

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 062**

51 Int. Cl.:

A61B 3/103

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2019** **E 19382316 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2023** **EP 3730038**

54 Título: **Método y sistema implementado por ordenador para la medición interactiva de errores refractivos oculares, adición y potencia de gafas de lectura**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.05.2024

73 Titular/es:

VISIONAPP SOLUTIONS S.L. (100.0%)
Avenida Juan Carlos I, 53, Planta 00
30880 Aguilas (Murcia), ES

72 Inventor/es:

LÓPEZ GIL, NORBERTO;
JASKULSKI, MATEUSZ TOMASZ y
BRADLEY, ARTHUR

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 970 062 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 sistema implementado por ordenador para la medición interactiva de errores refractivos oculares, adición y potencia de gafas de lectura

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La invención está relacionada con los campos de la optometría, la óptica visual, la óptica fisiológica, la electrónica y la informática. En particular, está relacionada con los sistemas y métodos de medición del punto próximo y remoto de un ojo humano y sus errores de enfoque, que pueden producir miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 Un ojo perfecto forma imágenes de objetos infinitamente alejados con precisión en la retina. Por tanto, el punto remoto (FP) de un ojo perfecto se sitúa en el infinito. A medida que la distancia entre el ojo y un objeto se reduce, el ojo mantiene el objeto enfocado por medio de la acomodación, que es un proceso en el que, principalmente, cambia la curvatura de **un cristalino** dentro del ojo. Una vez que se alcanza una distancia mínima a la que se acomoda y el cristalino no puede curvarse más, un objeto se encuentra en el punto próximo del ojo (NP). En optometría, las distancias a menudo se expresan en unidades de dioptrías (D), que son el inverso de metros (m). La distancia dióptrica entre FP y
15 NP de un ojo se llama amplitud de acomodación (AA). Dado que el FP de un ojo perfecto está situado en el infinito, ésta corresponde a 0 D. Un NP de un ojo perfecto puede, por ejemplo, estar situado a una distancia de 0,1 m, que corresponde a 10 D. En este caso la AA es 10 D.

- Los ojos envejecen y las personas que tienen aproximadamente 45 años o más sufren de presbicia, una condición en la que el cristalino del ojo pierde la capacidad de cambiar de forma. La amplitud de acomodación de los ojos disminuye
20 con la edad desde aproximadamente 20 D en la infancia hasta 0 D en la edad adulta tardía, cuando el ojo pierde la capacidad de formar imágenes claras de objetos cercanos en la retina. Hay muchos informes que documentan la relación entre la edad y el cambio máximo en la acomodación en los ojos humanos [1] [2].

- Además, los ojos sufren errores de enfoque causados por imperfecciones ópticas en sus superficies refractivas (córnea y cristalino) y/o por un desajuste entre el poder refractivo y la longitud axial del ojo, que se denominan errores refractivos.
25 Tales errores, que hacen que el punto lejano se ubique más cerca que el infinito (miopía) o más lejos que en el infinito (hipermetropía), impiden que el ojo forme imágenes con precisión en la retina y dan como resultado un deterioro de la calidad visual y requieren corrección óptica.

- Los errores refractivos que pueden corregirse con gafas, lentes de contacto, lentes intraoculares o cirugía refractiva, se pueden dividir en errores esféricos (miopía o hipermetropía), errores cilíndricos (astigmatismo) y presbicia. El
30 astigmatismo es una condición en la que el poder óptico del ojo varía con el meridiano (orientación), lo que hace que el punto remoto se divida en dos (meridianos); uno correspondiente a, por ejemplo, horizontal, y el otro correspondiente a componentes verticales de la imagen. Esto hace que la calidad visual de las imágenes de objetos verticales (por ejemplo, una valla) sea diferente de la calidad visual de las imágenes de objetos horizontales (por ejemplo, un vestido a rayas) y puede dar lugar a náuseas, ver imágenes dobles y una pérdida generalizada de la calidad visual. Muchos
35 autores han demostrado que la magnitud y el eje del astigmatismo no cambian mucho durante la acomodación [3] [4].

El hecho de que el astigmatismo pueda estar presente tanto en ojos relajados como en ojos que están acomodando significa que tanto el FP como el NP pueden dividirse. Cada uno puede corresponder a dos distancias dependiendo de la orientación del objeto; punto remoto distal (dFP) y punto remoto proximal (pFP), y punto próximo distal (dNP) y punto

próximo proximal (pNP) para el FP y el NP, respectivamente. Estas cuatro distancias corresponden a los extremos del intervalo de visión clara (BICV).

Debido a la dispersión cromática de luz de los medios oculares, que es una función de la longitud de onda, las posiciones del FP y del NP dependen de la composición espectral (color) del objeto [5] captado por la óptica del ojo sobre la retina. Por ejemplo, en el caso de un miope de 2 D mirando un objeto sobre un fondo negro, un FP puede ubicarse a una distancia de 0.5 m, 0.4 m y 0.53 m para objetos blancos, azules y rojos, respectivamente. La dispersión cromática ocular es conocida y similar entre sujetos, por lo que se puede calcular el FP y el NP para cualquier longitud de onda (color) dada [6].

Previo a su corrección, se debe determinar el tipo y la cantidad de error refractivo mediante un procedimiento conocido como refracción, que consiste en encontrar la combinación de lentes esféricas y cilíndricas que corrige los errores de enfoque del ojo descritos anteriormente. La refracción se realiza utilizando instrumentos ópticos concretos, que pueden medir la luz que sale del ojo (refracción objetiva), o por especialistas capacitados que utilizan un optotipo y un juego de lentes de prueba (refracción subjetiva).

El ojo humano nunca logra un enfoque perfecto, incluso después de la corrección esfero-cilíndrica, debido a la presencia de aberraciones monocromáticas de alto orden [7] y errores en las refracciones subjetivas tanto objetivas como subjetivas determinadas clínicamente que han sido documentados [8,9]. Además, las refracciones óptimas también pueden variar con la tarea y el objeto que se está viendo [10]. Por ejemplo, si el objetivo de la refracción es leer optotipos o letras, dependerá del tamaño de la letra. Los miopes bajos pueden leer letras grandes sin corrección, pero necesitan una corrección para letras pequeñas. De manera similar, los présbitas bajos pueden leer letras de tamaño mediano o grande, pero no pequeñas. Por tanto, la posición de FP y NP depende tanto del tamaño del objeto [11] como de la refracción del sujeto.

Se han propuesto numerosas patentes y solicitudes de patentes relativas a sistemas y métodos para medir los errores de refracción oculares. Algunas incluyen técnicas para encontrar lentes cilíndricas que corrigen el astigmatismo ocular [12]. Sin embargo, todos están relacionados con la obtención de las medidas en el FP de un ojo. Además, estas patentes y solicitudes se basan en el uso de sistemas ópticos para modificar la vergencia óptica en imágenes de objetos, y no en cambiar la distancia física real de dichos objetos. Además, no incluyen cambios en el tamaño del objeto (por ejemplo, tamaño del estímulo en una pantalla) dependiendo de dicha distancia, que se requiere para que el tamaño de una imagen formada por la óptica del ojo sea independiente de la distancia.

US20180125352A1 divulga técnicas para determinar la agudeza visual de un usuario sin asistencia médica. El usuario lleva a cabo múltiples procedimientos de prueba individuales en sucesión mediante la interacción con marcas mostradas en una pantalla de un dispositivo electrónico.

US20170079523A1 divulga técnicas para medir el error refractivo de un ojo de un usuario sin medios de corrección refractiva mediante la captura de una imagen del rostro del usuario que incluye el ojo probado y una forma de referencia de dimensiones conocidas, utilizando una cámara.

US20180116499A1 divulga técnicas para realizar exámenes oculares más objetivos en un usuario útiles para diagnosticar déficits neurocognitivos. Propone recopilar datos a partir de la medición de la distancia entre el usuario y un objetivo visual al accionar un botón y realizar una prueba de función ocular, como pruebas de convergencia y acomodación, con dichos datos recopilados.

Según el conocimiento de los autores, no hay solicitudes de patente publicadas anteriormente relacionadas con sistemas y métodos para medir interactivamente los errores de refracción ocular y la potencia y la adición de gafas de

lectura basadas en mediciones de distancia entre la cabeza de un sujeto y un dispositivo, donde hay un cambio de tamaño del objeto, y donde un sujeto puede elegir interactivamente uno de los BICV según la preferencia subjetiva. Estos sistemas se pueden implementar en dispositivos electrónicos modernos que incluyen pantallas, cámaras, sensores y procesadores.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Duane A. Studies in Monocular and Binocular Accommodation, with Their Clinical Application. Transactions of the American Ophthalmological Society. 1922; 20:132-57.
2. Jackson E. Amplitude of Accommodation at Different Periods of Life. California state journal of medicine. 1907; 5(7):163-6.
- 10 3. Borish IM. Clinical refraction, 3rd ed. Chicago: Professional Press, 1970.
4. Bannon RE. A study of astigmatism at the near point with special reference to astigmatic accommodation. Am J Optom Arch Am Acad Optom. 1946; 23:53-75.
5. Sivak JG, Mandelman T. Chromatic dispersion of the ocular media. Vision Res 1982; 22:997–1003.
6. Thibos LN, Ye M, Zhang X, Bradley A. The chromatic eye: a new reduced-eye model of ocular chromatic aberration in humans. Appl Opt 1992; 31:3594–3600.
- 15 7. Charman WN. Wavefront aberration of the eye: a review. Optom Vis Sci 1991; 68:574–583.
8. Bullimore, M. A., Boyd, T., Mather, H. E., & Gilmartin, B. (1988). Near retinoscopy and refractive error. *Clinical and Experimental Optometry*, 71(4), 114-118.
9. Bullimore, M. A., Fusaro, R. E., & Adams, C. W. (1998). The repeatability of automated and clinician refraction. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 75(8), 617-622.
- 20 10. López-Gil, N., Peixoto-de-Matos, S. C., Thibos, L. N., & González-Méijome, J. M. (2012). Shedding light on night myopia. *Journal of Vision*, 12 (5):4, 1–9.
11. Heath G. G. (1956). The influence of visual acuity on accommodative responses of the eye. Am. J. Opt&t. & drchs Am. Acad. Oprom. 33. 513-524.
- 25 12. Limon, Ofer. System and method for measurement of refractive error of an eye based on subjective distance metering. Patent. WO/2014/195951.

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a sistemas y métodos implementados por ordenador para medir de forma interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura. Los métodos se basan en la medida subjetiva interactiva de la distancia entre la cabeza de un sujeto y un dispositivo electrónico correspondiente a cualquiera de los BICV.

El sistema propuesto en este documento puede incluir los siguientes componentes de un dispositivo electrónico:

- a. Circuitos de medición de distancia, que pueden incluir componentes pasivos como una o más cámaras, o componentes activos como emisores, detectores u otros, o cualquier combinación de los mismos.
- 35 b. Interfaz de usuario, que puede incluir una pantalla electrónica con una superficie táctil o un teclado o un micrófono, u otros, o cualquier combinación de los mismos.

c. Circuitos de control y circuitos de procesamiento, que pueden incluir procesadores, módulos de memoria, conexiones alámbricas o inalámbricas entre módulos y componentes del sistema y redes remotas, u otros, o cualquier combinación de los mismos.

El método propuesto en este documento puede comprender los pasos de:

- 5 a. Adquirir información sobre un usuario, como edad (AGE), género, ubicación geográfica, ojo a examinar u otros, o cualquier combinación de los mismos.
- i. Según algunas realizaciones de la presente invención, la adquisición de información sobre un usuario comprende configurar un módulo de interfaz de usuario para solicitar a un usuario que introduzca dicha información en una interfaz de usuario.
- 10 ii. Según algunas realizaciones de la presente invención, la adquisición de información sobre un usuario comprende detectar automáticamente dicha información en base a una imagen de la cabeza de un usuario desde una cámara incluida en un dispositivo electrónico u otras bases de datos.
- b. Mostrar un estímulo en una pantalla electrónica, como una o más letras u optotipos, un patrón geométrico o una imagen fija o en movimiento, u otro, o cualquier combinación de los mismos.
- 15 i. Según algunas realizaciones de la presente invención, la visualización de un estímulo en una pantalla electrónica comprende cambiar el tamaño, la forma, la rotación, el color, el color de fondo u otras características o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores de acuerdo con la interacción del usuario con un dispositivo electrónico usando una interfaz de usuario.
- ii. Según algunas realizaciones de la presente invención, la visualización de un estímulo en una pantalla
- 20 electrónica comprende cambiar el tamaño, la forma, la rotación, el color, el color de fondo u otras características o cualquier combinación de cualquiera de las anteriores con un cambio de distancia entre la cabeza de un usuario y un dispositivo electrónico.
- c. Cambiar la distancia entre la cabeza de un usuario y un dispositivo electrónico para optimizar la calidad visual subjetiva del estímulo según un criterio.
- 25 i. Según algunas realizaciones de la presente invención, el cambio de distancia entre la cabeza de un usuario y un dispositivo electrónico comprende sostener un dispositivo en la mano de un usuario y acercarlo a la cara del usuario o alejarlo de la cara.
- ii. Según algunas realizaciones de la presente invención, cambiar la distancia entre la cabeza de un usuario y un dispositivo electrónico comprende situar una o más superficies reflectantes, el dispositivo electrónico, y cambiar una
- 30 distancia entre el dispositivo y la superficie o una distancia entre la cabeza y la superficie, o cualquier combinación de las mismas.
- iii. Según algunas realizaciones de la presente invención, cambiar la distancia entre la cabeza de un usuario y un dispositivo electrónico comprende cambiar la distancia por un tercero, como otra persona, otro aparato, u otro, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.
- 35 d. Medida de cualquiera de los BICV dentro de los cuales se cumple un determinado criterio de calidad visual.
- i. Según algunas realizaciones de la presente invención, la medición de cualquiera de los BICV puede comprender, mostrar en una pantalla electrónica a un usuario un estímulo con características espaciales orientadas en un cierto ángulo α y medir una distancia correspondiente entre el usuario y el estímulo.

ii. Según algunas realizaciones de la presente invención, la medición de cualquiera de los BICV puede comprender además mostrar a un usuario un estímulo con detalle espacial en un ángulo diferente β , que puede ser perpendicular al ángulo α , y medir una distancia correspondiente entre el usuario y el estímulo.

5 iii. Según algunas realizaciones de la presente invención, la medición de cualquiera de los BICV puede comprender configurar un circuito de medición de distancia incluido en el dispositivo electrónico para realizar mediciones.

iv. Según algunas realizaciones de la presente invención, la medición de cualquiera de los BICV puede comprender el uso de un aparato externo para realizar mediciones, como una regla, un telémetro u otro, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

10 v. Según algunas realizaciones de la presente invención, el criterio de calidad visual puede comprender un criterio de agudeza visual (por ejemplo, resolución de líneas, letras, etc.), un criterio de sensibilidad al contraste (por ejemplo, distinguir tonos de gris), un criterio de discriminación de color (por ejemplo, colores distintivos), claridad subjetiva u otra, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

e. Calcular los errores de refracción oculares y la potencia y la adición de gafas de lectura a partir del BICV medido, información sobre un objeto (como el color de un estímulo), información sobre un usuario (como edad, sexo u otros), o 15 cualquier otra, o combinación de cualquiera de los anteriores.

f. Almacenamiento de errores de refracción ocular y potencia y adición de gafas de lectura del BICV medido, información sobre un objeto (como el color de un estímulo), información sobre un usuario (como edad, sexo u otros), o cualquier otra, o combinación de cualquiera de los anteriores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

20 Las siguientes figuras que acompañan a la descripción detallada sirven para ilustrar más la naturaleza de la presente invención y sus ventajas:

FIG. 1 es un esquema de un sistema ilustrativo para medir interactivamente los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención.

25 FIG. 2 es un diagrama de bloques de un dispositivo electrónico ilustrativo para medir de manera interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención donde se incluye una cámara en el módulo de medición de distancia y una pantalla en la interfaz de usuario.

30 FIG. 3 es una vista de ejemplo de una pantalla ilustrativa de un dispositivo electrónico para medir de forma interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención.

FIG. 4 es un diagrama de flujo de un subproceso ilustrativo para cambiar un estímulo con la distancia entre una cabeza y un dispositivo electrónico de acuerdo con una realización de la invención.

FIG. 5 es un diagrama de flujo de un proceso ilustrativo para medir de forma interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención.

35 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a sistemas y métodos implementados por ordenador para medir de forma interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura. El método se basa en mediciones

subjetivas e interactivas de la distancia entre la cabeza de un usuario y un dispositivo electrónico, que corresponde específicamente a cualquiera de los BICV. La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, proporciona sistemas y métodos para permitir a los usuarios medir con precisión los errores de refracción de sus ojos o de los ojos de otras personas con o sin corrección óptica.

5 FIG. 1 es un esquema de un sistema ilustrativo implementado por ordenador para medir de forma interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención. El sistema **100** puede incluir circuitos de medición de distancia **110**, interfaz de usuario **120**, circuitos de control **130**, circuitos de procesamiento **140**, almacenamiento **150** y circuitos de comunicaciones **160**. En algunas realizaciones, uno o más de los componentes del dispositivo pueden combinarse u omitirse. En algunas realizaciones, el sistema **100**
10 puede incluir componentes adicionales no incluidos en la FIG. 1, o una combinación de cualquiera de los componentes mencionados anteriormente.

El sistema **100** puede incluir cualquier tipo adecuado de dispositivo electrónico con circuitos de medición de distancia utilizados para medir la distancia entre la cabeza del usuario y el dispositivo. Por ejemplo, el sistema **100** puede incluir cualquiera de los siguientes dispositivos equipados con una cámara y un sensor de luz: un teléfono móvil, una tableta,
15 un televisor "inteligente", un asistente digital personal (PDA), un ordenador portátil o de escritorio, una cámara o grabadora de vídeo autónoma, y cualquier otro dispositivo adecuado. El dispositivo electrónico incluido en el sistema **100** es preferiblemente, pero no se limita a ello, un dispositivo portátil.

La circuitería de medición de distancia **110** puede incluir cualquier circuito, emisores y detectores para medir la distancia entre la cabeza del usuario o parte de ella y el dispositivo electrónico. En algunas realizaciones, la circuitería de medición de distancia **110** puede incluir un sistema pasivo que comprende una o más cámaras para capturar imágenes de la cabeza del usuario y la circuitería para calcular la distancia entre la cabeza del usuario o parte de ella y el dispositivo a partir de dichas imágenes. En algunas realizaciones, la circuitería de medición de distancia **110** puede incluir un sistema activo que comprende uno o más emisores y detectores para medir dicha distancia.

La interfaz de usuario **120** puede incluir cualquier mecanismo adecuado para la interacción con un usuario, tal como una o más pantallas, altavoces, superficies táctiles, teclados, micrófonos u otros, o cualquier combinación de los mismos.
25 Por ejemplo, en algunas realizaciones, la interfaz de usuario **120** puede incluir una pantalla electrónica táctil para visualizar estímulos y recibir información de usuario.

La circuitería de control **130** puede incluir cualquier tipo de circuito, como procesadores, microcontroladores y conexiones para controlar las funciones, operaciones y rendimiento de un dispositivo electrónico incluido en el sistema **100**. Además, la circuitería de control **130** se puede acoplar electrónicamente con otros componentes del sistema **100**, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, la circuitería de control **130** puede enviar una señal de control a la interfaz de usuario **120** para configurarla para que reciba una entrada de un usuario o dar instrucciones a un usuario.

La interfaz de usuario **120** puede incluir cualquier mecanismo adecuado para la interacción con un usuario, tal como una o más pantallas, altavoces, superficies táctiles, teclados, micrófonos u otros, o cualquier combinación de los mismos.
35 Por ejemplo, en algunas realizaciones, la interfaz de usuario **120** puede incluir una pantalla electrónica táctil para visualizar estímulos y recibir información de usuario.

La circuitería de control **130** puede incluir cualquier tipo de circuito, como procesadores, micro-controladores y conexiones para controlar las funciones, operaciones y rendimiento de un dispositivo electrónico incluido en el sistema **100**. Además, la circuitería de control **130** se puede acoplar electrónicamente con otros componentes del sistema **100**, o
40 **100**.

cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, la circuitería de control **130** puede enviar una señal de control a la interfaz de usuario **120** para configurarla para que reciba una entrada de un usuario o dar instrucciones a un usuario.

La circuitería de procesamiento **140** puede incluir cualquier tipo de circuito, como procesadores, micro-controladores y conexiones diseñadas para procesar los datos de la circuitería de medición de distancia **110**, la interfaz de usuario **120** y otros componentes del sistema **100**, o cualquier combinación de los mismos para calcular errores esféricos y cilíndricos del ojo, potencia y adición de gafas de lectura. Además, la circuitería de procesamiento **140** se puede acoplar electrónicamente con otros componentes del sistema **100**, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la invención, la circuitería de procesamiento **140** puede enviar una señal a la circuitería de control **130** para configurar la interfaz de usuario **120** o la circuitería de medición de distancia **110**.

Almacenamiento **150** puede incluir uno o más medios de almacenamiento, como memoria interna o externa de cualquier tipo, como: HDD, SSD, RAM, ROM, EPROM, Flash EEPROM, tarjeta de memoria flash como una tarjeta SD (es decir, Secure Digital) de Tarjeta CF (es decir, Compact Flash), o cualquier otro tipo de memoria adecuada para el dispositivo electrónico incluido en el sistema **100**.

El circuito de comunicaciones **160** puede incluir cualquier circuito adecuado para conectar el dispositivo electrónico incluido en el sistema **100** a una red de comunicaciones y transmitir datos utilizando cualquier protocolo adecuado como, por ejemplo, Wi-Fi (por ejemplo, protocolo 802.11), Bluetooth®, protocolo celular (por ejemplo, GSM, GPRS, CDMA, EDGE, LTE) o cualquier otro protocolo de comunicaciones o cualquier combinación de los mismos.

FIG. 2 es un diagrama de bloques de un dispositivo electrónico ilustrativo **200** para medir interactivamente los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención.

Dispositivo electrónico **200** puede ser muy similar al dispositivo electrónico incluido en el sistema **100** mostrado en la FIG. 1 y compartir descripciones de los componentes de este último. Por ejemplo, el dispositivo electrónico **200** también puede incluir almacenamiento **250** y circuitos de comunicaciones **260**, que pueden ser sustancialmente similares a los componentes respectivos del dispositivo electrónico en el sistema **100**; almacenamiento **150**, y circuitería de comunicaciones **160**, u otros, o cualquier combinación de los mismos.

La circuitería de medición de distancia **210** puede ser similar a la circuitería de medición de distancia **110** y utilizar cualquier técnica adecuada o combinación de técnicas para medir la distancia entre la cabeza de un usuario **270** y el dispositivo electrónico **200**.

La interfaz de usuario **220** se puede conectar a los circuitos de control **230** y a los circuitos de procesamiento **240**. La interfaz de usuario (**120**; **220**) se puede configurar para proporcionar instrucciones a un usuario por medio de un mensaje de instrucción visual (ver **304** en la FIG. 3), o un audio mensaje, u otro método de interfaz de usuario, o cualquier combinación de los métodos anteriores. Además, la interfaz de usuario (**120**; **220**) se puede configurar para recibir entradas del usuario tocando o deslizando con un dedo sobre la pantalla táctil, o escribir en un teclado o teclado keypad, hablar en un micrófono, realizar un gesto detectado por una cámara, realizar un gesto detectado por un giroscopio u otros o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

La circuitería de control **230** puede ser similar a la circuitería de control **130** y los circuitos de procesamiento **240** pueden ser similares a los circuitos de procesamiento **140**. Los circuitos de procesamiento **240** pueden usar cualquier técnica adecuada o combinación de técnicas para calcular los errores refractivos oculares y la potencia y la adición de gafas de lectura a partir de mediciones de distancia entre la cabeza de un usuario o parte de ella **270** y el dispositivo electrónico

200 obtenida de la circuitería de medición de distancia **210**, y la entrada del usuario obtenida de la interfaz de usuario **220**, ambos configurados por señales de la circuitería de control **230**.

Por ejemplo, la circuitería de control **230** puede configurar la interfaz de usuario **220** para indicar al usuario que acerque lentamente el dispositivo electrónico **200** a la cabeza del usuario **270**, hasta que la pantalla táctil **220** apenas se pueda leer debido a dicha proximidad, correspondiente a un extremo cercano del intervalo de visión clara. Además, el circuito de control **230** puede indicar al usuario (u otro) que toque la pantalla táctil **220** para indicar dicha proximidad. El circuito de procesamiento **240** puede entonces usar esta entrada del usuario y la medición actual de la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico **200** obtenida del circuito de medición de distancia **210** para medir dNP y pNP. Como otro ejemplo, la interfaz de usuario **220** puede indicar al usuario que mueva lentamente el dispositivo electrónico **200** más lejos de la cabeza del usuario **270**, hasta que la pantalla táctil **220** apenas se pueda leer debido a su distancia de la cabeza, correspondiente a un extremo lejano del intervalo de visión clara. Además, la circuitería de control **230** puede indicar al usuario que toque la pantalla táctil **220** para indicar dicha proximidad. El circuito de procesamiento **240** puede entonces usar esta entrada del usuario y la medición actual de la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico **200** obtenida del circuito de medición de distancia **210** para medir dFP y pFP. Además, el circuito de procesamiento **240** puede usar cualquier técnica adecuada o combinación de técnicas para calcular el BICV e información adicional, como la edad, el sexo, el ojo que se va a examinar u otro del usuario, u otros, o cualquier combinación de los mismos.

En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento **240** puede detectar automáticamente la edad del usuario, el género o el ojo del usuario que se va a medir a partir de una imagen de la cabeza del usuario **270** tomada con una cámara incluida en la circuitería de medición de distancia **210**. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento **240** puede obtener la edad y el género del usuario enviando una señal al circuito de control **230** configurando la pantalla táctil incluida en la interfaz de usuario **220** para solicitar al usuario que ingrese su edad, género, el ojo que va a ser medido u otros, o la combinación de los mismos.

En algunas realizaciones de la invención, el circuito de control **230** puede configurar la pantalla táctil incluida en la interfaz de usuario **220** para mostrar un estímulo para ayudar al usuario a situar el dispositivo electrónico **200** en cualquiera de los BICV.

FIG. 3 es una vista de ejemplo de una pantalla ilustrativa de un dispositivo electrónico **300** para medir de forma interactiva errores refractivos oculares de acuerdo con una realización de la invención donde se muestra un estímulo en una pantalla táctil incluida en la interfaz de usuario.

El dispositivo electrónico **300** puede ser sustancialmente similar al dispositivo **100** mostrado en la FIG. 1 y el dispositivo **200** mostrado en la FIG. 2 y comparta descripciones de componentes con uno o ambos. Por ejemplo, el dispositivo electrónico **300** puede incluir una cámara en el circuito de medición de distancia **310** y una pantalla táctil en la interfaz de usuario **320**. En algunas realizaciones, la pantalla táctil incluida en la interfaz de usuario **320** puede configurarse para mostrar un estímulo **330** al usuario. incluidos, entre otros, los siguientes tipos de estímulos; un optotipo **330a**, texto **330b**, un patrón geométrico **330c,d**, una estímulo de discriminación de grises **330e**, una estímulo de discriminación de color **330f**, un estímulo de figura geométrica espacial **330g**, o una imagen o película **330h** o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

En algunas realizaciones, el estímulo **330** se puede configurar para cambiar sus características dependiendo de la distancia medida entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico **300**. Por ejemplo, el estímulo **300** se puede configurar para cambiar de tamaño, forma, rotación, color, color del fondo u otras características o cualquier

combinación de cualquiera de las anteriores, a medida que cambia la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico **300**.

En algunas realizaciones, el estímulo **330** se puede configurar para cambiar sus características dependiendo de la entrada del usuario desde la interfaz **320**. Por ejemplo, el estímulo **330** se puede configurar para cambiar el tamaño, forma, rotación, color, color de fondo u otras características, o cualquier combinación de cualquiera de las anteriores como resultado a la interacción del usuario con el dispositivo electrónico **300** usando la pantalla táctil **320** deslizando, haciendo clic, comando de voz u otro gesto, o cualquier combinación de cualquiera de las anteriores. Además, en algunas realizaciones, la interacción del usuario con la interfaz de usuario **320** se puede realizar usando un teclado, teclado keypad, ratón, micrófono o cualquier otro método de interfaz, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

FIG. **4** es un diagrama de flujo de un subproceso ilustrativo **400** para cambiar un estímulo con la distancia entre una cabeza y un dispositivo electrónico de acuerdo con una realización de la invención. El subproceso **400** puede constar de varios pasos. En algunas realizaciones, el orden de las etapas del subproceso **400** se puede cambiar o algunas etapas se pueden omitir o repetir. Además, el subproceso **400** se puede incluir en otro proceso (proceso principal) como un subproceso.

El subproceso **400** se puede realizar mediante un dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) con circuitos de medición de distancia (**110**; **210**; **310**) e interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**), y uno o más componentes del dispositivo electrónico. (**100**; **200**; **300**).

El primer paso del subproceso **400** puede continuar desde un proceso principal y comenzar con el bloque **410** donde la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) se puede configurar para mostrar un estímulo **330** en una pantalla **320**. Por ejemplo, en una realización de la invención, dicho estímulo puede ser un optotipo **330a**, o texto **330b**, o una o más líneas paralelas **330c**, **330d**, o una o más zonas grises **330e** o zonas de color **330f**, o un patrón geométrico tal como una cuadrícula **330g**, o una imagen **330h**, u otro tipo de estímulo, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

En el bloque **420**, un usuario puede cambiar la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**). Además, la circuitería de medición de distancia (**110**; **210**; **310**) puede enviar al circuito de procesamiento (**140**; **240**) una señal incluyendo una medida de distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**). Como se indicó anteriormente, los circuitos de medición de distancia (**110**; **210**; **310**) pueden usar cualquier técnica adecuada o combinación de técnicas para medir la distancia entre la cabeza **270** de un usuario y el dispositivo electrónico. Además, dicha distancia entre la cabeza del usuario y el dispositivo se puede medir usando otro método (como una regla o telémetro) y la entrada en la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**).

En algunas realizaciones de la presente invención, el cambio de la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico puede comprender, sostener el dispositivo en la mano del usuario y acercarlo a la cara o alejarlo de la cara.

En algunas realizaciones de la presente invención, el cambio de la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico puede comprender, colocar una superficie reflectante, como un espejo, frente al dispositivo electrónico (de modo que esta reflexión de la cabeza del usuario **270** esté dentro del campo de visión del dispositivo electrónico) y cambiando la distancia entre el dispositivo y un espejo, o la distancia entre la cabeza de dicho usuario o parte de ella **270** y un espejo, o cualquier combinación de los mismos.

En algunas realizaciones de la presente invención, cambiar la distancia entre la cabeza del usuario **270** y el dispositivo electrónico puede comprender cambiar la distancia por un tercero, como otra persona, otro aparato, u otro, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

En el bloque **460**, la interfaz de usuario se puede configurar para cambiar las características de un estímulo **330**. Por ejemplo, en una realización de la invención, el circuito de medición de distancia (**110**; **210**; **310**) puede enviar al circuito de procesamiento (**140**; **240**) una señal que incluye una medida de la distancia entre la cabeza de un usuario **270** y el dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**). La circuitería de procesamiento puede utilizar cualquier técnica o combinación de técnicas para procesar dicha señal y enviar una señal a la circuitería de control (**130**; **230**), que a su vez puede configurar la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) para cambiar tales características del estímulo **330** tales como tamaño, forma, rotación, color, color de fondo u otras características u otras, o cualquier combinación de cualquiera de las anteriores, de acuerdo con dicha distancia entre la cabeza de un usuario **270** y el dispositivo electrónico.

El bloque **430** puede ser un bloque de decisión en el que la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) puede configurarse para indicar al usuario que evalúe si un estímulo **330** cumple un determinado criterio de calidad visual. Por ejemplo, en una realización de la invención, dicho criterio de calidad visual puede ser un criterio de agudeza visual (por ejemplo, poder leer optotipos (**330a**) o texto (**330b**), o resolver dos o más líneas paralelas (**330c,d**), u otro, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores). Como otro ejemplo, en una realización de la invención, dicho criterio de calidad visual puede ser un criterio de sensibilidad al contraste (por ejemplo, poder distinguir áreas grises (**330e**) o hacer coincidir áreas grises) o un criterio de discriminación de color (por ejemplo, poder distinguir colores (**330f**) o igualar colores), o un criterio de geometría espacial (por ejemplo, ser capaz de detectar deformaciones en patrones geométricos (**330g**) como deformaciones de una cuadrícula) o reconocer imágenes o detalles en imágenes (**330h**), u otro criterio, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

Además, en el bloque de decisión **430** si la entrada del usuario a la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) indica que un estímulo **330** cumple un cierto criterio de calidad visual, el subproceso **400** puede pasar al bloque **440**.

Por otro lado, en el bloque de decisión **430** si la entrada del usuario a la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) indica que un estímulo **330** no cumple con un cierto criterio de calidad visual, el proceso **400** puede ir al bloque **450**, que puede ser un bloque de decisión. En el bloque **450**, que puede ser un bloque de decisión, si la distancia entre la cabeza **270** del usuario y el dispositivo electrónico puede cambiarse más, el subproceso **400** puede volver al bloque **460**. Por otro lado, en el bloque **450**, si dicha distancia no se puede cambiar más (por ejemplo, un usuario no puede mover el dispositivo electrónico más lejos que la distancia del brazo), el subproceso **400** puede pasar al bloque **440**.

En el bloque **440**, una distancia entre la cabeza **270** del usuario y el dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) se puede almacenar en el almacenamiento (**150**; **250**) junto con los datos de entrada del usuario, pero no limitado a ello. Además, en el bloque **440**, el subproceso **400** puede volver a un proceso principal en el que puede incluirse.

FIG. 5 es un diagrama de flujo de un proceso ilustrativo **500** para medir interactivamente los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de acuerdo con una realización de la invención. El proceso **500** puede constar de varios pasos. En algunas realizaciones, el orden de las etapas del proceso **500** se puede cambiar o algunas etapas se pueden omitir o repetir.

El proceso **500** se puede realizar mediante un dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) con circuitos de medición de distancia (**110**; **210**; **310**) e interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**), y uno o más componentes del dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**).

- El proceso **500** puede comenzar en el bloque **510** donde se puede configurar una interfaz de usuario (**120; 220; 320**) de un dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) para recibir información de entrada del usuario, como edad, sexo, valor de potencia del esférico-cilíndrico de las lentes oftálmicas o de contacto ya portadas por el sujeto, distancia de vértice, u otros o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, en una realización de la invención, dicha información se puede adquirir configurando la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) para solicitar al usuario que ingrese dicha información en la interfaz de usuario utilizando una pantalla táctil o un circuito de reconocimiento de voz, u otro, o cualquier combinación de los mismos. Como otro ejemplo, en una realización de la invención dicha información se puede adquirir automáticamente mediante su detección a partir de una imagen de la cabeza de un usuario **270** de una cámara incluida en dicha interfaz de usuario.
- En el bloque **520**, la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) se puede configurar para indicar al usuario que use un ojo (izquierdo o derecho) o ambos ojos mientras interactúa con el dispositivo electrónico (**100; 200; 300**).
- En el bloque **530**, el proceso **500** puede incluir el subproceso **400** (véase la FIG. 4). Por ejemplo, en una realización de la invención, en el bloque de decisión **430** del subproceso **400** incluido en el bloque **520** del proceso **500**, un usuario puede proporcionar una entrada de usuario a la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) indicando que la calidad visual de un estímulo **330** cumple un cierto criterio correspondiente a que un dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) esté situado a o cerca del extremo lejano o cercano del intervalo de visión clara BICV. En el bloque **440** (ver FIG. 4) del subproceso **400** incluido en el bloque **530** del proceso **500**, la distancia entre un dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) y la cabeza de un sujeto **270** se puede almacenar en almacenamiento (**150; 250**).
- En el bloque **540**, la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) se puede configurar para mostrar un nuevo estímulo e indicar al usuario que seleccione un ángulo preferido de orientación del estímulo mientras interactúa con el dispositivo electrónico (**100; 200; 300**). Como ejemplo, en una realización de la invención, la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) de un dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) situado en la proximidad de dFP (o pNP) se puede configurar para recibir la entrada del usuario que incluye un ángulo preferido de orientación del objetivo α dFP (o α pNP). En una realización de la invención, la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) se puede configurar para cambiar un estímulo **330** en una pantalla táctil **320** en respuesta a la entrada del usuario, como tocar o deslizar una pantalla táctil, o escribir en un teclado o teclado keypad, hablar por un micrófono, realizar un gesto detectado por una cámara, realizar un gesto detectado por un giroscopio, u otros o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores. Como ejemplo adicional, en una realización de la invención, la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) se puede configurar para mostrar un estímulo **330** que incluye, pero no se limita a ello, un conjunto de líneas paralelas en una pantalla táctil **320**, y para recibir la entrada del usuario desde dicha pantalla táctil **320** y realizar el cambio de orientación de dicho estímulo **320** en el ángulo α dFP (o α pNP).
- En el bloque **550**, se puede almacenar en almacenamiento (**150; 250**) un ángulo preferido de orientación del estímulo α dFP seleccionado por un usuario en el bloque **540**.
- En el bloque **560**, el proceso **500** puede incluir el subproceso **400** (véase la FIG. 4). En el bloque **410**, la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) se puede configurar para mostrar un nuevo estímulo **330** que incluye, pero no se limita a ello, un conjunto de líneas paralelas en una pantalla táctil **320** orientada en un ángulo α dFP (o α pNP). En el bloque de decisión **430** del subproceso **400** incluido en el bloque **560** del proceso **500**, un usuario puede proporcionar una entrada de usuario a la interfaz de usuario (**120; 220; 320**) indicando que la calidad visual de dicho estímulo **330** cumple un cierto criterio correspondiente a un dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) estando situado en o cerca de dFP (o pNP). En el bloque **440** del subproceso **400** dFP (o pNP), se pueden almacenar en almacenamiento (**150; 250**).

En el bloque **570**, el proceso **500** puede incluir el subproceso **400** (véase la FIG. 4). En el bloque **410**, la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) se puede configurar para mostrar un nuevo estímulo **330** que incluye, entre otros, un conjunto de líneas paralelas en una pantalla táctil **320** orientada en un ángulo $\alpha pFP = \alpha dFP + 90^\circ$ (o $\alpha dNP = \alpha pNP - 90^\circ$). En el bloque de decisión **430** del subproceso **400** incluido en el bloque **570** del proceso **500**, un usuario puede proporcionar una entrada de usuario a la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) indicando que la calidad visual de dicho estímulo **330** cumple un cierto criterio correspondiente a un dispositivo electrónico (100; 200; 300) estando situado en o cerca de pFP (o dNP). En el bloque **440** del subproceso, se pueden almacenar **400** pFP (o dNP) en almacenamiento (**150**; **250**).

En el bloque **580**, los circuitos de procesamiento (**140**; **240**) pueden usar cualquier técnica o combinación de técnicas para calcular errores de refracción oculares como, entre otros, esfera (SPH), cilindro (CYL) y eje (AXS) de dFP, pFP, αdFP , αpFP , dNP, pNP, αdNP o αpNP u otros, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores.

En una realización de la invención, AXS se puede calcular a partir de αdFP y αpFP usando, por ejemplo, las siguientes ecuaciones:

$$AXS = 90^\circ - \alpha pFP \text{ si } 0^\circ < \alpha dFP < 90^\circ; \text{ o}$$

$$AXS = 270^\circ - \alpha dFP \text{ en otro caso;}$$

Eq. 1

$$\text{y } \alpha dFP = \alpha pFP - 90^\circ.$$

Eq. 2

Además, AXS se puede calcular a partir de αdNP y αpNP utilizando, por ejemplo, las siguientes ecuaciones:

$$AXS = 90^\circ - \alpha dNP \text{ si } \alpha dNP < 90^\circ; \text{ o}$$

$$AXS = 270^\circ - \alpha dNP \text{ en otro caso;}$$

Eq. 3

$$\text{y } \alpha dNP = \alpha pNP - 90^\circ.$$

Eq. 4

donde αdNP , αpNP , αdFP , and αpFP se expresan en unidades de grados de 1° a 180° .

SPH y CYL se pueden calcular a partir de dFP, pFP utilizando, por ejemplo, las siguientes ecuaciones:

$$SPH = -1/dFP + K.$$

Eq. 5

$$CYL = -(1/pFP - 1/dFP),$$

Eq. 6

donde el parámetro K depende del color de fondo y del estímulo. En el caso de un fondo negro, $K = 0$ D, $K > 0$ D y $K < 0$ D para blancos, azules y rojos, respectivamente. El valor específico de K depende de un espectro de emisión de un estímulo físico.

En una realización de la invención, SPH y CYL también se pueden calcular a partir de dNP, pNP usando, por ejemplo, las siguientes ecuaciones:

$$SPH = AA - 1/dNP + K.$$

Eq. 7

$$CYL = -(1/pNP - 1/dNP),$$

Eq. 8

donde el valor de AA puede depender de AGE como:

$$AA = 15.6 - 0.3 * AGE \text{ con } AGE \leq 52 \text{ años; o}$$

$$AA = 0 \text{ D en caso contrario.}$$

Eq. 9

Los valores de dFP, pFP, dNP, pNP se pueden expresar en metros y K en dioptrías. La AGE se puede expresar en años.

Además, en el bloque **580**, la circuitería de procesamiento (**140**; **240**) puede usar cualquier técnica o combinación de técnicas para calcular la potencia de las gafas de lectura (P) a partir de dNP o pNP, u otros parámetros, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, en una realización de la invención, la potencia de las gafas de lectura P se puede calcular como:

$$5 \quad P = 3 D - E (1 / ((dNP + pNP)/2) + K), \text{ cuando } E(1 / ((dNP + pNP)/2) + K) < 3 D$$

$$P = 0 D \text{ en caso contrario.} \quad \text{Eq. 10}$$

donde P puede expresarse en dioptrías y E puede ser un valor constante entre 0 y 1.

Como se describió anteriormente, en el bloque **520** del proceso **500**, la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) se puede configurar para indicar al usuario que use un ojo (izquierdo o derecho) o ambos ojos mientras interactúa con el dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**). Como ejemplo, en una realización de la invención, en el bloque **410** (ver FIG. 4) del subproceso **400** incluido en el bloque **530** del proceso **500**, la interfaz de usuario (**120**; **220**; **320**) puede configurarse para mostrar un estímulo **330** incluyendo, pero no limitado a ello, un texto (**330b**). En el bloque **440** del subproceso **400**, se puede almacenar una distancia NP cercana al punto de almacenamiento (**150**; **250**) y la potencia P de las gafas de lectura se puede calcular como:

$$15 \quad P = 3 D - E(1 / NP + K), \text{ si } E(1 / NP + K) < 3 D$$

$$P = 0 D \text{ en caso contrario.} \quad \text{Eq. 11}$$

donde NP se puede expresar en metros.

En una realización de la invención, la adición de gafas de lectura (ADD) se puede calcular usando las siguientes ecuaciones:

$$20 \quad ADD = P - (SPH + CYL/2) \text{ si } P > (SPH + CYL/2); \text{ o}$$

$$ADD = 0 D \text{ en caso contrario.} \quad \text{Eq. 12}$$

Eq. 1-12 corresponden a la refracción del plano corneal.

Además, en el bloque **580** del proceso **500**, los circuitos de procesamiento (**140**; **240**) incluidos en un dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) pueden usar cualquier técnica adecuada o combinación de técnicas para calcular la refracción del plano de las gafas o la potencia de las gafas de lectura de la refracción del plano corneal de dNP, pFP, dNP, pNP, FP, NP, distancia de vértice (DV) u otros, o cualquier combinación de los mismos. La DV depende del tipo de corrección (normalmente 0,0 m para lentes de contacto y 0,014 m para gafas).

En el bloque **590** parámetros como, entre otros, SPH, CYL, AXS, FP, NP, P, ADD, dFP, pFP, α dFP, α pFP, dNP, pNP, α dNP, α pNP, DV, entrada de usuario, u otros, o cualquier combinación de cualquiera de los anteriores se puede guardar en almacenamiento (**150**; **250**).

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para medir de manera interactiva los errores refractivos oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de un usuario de un dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) que incluye:
 - mostrar un estímulo (**330**) en una pantalla electrónica (**320**) del dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**),
 - 5 • recibir información del usuario y cambiar las características espaciales del estímulo (**330**) de acuerdo con dicha entrada del usuario,
 - recibir información del usuario que indica que la pantalla electrónica (**320**) del dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) está colocada en el borde cercano del intervalo de visión clara, BICV, donde la calidad visual del estímulo (**330**) satisface un cierto criterio de calidad visual;
 - 10 • medir una distancia entre la cabeza del usuario **270** o parte de ella y la pantalla electrónica en el punto próximo, NP, del BICV;
 - calcular el punto próximo distal, dNP y el punto próximo proximal, pNP, usando la entrada del usuario que indica que la pantalla electrónica está posicionada en el borde cercano del intervalo de visión clara y dicha distancia medida entre la cabeza (**270**) o parte de ella y el dispositivo electrónico;
 - 15 • calcular al menos un parámetro de refracción seleccionado entre esfera, SPH, cilindro, CYL, eje, AXS, potencia de las gafas de lectura, P, o adición, ADD, de al menos dichos dNP y pNP.
2. El método implementado por ordenador de la reivindicación 1, en el que la presentación de un estímulo (**330**) en una pantalla electrónica (**320**) del dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) incluye cambiar las características de dicho estímulo (**330**) tales como, pero no limitado a; el tamaño, la orientación, la posición o el color, siendo posible cambiarlos independientemente unos de otros con la distancia entre dicho usuario y dicho dispositivo electrónico.
- 20 3. El método implementado por ordenador según las reivindicaciones 1 y 2, en el que dicho estímulo (**330**) en una pantalla electrónica (**320**) del dispositivo electrónico (**100**; **200**; **300**) incluye:
 - 25 • una sola letra, optotipo o un grupo de los mismos (**330a**),
 - un texto (**330b**),
 - una forma geométrica (**330c**, **d**),
 - un dibujo en color o escala de grises (**330e**, **f**),
 - un dibujo repetitivo como una cuadrícula (**330 g**),
 - 30 • una imagen o película (**330h**),
 - otros estímulos espaciales (por ejemplo, un punto) o cualquier combinación de alguno de los anteriores.

4. El método implementado por ordenador según las reivindicaciones 1-3, en el que dichas características cambiantes del estímulo **(330)** según dicha entrada del usuario incluyen rotación, traslación, cambio de tamaño, cambio de forma, cambio de color u otros, o cualquier combinación de los mismos.
- 5 5. El método implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha medición interactiva de errores refractivos oculares, potencia y adición de gafas de lectura de un usuario incluye:
- cambiar interactivamente una rotación del estímulo **(330)** en una pantalla electrónica **(320)** por un usuario a un ángulo preferido de orientación del estímulo en el que la calidad visual de una imagen de dicho estímulo satisface un cierto criterio de calidad visual;
 - 10 • medir una primera distancia entre la pantalla electrónica **(320)** y la cabeza del usuario **(270)** o parte de ella;
 - cambiar un estímulo **(330)** para que incluya al menos una línea orientada perpendicularmente a dicho ángulo preferido de orientación del estímulo en el que se mide una segunda distancia entre dicha pantalla electrónica y la cabeza del usuario;
 - 15 • calcular al menos un parámetro de refracción seleccionado entre SPH, CYL, AXS, P o ADD a partir de la primera y segunda distancias, ángulo preferido de orientación del estímulo, AGE del usuario, características de color espectral de dicho estímulo, u otros parámetros, o cualquier combinación de los mismos.
6. El método implementado por ordenador de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, donde dicho ángulo preferido de orientación del estímulo se encuentra rotando físicamente la pantalla o los estímulos en la pantalla **(320)** del dispositivo electrónico **(100; 200; 300)** alrededor de la línea principal de mirada del usuario.
- 20 7. El método implementado por ordenador de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, en el que dicho ángulo preferido de orientación del estímulo se calcula a partir de una imagen de la cabeza del usuario **(270)** o parte de ella que se puede girar con respecto a la pantalla **(320)** del dispositivo electrónico **(100 ; 200; 300)**.
- 25 8. El método implementado por ordenador según la reivindicación 5, en el que dicha primera distancia se puede calcular a partir de una relación matemática entre la edad del usuario y dicha segunda distancia.
9. El método implementado por ordenador de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 8, en el que se puede colocar una superficie reflectante entre el ojo del usuario de la cabeza de un usuario o parte de ella **(270)** y dicha pantalla **(320)** del dispositivo electrónico **(100; 200; 300)** para cambiar la longitud del camino óptico de la luz que viaja desde dicho estímulo hasta el dicho ojo del usuario.
- 30 10. El método implementado por ordenador de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 9, en el que al menos uno de dichos parámetros de refracción seleccionado entre SPH, CYL, AXS, P o ADD se puede volver a calcular a partir de una
- 35

relación matemática entre dicho parámetro y la distancia de vértice, VD, desde el plano corneal al plano de la lente de las gafas, o viceversa.

11. El método implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha edad del usuario (AGE) se puede obtener mediante uno de los siguientes métodos:

- introduciendo la AGE o fecha de nacimiento en una interfaz de usuario por parte del usuario o de forma remota desde una base de datos (**120; 220; 320**) del dispositivo electrónico (**100; 200; 300**),
- detectando la AGE a partir de una imagen de la cabeza del usuario (**270**) o parte de ella usando un algoritmo de detección de la edad;
- cualquier combinación de los mismos.

12. Un sistema incluido en un dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) para medir de forma interactiva los errores de refracción oculares, la adición y la potencia de las gafas de lectura de un usuario que incluye:

- una pantalla electrónica (**320**) para visualizar y cambiar un estímulo;
- una interfaz de usuario (**110; 210; 310**) configurada para dar instrucciones al usuario y recibir la entrada del usuario que indica que la pantalla electrónica (**320**) del dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) está colocada en el borde cercano del intervalo de visión clara, BICV, donde la calidad visual del estímulo (**330**) satisface un determinado criterio de calidad visual;
- un circuito de medición de distancia (**110; 210**) configurado para detectar una distancia entre la cabeza (**270**) del usuario o parte de ella y la pantalla electrónica **320** del dispositivo electrónico (**100; 200; 300**);
- una circuitería de procesamiento (**140; 240**) configurada para calcular el punto próximo distal, dNP, y el punto próximo proximal, pNP, usando la entrada del usuario que indica que la pantalla electrónica está posicionada en el borde cercano del intervalo de visión clara y la distancia medida entre la cabeza o parte de ella y el dispositivo electrónico; y calcular al menos uno de dichos parámetros de refracción seleccionado entre SPH, CYL, AXS, P o ADD, de al menos dichos dNP y pNP;
- un almacenamiento (**150; 250**) configurado para guardar dichos parámetros y otra información en una memoria del dispositivo electrónico (**100; 200; 300**);
- un circuito de comunicaciones (**160; 260**) configurado para transmitir dichos parámetros y otra información hacia y desde una red.

13. El sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el circuito de medición de distancia (**110; 210**) y la interfaz de usuario (**110; 210; 310**) del dispositivo electrónico (**100; 200; 300**) se pueden configurar además para:

- medir una rotación del dispositivo con respecto a un eje tal como, pero no limitado a, una línea principal de mirada entre el usuario y dicho dispositivo electrónico;
- medir una rotación o inclinación de la cabeza del usuario (**270**) o parte de ella con respecto a dicho eje.

14. El sistema de acuerdo con las reivindicaciones 12 - 13, en el que la interfaz de usuario (**110; 210; 310**) incluye además:

5

- un altavoz,
- un micrófono,
- circuitos de reconocimiento de voz,
- cualquier combinación de los mismos.

15. Un dispositivo (**100; 200; 300**) que incluye el sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 - 14, en el que el dispositivo puede ser, entre otros, uno de los siguientes:

10

- un teléfono móvil;
- una tableta;
- una televisión inteligente;
- un asistente digital personal;

15

- un ordenador portátil;
- un ordenador de escritorio;
- una cámara independiente;
- una consola de juegos;
- una videgrabadora.

20

16. Un producto de programa informático que comprende instrucciones legibles por ordenador almacenadas en el mismo, que cuando son ejecutadas por un procesador de un dispositivo (**100; 200; 300**), hacen que el procesador lleve a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

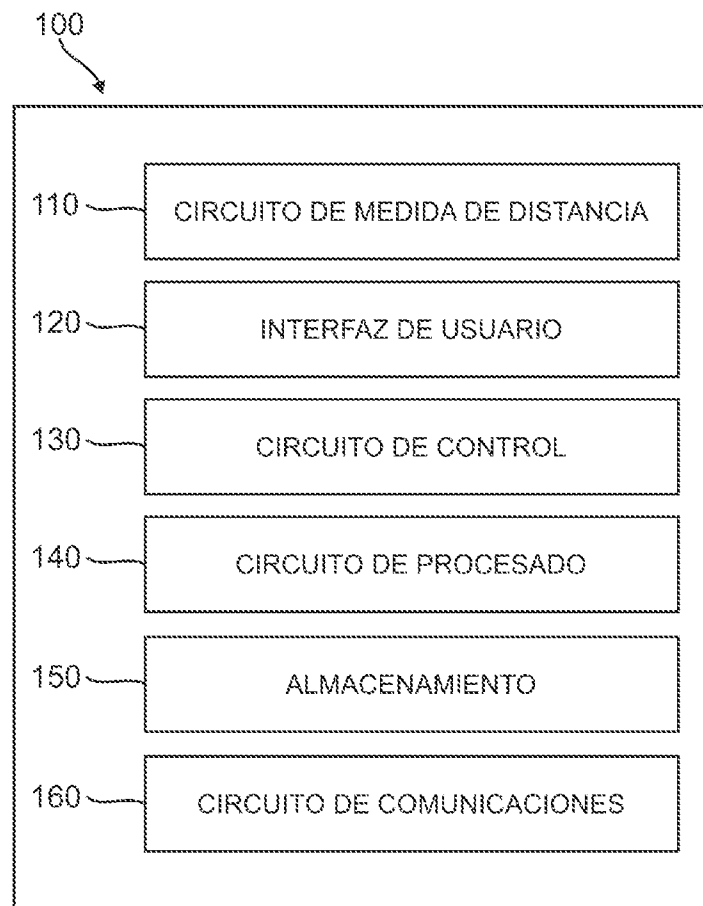


FIG. 1

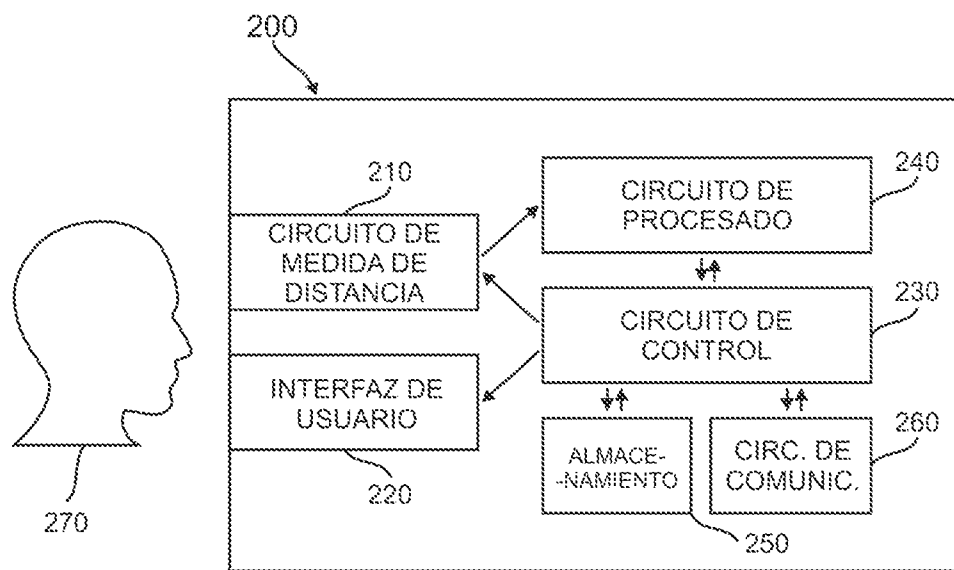


FIG. 2

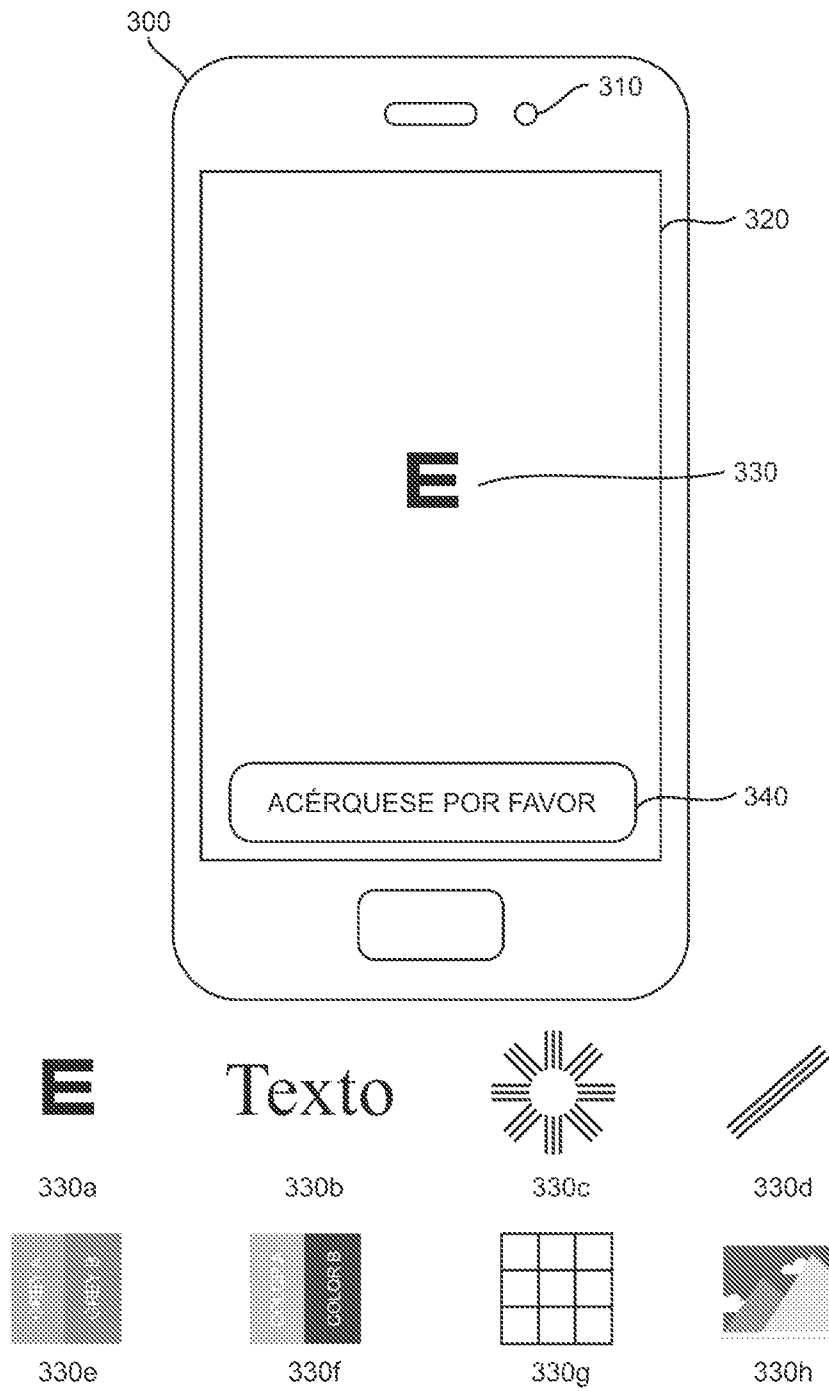


FIG. 3

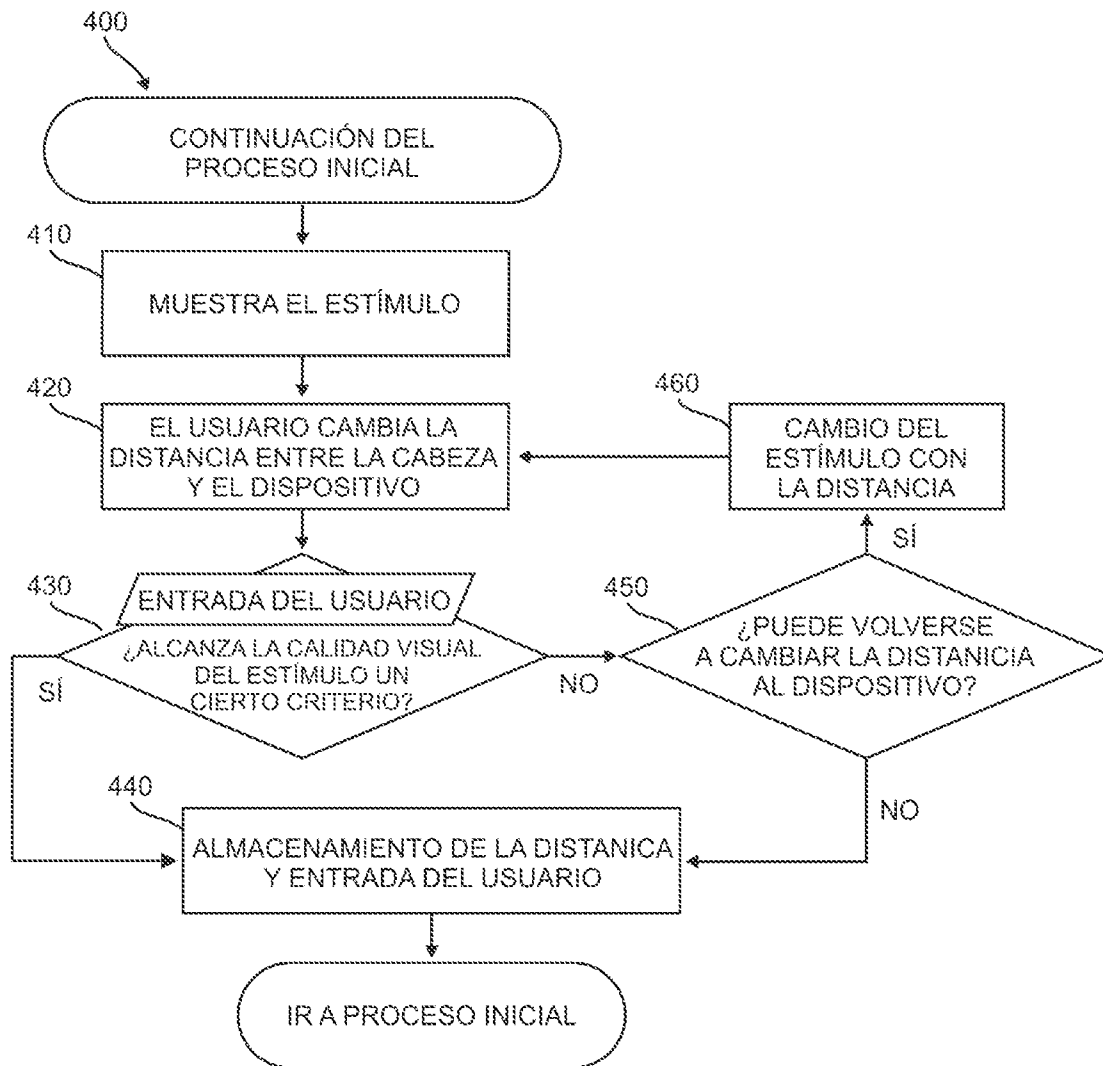


FIG. 4

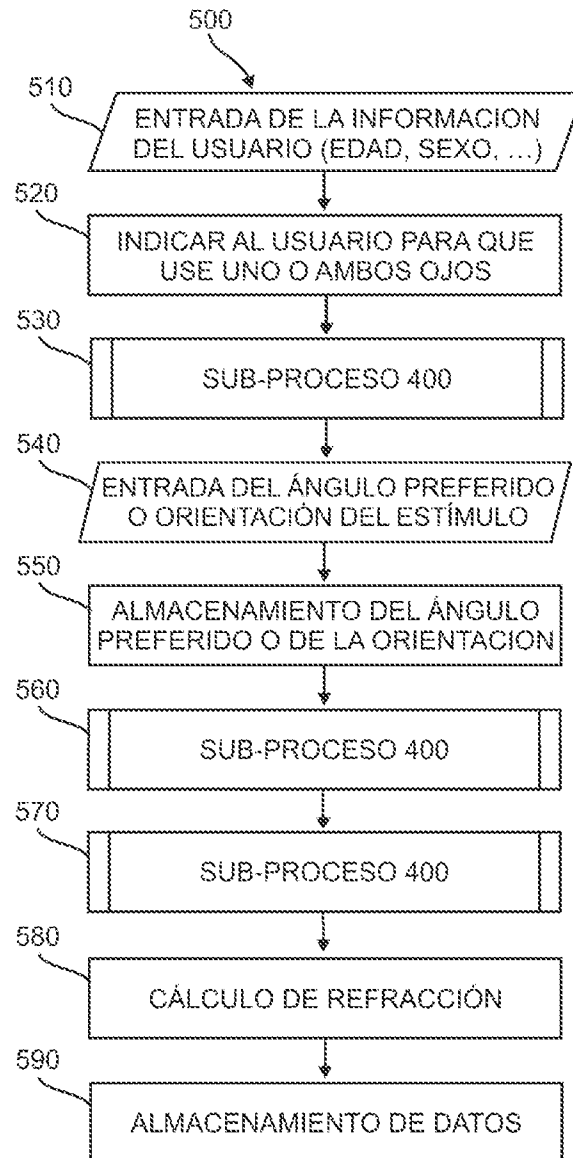


FIG. 5