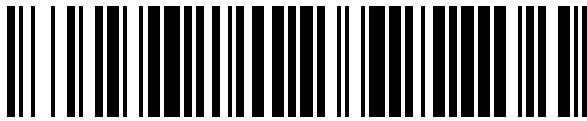


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **1 223 404**

(21) Número de solicitud: 201831258

(51) Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)
H04N 1/00 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

(22) Fecha de presentación:

20.12.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

21.01.2019

(71) Solicitantes:

UNIVERSITAT D'ALACANT / UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100.0%)
Edificio Torre de Control. Ctra. San Vicente del Raspeig, s/n
03690 SAN VICENTE DEL RASPEIG (Alicante) ES

(72) Inventor/es:

ESPINOSA TOMAS, Julián;
DOMENECH AMIGOT, Begoña;
VAZQUET FERRI, Carmen;
PEREZ RODRIGUEZ, Jorge y
MAS CANDELA, David

(74) Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

(54) Título: **DISPOSITIVO DE AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DEL PARPASEO**

ES 1 223 404 U

DESCRIPCIÓN**DISPOSITIVO DE AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO
DEL PARPADEO****Objeto de la invención**

5

El objeto de la presente invención es un dispositivo para la autenticación de la identidad de un ser humano a partir del reconocimiento del parpadeo de dicho ser humano en una secuencia de video previamente grabada.

10

Estado de la técnica

15

La autenticación biométrica es el estudio automático para el reconocimiento único de humanos basado en uno o más identificadores biométricos que se clasifican como rasgos conductuales o rasgos fisiológicos [Jain, Anil K.; Ross, Arun (2008). "Introduction to Biometrics". In Jain, AK; Flynn; Ross, A. Handbook of Biometrics. Springer. pp. 1–22. ISBN 978-0-387-71040-2].

20

Los rasgos fisiológicos están relacionados con características físicas intrínsecas del cuerpo como, por ejemplo, la huella digital, venas o huella de la palma de la mano, la cara, el ADN, el iris, la retina, el electroencefalograma (EEG) o el electrocardiograma (ECG). Por otro lado, los rasgos conductuales se relacionan con el patrón de comportamiento de una persona como, por ejemplo, el ritmo de la escritura, la firma o la voz.

25

Los movimientos del ojo [M. Juhola, Y. Zhang, J. Rasku, "Biometric verification of a subject through eye movements," Computers in Biology and Medicine 43, pp 42-50 (2013)] y el parpadeo [M. Abo-Zahhad, Sabah M. Ahmed, Sherif N. Abbas, "A novel biometric approach for human identification and verification using eye blinking signal," IEEE signal processing letters, 22, No. 7 pp 876-880 (2015)] han sido utilizados recientemente como rasgos fisiológicos aptos para la autenticación biométrica humana. En ambos casos, las señales bioeléctricas de las que se derivan los parámetros que caracterizan e identifican a cada individuo se obtienen a partir del registro de un electrooculograma (EOG) derivado del EEG, aunque en el caso de los movimientos del ojo, también pueden obtenerse a partir de videocámaras (videoculógrafo). El hecho de que para la medida del EOG se necesiten electrodos pegados a la piel, lo hace poco práctico para su uso biométrico.

30

Tradicionalmente, el parpadeo se ha evaluado principalmente mediante técnicas de contacto

que requieren el uso de electrodos para medir el EOG [D. Denney and C. Denney, "The eye blink electro-oculogram," Br J Ophthalmol 68, pp. 225–228 (1984)] o el electromiograma [B. W. O. D. Visser and C. Goor, "Electromyographic and reflex study in idiopathic and symptomatic trigeminal neuralgias: latency of the jaw and blink reflexes," J Neurol Neurosurg Psychiatry 37, pp. 1225–1230 (1974)], o la aplicación de una bobina magnética [J. Schlag, B. Merker, and M. Schlag-Rey, "Comparison of EOG and search coil techniques in long-term measurements of eye position in alert monkey and cat," Vision Research 23, pp. 1025–1030 (1983)]. Sin embargo, también es posible el uso de procedimientos de registro sin contacto, tales como fotografía o video que permiten una evaluación cuantitativa del movimiento del ojo durante el parpadeo sin interferir con el sujeto [S. H. Choi, K. S. Park, M. W. Sung, and K. H. Kim, "Dynamic and quantitative evaluation of eyelid motion using image analysis," Med Biol Eng Comput 41, pp. 146–150 (2003)].

Las características del parpadeo que más se han estudiado son la frecuencia y la duración debido a su relación con estados mentales tales como fatiga, lapsos de atención y estrés. La determinación del comienzo y el fin del parpadeo se aborda, por lo general, mediante la definición de umbrales precalibrados. De hecho, se desconoce algún método que calcule o determine de forma precisa el final del parpadeo [F. VanderWerf, P. Brassinga, D. Reits, M. Aramideh, and B. O. de Visser, "Eyelid Movements: Behavioral Studies of Blinking in Humans Under Different Stimulus Conditions," Journal of Neurophysiology, 89, pp. 2784–2796 (2003)].

Explicación de la invención

Es un objeto de la presente invención la identificación y autenticación de seres humanos a partir de una secuencia de video de su parpadeo. Para ello, la presente invención realiza un análisis de los cambios de intensidad capturados por una cámara digital de la luz difundida por el ojo y su párpado correspondiente al parpadear. Estos cambios están directamente relacionados con el desplazamiento del párpado. A partir de la variación de la posición del párpado con el tiempo, es un objeto de la presente invención el cálculo de una pluralidad de parámetros físicos que caracterizan la cinemática y dinámica del parpadeo. Estos parámetros se utilizan para identificar a cada sujeto en un proceso de clasificación.

El parpadeo es un cierre temporal de ambos ojos e implica el movimiento de los párpados superior e inferior. Desde un punto de vista fisiológico, el parpadeo mantiene el ojo hidratado, lo que permite la distribución de la película lagrimal sobre la superficie ocular, protegiéndolo frente a objetos externos. Los movimientos de los párpados requieren comandos neurales

simples y pocas fuerzas activas. El parpadeo representa un fenómeno normal fácilmente observable y accesible, que refleja los procesos de activación del sistema nervioso central sin manipulación voluntaria. Así pues, su análisis permite encontrar cualquier anomalía y si ésta se deriva de una anomalía muscular o neuronal.

5

El parpadeo es uno de los reflejos humanos más rápidos (300-400 ms) por tanto, para obtener parámetros que lo caractericen adecuadamente a partir de un video es necesaria una cámara con una tasa de captura acorde a esa duración. Esta cámara, en una realización particular es una cámara comercial, y en otra realización particular es una cámara de un dispositivo electrónico portátil, como por ejemplo un teléfono móvil o equivalente, siempre y cuando la velocidad de captura sea, al menos, 150 fotogramas por segundo (fps).

La intensidad de la luz difundida por el párpado iluminado frontalmente varía dependiente de su posición, siendo máxima cuando el párpado está cerrado y mínima cuando está abierto. 15 Así, en un video grabado de un sujeto que parpadea, esta variación aparecerá reflejada como cambios en la intensidad de la luz registrada. En cada fotograma de la secuencia de parpadeo se puede estimar la intensidad de la luz difundida por el párpado sumando los niveles de gris de los píxeles del área de interés en torno a cada ojo. Los parpadeos aparecerán como picos en el perfil de intensidades [D. Mas, B. Domenech, J. Espinosa, J. Pérez, C. Hernández, and 20 C. Illueca, "Noninvasive measurement of eye retraction during blinking," Optics Letters 35, 1884 (2010)]. Mediante un algoritmo de detección de picos se aísla cada parpadeo y se ajusta a una curva suavizada mediante "*smoothing splines*" para eliminar el efecto del ruido. La primera y segunda derivada respecto del tiempo de esta curva están relacionadas, respectivamente con la velocidad (primera derivada) y la aceleración (segunda derivada) y su producto resulta proporcional a la potencia desarrollada por los músculos responsables del 25 parpadeo. Estas curvas se utilizan para determinar diferentes parámetros cinemáticos y dinámicos que caracterizan el parpadeo de cada individuo.

Los parámetros cinemáticos y dinámicos obtenidos son aptos para la autenticación biométrica 30 de un ser humano mediante algoritmos de clasificación, ya que describen rasgos fisiológicos relacionados con el parpadeo.

La clasificación es un tipo de aprendizaje automático supervisado basado en un conjunto de datos de entrenamiento que contiene observaciones cuya pertenencia a una categoría está 35 previamente establecida. Los algoritmos de clasificación aprovechan la información discriminante de ese conjunto de entrenamiento y *aprenden* a clasificar una nueva

observación en una de las categorías o clases. En la presente invención, el problema técnico que se resuelve en esta etapa del método es la asignación de un parpadeo, i.e. una nueva observación, a una clase seleccionada entre una pluralidad de clases, i.e. los sujetos, es decir, el problema técnico que se resuelve es una clasificación multiclasa.

5

La extracción de un conjunto de parámetros característicos que sean capaces de conservar la información discriminante de cada sujeto permite asignar una nueva observación de un parpadeo a uno de los sujetos que conforman el conjunto de entrenamiento mediante clasificación.

10

En una realización particular de la invención, se han evaluado diferentes algoritmos de clasificación seleccionados entre: un análisis discriminante lineal y cuadrático (LDA y QDA); K-Veinos Más Cercanos (KNN), Árbol de Clasificación (CT) y Correlación Cruzada Normalizada (NCC). No obstante, en una realización preferida de la invención se ha utilizado un análisis discriminante lineal LDA donde se ha obtenido una tasa de identificación correcta de hasta el 99%.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que restrinjan la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

25

Breve descripción de las figuras

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La FIG.1 muestra un esquema de los elementos intervenientes en la captura de una escena.

La FIG. 2 muestra un esquema en el que se detalla la selección de una región de interés en cada fotograma y se representa cómo varia la intensidad con el tiempo en un parpadeo en dicha región de interés.

La FIG. 3 muestra la curva de potencia normalizada obtenida para un parpadeo ejemplo. Las intersecciones con cero, los máximos y mínimos locales y las áreas bajo la curva entre intersecciones se utilizan para definir parámetros característicos del parpadeo.

5

La FIG. 4 muestra las curvas de velocidad y aceleración normalizadas para un parpadeo ejemplo. Los máximos y mínimos locales y las áreas bajo la curva entre intersecciones se utilizan para definir parámetros característicos del parpadeo.

10 La FIG. 5 muestra la curva de desplazamiento del párpado para un parpadeo ejemplo.

Exposición detallada de un modo de realización de la invención

Tal y como se observa con detalle en las figuras adjuntas, la primera etapa del método objeto de la presente invención consiste en la grabación de diferentes secuencias mediante una cámara de video con una velocidad de captura superior a 150 fps, y en donde los sujetos que forman el conjunto de clases a identificar parpadean. En la FIG.1 se muestra un esquema de la configuración del sistema de captura. Así pues, dado un sujeto (1), una cámara (2) con una velocidad de captura superior a 150 fps graba una secuencia (3) de duración indeterminada en la que el sujeto (1) parpadea. En cada fotograma aparece el párpado en una posición diferente. La toma de medidas se realiza sin contacto con el sujeto (1) e, incluso, puede realizarse de forma inconsciente para éste, lo que facilita el empleo de la invención en aplicaciones donde no sea necesaria requerir la colaboración del sujeto (1).

25 Para evaluar de forma precisa el parpadeo es necesario grabar un video de alta velocidad, i.e. con una velocidad de captura tal que permita capturar la diferencia de posición del párpado en un parpadeo cuya duración está comprendida entre 300 y 400 ms. Si el video no es de alta velocidad, la diferencia de la posición del párpado entre fotogramas es demasiado grande para realizar el seguimiento preciso del párpado.

30

Una vez realizada la captura, se procede a su procesamiento según aparece esquematizado en la FIG.2. Dada la secuencia (3) se selecciona una región de interés rectangular (4) en el primer fotograma de ésta en torno a cada ojo. Esta selección puede realizarse manualmente o automatizarla mediante un algoritmo de detección ocular. La misma región de interés se selecciona en el resto de fotogramas de la secuencia y su función es recortar los fotogramas para aligerar el procesado.

El algoritmo de detección ocular se basa en la diferencia de absorción de la luz entre el párpado y el ojo abierto (la pupila, el iris y la esclera). La luz visible, así como la radiación infrarroja, es absorbida por la pupila y el iris considerablemente más de lo que es absorbida por el párpado, tal y como se describe en [M. Durkin, L. Prescott, C. J. Jonet, E. Frank, M. Niggel, and D. A. Powell, "Photoresistive Measurement of the Pavlovian Conditioned Eyelid Response in Human Subjects," *Psychophysiology* 27, pp. 599–603 (1990)]. Como resultado, la energía en la región de interés de la imagen “ojos abiertos” es más baja que en la misma región de interés de la imagen “ojos cerrados” (5).

10

La energía contenida en cada región de interés de cada fotograma se obtiene sumando el valor de niveles de gris de cada píxel de ésta. La cantidad de intensidad reflejada por el ojo es casi constante cuando el párpado está abierto. Los parpadeos aparecen como aumentos y descensos rápidos de intensidad: cuando el párpado se cierra, la luz difundida por el párpado cambia y lo mismo ocurre con la intensidad registrada por la cámara. Los picos en intensidad representan el momento en el que el párpado está completamente cerrado. Mediante un algoritmo de detección de picos, se recorta de la secuencia cada parpadeo desde 0.25 segundos antes del pico hasta 0.46 segundos después. Esto supone condicionar el intervalo entre parpadeos a ser superior a 0.67 segundos y que la duración del parpadeo sea inferior a dicho valor. Con esta selección se abarca todo el rango de duración del parpadeo para sujetos normales (50-500 ms) tal y como se indica en [P. P. Caffier, U. Erdmann, and P. Ullsperger, "Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure," *Eur J Appl Physiol* 89, 319–325 (2003)] y se descartan parpadeos incompletos y/o dobles.

25

La curva de intensidades obtenida, directamente relacionada con el desplazamiento del párpado (15) se suaviza mediante *splines* (16) para, a continuación, calcular la primera y segunda derivada temporal y el producto de éstas. Dichas magnitudes son proporcionales a la velocidad (10) y aceleración del párpado (11) y a la potencia desarrollada por los músculos en el proceso (9) respectivamente.

30

En la FIG.3 se representa la curva de potencia normalizada (9) obtenida para un parpadeo de muestra. La curva de potencia normalizada (9) permite definir claramente el comienzo en el primer instante en que deja de ser cero y el final en el último, que vuelve a ser cero. Asimismo, es posible localizar los instantes en los que ocurren máximos y mínimos locales (8), así como las intersecciones con cero (7). Todos estos, junto con los valores de los máximos y los mínimos locales (8) proporcionan información del parpadeo y se utilizan como características

para describirlo.

Cronológicamente, unas pocas centésimas de segundo después de que el parpadeo haya comenzado, la potencia total desarrollada por los músculos es máxima en el momento t_{1P} en la fase de cierre. A continuación, en t_{2P} , los músculos del párpado dejan de funcionar, la potencia es cero y el párpado consigue una velocidad máxima de cierre. Después, el párpado inicia el frenado y la potencia se desarrolla con el signo opuesto. Hay un momento (t_{3P}), cuando la curva alcanza el mínimo, que corresponde a la potencia máxima desarrollada para frenar el cierre del párpado. Entonces, la potencia disminuye en valor absoluto, hasta que vuelve a cero. Este momento (t_{4P}) se corresponde con el ojo cerrado, cuando termina la fase de cierre y comienza la fase de apertura.

La forma de la curva en la fase de apertura es similar a la de cierre. La potencia total desarrollada por los músculos alcanza un máximo local en t_{5P} que ocurre cuando el párpado está en la fase ascendente. Entonces, la potencia disminuye hasta que es cero en t_{6P} y el párpado alcanza una velocidad máxima. Despues de eso, el signo de la fuerza cambia cuando el párpado está frenando y la curva alcanza un mínimo local en t_{7P} . En ese momento, el ojo todavía no está completamente abierto. Finalmente, la potencia disminuye en valor absoluto hasta cero (t_{8P}), cuando el párpado se retrae de nuevo, las fuerzas de los músculos se compensan, el ojo está abierto y el parpadeo termina.

El área bajo la curva de la potencia normalizada (9) $\mathbf{W}_{t_c}^{t_d}$ está relacionada con el trabajo desarrollado por los músculos en un período de tiempo entre t_c y t_d . Se calcula dicha área entre las intersecciones con cero, según la figura 3, obteniendo cuatro parámetros más.

En la figura 4, se representa la velocidad (10) y la aceleración (11) normalizadas junto a los instantes definidos previamente. Se puede observar que los ceros y los máximos y mínimos locales de la velocidad ya han sido caracterizados, mientras que los máximos y mínimos locales de la aceleración proporcionan nuevos instantes de tiempo (12) todavía no definidos.

Cronológicamente, t_{1a} es el tiempo después de comenzar el parpadeo cuando el párpado está en la fase de cierre y alcanza un máximo en la aceleración. A continuación, después del máximo en la potencia desarrollada, se alcanza un máximo en la velocidad y un cero en aceleración, tras el que la fuerza total de los músculos que intervienen en el parpadeo frena al párpado (hay un cambio en el signo de la aceleración). Esta fuerza de frenado alcanza su máximo en t_{2a} , antes de cerrar completamente el ojo. Seguidamente, en la fase de apertura, la dinámica es similar. La fuerza acelera al párpado hasta un máximo en t_{3a} . Más tarde, la

fuerza disminuye y probablemente alcanza un mínimo local que corresponde al tiempo cuando la aceleración de frenado de la abertura del párpado en la fase ascendente es máxima, justo antes de detenerlo. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre en la curva de potencia, en los gráficos de aceleración no aparece claramente esta fase de frenado por lo que ese mínimo local no se puede definir.

Procediendo con un análisis similar al de la potencia, se han obtenido los valores absolutos de los picos locales tanto de aceleración como de velocidad (13), y las áreas bajo la curva de aceleración (14). El área bajo la curva de la aceleración en un intervalo de tiempo se denota por $\mathbf{J}_{t_c}^{t_d}$ y representa el impulso mecánico por unidad de masa desarrollada por los músculos en ese período de tiempo comprendido entre t_c y t_d . Se definen tres parámetros relacionados con el impulso entre las intersecciones de la curva con cero.

Por último, en la figura 5, se analiza la curva ajustada a partir de los datos de desplazamiento (16). Habiéndose definido $S=\theta_1/\theta_2$, el cociente entre velocidades medias de los procesos de cierre y apertura (17), y la anchura a mitad de altura de la curva, w , (18).

Las características que describen la dinámica y la cinemática del parpadeo se agrupan en un vector siguiendo el orden indicado en la tabla 1.

20

Vector	Descripción		Fase
t_0	Tiempo (s)	Inicio (1ª potencia ≠ cero)	Cierre
t_{1P}		Potencia máxima local	
t_{2P}		Cruce potencia cero	
t_{3P}		Potencia mínima local	
t_{4P}		Cerrado	
t_{5P}		Potencia máxima local	Abertura
t_{6P}		Cruce potencia cero	
t_{7P}		Potencia mínima local	
t_{8P}		Fin (Potencia cero)	
$ \hat{P}(t_{1P}) $	Potencia absoluta normalizada		Cierre
$ \hat{P}(t_{3P}) $			Abertura
$ \hat{P}(t_{5P}) $			
$ \hat{P}(t_{7P}) $			
$W_0^{t_{1P}}$	Trabajo (u.a.)	De 0 a t_{2P}	Cierre
$W_{t_{2P}}^{t_{4P}}$		De t_{2P} a t_{4P}	
$W_{t_{4P}}^{t_{6P}}$		De t_{4P} a t_{6P}	Abertura
$W_{t_{6P}}^{t_{8P}}$		De t_{6P} a t_{8P}	
t_{1a}	Tiempo (s)	Aceleración máxima	Cierre
t_{2a}		Aceleración mínima	

t_{3a}		Aceleración máxima	Abertura
$ \hat{a}(t_{1a}) $	Aceleración absoluta normalizada	Cierre	
$ \hat{a}(t_{2a}) $		Abertura	
$ \hat{a}(t_{3a}) $			
$\mathbf{j}_0^{t_{2P}}$	Impulso (u.a.)	De 0 a t_{2a}	Cierre
$\mathbf{j}_{t_{2P}}^{t_{6P}}$		De t_{2a} a t_{6a}	Cierre/Abertura
$\mathbf{j}_{t_{6P}}^{t_{8P}}$		De t_{6a} a t_{8a}	Abertura
$ \hat{v}(t_{2P}) $	Velocidad absoluta normalizada	Cierre	
$ \hat{v}(t_{6P}) $		Abertura	
w	Tiempo (s)	Anchura a mitad de altura del desplazamiento	Cierre/Abertura
S		Cociente entre velocidades medias	Cierre/Abertura

Tabla 1. Parámetros de parpadeo

La técnica propuesta se ha evaluado con videos obtenidos con una cámara deportiva (tipo GOPRO®) grabando a 240 fps sobre 26 sujetos. Se han obtenido 3251 parpadeos a partir de las secuencias de vídeo grabadas, que van desde 74 hasta 191 parpadeos por sujeto. La diferencia en el número de parpadeos por sujeto es debida a las pérdidas en el procesamiento de las señales por superposición de parpadeos o parpadeos incompletos. Sin embargo, de todos los sujetos se han obtenido al menos 74 parpadeos, por lo que se han seleccionado aleatoriamente 74 parpadeos de cada participante para obtener un conjunto con el mismo número de datos de cada sujeto. Así, se reduce el número de parpadeos a 1924. Con este conjunto se ha procedido a la clasificación para la autentificación biométrica.

El rendimiento de cada clasificador (LDA, QDA, KNN, CT y NCC) se evalúa a través de validación cruzada de 10 iteraciones. El conjunto de datos se ha repartido proporcionalmente en 10 subconjuntos disjuntos. Nueve subconjuntos se utilizan para el entrenamiento y se evalúa el último subconjunto. El proceso se repite 10 veces, dejando cada vez un subconjunto diferente para su evaluación.

Se ha evaluado a través de validación cruzada de 10 iteraciones cinco conjuntos de datos: el conjunto original de 1924 párpados y cuatro conjuntos adicionales obtenidos a partir del original. La definición de los conjuntos adicionales consiste en la generación de 100 parpadeos para cada participante. Cada parpadeo se construye con la media aritmética de β parpadeos seleccionados al azar de 74 ensayos de cada participante, siendo $\beta = 3, 5, 10$ y 25 para cada conjunto (nombrado β -media). Los clasificadores biométricos se compararon a través de la tasa de identificaciones correctas en la tabla 2.

	LDA	QDA	KNN	CT	NCC
Original	41	34	28	32	50

3-media	70	49	43	48	54
5-media	82	61	53	59	55
10-media	95	78	71	75	55
25-media	99	92	89	90	56

Tabla 2. Tasa de identificaciones correctas (%)

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo para la autenticación biométrica mediante el reconocimiento del parpadeo de un sujeto, que se caracteriza por que comprende:

- 5 - una cámara digital (2) de video con la que se graba al menos una secuencia (3) de fotogramas de parpadeo de al menos un sujeto, donde la cámara de video (2) tiene una velocidad de captura de al menos 150 fotogramas por segundo; y
- un módulo procesador que comprende un algoritmo de detección ocular basado en la diferencia de absorción de la luz entre el parpadeo y el ojo abierto y que selecciona una región
10 de interés rectangular (4) en el primer fotograma de ésta en torno a cada ojo; un algoritmo de detección de picos de intensidad de luz del parpadeo, que aísla cada parpadeo y que genera datos de caracterización cinemáticos y dinámicos de cada parpadeo; y un algoritmo de clasificación que asigna un parpadeo a un sujeto dependiendo de los previamente citados parámetros cinemáticos y dinámicos obtenidos.

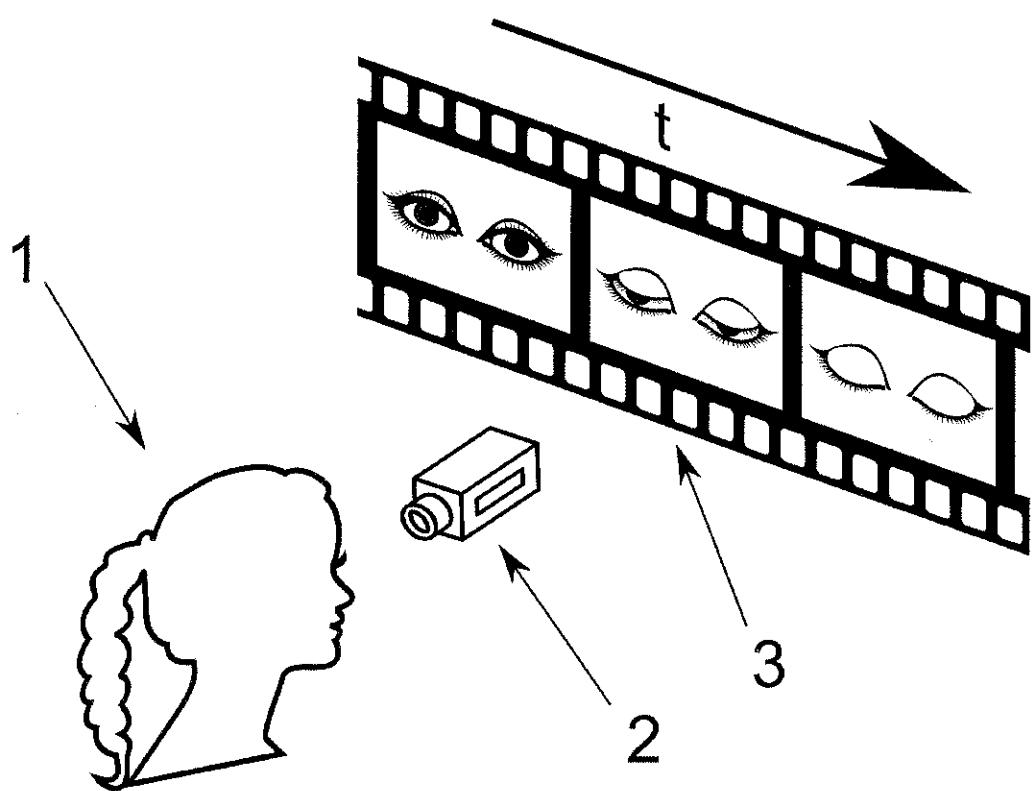


FIG. 1

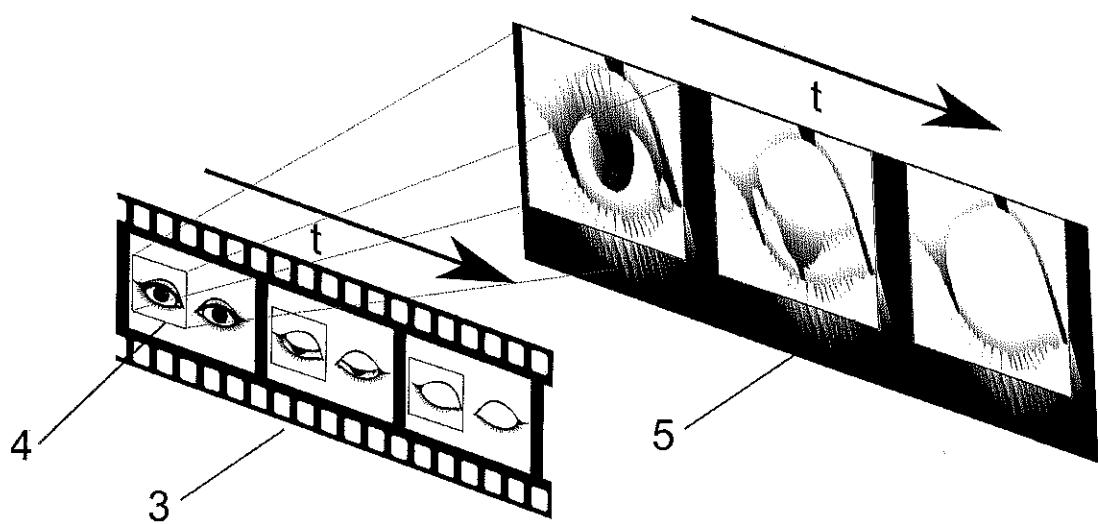


FIG. 2

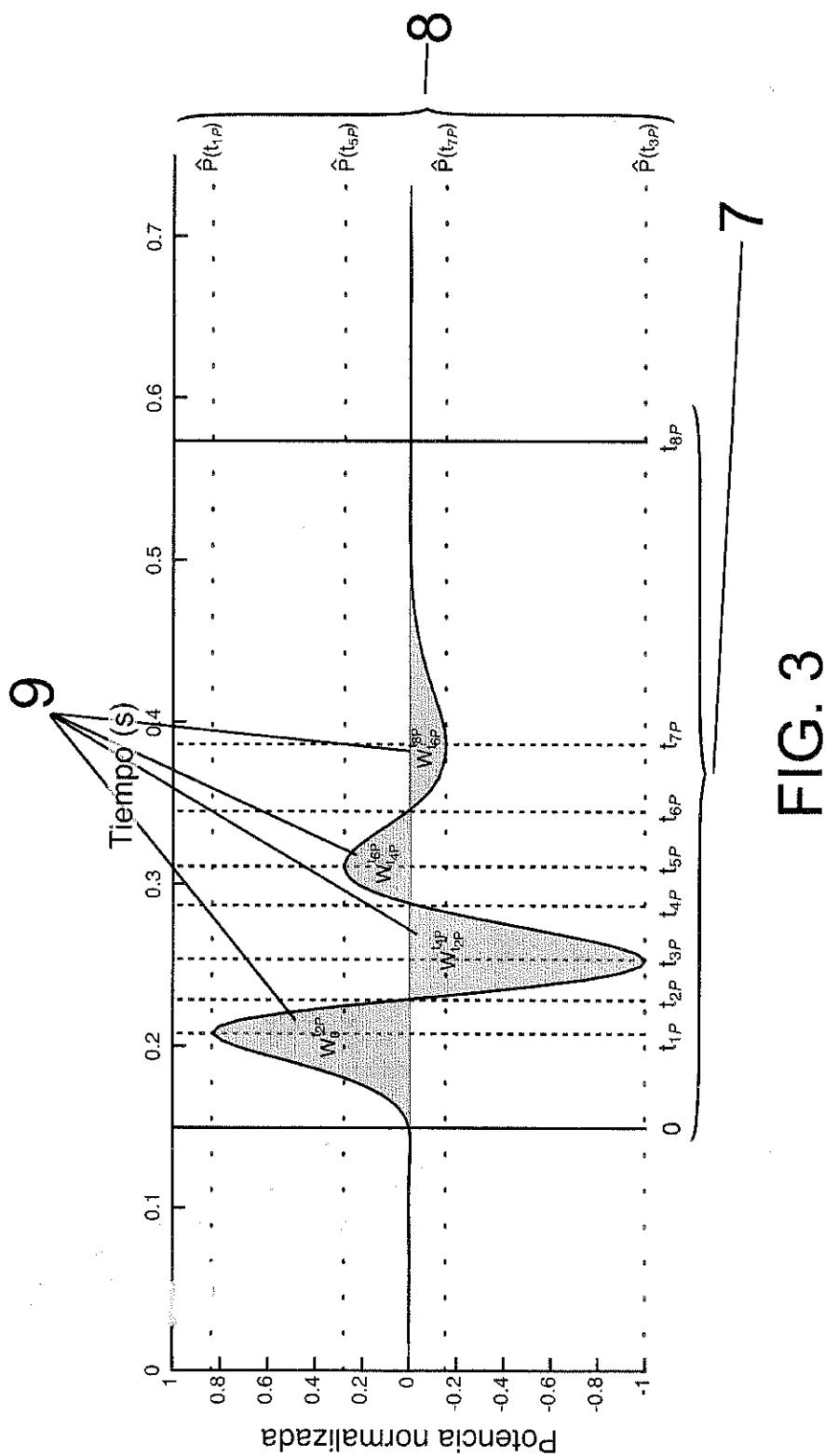


FIG. 3

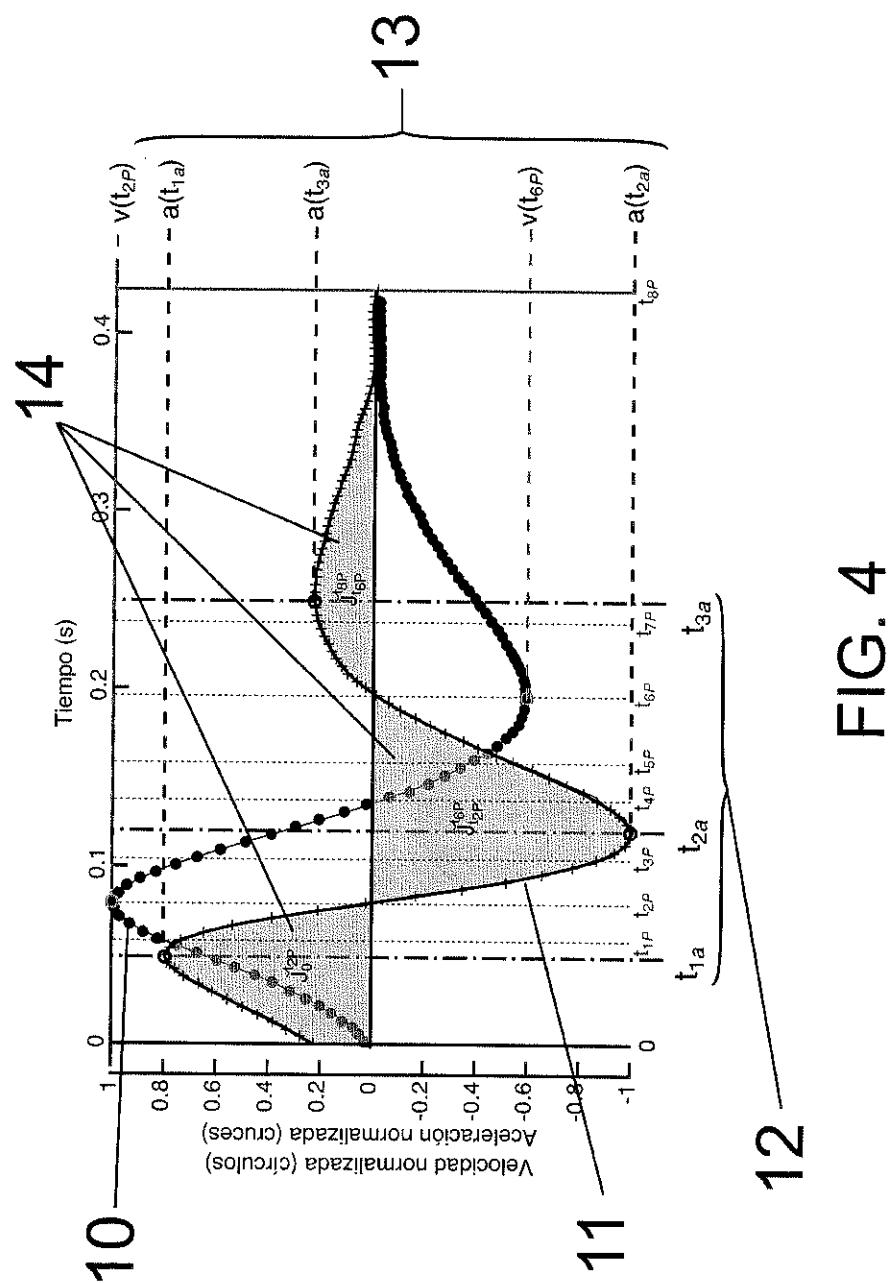


FIG. 4

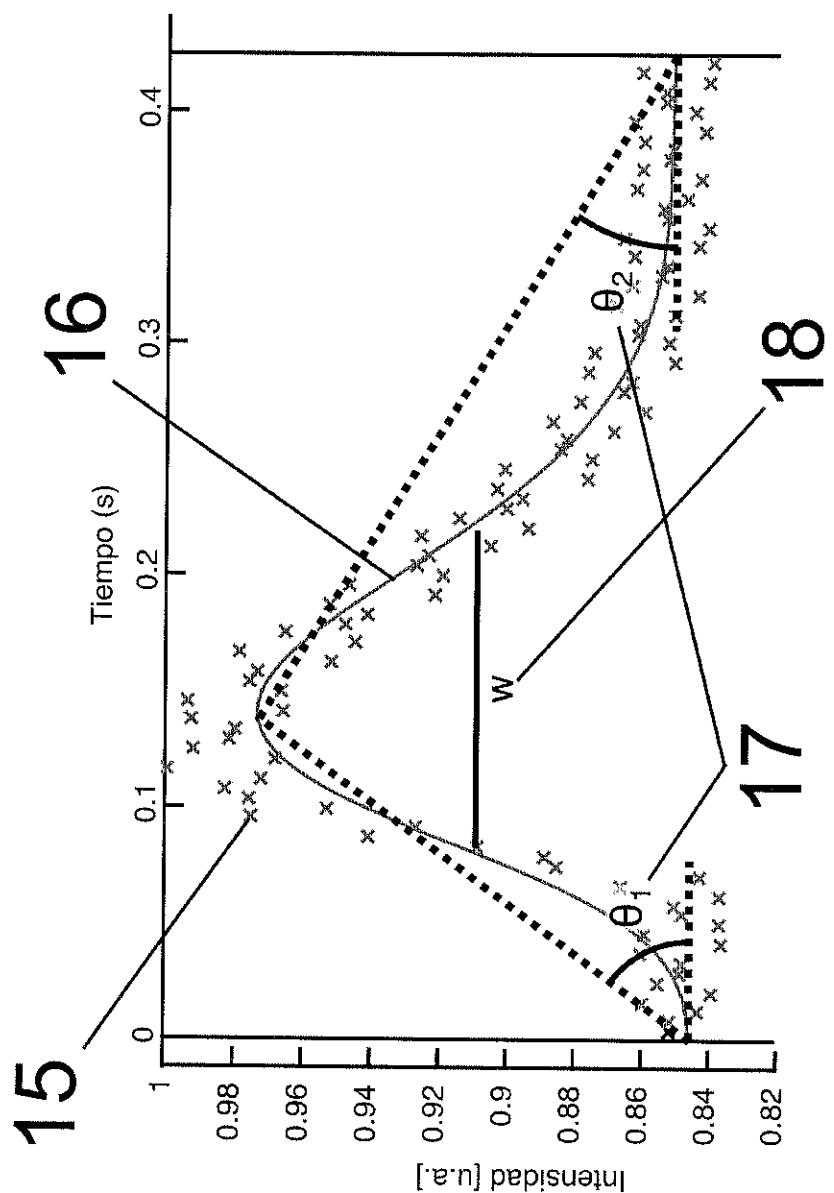


FIG. 5