

30 Prioridad:

24.10.2013 GB 201318824

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

02.04.2018

73 Titular/es:

**WHEELRIGHT LIMITED (100.0%)
Begbroke Centre for Innovation&Enterprise
Begbroke Hill Woodstock Road
Begbroke Oxfordshire OX5 1PF, GB**

72 Inventor/es:

**TAYLOR, PAUL MICHAEL;
BRADLEY, WILLIAM JAMES;
BEEKER, WILLEM PAUL y
CODD, ALEXANDER PAUL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 661 651 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

Método y aparato para analizar el estado de neumáticos

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para evaluar el estado de un neumático de vehículo en una rueda, mientras que la rueda está girando y el vehículo se está moviendo. En particular, la invención se refiere a la medición de la profundidad de la banda de rodadura del neumático.

10 Un sistema se divulga en el documento US 5987978 para medir la profundidad de la banda de rodadura de un neumático. En una realización, una fuente de luz se utiliza para iluminar un neumático oblicuamente, de tal manera que las sombras se forman dentro de las porciones rebajadas de la banda de rodadura. Se proporciona una segunda fuente de luz para iluminar el neumático desde una dirección diferente. La primera y la segunda fuentes de luz se pueden disponer para operar en una secuencia alternativa y se pueden disponer de tal manera que la luz que producen viene desde direcciones opuestas. Aquellas porciones del neumático que se iluminan reflejarán una mayor
15 intensidad de luz que las porciones en la parte inferior de las bandas de rodadura que se encuentran en una región sombreada. Mediante la comparación de los patrones de luz reflejados cuando el neumático se ilumina desde cada lado, es posible calcular la profundidad de la banda de rodadura. Se afirma que a medida que el neumático se desgasta, la profundidad de las ranuras de la banda de rodadura disminuye y finalmente se desgastará hasta el punto de que la luz se pueda reflejar desde la parte inferior de las ranuras. Se afirma que una vez que esto ocurre, la anchura de la sombra se relacionará directamente con la profundidad de la banda de rodadura. La luz reflejada se dirige hacia una cámara, donde se captura y se envía a un procesador de datos para el procesamiento de la imagen. El aparato del documento US 5987978 no mide la profundidad de la banda de rodadura de un neumático en múltiples posiciones alrededor de su circunferencia, mientras el neumático está girando y moviéndose a lo largo de una superficie. En lugar de ello, el neumático se puede hacer girar en un banco de pruebas tal como un camino de
20 rodadura, o un sensor se puede mover alrededor de la periferia de un neumático, por ejemplo, durante una inspección en carretera.

En el documento US 8542881 se divulga un sistema de inspección de neumáticos automatizado de visión asistida por ordenador para la inspección en movimiento de los neumáticos de vehículos. Una cámara en un puesto de
30 adquisición de imágenes captura imágenes digitales de los neumáticos de un vehículo que se aproxima, y en particular de las bandas de rodadura y paredes laterales a medida que el vehículo pasa a través de un puesto de inspección. Hay una luz en el puesto de adquisición de imágenes, y ésta también puede estar físicamente separada del puesto de adquisición de imágenes. Imágenes suficientes son capturadas para cubrir toda una revolución de un neumático. Se afirma que las imágenes se analizan para determinar la profundidad de la banda de rodadura del neumático. No hay ninguna divulgación de cómo se mide la profundidad de la banda de rodadura, mediante las
35 imágenes.

El documento US 2006/232787 divulga un método y aparato para el uso de un haz de luz lineal formado a partir de un rayo láser expandido para determinar el perfil superficial de un cuerpo sólido, por ejemplo, una rueda.
40

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema eficaz para la medición de la profundidad de la banda de rodadura de un neumático en múltiples posiciones alrededor de su circunferencia, mientras que el neumático está, girando y moviéndose longitudinalmente sobre una base.

45 De acuerdo con un aspecto, la presente invención proporciona un método para evaluar el estado de un neumático en una rueda que está montada en un vehículo, mientras el vehículo se está moviendo y el neumático está girando y moviéndose longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, teniendo la periferia del neumático porciones de banda de rodadura separadas por huecos de la banda de rodadura; en el que el método comprende utilizar un dispositivo de formación de imágenes para capturar imágenes desde una pluralidad de
50 diferentes porciones de la periferia del neumático mientras que el neumático completa al menos una parte importante de una revolución completa, capturándose las imágenes mientras se activa una fuente de luz para iluminar las porciones de la periferia del neumático; y las imágenes se analizan para determinar la profundidad de los huecos de la banda de rodadura; en el que

una serie de una pluralidad de fuentes de luz se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección longitudinal;

un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento, de modo que solo una de dichas fuentes de luz de la serie
60 ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes;

cuando se activa una fuente de luz para iluminar una porción de la periferia del neumático, la fuente de luz provoca la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; el dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático; y la imagen se analiza por el aparato de procesamiento de datos que determina la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura.
65

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención proporciona un aparato para evaluar el estado de un neumático de vehículo en una rueda, mientras que el neumático está girando y moviéndose longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, teniendo la periferia del neumático porciones de banda de rodadura separadas por huecos de la banda de rodadura; en el que el aparato comprende un dispositivo de formación de imágenes y una fuente de luz, estando el dispositivo de formación de imágenes dispuesto para capturar imágenes de una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático mientras que el neumático completa al menos una parte importante de una revolución completa, capturándose las imágenes mientras se activa la fuente de luz para iluminar las porciones de la periferia del neumático; y un sistema de procesamiento de datos configurado para procesar las imágenes para permitir la determinación de la profundidad de los huecos de la banda de rodadura; en el que

una serie de una pluralidad de fuentes de luz se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección longitudinal;

un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento, de modo que solo una de dichas fuentes de luz de la serie ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes;

cuando se activa una fuente de luz para iluminar una porción de la periferia del neumático, la fuente de luz provoca la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; estando el dispositivo de formación de imágenes dispuesto para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático; y el sistema de procesamiento de datos se configura para analizar la imagen con el fin de determinar la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura.

Por lo tanto, se obtienen imágenes de la superficie del neumático, mientras que la rueda y el neumático se están moviendo a lo largo de la trayectoria de movimiento, que puede ser ya sea hacia o lejos del dispositivo de formación de imágenes y las fuentes de luz, para al menos una parte importante de la circunferencia de la rueda, es decir, al menos aproximadamente la mitad. Durante el proceso de formación de imágenes, no habrá un cambio considerable en la distancia entre el dispositivo de formación de imágenes y la superficie que está siendo fotografiada. Por ejemplo, si un neumático tiene un diámetro de aproximadamente un metro, la mitad de la circunferencia sería de más de 1,5 m. El dispositivo de formación de imágenes se dispone para recoger las imágenes, en el foco, del neumático giratorio mientras que el neumático se mueve hacia o lejos del dispositivo de formación de imágenes por esta distancia. Para neumáticos más grandes y/o para recoger imágenes a través de una porción más grande del neumático, el dispositivo de formación de imágenes recogerá imágenes mientras el neumático se mueve hacia o lejos del dispositivo de formación de imágenes a una distancia mayor. Poder recoger varias imágenes, en las realizaciones preferidas que cubren toda la circunferencia del neumático, mientras que el vehículo se está moviendo a lo largo, es una ventaja considerable en términos de la facilidad de uso del sistema en comparación con el documento US 5987978.

El uso de una pluralidad de fuentes de luz que están longitudinalmente separadas y que se activan de forma secuencial mientras la rueda se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento de modo que, cuando se captura una imagen, una sola fuente de luz está iluminando el neumático, significa que siempre hay suficiente iluminación del neumático de modo que una buena imagen puede obtenerse, mientras que el uso de solo una única fuente puntual de luz significa que se pueden obtener y analizar sombras bien definidas para determinar la profundidad de la banda de rodadura. Cada fuente de luz proporciona una zona de iluminación y la trayectoria de movimiento de la rueda se extiende a través de la pluralidad de zonas, pasando de una a la siguiente. En una realización preferida, las zonas de iluminación se superponen. Cuando la rueda está completamente dentro de una primera zona, una primera fuente de luz se activa y la segunda fuente de luz no se activa. Cuando la rueda ha entrado en el área de superposición con la segunda zona, la primera fuente de luz se desactiva y la segunda fuente de luz se activa. Del mismo modo, cuando la rueda ha entrado en el área de superposición con una tercera zona, la segunda fuente de luz se desactiva y la tercera fuente de luz se activa. Esto continúa hasta que la penúltima fuente de luz de la serie se desactiva y la última fuente de luz se activa. Cuando se dice que una rueda ha entrado en el área de superposición, esto incluye tomar una acción a medida que la rueda entra en la zona, inmediatamente después de que la rueda entra en la zona, o en cualquier otro momento adecuado cuando la rueda se encuentra en la zona de superposición.

Se apreciará que si las zonas de iluminación no se superponen, habrá una región de la periferia del neumático que no estará brillantemente iluminada durante su trayectoria a través del sistema, por lo que habrá un hueco en las imágenes de alta calidad si la intención es la captura de imágenes alrededor de toda la periferia del neumático.

Una zona de iluminación tendrá por lo general (en dos dimensiones) la forma de un segmento que está centrado alrededor de la dirección principal en la que se dirige la salida de la fuente de luz. En tres dimensiones, la zona de iluminación podría ser cónica, pero puede ser preferible conformar la salida de la fuente de luz de modo que la sección transversal no sea circular, sino que sea, por ejemplo, elíptica.

Cuando se dice que las fuentes de luz están longitudinalmente separadas, esto no implica que todas las fuentes de

5 luz se encuentran en una línea que es paralela a la trayectoria de movimiento del neumático, aunque en algunas realizaciones las fuentes de luz se encontrarán en una línea de este tipo o en una que es generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del neumático. Sin embargo, las fuentes de luz podrían estar en una línea que está algo inclinada en relación con la dirección paralela, o las fuentes de luz pueden no estar en una línea en lo absoluto. Las fuentes de luz de la serie se pueden separar uniformemente o separarse generalmente de forma uniforme, o puede haber variación en la separación.

10 De acuerdo con la invención, el método no implica el uso de un láser u otra luz colimada para iluminar el neumático. En cambio, el sistema utiliza iluminación no colimada adecuadamente dirigida, que ilumina una porción significativa de la periferia del neumático en lugar de proporcionar una línea de exploración. La fuente de luz se elige preferentemente para ser lo suficientemente brillante como para ser la fuente de luz dominante que ilumina la banda de rodadura, teniendo en cuenta la luz ambiental de fondo. En algunas realizaciones se prefiere una fuente de luz que ofrezca varios miles de lúmenes, tal como una lámpara de haluro metálico o un diodo emisor de luz (LED) o un número de LED montados juntos de modo que actúen como una fuente sustancialmente puntal de luz. Por lo
15 general, la expresión "fuente puntual" abarca una pluralidad de fuentes de luz que se disponen una junto a la otra y, con la finalidad de iluminar el neumático y crear una sombra bien definida, operan efectivamente como una fuente de luz puntual.

20 Las fuentes de luz deberían ser la fuente de luz dominante, pero en muchos casos habrá iluminación ambiental tal como la luz del día. La provisión de luz ambiental puede ayudar a controlar el contraste de las imágenes. Esto podría lograrse asegurando que haya suficiente luz del día, o proporcionando suficiente iluminación de fondo por iluminación artificial general, en particular, si el sistema se utiliza bajo cubierta, tal como en interiores, o el sistema se utiliza por la noche o al momento en que hay insuficiente luz. En algunos casos, puede ser deseable utilizar una fuente secundaria específica de la luz de menor intensidad que cada fuente de luz de la serie.

25 El dispositivo de formación de imágenes debe tener una profundidad de campo y velocidad de fotogramas suficientes de modo que de la superficie del neumático se puedan obtener imágenes múltiples veces a medida que el neumático está rodando hacia delante. La capacidad de obtener imágenes del neumático dependerá de la geometría de los neumáticos y de la ubicación de la cámara; la velocidad del vehículo; la resolución del dispositivo de formación de imágenes; el campo de visión del dispositivo de formación de imágenes; el tiempo de exposición; las condiciones de iluminación; y las condiciones ambientales. Las imágenes capturadas pueden ser a color o en
30 escala de grises. Si se capturan imágenes a color, en la posterior evaluación de la profundidad de la banda de rodadura, las imágenes en escala de grises se pueden utilizar en algunas realizaciones.

35 La operación del dispositivo de formación de imágenes comienza normalmente cuando la rueda alcanza un punto de disparo que puede ser detectado por cualquier sistema detector conocido, ya sea mecánico, óptico, magnético, eléctrico o de otro modo. El punto de disparo también se puede utilizar para iniciar la activación secuencial de las fuentes de luz.

40 Si se determina la velocidad del vehículo, la secuencia de activación y desactivación de las fuentes de luz puede de forma secuencial basarse en el tiempo. En una realización preferida, sin embargo, hay sensores para detectar cuando un neumático se encuentra en una posición adecuada para la desactivación de la fuente de luz y la activación de la siguiente fuente de luz. En algunos casos, puede ser necesario tener activado la fuente de luz adyacente juntas de modo que hayan zonas superpuestas de iluminación. Esto podría ocurrir si, por ejemplo, hay un
45 vehículo tal como una unidad de tractor del vehículo de mercancías pesadas que tiene un eje aproximadamente separado la misma que la distancia que entre los sensores que activan/desactivan las fuentes de luz, de modo que una rueda delantera y una rueda trasera operan los sensores a aproximadamente el mismo tiempo. Esto podría dar como resultado fuentes de luz adyacentes que se activan al mismo tiempo, pero las fuentes de luz se operan de forma controlada de modo que el neumático no se encuentra en la región de iluminación solapada cuando se capturan las imágenes. Por ejemplo, una primera fuente de luz se desactivaría antes de que el neumático entre en la región de superposición. Esto puede restringir la cantidad de la circunferencia del neumático de la rueda trasera que se forma o representa con imágenes efectivamente.

55 Normalmente, el dispositivo de formación de imágenes es una cámara convencional que se utiliza para tomar una serie de imágenes fijas, y preferentemente una cámara digital. Sin embargo, una cámara de vídeo se podría utilizar y fotogramas individuales inspeccionados, o un dispositivo de proyección de imágenes especializado se podrían utilizar.

60 Se ha encontrado que la resolución total de las imágenes depende de la resolución del dispositivo de formación de imágenes, la distancia entre el dispositivo de formación de imágenes y el objetivo, el ángulo de visión, la distorsión de curvatura y el desenfoque del movimiento. Mover la cámara más cerca del objetivo mejora la "mejor" solución, pero empeora la "peor" resolución. Alejar la cámara logra un rendimiento más consistente.

65 El desenfoque del movimiento aumenta a medida que el objetivo se mueve hacia el neumático, lejos de la superficie, pero la resolución superficial mejora debido al ángulo de la superficie del neumático.

Una cámara de alta resolución proporcionará una resolución más alta por imagen, pero puede ser incapaz de tomar imágenes de forma suficientemente rápida para cubrir toda la periferia del neumático en una pasada.

5 La resolución más alta de la superficie del neumático será cuando la cámara se encuentre más cerca del neumático. Sin embargo, si la cámara está enfocada nítidamente cuando está cerca, el foco más alejado será pobre. Para obtener una mejor resolución en promedio puede ser preferible tener una longitud focal mínima más grande pero una mejor profundidad de campo.

10 Una apertura más pequeña proporcionará una mayor profundidad de campo. Sin embargo, se requerirá a continuación una iluminación más fuerte y/o un mayor tiempo de exposición – lo que aumenta el desenfoque del movimiento.

15 Se ha determinado que cuando se utiliza una cámara no es fácil el enfoque automático y zoom entre disparos, sobre todo si la iluminación es a través de una luz estroboscópica o un flash y el neumático es oscuro entre disparos. Por tanto, se prefiere, en algunas realizaciones, tener una lente de longitud focal fija, con una apertura que se establece suficientemente pequeña para dar una profundidad de campo que se extiende a lo largo de la distancia que el vehículo se desplaza al menos durante una revolución de la rueda, o tal otra distancia recorrida, mientras que las imágenes están siendo capturados. La exposición debe ser suficientemente corta para evitar el desenfoque del movimiento, y esto requiere el uso de una fuente de iluminación muy brillante.

20 En algunas realizaciones, el dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger varias imágenes mientras el neumático completa al menos aproximadamente el 50 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 55 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 60 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 65 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 70 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 75 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 80 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 85 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 90 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 95 % de una revolución completa del neumático; o al menos una revolución completa del neumático.

35 Cuando se afirma que las imágenes se recogen de diferentes porciones separadas alrededor de dicha superficie exterior del neumático, esto no implica que hay necesariamente una serie continua de imágenes cubriendo toda la periferia de la superficie exterior del neumático, aunque eso es una característica de una realización preferida de la invención y en esa realización de la invención, hay imágenes suficiente para proporcionar una serie continua que cubre la periferia exterior de la superficie exterior del neumático. Las imágenes pueden ser de porciones de superposición de la superficie exterior del neumático. En una realización alternativa, las imágenes pueden ser en relación con porciones circunferencialmente separadas de la superficie exterior del neumático, por lo que hay una serie discontinua de imágenes alrededor de la periferia de la superficie exterior del neumático. En una disposición de este tipo, las imágenes entre las mismas cubren preferentemente al menos aproximadamente el 50 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 55 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 60 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 65 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 70 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 75 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 80 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 85 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 90 % de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 95 % de la periferia del neumático.

50 En algunas realizaciones de la invención, las imágenes no se recogen completamente hasta que se ha completado una revolución y puede haber un hueco de la imagen final recogida para completar la revolución. En las realizaciones preferidas, las imágenes se recogen durante un periodo continuo que cubre al menos aproximadamente el 50 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 55 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 60 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 65 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 70 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 75 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 80 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 85 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 90 % de una revolución completa del neumático; o al menos aproximadamente el 95 % de una revolución completa del neumático; o al menos una revolución completa del neumático.

60 Se apreciará que en algunas circunstancias, no será posible tomar imágenes imagen del 50 % de la periferia de un neumático, por ejemplo, cuando un neumático está oscurecido por otro neumático en la parte delantera, o en el lado, y/o es la estructura del vehículo la que oscurece el neumático. La cantidad de la circunferencia del neumático de la que se pueden obtener imágenes puede ser tan baja como el 10 % o incluso menos. En ese caso, el método de la invención solo es aplicable a otros neumáticos en el vehículo que no están tan oscurecidas. El aparato de la invención es todavía capaz de recoger suficientes imágenes de un neumático, incluso si no se pueden tomar imágenes de uno o más neumáticos de un vehículo de forma suficiente, o en absoluto, e incluso si no hay

neumáticos en un vehículo particular de donde se puedan tomar imágenes de forma suficiente, o en lo absoluto.

En realizaciones donde las imágenes se recogen durante un periodo continuo cubriendo al menos una revolución completa del neumático, las imágenes cubrirán solo una porción de toda la periferia del neumático. Las imágenes pueden cubrir toda la porción de la periferia del neumático durante esa parte de la revolución del neumático, y las imágenes podrán superponerse. En una disposición alternativa, las imágenes pueden ser en relación con las porciones circunferencialmente separadas de la superficie exterior de esa porción de la periferia del neumático, por lo que hay una serie discontinua de imágenes alrededor de la porción de la periferia de la superficie exterior del neumático. En una disposición de este tipo, las imágenes entre las mismas cubren preferentemente al menos aproximadamente el 50 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 55 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 60 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 65 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 70 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 75 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 80 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 85 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 90 % de esa porción de la periferia del neumático; o al menos aproximadamente el 95 % de esa porción de la periferia del neumático.

Cuando se dice que cada imagen se encuentra en relación con diferentes porciones alrededor de la periferia del neumático, esto no excluye la posibilidad de que dos imágenes puedan tomarse en muy rápida sucesión de modo que, en efecto, están sustancialmente en relación con la misma porción del neumático.

Cuando hay una referencia a una imagen de una porción de la periferia de la superficie exterior del neumático, esto no implica que toda la anchura de la superficie exterior del neumático se representa con imágenes; y/o que una indicación de la profundidad de la banda de rodadura se proporciona en relación con toda la anchura de la superficie exterior del neumático. Esto es, sin embargo, una característica de una realización preferida de la invención. En otra realización se forman imágenes de solo una porción de la anchura de la superficie exterior del neumático; y/o una indicación de la profundidad de la banda de rodadura se proporciona en relación con solo una porción de la anchura de la superficie exterior del neumático. Esta porción de la anchura de la superficie exterior de la base del neumático podría ser un porcentaje de la superficie exterior del neumático que estaría en contacto con la base. Este podría ser al menos el porcentaje establecido por la legislación pertinente. Por ejemplo, en el Reino Unido tiene que haber una profundidad mínima especificada sobre el 75 % del centro de la banda de rodadura. Así, por ejemplo, la anchura representada con imágenes y analizada puede ser al menos el 75 % del centro de la banda de rodadura que estará en contacto con la base, o al menos aproximadamente el 80 % del centro de la banda de rodadura, o al menos aproximadamente el 85 % del centro de la banda de rodadura, o al menos aproximadamente el 90 % del centro de la banda de rodadura, o al menos aproximadamente el 95 % del centro de la banda de rodadura. Expresado de otra manera, la anchura representada con imágenes y analizada puede ser al menos el 75 % del centro de la superficie exterior del neumático que se utiliza para comunicarse con la base, o al menos aproximadamente el 80 % del centro de la superficie exterior del neumático que se utilizará para ponerse en contacto con la base, o al menos aproximadamente el 85 % del centro de la superficie exterior del neumático que se utilizará para ponerse en contacto con la base, o al menos aproximadamente el 90 % del centro de la superficie exterior del neumático que se utilizará para ponerse en contacto con la base, o al menos aproximadamente el 95 % del centro de la superficie exterior del neumático que se utilizará para ponerse en contacto con la base.

En algunas realizaciones, las imágenes se utilizan para detectar defectos en la banda de rodadura sobre la superficie exterior del neumático, tales como cortes, puntos planos y protuberancias. Esto podría hacerse mediante inspección manual o utilizando el aparato de procesamiento de datos. Además o alternativamente, las imágenes pueden incluir porciones de las dos paredes laterales del neumático, una a cada lado de la superficie exterior del neumático que se encuentra en contacto con la base. Las imágenes se pueden utilizar para detectar defectos en las paredes laterales del neumático, tales como cortes o protuberancias. Una vez más, esto se podría hacer mediante inspección manual o utilizando el aparato de procesamiento de datos.

De acuerdo con la invención, la fuente de luz se desplaza en un ángulo agudo con respecto a un lado de dicha trayectoria de movimiento de manera que sea capaz de crear sombras en los huecos de la banda de rodadura del neumático. La fuente de luz puede desplazarse a cualquier lado de la trayectoria de movimiento. El dispositivo de formación de imágenes puede también desplazarse en un ángulo agudo a un lado de dicha trayectoria de movimiento. En ese caso el dispositivo de formación de imágenes se puede desplazar hacia el mismo lado de la trayectoria de movimiento como fuente de luz, o hacia el otro lado de la trayectoria de movimiento. También sería posible que el dispositivo de formación de imágenes se oriente hacia la trayectoria de movimiento. En este caso, el neumático se accionaría normalmente sobre el dispositivo de formación de imágenes, que podría, por ejemplo, cargarse por resorte o montarse debajo de una placa transparente o debajo de un prisma para que no se dañe cuando el neumático pasa por encima.

Una ventaja potencial de un dispositivo de formación de imágenes que orienta de frente al neumático, es que puede ser posible que un solo dispositivo de formación de imágenes capture imágenes de ambas paredes laterales del neumático. Sin embargo, puede ser necesario proporcionar espejos para hacer que las paredes laterales sean

visibles.

5 En algunas realizaciones, un dispositivo de formación de imágenes suplementario se utiliza para capturar imágenes de porciones de una pared lateral del neumático. Puede ser que sea posible proporcionar una fuente de luz complementaria para el dispositivo de formación de imágenes suplementario, pero si tanto esta como las fuentes de luz de la serie se operan simultáneamente, la disposición debe de modo que no interfieran entre sí de tal manera como para eliminar o disminuir las sombras que se requieren para realizar la invención.

10 En algunas realizaciones, se utilizan dos dispositivos de formación de imágenes complementarios, uno a cada lado de la superficie exterior del neumático. Las imágenes se pueden utilizar para detectar defectos en las paredes laterales del neumático. Una vez más, esto se podría hacer mediante inspección manual o utilizando el aparato de procesamiento de datos.

15 En una disposición preferida, el dispositivo de formación de imágenes se dispone para dirigir una parte del neumático adyacente a la base sobre la que el neumático se está moviendo, y se extiende hacia arriba a una distancia desde esa base. Esto es para evitar la obstrucción por porciones de carrocería u otros elementos tales como guardabarros.

20 El dispositivo de formación de imágenes puede operar para capturar imágenes de la parte delantera del neumático a medida que se mueve hacia el dispositivo de formación de imágenes, o capturar imágenes de la parte trasera del neumático a medida que se aleja del dispositivo de formación de imágenes. En algunas disposiciones, sería posible tener dos dispositivos de formación de imágenes, uno para capturar imágenes de la parte trasera del neumático y uno para capturar imágenes de la parte delantera del neumático. Las dos series de imágenes podrían utilizarse juntas, por ejemplo, formando imágenes de las porciones de neumáticos capturadas por la cámara trasera que se intercalan con las imágenes de las porciones capturadas por la cámara delantera, siendo las porciones del neumático capturadas por la cámara trasera distintas de las porciones del neumático capturadas por la cámara delantera.

30 Los vehículos tienen una pluralidad de neumáticos en un lado, y sería posible tener una pluralidad de dispositivos de formación de imágenes que puedan capturar imágenes de diferentes neumáticos simultáneamente. Esto puede ser útil cuando hay ejes estrechamente separados, como en algunos vehículos de mercancías pesados.

35 En una disposición preferida, los neumáticos en ambos lados de un vehículo pueden inspeccionarse al mismo tiempo. Por lo tanto, preferentemente, la disposición de un dispositivo de formación de imágenes y la fuente de luz, o una pluralidad de los mismos, para tomar imágenes de las ruedas en un lado de un vehículo se repite en el otro lado del vehículo, por ejemplo, a modo especular.

40 Todas las características que se han descrito anteriormente en relación con los neumáticos en un lado de un vehículo son igualmente aplicables a los neumáticos en lados opuestos del vehículo.

45 En algunos casos un solo eje puede tener dos ruedas en un lado del vehículo y dos ruedas en el otro lado del vehículo. En este caso la rueda exterior de un par puede obstruir la rueda interior del par. Para hacer frente a tal disposición, puede ser deseable tener una primera disposición de la fuente de luz y del dispositivo de formación de imágenes para capturar imágenes de la rueda exterior, y una segunda disposición de la fuente de luz y del dispositivo de formación de imágenes para capturar imágenes de la rueda interior. Una vez más, esto podría duplicarse en ambos lados del vehículo. Si dos neumáticos se montan uno junto al otro sobre un eje, puede que no sea posible tomar imágenes de las paredes laterales enfrentadas de los neumáticos, al menos completamente.

50 En una realización preferida, el dispositivo de formación de imágenes y la serie de fuentes de luz están en lados opuestos de la trayectoria de movimiento de la rueda/neumático, es decir, uno de los dispositivos de formación de imágenes y de la serie de fuentes de luz se sitúa en un lado de la trayectoria de movimiento de la rueda/neumático y el otro se sitúa en el otro lado de la trayectoria de movimiento. Por lo tanto, las fuentes de luz podrían disponerse en un lado, más allá del vehículo, mientras que el dispositivo de formación de imágenes se sitúa en línea con el vehículo; o se podría utilizar la disposición inversa. Si los neumáticos en ambos lados del vehículo se analizan al mismo tiempo, la disposición podría reproducirse en el otro lado del vehículo. En una disposición preferida en la que se analizan los neumáticos en ambos lados de un vehículo, dos dispositivos de formación de imágenes se proporcionan en las posiciones que tendrán dentro del contorno del vehículo, mientras que las fuentes de luz se proporcionan a los lados, fuera del contorno del vehículo. Como alternativa, los dispositivos de formación de imágenes se podrían proporcionar a los lados, fuera del contorno del vehículo, mientras que las fuentes de luz se proporcionan en las posiciones que tendrán dentro del contorno del vehículo.

65 En las realizaciones de la invención, el ángulo de la luz que incide sobre el neumático afectará a la cantidad de sombra. Si la trayectoria de iluminación es de cerca a normal con respecto a la superficie del neumático, habrá poco o ninguna sombra proyectada y todo el hueco de la banda de rodadura se iluminará. Si la luz brilla a través de la superficie del neumático, todo el hueco de la banda de rodadura estará a oscuras.

Si la luz se extiende en un ángulo adecuado con respecto al hueco de la banda de rodadura, se proyectará una sombra que se extiende por el lado del hueco de la banda de rodadura, y a través de la base del hueco de la banda de rodadura. Cuanto más profundo es el hueco de la banda de rodadura, mayor será la extensión de la sombra en el lado del hueco de la banda de rodadura y mayor será la extensión de la sombra a través de la base del hueco de la banda de rodadura, lejos de la base de la pared lateral. La extensión de la sombra en el lado del hueco de la banda de rodadura se puede analizar. Podría proporcionarse una medición absoluta de la profundidad, o simplemente una indicación de si se cumple con un requisito mínimo de profundidad. Además o alternativamente, la extensión de la sombra a través de la base del hueco de la banda de rodadura se puede analizar.

En las realizaciones preferidas de la invención, el análisis de una imagen determina la ubicación de una combinación de rueda y neumático y, a continuación, determina el centro de la rueda. Esto puede ser la base para el cálculo de distancias y ángulos. Al poner en práctica la invención se tiene que tener en cuenta que la distancia con respecto al neumático del dispositivo de formación de imágenes está cambiando continuamente, por lo que la escala de las imágenes va a cambiar y esto tiene que ser tenido en cuenta al calcular la longitud real de una sombra. Esto podría hacerse teniendo en cada imagen un elemento con un tamaño conocido que pueda evaluarse para establecer la escala, tal como el diámetro o radio de la rueda, o el diámetro o radio de los neumáticos, y localizar el centro de la rueda ayudará a esto. La dimensión del neumático o de la rueda se podría conocer de antemano, o podría por ejemplo, determinarse mediante la comparación de la dimensión del elemento con una escala montada a una distancia conocida desde la cámara, apareciendo el elemento y la escala en una imagen. Por lo tanto, en general, un factor de escala se aplica por referencia a un elemento de tamaño real conocido que está presente en cada imagen. El elemento puede ser al menos una parte de la rueda. La dimensión de la rueda puede conocerse, y almacenarse. Como alternativa, se mide la dimensión de la rueda. La dimensión de la rueda se podría medir contra una escala que aparece en una imagen con la rueda, en la que la rueda y la escala están a la misma distancia desde el dispositivo de formación de imágenes.

Una disposición alternativa, y preferida, es el uso de una etapa de calibración, en la que un elemento que tiene dimensiones conocidas se coloca a una distancia conocida con respecto al dispositivo de formación de imágenes. El elemento podría ser un gráfico con las marcas en su interior. Al ver una imagen del gráfico u otro elemento a esta distancia conocida, se puede aplicar un factor de escala que, por ejemplo, va a relacionar el número de píxeles de la imagen en una dirección particular con una distancia real. En la práctica, la distancia conocida con respecto al dispositivo de formación de imágenes estará a la misma distancia que un dispositivo para disparar el inicio de una serie de imágenes. Por lo tanto, la distancia del neumático con respecto al dispositivo de formación de imágenes, al momento de la primera imagen, será conocida.

Cuando el dispositivo de formación de imágenes se desplaza hacia los lados de la trayectoria de movimiento, se pueden realizar cálculos geométricos para determinar la distancia con respecto al neumático para las imágenes subsiguientes. El ángulo del dispositivo de visualización con respecto a la trayectoria de movimiento es fijo. A medida que el vehículo se mueve a lo largo de la trayectoria de movimiento la posición de un elemento en el vehículo, tal como el neumático o una rueda, se desplazará a través del campo de visión del dispositivo de formación de imágenes. Mediante una etapa de calibración u otro medio, la cantidad de desplazamiento del elemento a través del campo de visión- por ejemplo medida en píxeles - puede relacionarse con la distancia recorrida a lo largo de la trayectoria de movimiento. Por lo tanto, mediante el uso de cálculos geométricos, es posible calcular la distancia con respecto al neumático simplemente mediante la inspección de las imágenes, siempre que haya habido una calibración adecuada.

Se tienen que tomar en cuenta también las distorsiones causadas por la geometría de la disposición, con la cámara desplazada hacia el lado del vehículo que se está moviendo. La cámara puede estar inclinada hacia arriba en el neumático, pero su trayectoria de acceso puede no ser normal a la superficie del neumático. El neumático tendrá una superficie curva y la curvatura dependerá del radio del neumático

En algunas realizaciones, el procedimiento general implica las siguientes etapas:

- 1) Medir la distancia entre el neumático y el dispositivo de formación de imágenes en una geometría conocida.
- 2) Capturar las imágenes, mientras las fuentes de luz operan de forma secuencial, como se ha descrito anteriormente.
- 3) Filtrar las imágenes para tratar de eliminar las variaciones de iluminación,
- 4) Filtrar las imágenes para tratar y detectar sombras de ranura válidas en comparación con otras áreas oscuras.
- 5) Integrar los valores de sombra.
- 6) Convertir a tamaño de sombra real.
- 7) Calcular la profundidad de la banda de rodadura a partir del tamaño de sombra.

- En algunas realizaciones de la invención, el vehículo puede viajar a velocidades de hasta aproximadamente 20 millas por hora (32 kph o más generalmente hasta aproximadamente 30 kilómetros por hora), con velocidades preferidas siendo hasta aproximadamente 5 millas por hora (8 kph o más generalmente hasta aproximadamente 10 kilómetros por hora) o hasta aproximadamente 10 millas por hora (16 kph o más generalmente hasta aproximadamente 15 kilómetros por hora) o hasta aproximadamente 15 millas por hora (24 kph o más generalmente hasta aproximadamente 25 kilómetros por hora). En algunas realizaciones, el vehículo debe estar viajando a al menos aproximadamente 5 millas por hora (kph 8 o más generalmente al menos aproximadamente 10 kilómetros por hora).
- En algunas realizaciones de la invención, un sensor detecta la presencia del vehículo y desencadena la operación del uno o más dispositivos de formación de imágenes y de la una o más fuentes de luz. Puede haber un sensor o sensores para detectar la velocidad del vehículo, o se pueden inspeccionar las imágenes para calcular la velocidad del vehículo.
- Algunas realizaciones de la invención se describirán a continuación a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- la Figura 1 es un diagrama de una realización de un sistema utilizado para realizar la invención;
 - la Figura 2 es una vista lateral de un neumático que está siendo fotografiado;
 - la Figura 3 es una vista frontal de un neumático que está siendo fotografiado;
 - la Figura 4 muestra una porción de un neumático del vehículo;
 - la Figura 5 muestra cómo se forma una sombra;
 - la Figura 6 muestra una configuración alternativa para el montaje de un dispositivo de formación de imágenes;
 - la Figura 7 es un diagrama que ilustra un sistema de medición de distancia; y
 - la Figura 8 muestra en detalle la disposición de fuentes de luz, del dispositivo de formación de imágenes y de los sensores.
- Haciendo referencia a continuación a las Figuras, que muestran un aparato para implementar los aspectos de la invención, la Figura 1 es una ilustración de una primera realización de un sistema, en forma de diagrama. Un camión 1 tiene diez ruedas indicadas con el número de referencia 2, y se desplaza en una dirección indicada por la flecha A. Situados por debajo del nivel de la carrocería del camión hay dos dispositivos de formación de imágenes en forma de cámaras digitales fijas 3 y 4, dirigidos respectivamente en un ángulo agudo en las ruedas en el lado izquierdo del camión y en el lado derecho del camión. Una primera serie de fuentes de luz L1, L2, L3 y L4 se disponen longitudinalmente separadas a lo largo de una línea que discurre generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del camión, fuera de la parte izquierda del camión. Una segunda serie de fuentes de luz L5, L6, L7 y L8 se disponen longitudinalmente separadas a lo largo de una línea que discurre generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del camión, fuera de la parte derecha del camión. Cada fuente de luz comprende una serie de elementos LED agrupados juntos, y que operan efectivamente como una fuente puntual de luz no colimada.
- Con referencia a la Figura 2, la rueda 2 está equipada con un neumático de caucho 5 y gira en la dirección de la flecha B, mientras que se mueve en una dirección longitudinal sobre una base 6, como se indica por la flecha A. Ambas cámaras fotografían una región 7 del neumático debajo de la carrocería del camión 1. En la Figura 2, el lado derecho del vehículo se ilustra esquemáticamente, con la cámara 4 mostrada; el otro lado se corresponde. La Figura 3 ilustra esquemáticamente el lado izquierdo, que muestra cómo se utiliza la fuente de luz L4 para iluminar la región 7 del neumático, mientras que la cámara 3 captura una imagen. La operación de las fuentes de luz, tal como L4 mostrada en la Figura 3, y las cámaras, tal como la cámara 3 mostrada en la Figura 3 la controla una unidad de procesamiento de datos 8, que recibe también los datos de imagen de las cámaras y puede manipular los datos y calcular la profundidad de la banda de rodadura. Los datos de imagen y otros datos se pueden visualizar en una pantalla 9.
- La Figura 4 muestra una porción del neumático 5, que tiene bloques de banda de rodadura 10 separados por huecos 11. La Figura 5 muestra cómo se forman las sombras cuando la superficie del neumático 5 se ilumina con una fuente de luz tal como L1. Hay una porción de sombra 12 que se extiende por el lado del hueco de banda de rodadura 11, y una porción de sombra 13 que se extiende parcialmente a través de la base. A medida que la profundidad del hueco de banda de rodadura 11 se reduce, con el desgaste del neumático, ambas sombras se acortan.
- A medida que la rueda se hace girar, las diferentes porciones de la superficie del neumático entran sucesivamente en los campos de visión de las cámaras 3 y 4. Las fuentes de luz se accionan de forma secuencial tal como se describe a continuación con referencia a la Figura 8, bajo el control de la unidad de procesamiento de datos 8.

Las Figuras 6 muestran una disposición alternativa similar a la Figura 2, en la que la cámara 4 está rebajada debajo de la superficie 6. La cámara puede estar cubierta por una ventana 14 de vidrio endurecido o similar, de modo que no sufrirá daños por la rueda ni por el neumático que pasa por encima.

La Figura 7 ilustra un sistema para detectar la distancia de un objeto O. Un plano de observación OP se dispone a un ángulo agudo \varnothing con respecto a la trayectoria de movimiento B de un neumático. La distancia D1 desde el plano de observación hasta un punto de partida P1, donde se desencadena la toma de imágenes, se conoce a partir de una etapa de calibración. Cuando el objeto O se ha movido a lo largo de la trayectoria de movimiento A hasta un punto P2, la distancia D2 del objeto desde el plano de observación OP se relaciona con la distancia L a través del plano de observación OP mediante lo siguiente:

$$D2 = D1 - L \times \cotan \varnothing$$

En consecuencia, si se mide la distancia L, la distancia D2 se puede calcular. En la práctica una cámara se coloca en el plano de observación y la distancia verdadera L estará relacionada con la distancia aparente en la imagen, tal como un número de píxeles. La dirección a la que lente de la cámara se enfrenta estará en el ángulo \varnothing con respecto a la trayectoria de movimiento B. El objeto O podría ser cualquier cosa adecuada, tal como el centro de la rueda como se identifica en las imágenes.

La Figura 8 muestra la disposición de la cámara 3 y de las fuentes de luz L1 a L4 en más detalle. La disposición de la cámara 4 y de las fuentes de luz L5 a L8 se corresponde. La trayectoria de desplazamiento de un neumático que está siendo fotografiado se indica con el carácter de referencia C. El campo de visión de la cámara se indica por el segmento 15 y se dispone de manera que sobre una longitud considerable de su desplazamiento o viaje, el neumático se encuentra dentro de este campo de visión. Las fuentes de luz L1 a L2 se sitúan a distancias iguales a lo largo de una línea 16 que es paralela a la línea de desplazamiento C del neumático, y se desplazan a la izquierda de esa línea de desplazamiento. Las fuentes de luz L1, L2, L3 y L4, iluminan los segmentos marcados respectivamente como 17, 18, 19 y 20. Estos segmentos de iluminación se superponen y están dirigidos en ángulos agudos con respecto a la trayectoria de desplazamiento del neumático. Entre los mismos, los segmentos de iluminación cubren todo el recorrido del neumático que cae dentro del campo de visión de la cámara.

También se proporcionan a intervalos separados a lo largo de una línea paralela a la trayectoria de desplazamiento del neumático, los sensores S1, S2, S3 y S4 que detectan la presencia de la rueda/neumático. Los sensores están todos en comunicación con la unidad de procesamiento de datos 8. Inicialmente, las fuentes de luz L1 a L4 no se activan. A medida que el neumático entra en el sistema, se dispara el sensor S1. Este se comunica con la unidad de procesamiento de datos y activa la fuente de luz L1. A medida que el neumático se mueve hacia delante, se dispara el sensor S2, lo que hace que la fuente de luz L1 se desactive y que la fuente de luz L2 se active. Esto puede ser solo en o después del punto en que el neumático entra en el segmento de iluminación 18 de la fuente de luz L2, donde hay una superposición con el segmento de iluminación 17 de la fuente de luz L1. A medida que el neumático se mueve más hacia delante, se dispara el sensor S3, lo que hace que la fuente de luz L2 se desactive y que la fuente de luz L3 se active. Esto puede ser solo en o después del punto en que el neumático entra en el segmento de iluminación 19 de la fuente de luz L3, donde hay una superposición con el segmento de iluminación 18 de la fuente de luz L2. A medida que el neumático se mueve más hacia delante, se dispara el S4 sensor, lo que hace que la fuente de luz L3 se desactive y que la fuente de luz L4 active. Esto puede ser solo en o después del punto en que el neumático entra en el segmento de iluminación 20 de la fuente de luz L4, donde hay una superposición con el segmento de iluminación 19 de la fuente de luz L3.

Por último, se proporciona un quinto sensor S5 que detecta la presencia de la rueda/neumático a medida que abandona la región donde están siendo capturadas las imágenes. Esto desactiva la fuente de luz L4 y puede también desactivar la operación de la cámara.

Se apreciará que la distancia entre los ejes de un vehículo puede ser tal que mientras que las imágenes todavía están siendo tomadas de la rueda delantera, la próxima rueda puede moverse en las regiones donde están siendo capturadas las imágenes. Esta segunda rueda disparará el primer sensor S1, y esto activará, a su vez, la primera fuente de luz L1. La fuente de luz se debe disponer de manera que, en este punto, la fuente de luz L2 se desactive. La fuente de luz L3 puede estar todavía activa, mientras se capturan imágenes de la rueda delantera, pero la disposición es tal que el segmento de iluminación de la fuente de luz L3 no se solapa con el segmento de iluminación de la fuente de luz L1.

Por tanto, en general, cuando hay ruedas longitudinalmente separadas en un vehículo, una rueda delantera puede estar todavía dentro de la zona de iluminación de una fuente de luz, y estar iluminada por esa fuente de luz, mientras que una rueda trasera puede estar dentro de la zona de iluminación de una fuente de luz anterior de la serie, y estar iluminada por esa fuente de luz anterior, a condición de que no hay superposición entre las zonas de iluminación de la fuente de luz y la fuente de luz anterior.

Además de medir la profundidad de la banda de rodadura del neumático, el sistema puede comprobar también si

hay anomalías en la imagen del neumático. Para ello, en una realización, el sistema genera una imagen en escala de grises rectangular y "aplanada" de la periferia del neumático, que corresponde exactamente a una revolución completa del neumático. Mediante el uso de métodos deterministas, el sistema identifica anomalías en la banda de rodadura. El sistema puede utilizar un conjunto de una pluralidad de tipos de anomalía, por ejemplo, unos diez tipos diferentes. Para cada anomalía identificada en la banda de rodadura se da una clasificación para el tipo de anomalía, así como el límite del área de la anomalía.

El análisis y la interpretación de las anomalías consisten en varios detectores especializados que se ejecutan de forma secuencial, tratando de clasificar anomalías. Por ejemplo, como una primera etapa, el sistema puede buscar los cables desnudos escogiendo cualquier anomalía larga y estrecha que muestre valores de intensidades de píxel significativamente mayores que sus alrededores. Una vez que los cables desnudos se han eliminado, el sistema intenta detectar los límites del área de cada anomalía, mirando a diferentes umbrales de lo que va a ser considerado "anormal" y contando las regiones conectadas que esto produce. A modo de ejemplo, un detector de búsqueda de cortes en el neumático escoge cualquier anomalía que sea larga y estrecha y con valores de píxeles más oscuros en la imagen original que sus alrededores.

En una realización, un algoritmo consiste en dos partes. En primer lugar, una imagen sintética se crea del patrón de la banda de rodadura del neumático a partir de la imagen en escala de grises rectangular antes mencionada. Esto se resta de la imagen de entrada para dar una imagen de detección de anomalías. En segundo lugar, las anomalías reveladas en esta imagen se analizan y se interpretan y las anomalías se clasifican.

Como se ha señalado anteriormente, en una primera etapa, el sistema genera una imagen en escala de grises rectangular y "aplanada" de la periferia del neumático, que corresponde exactamente a una revolución completa del neumático, es decir, la banda de rodadura se desenrolla afectivamente en una tira. Para crear la imagen sintética de la banda de rodadura, en una realización cada columna vertical A de píxeles en la imagen original, en la región de la anomalía, es sustituida por una columna similar B, de píxeles de una parte diferente de la imagen, que contiene la misma parte del patrón de la banda de rodadura, pero sin anomalías. Para ello, B es la columna de píxeles que es más similar a A (en términos del error cuadrado de los valores de píxeles), y aún así está más lejos de A que un cierto umbral. Las optimizaciones de esto incluyen considerar por separado bloques de filas entre las ranuras del neumático.

Mediante la sustracción de esta imagen sintética de la original, el patrón de la banda de rodadura se elimina en gran parte de la imagen, y solo se dejan las anomalías. Estas anomalías restantes se clasifican después finalmente en un conjunto de grupos cifrados duros, dependiendo de su tamaño, forma y si cubren/revisten una ranura de la banda de rodadura. Una mejora a esto será utilizar un enfoque de red Neural para utilizar los datos de tipos defectuosos grabados para determinar automáticamente la categorización de la anomalía.

Este procedimiento se utiliza de forma independiente, sin el sistema particular descrito para la medición de la profundidad de la banda de rodadura, y con independencia del sistema utilizado para obtener una imagen de toda la periferia del neumático.

También se divulga en la presente memoria un aparato para evaluar el estado de un neumático de vehículo, estando la periferia del neumático provista de porciones de banda de rodadura separadas por huecos de la banda de rodadura; en el que el aparato comprende una fuente de luz que se desplaza a un lado del neumático con el fin de iluminar una porción de la periferia del neumático, provocando la fuente de luz la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; y el aparato comprende además un dispositivo de formación de imágenes que se puede operar para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático; y un aparato de procesamiento de datos que se configura para analizar la imagen con el fin de determinar la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura; en el que el neumático se dispone para girar y desplazarse longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, la fuente de luz y el dispositivo de formación de imágenes son fijos, la fuente de luz se desplaza en un ángulo agudo hacia fuera de dicha trayectoria de movimiento, y la distancia entre el neumático y el dispositivo de formación de imágenes varía a medida que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento; y el aparato se dispone de manera que las imágenes son recogidas por el dispositivo de formación de imágenes en relación con una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático mientras que el neumático completa al menos aproximadamente la mitad de una revolución completa, recogándose cada imagen mientras que la respectiva porción se orienta en una dirección a lo largo de la trayectoria de movimiento. Preferentemente, se proporciona una segunda fuente de luz y la disposición es tal que no interfieran entre sí de tal manera como para eliminar o disminuir las sombras que se requieren para poner en práctica la invención. Preferentemente, una pluralidad de fuentes de luz se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección que es generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del neumático; y un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento de modo que, solo una fuente de luz ilumina el neumático cuando las imágenes

están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes.

También se divulga un aparato en la presente memoria para evaluar el estado de un neumático de vehículo en una rueda, mientras que la rueda está girando y la rueda se mueve longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, en el que el aparato comprende una fuente de luz desplazada en un ángulo agudo con respecto a un lado de dicha trayectoria de movimiento para iluminar las porciones de la superficie exterior del neumático que se orientan hacia una dirección a lo largo de la trayectoria de movimiento; un dispositivo de formación de imágenes y una unidad de control que controla el dispositivo de formación de imágenes para recoger múltiples imágenes, sustancialmente en el foco, de las porciones de la superficie exterior del neumático, mientras que el neumático está girando y completa al menos aproximadamente la mitad de una revolución completa, estando las diferentes porciones de cada imagen separadas alrededor de dicha superficie exterior del neumático y recogiéndose cada imagen que la porción respectiva se enfrenta a lo largo de la trayectoria de movimiento; la fuente de luz se controla por la unidad de control para operarse mientras que el dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger cada imagen, provocando la fuente de luz la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; y el aparato incluye un aparato de procesamiento de datos que se controla para analizar las múltiples imágenes, al menos algunas de las que incluyen dicha sombra, determinado el aparato de procesamiento de datos la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad de la banda de rodadura del neumático en diferentes posiciones separadas alrededor de la superficie exterior del neumático. Preferentemente, se proporciona una segunda fuente de luz y la disposición es tal que no interfieran entre sí de tal manera como para eliminar o disminuir las sombras que se requieren para poner en práctica la invención. Preferentemente, una pluralidad de fuentes de luz se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección que es generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del neumático; y un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento de modo que, solo una fuente de luz ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes.

También se divulga en la presente memoria un procedimiento para evaluar el estado de un neumático de vehículo, estando la periferia del neumático provista de porciones de banda de rodadura separadas por huecos de la banda de rodadura; en el que una fuente de luz se desplaza a un lado del neumático con el fin de iluminar una porción de la periferia del neumático, provocando la fuente de luz la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; un dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático; y la imagen se analiza por el aparato de procesamiento de datos que determina la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura; y el proceso se repite para al menos otra porción de la periferia del neumático; en el que el neumático está girando y moviéndose longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, la fuente de luz y el dispositivo de formación de imágenes son fijos, la fuente de luz se desplaza en un ángulo agudo hacia fuera de dicha trayectoria de movimiento, y la distancia entre el neumático y el dispositivo de formación de imágenes varía a medida que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de circulación; y las imágenes se recogen por el dispositivo de formación de imágenes en relación con una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático mientras que el neumático completa al menos aproximadamente la mitad de una revolución completa, recogiéndose cada imagen mientras que la porción respectiva se orienta hacia una dirección a lo largo de la trayectoria de movimiento. Preferentemente, se proporciona una segunda fuente de luz y la disposición es tal que no interfieren entre sí de tal manera como para eliminar o disminuir las sombras que se requieren para poner en práctica la invención. Preferentemente, una pluralidad de fuentes de luz se coloca en un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección que es generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del neumático; y un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento de modo que, solo una fuente de luz ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes.

También se describe en la presente memoria un método para evaluar el estado de un neumático de vehículo en una rueda, mientras que la rueda está girando y la rueda se mueve longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, teniendo el neumático una superficie exterior que hace contacto con la base, llevando la superficie exterior porciones de banda de rodadura; en el que una fuente de luz se desplaza en un ángulo agudo con respecto a un lado de dicha trayectoria de movimiento para iluminar las porciones de la superficie exterior del neumático que se orientan longitudinalmente hacia la trayectoria de movimiento; un dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger varias imágenes, sustancialmente en el foco, de las porciones de la superficie exterior del neumático, mientras que el neumático está girando y completa al menos aproximadamente la mitad de una revolución completa, siendo cada imagen de diferentes porciones separadas alrededor de dicha superficie exterior del neumático y recogiéndose cada imagen mientras que la porción respectiva se orienta longitudinalmente hacia la trayectoria de movimiento; la fuente de luz se opera mientras que el dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger cada imagen, provocando la fuente de luz la proyección de sombras en los huecos de la

banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; y las múltiples imágenes, al menos algunas de las que incluyen dicha sombra, se analizan por el aparato de procesamiento de datos que determina la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad de la banda de rodadura de los neumáticos en diferentes posiciones separadas alrededor de la superficie exterior del neumático. Preferentemente, se proporciona una segunda fuente de luz y la disposición es tal que no interfieren entre sí de tal manera como para eliminar o disminuir las sombras que se requieren para poner en práctica la invención. Preferentemente, una pluralidad de fuentes de luz se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección que es generalmente paralela a la trayectoria de movimiento del neumático; y un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento de modo que, solo una fuente de luz ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes.

También se divulga en la presente memoria un método para evaluar el estado de un neumático en una rueda que se monta en un vehículo, mientras el vehículo se está moviendo y el neumático está girando y moviéndose longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, teniendo la periferia del neumático porciones de banda de rodadura separadas por huecos de la banda de rodadura; en el que el método comprende utilizar un dispositivo de formación de imágenes para capturar imágenes de una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático mientras que el neumático completa al menos una parte importante de una revolución completa; habiendo una pluralidad de fuentes de luz separadas longitudinalmente, que iluminan respectivamente las diferentes porciones de la periferia del neumático a medida que se mueve; y las imágenes se analizan para determinar la profundidad de los huecos de la banda de rodadura; en el que cada fuente de luz dirige la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; cuando se activa una fuente de luz para iluminar una porción de la periferia del neumático, la fuente de luz provoca la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; el dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático; y la imagen se analiza por el aparato de procesamiento de datos que determina la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura; y en el que un sistema de control activa las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento, de manera que las fuentes de luz no interfieran entre sí de tal manera que eliminen o disminuyan las sombras proyectadas en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de la banda de rodadura.

También se divulga en la presente memoria un método para evaluar el estado de un neumático en una rueda que está montada en un vehículo, mientras el vehículo se está moviendo y el neumático está girando y moviéndose longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento sobre una base, teniendo la periferia del neumático porciones de banda de rodadura separadas por huecos de la banda de rodadura; en el que el método comprende utilizar un dispositivo de formación de imágenes para capturar imágenes de una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático mientras que el neumático completa al menos una parte importante de una revolución completa, las imágenes se capturan mientras que una fuente de luz se activa para iluminar las porciones de la periferia del neumático; y las imágenes se analizan para determinar la profundidad de los huecos de la banda de rodadura; en el que una serie de una pluralidad de fuentes de luz se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático, cada fuente de luz dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático; estando las fuentes de luz separadas entre sí en una dirección longitudinal; un sistema de control se configura para activar las fuentes de luz de forma secuencial, mientras que el neumático se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento, de modo que solo una de dichas fuentes de luz de la serie ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes; cuando se activa una fuente de luz para iluminar una porción de la periferia del neumático, la fuente de luz provoca la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura; el dispositivo de formación de imágenes se opera para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático; y la imagen se analiza por el aparato de procesamiento de datos que determina la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura.

Preferentemente, cada fuente de luz es una fuente de luz no colimada. Preferentemente, cada fuente de luz es una fuente puntual de luz. En algunas realizaciones de este aspecto de la invención, cada fuente puntual de luz la proporciona una pluralidad de fuentes de proyección de luz que se agrupan con el fin de funcionar como una fuente de luz puntual.

En las realizaciones preferidas de la invención, se proporciona un sistema para medir la profundidad de la banda de rodadura de un neumático en una rueda de un vehículo mientras la rueda está girando y moviéndose a lo largo del suelo. Un dispositivo de formación de imágenes tal como una cámara captura imágenes mientras el neumático gira durante por lo menos la mayor parte de su circunferencia. Las fuentes de luz están longitudinalmente separadas y se dirigen en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria del neumático, para iluminar el neumático, mientras que las imágenes son capturadas. Las imágenes se analizan por el aparato de procesamiento de datos y la profundidad de

la banda de rodadura se determina a partir de la longitud de sombras en los huecos entre bloques de banda de rodadura. Las fuentes de luz se activan y desactivan de forma secuencial, por ejemplo, de acuerdo con las señales de los sensores longitudinalmente separados que detectan la presencia del neumático, que detectan la presencia del neumático, de modo que cuando se captura una imagen de una porción de la banda de rodadura del neumático, solo se activa una fuente de luz para iluminar esa porción de la banda de rodadura del neumático.

Se apreciará que cuando se afirma que de acuerdo con un aspecto amplio de la invención, solo una de las fuentes de luz de una serie ilumina el neumático cuando las imágenes están siendo capturadas por el dispositivo de formación de imágenes, en un sentido general esto puede significar que cuando se captura una imagen de una porción de la banda de rodadura del neumático, para su uso en el análisis de la profundidad de la banda de rodadura, solo se activa una fuente de luz para iluminar la porción de la banda de rodadura. Podría haber otra fuente de luz iluminando otra porción del neumático u otra porción de la banda de rodadura, siempre que dos fuentes de luz, en diferentes posiciones, no iluminen la misma porción de la banda de rodadura del neumático, mientras que una imagen está siendo capturada de esa porción que se utiliza en el análisis de la profundidad de la banda de rodadura del neumático. Las fuentes de luz no interfieren entre sí de tal manera que eliminan o disminuyen las sombras proyectadas en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de la banda de rodadura, mientras se captura una imagen.

REIVINDICACIONES

1. Un método para evaluar el estado de un neumático (5) en una rueda (2) que está montada en un vehículo (1), mientras que el vehículo (1) se está moviendo y el neumático (5) está girando y moviéndose sobre una base longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento, teniendo la periferia del neumático (5) porciones de banda de rodadura (10) separadas por huecos de banda de rodadura (11); en donde el método comprende el uso de un dispositivo de formación de imágenes (3) para capturar imágenes de una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático (5) mientras que el neumático (5) completa al menos una parte importante de una revolución completa, capturándose las imágenes mientras que una fuente de luz (L1, L2, L3, L4) está activada para iluminar las porciones de la periferia del neumático (5); y se analizan las imágenes para determinar la profundidad de los huecos de banda de rodadura (11); en donde una serie de una pluralidad de fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) están situadas a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático (5), siendo cada fuente de luz (L1, L2, L3, L4) una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático (5); estando las fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) separadas entre sí en una dirección longitudinal; un sistema de control (8) está configurado para activar las fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) de forma secuencial, mientras que el neumático (5) se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento, de modo que solo una de dichas fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) de la serie ilumina una porción de la periferia del neumático (5) cuando una imagen está siendo capturada por el dispositivo de formación de imágenes (3) de la porción de la periferia del neumático (5); cuando se activa una fuente de luz (L4) para iluminar una porción (7) de la periferia del neumático (5), la fuente de luz (L4) provoca la proyección de sombras (12, 13) en los huecos de banda de rodadura (11) entre porciones de banda de rodadura (10); se opera el dispositivo de formación de imágenes (3) para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del neumático (5); y la imagen es analizada por el aparato de procesamiento de datos (8) que determina la extensión de la sombra (13) en un hueco de banda de rodadura (11) a fin de proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de banda de rodadura (11).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de formación de imágenes (3) captura imágenes de las porciones adyacentes de la periferia del neumático (5) mientras que el neumático (5) completa una revolución completa, de modo que hay una serie continua de imágenes que cubren toda la periferia de la superficie exterior del neumático (5).
3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que cada fuente de luz (L1, L2, L3, L4) proporciona una zona de iluminación (17, 18, 19, 20) y la trayectoria de movimiento del neumático (5) se extiende a través de la pluralidad de zonas (17, 18, 19, 20), por lo que el neumático se mueve en serie de una zona de iluminación a la siguiente; y las zonas de iluminación (17, 18, 19, 20) se solapan.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el neumático se encuentra en una zona de iluminación (17) de una fuente de luz (L1), con la fuente de luz (L1) estando activada; el neumático (5) se mueve a una región donde existe una superposición entre dicha una zona de iluminación (17) y una zona de iluminación subsiguiente (18) de una fuente de luz subsiguiente (L2); y dicha una fuente de luz (L1) se desactiva y la segunda fuente de luz (L2) se activa.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que se proporciona una serie de sensores (S1, S2, S3, S4, S5), cada sensor se comunica con el sistema de control a efectos de controlar la activación y la desactivación de las fuentes de luz (L1, L2, L3, L4); detectando un primero de dichos sensores (S1) el movimiento de un neumático a la zona de iluminación (17) de la primera fuente de luz (L1) de la serie; detectando los sensores subsiguientes (S2, S3, S4) el movimiento del neumático (5) en las regiones de superposición entre las zonas de iluminación (17, 18, 19, 20) de fuentes de luz (L1, L2, L3, L4); y detectando un sensor de final (S5) el movimiento del neumático (5) a una posición en la que se termina la captura de imágenes.
6. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 3, 4 o 5, que se repite para un segundo neumático en una segunda rueda (2) montada en el vehículo (1), separada longitudinalmente de la primera rueda (2); en donde el segundo neumático se encuentra en una primera zona de iluminación (17) de una primera fuente de luz (L1) de la serie de fuentes de luz (L1, L2, L3, L4), mientras que la primera fuente de luz (L1) está activada; y el primer neumático se encuentra en una zona de iluminación subsiguiente (20) de una fuente de luz subsiguiente (L4) de la serie de fuentes de luz (L1, L2, L3, L4), mientras que la fuente de luz subsiguiente (L4) está activada; la zona de iluminación subsiguiente (20) no se solapa con la primera zona de iluminación (17).
7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de formación de imágenes (3) se coloca a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático y se dirige en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático (5).
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el dispositivo de formación de imágenes (3) se sitúa a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático (5) y la pluralidad de fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) se sitúan en el lado opuesto de la trayectoria de movimiento del neumático (5).

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el dispositivo de formación de imágenes (3) se desplaza hacia dentro desde un lado del vehículo (1), y las fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) se desplazan hacia fuera desde dicho un lado del vehículo (1).

5 10. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el método se repite para otro neumático en otra rueda montada en el vehículo (1), estando el primer neumático en un lado del vehículo y estando dicho otro neumático al otro lado del vehículo, estando dicho otro neumático iluminado por una segunda serie de fuentes de luz (L5, L6, L7, L8) en dicho otro lado del vehículo (1), y capturándose las imágenes de dicho otro neumático por un segundo dispositivo de formación de imágenes (4) en dicho otro lado del vehículo.

10 11. Aparato para evaluar el estado de un neumático de vehículo (5) sobre una rueda (2), mientras que el neumático (5) está girando y moviéndose sobre una base longitudinalmente a lo largo de una trayectoria de movimiento, teniendo la periferia del neumático (5) porciones de banda de rodadura (10) separadas por huecos de banda de rodadura (11); en donde el aparato comprende un dispositivo de formación de imágenes (3) y una fuente de luz (L1, L2, L3, L4), estando el dispositivo de formación de imágenes (3) dispuesto para capturar imágenes de una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del neumático (5) mientras que el neumático (5) completa al menos una parte importante de una revolución completa, capturándose las imágenes mientras que la fuente de luz (L1, L2, L3, L4) se activa para iluminar las porciones (7) de la periferia del neumático (5); y un sistema de procesamiento de datos (8) configurado para procesar las imágenes para permitir la determinación de la profundidad de los huecos de banda de rodadura (11); en donde una serie de una pluralidad de fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) están situadas a un lado de la trayectoria de movimiento del neumático (5), siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y estando dirigida la luz en un ángulo agudo con respecto a la trayectoria de movimiento del neumático (5); estando las fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) separadas entre sí en una dirección longitudinal;

15 un sistema de control (8) está configurado para activar las fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) de forma secuencial, mientras que el neumático (5) se mueve a lo largo de dicha trayectoria de movimiento, de modo que solo una de dichas fuentes de luz (L1, L2, L3, L4) de la serie ilumina una porción (7) de la periferia del neumático (5) cuando una imagen está siendo capturada por el dispositivo de formación de imágenes (3) de la porción de la periferia del neumático; estando el aparato configurado de tal manera que cuando se activa una fuente de luz (L4) para iluminar una porción (7) de la periferia del neumático (5), la fuente de luz (L4) provoca la proyección de sombras (12, 13) en los huecos de banda de rodadura (11) entre las porciones de banda de rodadura (10); estando el dispositivo de formación de imágenes (3) dispuesto para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada (7) de la periferia del neumático (5); y el sistema de procesamiento de datos (8) está configurado para analizar la imagen para determinar la extensión de la sombra (13) en un hueco de banda de rodadura (11) para proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de banda de rodadura (11).

20 25 30 35

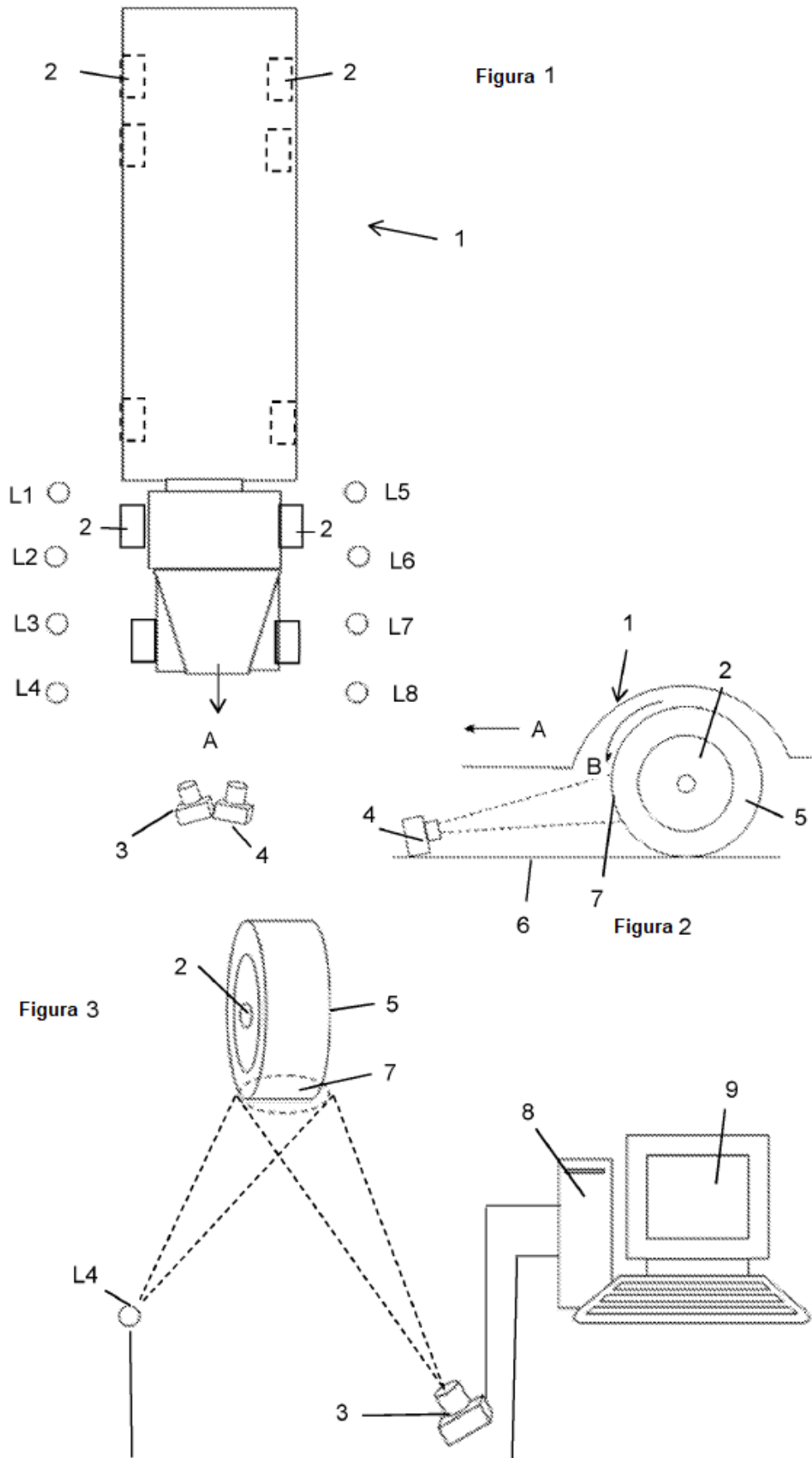
12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11, para evaluar aún más el estado de un segundo neumático en una segunda rueda (2) que está montada en el lado opuesto del vehículo (1), mientras que el vehículo se encuentra en movimiento y el segundo neumático está girando y moviéndose sobre una base longitudinalmente a lo largo de una segunda trayectoria de movimiento, teniendo la periferia del segundo neumático porciones de banda de rodadura separadas por huecos de banda de rodadura; en donde el aparato comprende un segundo dispositivo de formación de imágenes (4) y una segunda serie de una pluralidad de segundas fuentes de luz (L5, L6, L7, L8), disponiéndose el segundo dispositivo de formación de imágenes (4) para capturar imágenes de una pluralidad de diferentes porciones de la periferia del segundo neumático mientras que el segundo neumático completa al menos una parte importante de una revolución completa, capturándose las imágenes mientras que una segunda fuente de luz (L8) se activa para iluminar las porciones de la periferia del segundo neumático; y un sistema de procesamiento de datos (8) está configurado para procesar las imágenes para permitir la determinación de la profundidad de los huecos de la banda de rodadura; en donde la segunda serie de una pluralidad de segundas fuentes de luz (L5, L6, L7, L8) está situada a un lado de la segunda trayectoria de movimiento del segundo neumático, siendo cada fuente de luz una fuente puntual de luz no colimada y dirigiendo la luz en un ángulo agudo con respecto a la segunda trayectoria de movimiento del segundo neumático; estando las segundas fuentes de luz (L5, L6, L7, L8) separadas entre sí en una dirección que es generalmente paralela a la segunda trayectoria de movimiento del neumático;

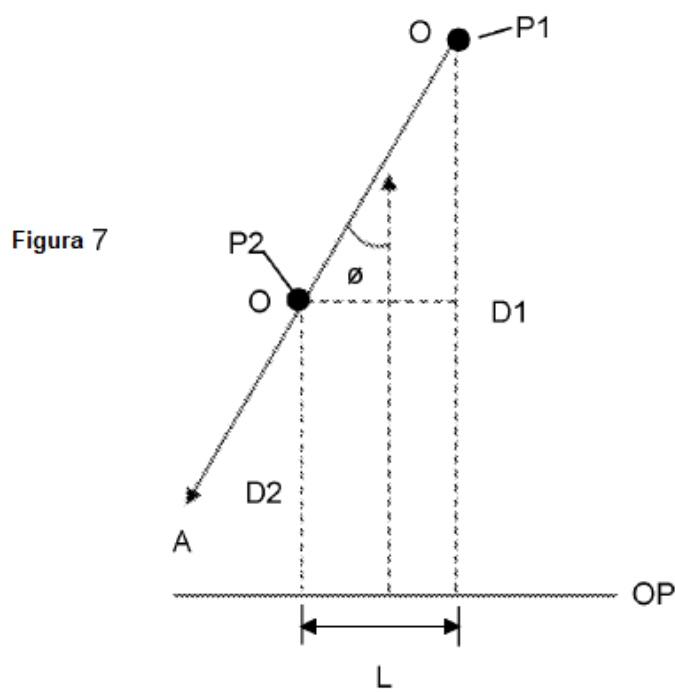
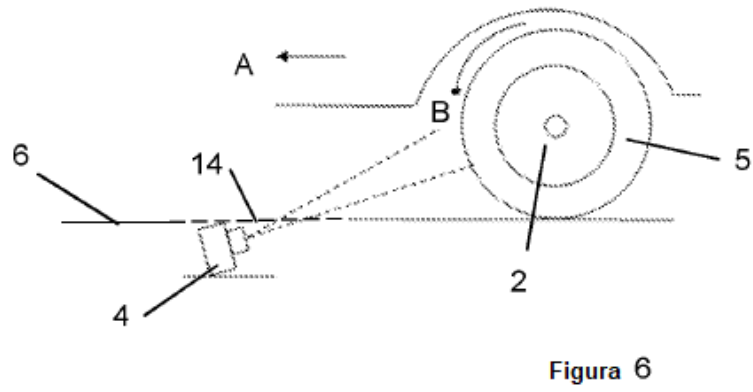
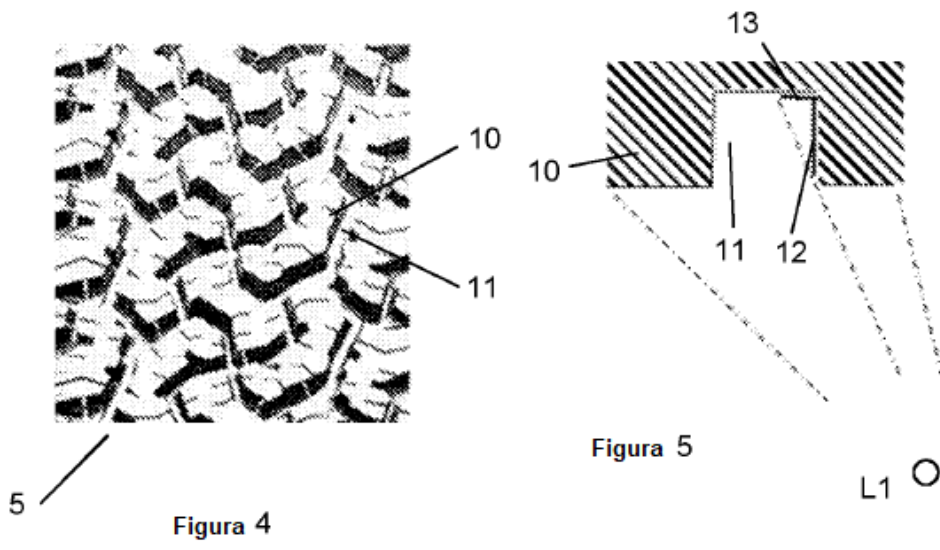
40 45 50 un segundo sistema de control está configurado para activar las segundas fuentes de luz (L5, L6, L7, L8) de forma secuencial mientras que el segundo neumático se mueve a lo largo de dicha segunda trayectoria de movimiento de modo que solo una de dichas segundas fuentes de luz (L5, L6, L7, L8) ilumina el segundo neumático cuando una imagen es capturada por el segundo dispositivo de formación de imágenes (4); estando el aparato configurado de tal manera que cuando se activa una segunda fuente de luz (L8) para iluminar una porción de la periferia del segundo neumático, la segunda fuente de luz provoca la proyección de sombras en los huecos de la banda de rodadura entre las porciones de banda de rodadura del segundo neumático; estando el segundo dispositivo de formación de imágenes (4) dispuesto para recoger una imagen de al menos parte de la porción iluminada de la periferia del segundo neumático; y un segundo sistema de procesamiento de datos está configurado para analizar la imagen a fin de determinar la extensión de la sombra en un hueco de la banda de rodadura para proporcionar una indicación de la profundidad del hueco de la banda de rodadura del segundo neumático.

55 60 65

13. Aparato de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el segundo sistema de control y el segundo sistema de

procesamiento de datos son los mismos que los utilizados con respecto al primer neumático.





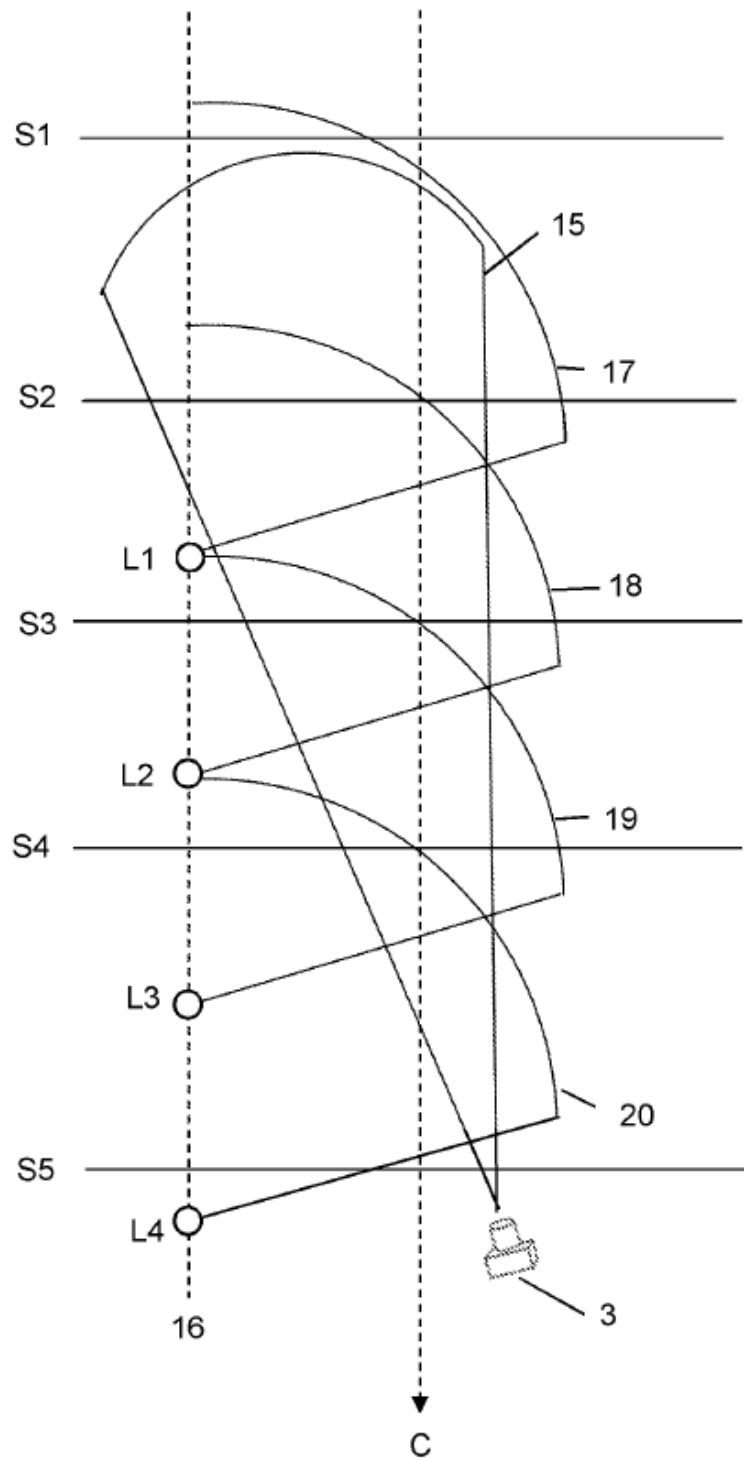


Figura 8