VISIÓN ELECTRÓNICA

Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

SISTEMA BIOMÉTRICO VASCULAR ENFOCADO A LA IDENTIFICACIÓN DEL MAPA VENOSO MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

VASCULAR BIOMETRIC SYSTEM FOCUSED ON THE IDENTIFICATION OF THE VENOUS MAP THROUGH IMAGE PROCESSING

Anderson Alexander González Ruiz[1]. Angie Paola Vera Prada[2] .Edwar Jacinto Gomez[3]

Resumen*:* El siguiente artículo muestra el diseño, implementación y ejecución de un sistema biométrico basado en la detección de las venas de la mano, usado como medio de autenticación y confirmación de identidad. El sistema se basa en la generación de un mapa venoso del dorso de la mano de la persona a identificar, mediante el uso de unos leds infrarrojos, se realzan las venas en la mano y se captura una imagen a la cual se le realiza un procesamiento de imágenes necesario para llegar a una matriz de identificación del sujeto, al obtener la matriz con los parámetros necesarios para realizar las validaciones de la identidad necesarias mediante un algoritmo de inteligencia artificial que realice una comparación con la población objeto a identificar; como resultado se tiene un sistema que identifica a una persona dentro de una población listada en una base de datos y una interfaz gráfica que ayuda con la identificación.

[1] Estudiante de Tecnología en electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica. Correo electrónico e-mail: apverap@correo.udistrital.edu.co

[2] Estudiante de Tecnología en electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica. Correo electrónico e-mail: aagonzalezr@correo.udistrital.edu.co

[3] Ing. En control electrónico e instrumentación, Maestría en ciencias de la información y las comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Facultad Tecnológica. E-mail: ejacintog@udistrital.edu.co

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

Palabras clave: Biometría, Patrón Venoso, Correlación, Filtrado, Binarización, Normalización.

Abstract: The following article shows the design, implementation and execution of a biometric system based on the detection of the hands of the hand, used as a means of authentication and identity confirmation. The system is based on the generation of a venous map of the back of the hand of the person to be identified, through the use of infrared lenses, the veins are highlighted in the hand and an image is captured, which is processed of images necessary to arrive at an identification matrix of the subject, to obtain the matrix with the necessary parameters to carry out the validations of the necessary identity through an artificial intelligence algorithm that makes a comparison with the target population to be identified; as a result it has a system that identifies a person within a population listed in a database and a graphical interface that helps with identification.

Key Words: Biometry, Venous Pattern, Correlation, Filtering, Binarization, Normalization.

1. INTRODUCCIÓN:

El uso de los sistemas de identificación biomédica se ha masificado en un sin número de aplicaciones, en este caso se muestra el diseño e implementación de un sistema biomédico que toma como elemento de identificación del mapa venoso del dorso de la mano, el sistema de adquisición de la información biomédica es una imagen digital del canal infrarrojo, esta imagen digital requiere una serie de acondicionamientos, que en este caso se le denomina pre-procesamiento de la imagen y es donde se realiza un proceso de filtrado para descartar errores de

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

adquisición en la imagen digital, se realiza un filtrado para retirar el patrón de iluminación generado para la luz de los leds infrarrojos, después de esto se realiza un filtro en el plano frecuencial, realizando la transformada rápida de Fourier para retirar las señales parasitas de alta frecuencia, inmediatamente después se realiza un trabajo de umbralización y trabajo con elementos estructurantes para aplicar operaciones morfológicas y llegar a una imagen con características apropiadas para una proceso de binarizacion de la misma y una baja de resolución sin perder información ya que esto nos permite agilizar el procesamiento y nos da un índice de correlación más acertado.

Como último se realizó una interfaz de usuario la cual permite interactuar al mismo con un entorno más dinámico para el entendimiento del proyecto, comunicándose con una base de datos la cual almacena la información del registro de los usuarios en tiempo real.

2. IMPLEMENTACIÓN

Para lograr una buena implementación del algoritmo de reconocimiento del patrón venoso, se han utilizado los métodos de normalización, umbralización y binarización. Así como un ambiente controlado en el cual es muy importante que la presencia de luz ambiente sea nula para que no se altere el resultado de las capturas, los registros y las validaciones del sistema. En la figura 1 se observa el diagrama de bloques desarrollado para la elaboración del control de acceso.

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

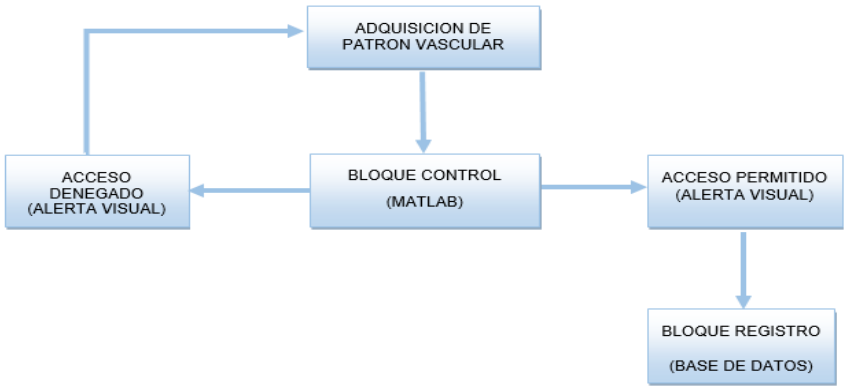


Figura 1 Diagrama bloques control de acceso

Es importante mencionar, que la estructura de las venas de las manos, tanto en su cara palmar como dorsal, es poco perceptible a simple vista y que su visibilidad varía significativamente dependiendo de los siguientes factores: temperatura y grasa subcutánea [1].

Buscando que la adquisición, captura y extracción de la región de interés se logren, se implementó la parte del hardware de manera sencilla y con implementos adaptables: se usó 1 junta infrarroja de 36 leds y trabajan con una potencia de 3 watts como los que se muestran en la figura 1, Estos infrarrojos emiten un haz de luz invisible al ojo humano, que solo puede ser observado a través de un dispositivo de visión nocturna[2].

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:



Figura 2 Junta de leds infrarrojo

Con el fin de adquirir los datos necesarios para realizar el acondicionamiento y procesamiento de la imagen dorsal de la mano se ha hecho uso de una web cam Microsoft lifecam Hd-3000, ya que la calidad de su sensor de alta calidad permite una mejor visualización del patrón vascular[3].



Figura 3 Microsoft lifecam Hd-3000

Buscando lograr una adecuada captura del patrón venoso fue necesario implementar un diseño en acrílico negro que lograra posicionar adecuadamente los componentes necesarios a utilizar y poder facilitar la toma de las imágenes. Para poder obtener una buena captura de la zona de interés fue necesario ubicar la mano

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

en la misma posición, es decir la palma de la mano sobre el haz de luz infrarroja y la cámara ubicada sobre el dorso de la mano para la captura de la imagen.



Figura 4 Prototipo sistema biométrico vascular

2.1 Algoritmo

2.1.1 Escala de grises

La escala de grises representa los rangos de gris que se observan dentro del cubo del modelo RGB, donde el nivel más oscuro posible es el negro, el cual refleja la ausencia total de luz. El nivel más claro posible es el blanco, el cual representa la reflexión total de la luz.

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

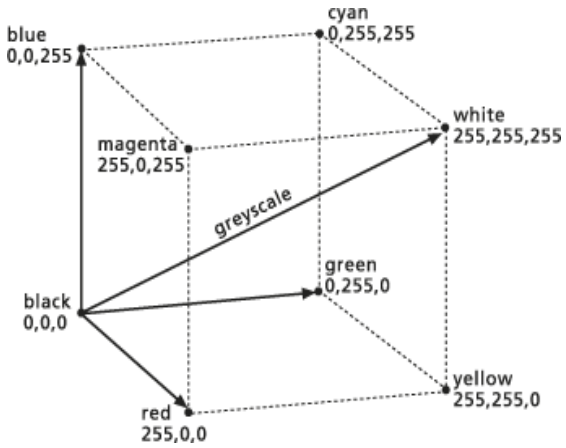


Figura 5 Cubo del modelo RGB[4]

El algoritmo más simple es el del promedio (average method), que consiste en calcular el promedio de los canales RGB y asignarlos al pixel correspondiente en la imagen de grises. Por ejemplo dada una matriz de **MxNx3** correspondiente a una imagen, el pixel de la matriz de grises en la posición (i, j) se calcula como sigue:

$$\boldsymbol{XG_{ij}} = \frac{\boldsymbol{x_{ij,1}} + \boldsymbol{x_{ij,2}} + \boldsymbol{x_{ij,3}}}{\boldsymbol{3}}$$

Ecuación 1 Ecuación escala de grises

Donde XG es la matriz de grises, de dimensiones MxN**.** Y $X_{i,j,1}$,$X_{i,j,2}$,y $X_{i,j,3}$ las componentes correspondientes a los canales R, G y B, respectivamente[5].

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:



Figura 6 Imagen en escala de grises

2.2.2 Filtrado en el dominio espacial

Al hablar de filtrado en el dominio espacial se hace referencia a los procedimientos que se hacen directamente en los componentes de la imagen, es decir los pixeles que la conforman, formando vecindades que son agrupaciones cuadradas o rectangulares de varios pixeles e ir procesando cada vecindad para así obtener una imagen modificada, esto con el fin de facilitar el procesamiento global de la imagen sin que los cambios se presenten de una manera demasiado brusca entre los cuales tenemos los filtros lineales y no lineales como lo son la media y mediana respectivamente en el caso de nuestro proyecto utilizamos el filtro de mediana pues este nos brinda mejores resultados en cuanto a la eliminación de ruido y para realizar un suavizado de la misma [6].

El cual responde a la siguiente ecuación:

$$g(x,y) = \sum_{s=-at}^{a} \sum_{=-b}^{b} w(s,t) f(x+s, y+t)$$

Ecuación 2 Filtrado de dominio espacial

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

Donde:

f (x+s,y+t):valor de los pixeles del bloque seleccionado mientras que

w (s,t):Corresponden a los coeficientes que se aplicaran al bloque (mascara)

2.2.3 Filtro mediana

Este filtro genera una nueva imagen, curos pixeles se generan calculando la mediana del conjunto de los pixeles vecinos de la imagen original, logrando homogenizar los pixeles que tengan intensidades diferentes en la imagen[7].

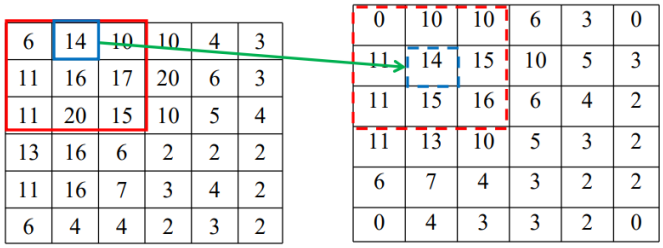


Figura 7 Ejemplo mascara filtro mediana

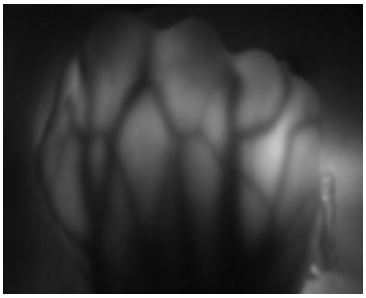


Figura 8 Imagen con filtro de mediana

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

2.2.4 Histograma

El histograma de una imagen es una gráfica que representa los niveles de intensidad del color de la imagen con respecto al número de píxeles presentes en ella con cada intensidad de color. El análisis estadístico derivado del histograma puede servir para comparar contrastes e intensidades entre imágenes, el cual podría ser alterado para producir cambios en la imagen [8]. Definido entonces como:

$$f: NxM \rightarrow QxQ$$

Ecuación 3 Ecuación del histograma

Donde Q= {0, …, q-1} para una imagen con q niveles de cuantización. Un histograma h_f de una imagen f se define como: $h_f : Q \rightarrow NxM$ [9].

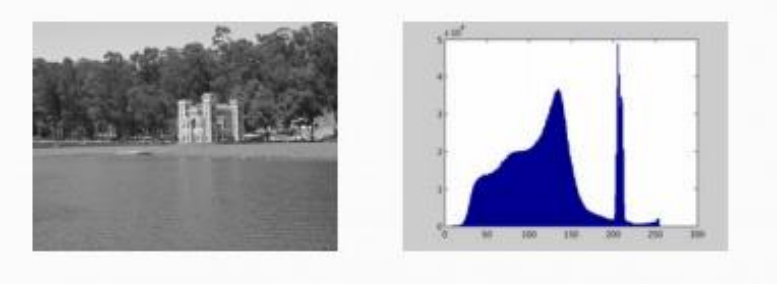


Figura 9 Histograma de una imagen

2.2.5 Ecualización de un Histograma

Método que se utiliza para lograr una distribución más uniforme entre el número de píxeles asociado a cada nivel de intensidad y para ecualizar un histograma, se utiliza la siguiente fórmula:

$$s_k = \sum_{i=0}^{k} \frac{n_i}{MN} k = 0,1, \ldots\ldots, L-1$$

Ecuación 4 Ecualización del histograma

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

Donde L son los niveles discretos de la imagen[10].

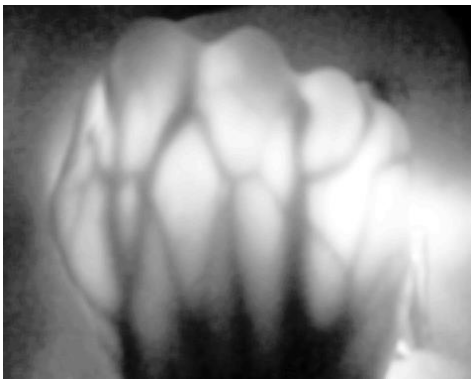


Figura 10 Imagen resultante de aplicar la ecualización del histograma

2.2.6 Filtrado de imágenes en el dominio de la frecuencia

La Transformada Discreta de Fourier (DFT) de una imagen (función bidimensional) f(x, y) de tamaño M × N, está dada por

$$F(u,v) = \frac{1}{MN}\sum_{X=0}^{M-1}\sum_{Y=0}^{N-1} f(x,y)e^{-j2\pi(\frac{ux}{M}+\frac{vy}{N})}$$

Para u = 0, 1, 2,..., M − 1 y v = 0, 1, 2,..., N − 1.

El resultado de la transformación es una imagen compleja que no se puede representar directamente. Para su representación, hay varias opciones:

- Representar parte real e imaginaria por separado.
- Representar modulo y fase por separado[11].

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

- **Filtro pasa-alto transformada de Fourier**

Atenúa las frecuencias bajas manteniendo invariables las frecuencias altas. Puesto que las altas frecuencias corresponden en las imágenes a cambios bruscos de densidad, este tipo de filtros es usado, porque entre otras ventajas, ofrece mejoras en la detección de los bordes y otros cambios abruptos en los niveles de gris, ya que estos contienen gran cantidad de dichas frecuencias. Refuerza los contrastes que se encuentran en la imagen. Se ponen a cero los módulos de los coeficientes de Fourier relativos a las bajas frecuencias, dejando sin modificar los relativos a las altas frecuencias[7].

$$H_{hp}(u, v) = 1 - H_{lp}(u, v).$$

Ecuación 5 Filtro pasa-alto

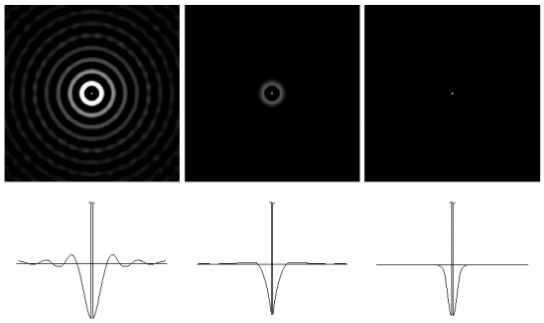


Figura 11 Filtrado dominio de la frecuencia



Figura 12 Imagen resultante de aplicar el filtro pasa-alto (dominio de la frecuencia)

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

2.2.7 Derivada de una imagen

La derivada de una función digital se define en términos de variaciones entre píxeles adyacentes. Existen varias formas de definir estas diferencias, pero deben cumplir:

- La primera derivada debe ser cero en zonas de intensidad constante y distinta de cero en zonas de variaciones (escalones o rampas); Filtros espaciales de realce
- La segunda derivada debe ser cero en zonas de intensidad constante y a lo largo de rampas con pendiente constante y debe ser distinta de cero en escalones y en comienzo y fin de rampas.

Así, se pueden definir derivadas de primer y segundo orden de una función unidimensional f(x), de la forma

$$\frac{df}{dx} = f(x+1) - f(x)$$

$$\frac{d^2f}{dx^2} f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

Ecuación 6 Ecuación de la primera y segunda derivada respectivamente

En general, la segunda derivada será más sensible que la primera ante cambios bruscos en la imagen, por lo que también detectará más sutilmente el ruido[12].

2.2.8 Umbralización

La umbralización es una técnica de segmentación simple y eficiente que permite separar los pixeles de una imagen en escala de grises en dos categorías a partir de un valor umbral de intensidad. El umbral fijo o global, T, es aquel que es único sobre toda la imagen.

$$b(r,c) = \begin{cases} t_0 \; si \; 1(r,c) < T \\ t_1 \; si \; 1(r,c) \geq T \end{cases}$$

Ecuación 7 Ecuación de umbralización

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

Donde b(r,c) es la intensidad y t_0 y t_1 son los dos posibles niveles de gris del pixel umbralizado. Cuando el valor t_0= 0 y el valor t_1= 1 se dice que la imagen se ha binarizado. Esta estrategia puede resultar muy útil cuando se tiene una iluminación homogénea sobre toda la imagen y un histograma bimodal [13].

2.2.9 Transformaciones Geométricas

Las transformaciones Geométricas modifican la relación espacial entre píxeles. En términos del procesamiento de imágenes digitales una transformación geométrica consiste de dos operaciones básicas:

1. Una transformación espacial que define la reubicación de los píxeles en el plano imagen.

2. Interpolación de los niveles de grises, los cuales tienen que ver con la asignación de los valores de intensidad de los píxeles en la imagen transformada[14].

Es decir, la transformación viene dada por las ecuaciones:

2.2.10 Transformación afín

La traslación, la rotación y el escalado son ejemplos de transformaciones afines. Las transformaciones afines tienen la interesante propiedad de que las líneas paralelas son transformadas en líneas paralelas y un número finito de puntos se transforma siempre en un número finito de puntos. Se define mediante la siguiente matriz, utilizando las coordenadas homogéneas [15]:

$$\begin{bmatrix} i' \\ j' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_i \cos\theta & -sen\theta & i_d \\ sen\theta & S_j \cos\theta & j_d \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 8 Matriz de transformación afín

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

2.2.11 Binarización

La binarizacion de imágenes es una técnica del procesamiento de imágenes que consiste en un proceso de reducción de la información de una imagen digital a dos valores: 0(negro) y 255(blanco).Esta técnica consiste en comparar cada pixel de la imagen con un determinado umbral (valor límite que determina si un pixel será de color blanco o negro). Los valores de la imagen que sean mayores que el umbral toman un valor 255 (blanco), el resto de pixeles toman valor 0(negro)[16] [17].



Figura 13 Imagen resultante del proceso de binarización

3. Correlación

La correlación es una operación parecida a la convolución, en la cual el valor de un pixel de salida se calcula como la suma ponderada de los pixeles vecinos. La diferencia está en que la matriz de pesos o máscara, en este caso llamada núcleo o kernel de correlación no se rota durante el cálculo. La correlación está dada por:

$$g(x,y) = h(x,y) \mathrm{o} f(x,y) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=\infty}^{\infty} f * (i,j) h(x+i, y+j)$$

Ecuación 9 Ecuación de la correlación

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

La correlación se utiliza para encontrar el parecido entre pixeles de una imagen. Si los píxeles son iguales o parecido, se dice que están altamente correlacionados entre sí. La correlación permite hallar patrones.

La diferencia entre la correlación y la convolución estriba en que la máscara de correlación no se rota como en la convolución [18].

4. Base de Datos

Esta es una herramienta para recopilar y organizar información. Las bases de datos tienen varios sistemas gestores. Como Microsoft Access. En estas se pueden almacenar información de personas, productos o fechas [19].

Una base de datos de Access almacena datos en un tipo de archivo que tiene extensión .accdb, además que estas pueden ser vinculadas a un procesador de texto o a un software de desarrollo como Matlab.

Desde el cual se pueden hacer consulta de tablas o clases. Por medio de código se accede a la base de datos y se obtiene la información requerida [20].

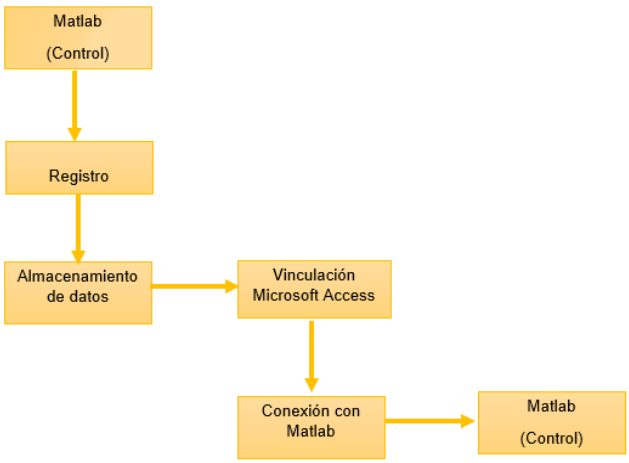


Figura 14 Diagrama de bloques base de datos

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

5. Interfaz gráfica

Con la finalidad de presentar todo el procedimiento realizado dentro del desarrollo del sistema de reconocimiento, como son el pre-procesamiento de la imagen, el almacenamiento de los datos personales y biométricos dentro de una base de datos creada en Access y por último el reconocimiento de patrones por medio de correlación se optó por la creación de una interfaz gráfica de usuario dentro del GUIDE de MATLAB[21].

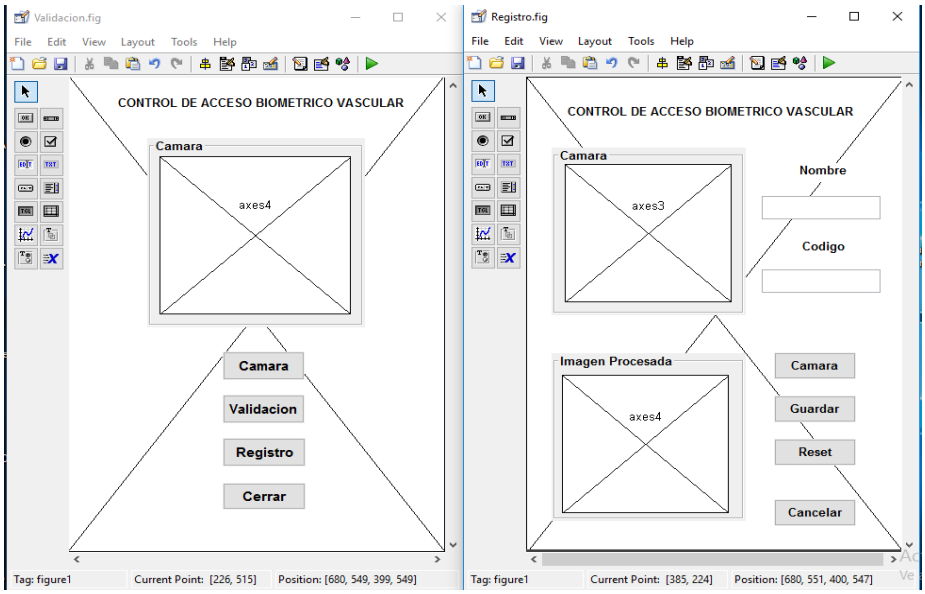


Figura 15 Modelo de la ventana validación y registro de la interfaz gráfica de usuario

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

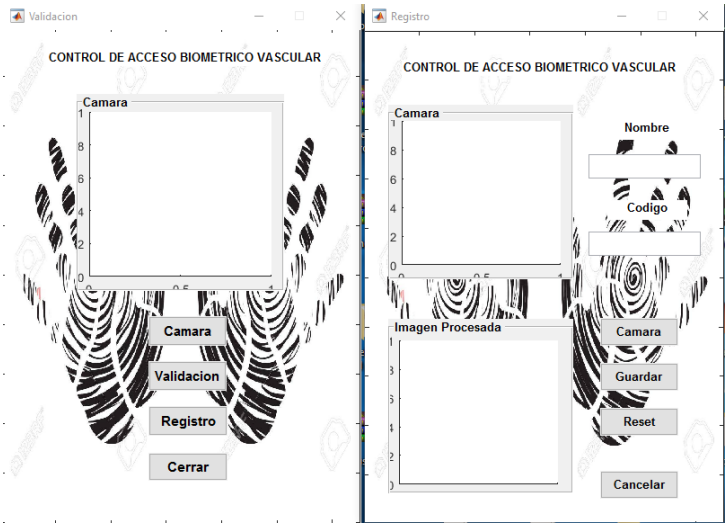


Figura 16 Modelo final de la ventana validación y registro de la interfaz gráfica de usuario

6. Pruebas y Resultados

En este experimento si un usuario que está registrado en la base de datos es rechazado (falso rechazo), podría asumirse como los casos en los que un usuario coloca corrida o girada la mano, lo cual genera un captura no deseada en el sistema. Si un usuario que no está en la base de datos es reconocido, se evidenciaría como una falla de seguridad. En conclusión, entre menos imágenes por usuario, la efectividad de detección de cada usuario es menor, y es mejor tener cero usuarios como falsa aceptación y diez como falsos rechazos lo que indica realizar otro intento de validación. A continuación se presentan los porcentajes de efectividad de varios usuarios registrados

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

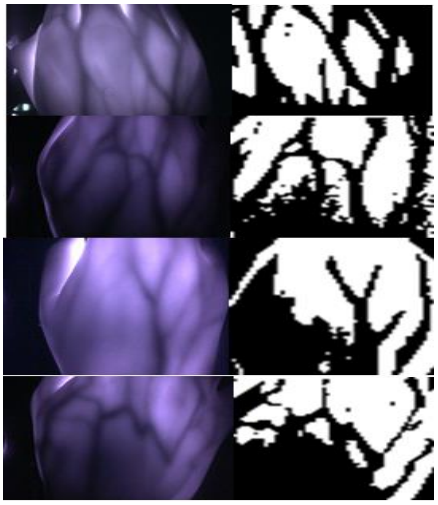


Figura 17 Patrones vasculares de algunos usuarios

A continuación se presenta una tabla comparativa de las pruebas hechas por los usuarios ya registrados donde el rango de porcentaje van de 0 a 1 donde el mínimo es cero y el máximo es 1.

Tabla 1 Resultados de pruebas de correlación

USUARIO	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8
SUJETO 1 (ALEX G)	**0.7251**	0.5162	0.4908	0.4850	0.4372	0.3946	0.5349	0.3676
SUJETO 2 (NATALIA)	0.5315	**0.9322**	0.3167	0.4839	0.4031	0.3453	0.5768	0.4267
SUJETO 3 (FABIAN)	0.4219	0.3414	**0.5091**	0.3171	0.2981	0.3195	0.3500	0.2404
SUJETO 4 (MANUEL)	0.4943	0.4795	0.2723	**0.8575**	0.3908	0.4263	0.3514	0.4370
SUJETO 5 (ANGIE)	0.5672	0.4962	0.3105	0.4786	**0.5489**	0.5360	0.4617	0.5277
SUJETO 6 (CARRILLO)	0.4733	0.4013	0.1926	0.4001	0.4241	**0.7196**	0.2527	0.4639
SUJETO 7 (ANDRES)	0.5052	0.5463	0.0564	0.3190	0.4169	0.1257	**0.8662**	0.3596
SUJETO 8 (LUCAS)	0.4071	0.4827	0.2419	0.4631	0.5053	0.4385	0.4003	**0.7995**
SUJETO 9(PAULA)	0.4627	0.5423	0.3385	0.3896	0.3902	0.4632	0.4600	0.4736
SUJETO10(DANIEL CLAVIJO)	0.4733	0.5485	0.3457	0.3830	0.3508	0.4256	0.5042	0.4445
SUJETO 11(OSCAR ROA)	0.3633	0.3741	0.3937	0.2756	0.2249	0.3434	0.4148	0.3710
SUJETO12(DANNY MORALES)	0.3853	0.4016	0.2386	0.4109	0.4791	0.5032	0.2365	0.4539

SUJETO13(CAMILA CAPERA)	0.4107	0.6141	0.3688	0.3587	0.2336	0.3950	0.5952	0.4588
SUJETO14(JAIRO)	0.4503	0.4949	0.2951	0.4036	0.3366	0.3780	0.5510	0.4442
SUJETO15(RONALD)	0.0258	0.0746	0.0926	0.1140	0.2567	0.1293	0.1963	0.1248
SUJETO16(JAIRO RODRIGUEZ)	0.5257	0.4353	0.4329	0.4118	0.4271	0.4750	0.4505	0.4888
SUJETO17(WILSON REINA)	0.5482	0.4507	0.3839	0.4692	0.5002	0.5030	0.4372	0.5487

Tabla 2 Pruebas de correlación entre imágenes

USUARIO	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17
SUJETO 1 (ALEX G)	0.4582	0.4332	0.4084	0.3749	0.4254	0.4253	0.0140	0.5082	0.5099
SUJETO 2 (NATALIA)	0.5382	0.4670	0.3799	0.4022	0.5966	0.5055	0.0176	0.4017	0.4558
SUJETO 3 (FABIAN)	0.3205	0.2986	0.2701	0.3157	0.3064	0.2523	0.0336	0.4244	0.3368
SUJETO 4 (MANUEL)	0.3390	0.3475	0.2871	0.4323	0.3192	0.3803	0.1592	0.3969	0.4779
SUJETO 5 (ANGIE)	0.4560	0.5573	0.3649	0.5236	0.4115	0.4679	0.1659	0.4844	0.6374
SUJETO 6 (CARRILLO)	0.3503	0.4363	0.2429	0.4743	0.3099	0.3274	0.2341	0.4474	0.5497
SUJETO 7 (ANDRES)	0.4727	0.4175	0.3938	0.2146	0.5472	0.4802	0.1581	0.4097	0.3674
SUJETO 8 (LUCAS)	0.3489	0.4189	0.3325	0.4195	0.3711	0.4187	0.1883	0.3940	0.5164
SUJETO 9(PAULA)	**0.8079**	0.4757	0.3846	0.4138	0.4208	0.3782	0.0248	0.3482	0.4509
SUJETO10(DANIEL CLAVIJO)	0.3978	**0.6493**	0.3234	0.3663	0.4704	0.4490	0.0513	0.4185	0.4398
SUJETO 11(OSCAR ROA)	0.3574	0.3501	**0.7530**	0.2611	0.4224	0.2870	0.0658	0.3623	0.2988
SUJETO12(DANNY MORALES)	0.4478	0.3695	0.2582	**0.8499**	0.3058	0.3419	0.1704	0.34400	0.4464
SUJETO13(CAMILA CAPERA)	0.4245	0.5173	0.4392	0.3219	**0.9595**	0.4802	0.1226	0.3858	0.3602
SUJETO14(JAIRO)	0.4345	0.4745	0.3163	0.3459	0.4661	**0.7631**	0.0666	0.4133	0.4373
SUJETO15(RONALD)	0.0336	0.1072	0.0980	0.1379	0.1437	0.0757	**0.7965**	0.0421	0.2130
SUJETO16(JAIRO RODRIGUEZ)	0.3716	0.4193	0.3709	0.3634	0.3998	0.4471	0.0989	**0.9346**	0.4616
SUJETO17(WILSON REINA)	0.4272	0.4619	0.2953	0.4195	0.3774	0.4743	0.1031	0.4920	**0.8325**

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

En la tabla podemos ver que el usuario que se está comparando frente a los demás (sujeto1-prueba1) obtiene el valor más alto en diferencia a los demás evidenciando así que el dispositivo funciona adecuadamente y su tasa de fallo es mínima.

Se ejecutaron pruebas con la interfaz gráfica, en las figuras 18 se muestra la interfaz en modo validación.

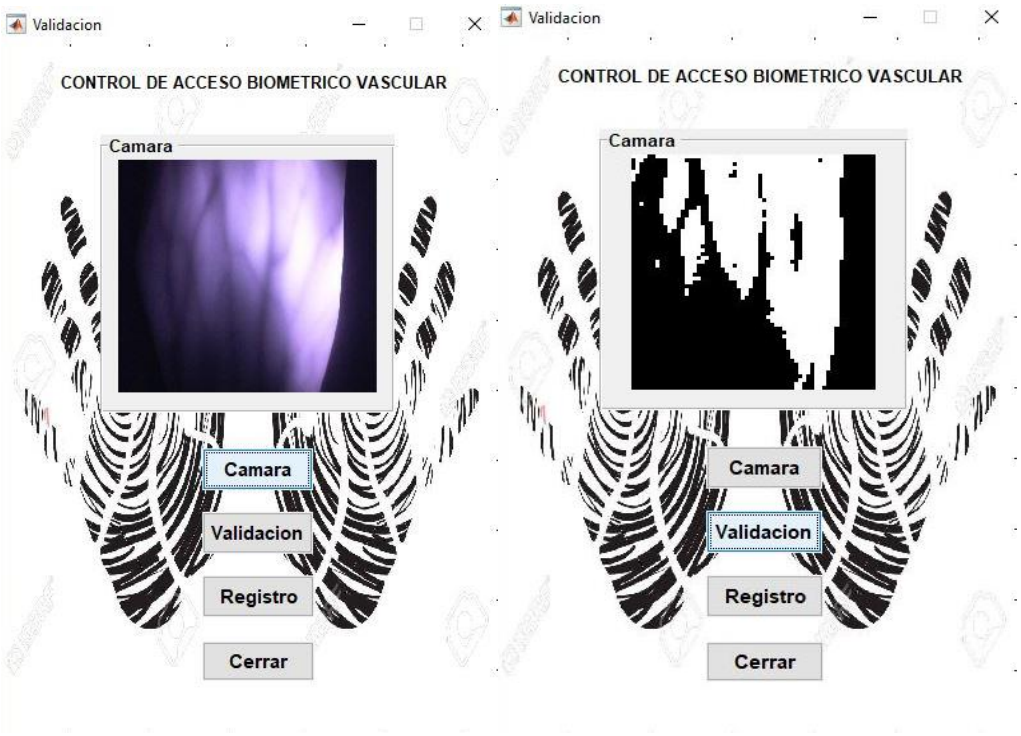


Figura 18 Interfaz en modo Validación

A continuación en la figura 19 se mostrara la interfaz en modo registro.

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:



Figura 19 Interfaz en modo registro

7. Trabajos futuros

Para la mejora del sistema, se propone aumentar la eficiencia tanto en la identificación como en los tiempos de proceso se podría mejorar el sistema de identificación con respecto a la adquisición de imágenes, ya que en la actualidad se pueden encontrar mejores dispositivos para este fin. También se propone implementar nuevos métodos de comparación de las imágenes diferente al ya propuesto.

Por otro lado se plantea realizar el algoritmo en un dispositivo con menos prestaciones de hardware con el fin de reducir el tamaño del dispositivo ya terminado, evitando el uso de un computador. Ya que luego de una serie de pruebas se puede elegir un microcontrolador capaz de procesar la imagen en tiempo real usando solamente los recursos necesarios.

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

8. Conclusiones

- Las técnicas implementadas muestra que es viable la construcción de un elemento de seguridad por biometría que ofrezca respuestas con alta eficiencia, teniendo en cuenta que el sistema se implementó buscando la mayor simplicidad posible.
- Es importante mencionar que la gran mayoría de cámaras se pueden usar para capturar imágenes excitadas mediante luz infrarroja realizando una previa modificación. Está se basa en remover un filtro capaz de omitir el rango de referencias de luz infrarroja dejando el sensor de la cámara completamente descubierto.
- La luz infrarroja fue un factor determinante para el desarrollo del sistema, ya que esta luz logra atravesar la grasa subcutánea y la hemoglobina hace que la sangre que circula por las venas se vea negra. Así logramos captar la información del patrón venoso de cada persona.
- A través del desarrollo del proyecto y las pruebas de control realizadas, se pudo evidenciar que la temperatura de las manos puede alterar la lectura del sistema biométrico. Esto, debido a que la alta temperatura corporal hace que las venas se dilaten, y por ende estas se puedan detectar con mayor facilidad por la cámara.
- Es de vital importancia tener un ambiente controlado, donde la luz del ambiente no interfiera en la captación de datos. De ser así esta podría dañar la lectura, y el procesamiento de imagen del proyecto.
- Utilizar bases de datos posibilitó en gran parte que el sistema esté en capacidad de brindar seguridad y confiabilidad en el almacenamiento de datos, de la misma manera posibilitó el intercambio de información entre los la base y el software utilizado para el desarrollo del sistema de identificación.

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

BIBLIOGRAFIA.

[1] Ó. Fernando Motato Toro and H. Loaiza Correa, “Identificación biométrica utilizando imágenes infrarrojas de la red vascular de la cara dorsal de la mano Biometric identification using infrared dorsum hand vein images,” vol. 29, no. 1, pp. 90–100, 2009.

[2] “Infrarrojo Iluminador LED 36-Plate Junta para cámaras de seguridad CCTV 8mm.” [Online]. Available: http://www.dx.com/es/p/infrared-36-led-illuminator-board-plate-for-8mm-cctv-security-camera-31630#.Ws5hrIhubIU. [Accessed: 11-Apr-2018].

[3] C. I. True-to-life and H. Definition, “Microsoft Hardware for Business LifeCam HD-3000 for Business Microsoft Hardware for Business Conferencing In True-to-Life HD Video.”

[4] J. J. B. Rojas and M. A. A. Pérez, “Uso del sistema HSI para asignar falso color a objetos en imágenes digitales,” vol. 54, no. 2, pp. 186–192, 2008.

[5] “SINTESIS DIGITAL DE COLOR UTILIZANDO TONOS DE GRIS.”

[6] R. Castillo, J. M. Hernández, E. Inzunza, and J. P. Torres, “Procesamiento Digital de Imágenes Empleando Filtros Espaciales.”

[7] nombre Ruiz Fernández and L. Ángel, “La transformada de Fourier. Aplicación al filtrado de imágenes.”

[8] S. Zhao, Y. D. Wang, and Y. H. Wang, “Biometric identification based on low-quality hand vein pattern images,” *Proc. 7th Int. Conf. Mach. Learn. Cybern. ICMLC*, vol. 2, no. July, pp. 1172–1177, 2008.

[9] “Histograma: Definición.”

[10] P. S. Nowak, W. Sankowski, and P. Krotewicz, “3D Face and Hand Scans

Acquisition System Dedicated for Multimodal Biometric Identification," 2004.

[11] Imágenes, "CAPÍTULO 1. TEORÍA DE PROCESAMIENTO DE."

[12] R. C. González and P. Wintz, "Filtrado de imágenes," vol. 34, pp. 89–269, 1996.

[13] N. Triana, A. E. Jaramillo, R. M. Gutiérrez, and C. A. Rodríguez, "Técnicas de umbralización para el procesamiento digital de imágenes de GEM- Foils Thresholding techniques for digital image processing of GEM-Foils," *Sci. Tech. Año Año XXI*, vol. 21, no. 4, 2016.

[14] "TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS."

[15] "Procesamiento Digital de Imágenes: Laboratorio N02: Transformaciones Geométricas:" [Online]. Available: http://alfaroymurga.blogspot.com.co/2009/06/transformaciones-geometricas.html. [Accessed: 11-Apr-2018].

[16] "UNDERSTANDING BIOMETRIC PERFORMANCE EVALUATION."

[17] "site - informatica: Binarizacion de Imagenes." [Online]. Available: http://site-informatica.blogspot.com.co/2010/09/binarizacion-de-imagenes.html. [Accessed: 11-Apr-2018].

[18] "Fundamentos para el procesamiento de imágenes - Google Libros." [Online]. Available: https://books.google.com.co/books?id=h4Gj8GuwPVkC&pg=PA159&lpg=PA159&dq=correlacion+procesamiento+de+imagenes+definicion&source=bl&ots=CsYw4i_zaw&sig=6hkcZV_-fS82oiSn_KMfwbQ5A-o&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwieqLut1bDaAhVM0lMKHbaNA_k4HhDoAQg5MAM#v=onepage&q=corre. [Accessed: 11-Apr-2018].

Fecha de envío:

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

[19] "Conceptos básicos sobre bases de datos - Access." [Online]. Available: https://support.office.com/es-es/article/conceptos-básicos-sobre-bases-de-datos-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204. [Accessed: 11-Apr-2018].

[20] "Connect to database - MATLAB database - MathWorks America Latina." [Online]. Available: https://la.mathworks.com/help/database/ug/database.html?s_tid=srchtitle. [Accessed: 11-Apr-2018].

[21] P. Corcuera, "Creación de interfaces de usuario con MATLAB usuario con MATLAB."