

## AUTENTICACIÓN DE PERSONAS A PARTIR DE LA BIOMETRÍA DE LA REGIÓN DÍGITO PALMAR

En este artículo se presenta un sistema novedoso para la autenticación automática de personas basado en un indicador biométrico de la mano: la huella de la región dígito palmar. La imagen de los pliegues de la base del dedo índice se ha tomado con una cámara digital comercial. Dichas imágenes han sido digitalmente procesadas con el fin de realzar las colinas y valles de los pliegues de la piel. Estas líneas son seguidas para establecer los puntos de bifurcación y término denominados minucias, los cuales forman el descriptor de la huella dígito palmar. Un clasificador basado en un umbral y el coeficiente de correlación de Pearson verifica si una nueva huella pertenece a la identidad reclamada. Los resultados obtenidos muestran una confianza superior al 98% trabajando con 38 personas entre las cuales se incluyen huellas de baja calidad.

*A new automatic identification system based on hand biometric is proposed in this paper. The system is based on the palm print of the index finger base. The images of the above mentioned palm region have been acquired with a standard digital camera. Digital image processing has been applied to the image in order to enhance the hill and valleys of the skin crease. The hill lines are tracked looking for bifurcation and ends point called minutiae, which build the biometric feature. A classifier based on a threshold and Pearson correlation coefficient verifies if a new input image belongs to the claimed identity. The performance of the system displays a confidence ratio over 98% working with 38 people, some of them displaying low quality palm prints.*

Zai Jian Jia Li

Miguel Ángel Ferrer  
Ballester

Jesús Bernardino Alonso  
Hernández

Carlos M. Travieso  
González

Fabio Román Arbelo

### PRESENTACIÓN

En la actualidad, existen diversas técnicas de autenticación automática de personas basadas en indicadores biométricos como la voz, la cara, el iris, la huella dactilar, etc. En este trabajo de investigación se propone un sistema basado en un novedoso indicador biométrico de la mano: la huella palmar. El sistema propuesto invita al usuario a identificarse a la vez que deposita su mano sobre una superficie con dos toques a situar entre los valles de los dedos de la mano. El sistema, tras adquirir la imagen de su región dígito palmar verifica si la persona es quien dice ser.

### INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología, cada día son más las tareas que antes eran realizadas por las personas, y ahora son realizadas de forma automatizada. Dentro del amplio abanico de posibilidades que nos brinda el desarrollo e innovación tecnológica, hemos observado que los sistemas de autenticación de personas se están convirtiendo en un área emergente, y consecuentemente, la biometría se sitúa como el foco de atención de los investigadores de estos sistemas [1].

La biometría puede definirse formalmente como la ciencia que

**Se ha desarrollado un sistema pionero para verificación de personas a partir de la huella de la región dígito palmar**

se dedica a la identificación de personas a partir de unos rasgos de comportamiento o anatómico. Un ejemplo del rasgo de comportamiento es la firma, y podemos encontrar ejemplos anatómicos en las huellas dactilares, iris, etc.

Para que un sistema biométrico sea eficiente, los indicadores o rasgos personales objeto de estudio deben reunir las siguientes cualidades:

- Permanencia: la característica no debe cambiar con el tiempo, o hacerlo muy lentamente.
- Unicidad: la existencia de dos personas con una característica idéntica debe tener una probabilidad muy pequeña;
- Universalidad: cualquier persona debe poseer esa característica;
- Cuantificación: la característica puede ser medida de forma cuantitativa.

Un indicador biométrico, por excelencia, que cumple dichas condiciones es la huella dactilar, y de hecho, es uno de los indicadores más utilizados en las últimas décadas [2].

En este trabajo de investigación se ha propuesto un nuevo indicador biométrico: la huella palmar de la región dígito palmar, que no ha sido utilizado en ningún sistema de este tipo conocido por nosotros. Adicionalmente se ha desarrollado un prototipo capaz de identificar personas en tiempo real con buenas prestaciones en rendimiento y eficiencia.

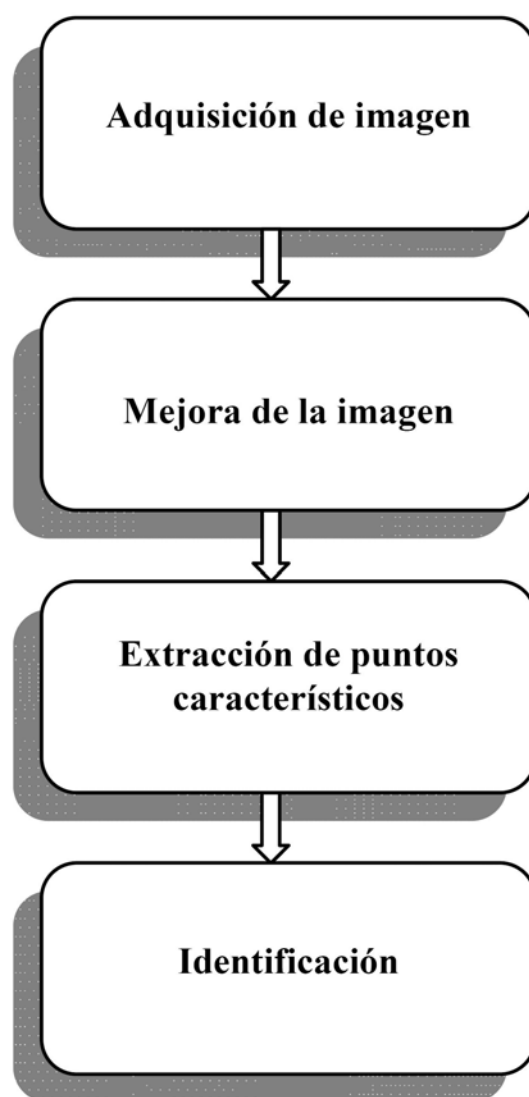
Nuestro trabajo se ha realizado siguiendo los pasos que se muestran en la figura 1:

1. Adquisición de las huellas que conformarán la base de datos del trabajo, y que serán, más tarde, utilizadas para el des-

arrollo de las plantillas de cada persona y su posterior validación.

2. Procesamiento de las imágenes para la extracción de unos puntos característicos, que representan la información esencial de cada huella.

3. Identificación de las huellas con un clasificador, para validar la calidad del sistema desarrollado.



**Figura 1.** Diagrama en bloques de los pasos seguidos en el sistema de autenticación propuesto

### **ADQUISICIÓN DE LAS IMÁGENES**

El punto de partida de este sistema es una imagen de la huella palmar de la región dígito



Figura 2. Ubicación de la región dígito palmar en la mano

palmar. Se define la región dígito palmar como aquella comprendida entre la primera línea de la palma de la mano y el pliegue de la base de los dedos (Véase figura 2).

La imagen de dicha región se ha adquirido con una cámara digital con una resolución de 1,5 Mega-píxeles. La iluminación juega un papel importante en la obtención de imágenes de buena calidad de los pliegues de la piel. Tras experimentar con diferentes tipos de iluminación, ángulo y distancia de enfoque, se ha construido un soporte para la cámara, en el cual se ilumina la palma de la mano de forma oblicua con un fluorescente en el mismo plano que la mano, el foco de la cámara está a 30 centímetros de la palma de la mano formando un ángulo de 45 grados.

Con todo ello, se ha confeccionado una base de datos con 14 fotos de 38 personas diferentes, esto es, un total de 532 imágenes. De las 14 fotos de cada persona, 5 serán utilizadas para entrenar los parámetros del sistema, y las 9 restantes para la fase de validación.

La base de datos está estadísticamente bien balanceada en cuanto a sexo y edad (entre los

18 y 70 años) de los individuos enrolados; también se ha tenido en cuenta la calidad de sus huellas, que básicamente se pueden distinguir en tres categorías: alta, media y baja calidad. Por huella de baja calidad nos referimos a huellas sin patrón visible, esto es, que presentan un aspecto liso y pulido.

### PROCESADO DE LAS IMÁGENES

El objetivo principal del procesamiento digital de imágenes aplicado a las huellas de la región dígito palmar, es extraer un vector de características que identifiquen al individuo (figura 3). Las características elegidas son las

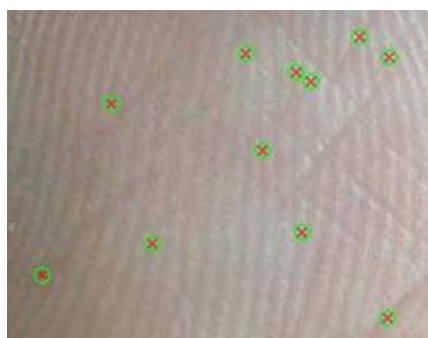


Figura 3. Huella palmar con las minucias correspondientes

minucias definidas como los términos y bifurcaciones de las colinas de los pliegues de la huella dígito palmar. En la figura 4, se muestra una representación estándar de estas minucias, con su

**Este sistema permitirá una fiabilidad similar a la huella dactilar sin las reticencias propias de los usuarios a ser identificados por su huella dactilar**

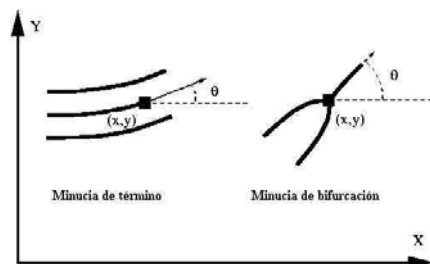


Figura 4. Representación de dos minucias con su posición y dirección

par de coordenadas (x, y) y su ángulo de orientación.

El lector podrá observar en la figura 5 una gran similitud entre la imagen de la huella de la región dígito palmar con la huella dactilar. Esta similitud es

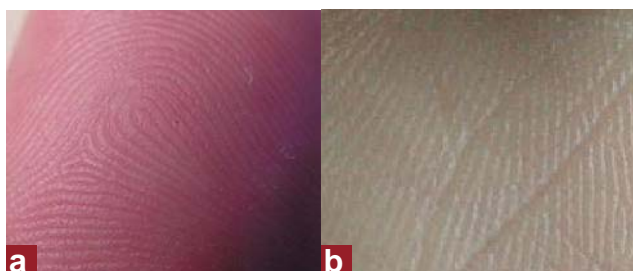


Figura 5: Diferencia entre una huella digital y una huella palmar a) Huella digital b) Huella palmar

aparente ya que en la región dígito palmar aparecen dificultades no presentes en la huella dactilar como arrugas, durezas de piel, piel pulida y desgastada, etc. Por esta razón, la aplicación directa a la huella pal-

mar de la tecnología biométrica aplicada a la yema de los dedos no alcanza los resultados esperados.

La obtención de las minucias se ha realizado en 4 pasos, como se indica en la figura 6:

- Pre-procesado o mejora de la calidad de la imagen.
- Obtener el esqueleto de la imagen mejorada.
- Extracción de las minucias.
- Post-procesado o validación de las minucias extraídas.

### PRE-PROCESADO DE LA IMAGEN

El objetivo principal de esta etapa es mejorar la calidad de la imagen obtenida eliminando ruidos, subsanando cortes, resaltando los relieves de la huella, etc. La técnica utilizada con este fin es filtrar la imagen por bloques con un filtro de la magnitud de la transformada de Fourier del propio bloque [2]. Este filtro tiene la propiedad de resaltar las líneas en la dirección predominante del bloque objeto de estudio. Por tanto, se ha dividido la imagen en bloques (32x32 píxeles), y se han filtrado por un filtro cuya respuesta en frecuencia es el mó-

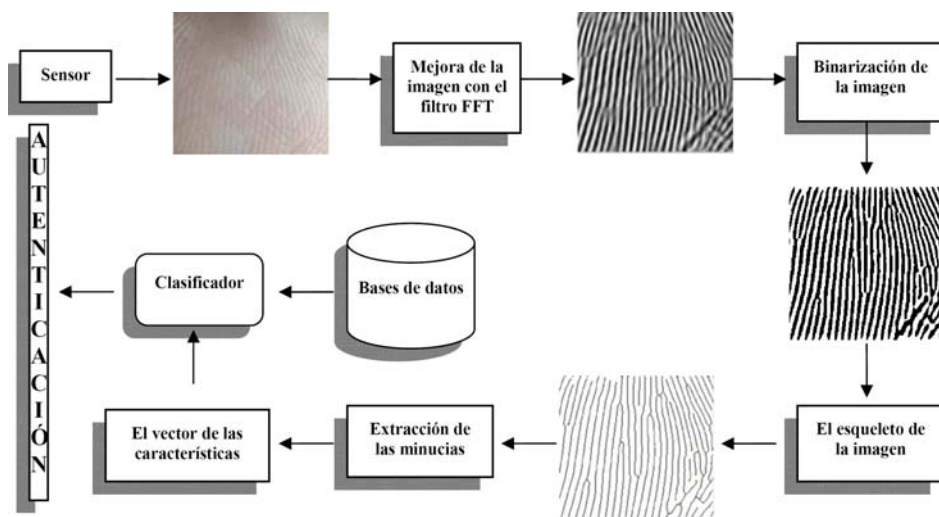


Figura 6: Las diferentes etapas del procesamiento de las imágenes

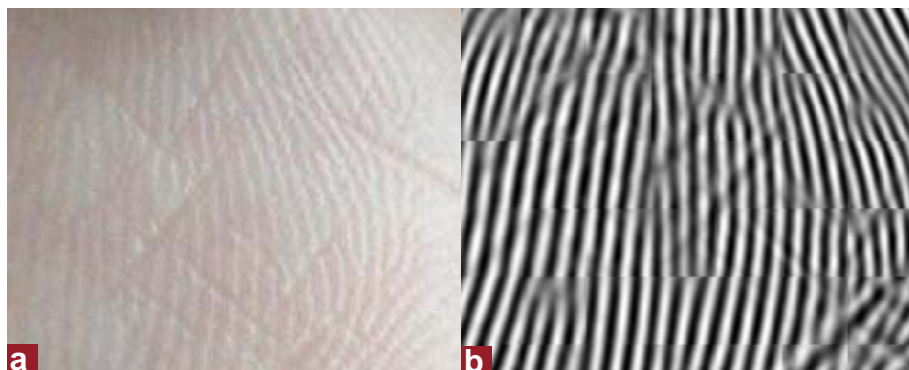


Figura 7: Imagen mejorada tras la etapa del pre-procesado: a) Imagen original sin mejorar; b) Imagen mejorada con la magnitud de la transformada de Fourier

dulo de la transformada de Fourier de cada bloque elevada a una constante 'k'. Tras numerosas pruebas se ha utilizado un valor de  $k=1.2$ . El sistema no es muy sensible a variaciones menores en un 10% del valor de 'k'.

Para eliminar el efecto borde que surge en todo procesado digital de imágenes por bloques, se optó por filtrar paso bajo la imagen obtenida [3], puesto que resultó ser un método poco costoso en tiempo de cálculo y con resultados suficientemente buenos como puede verse en la figura 7.

### EL ESQUELETO DE LA IMAGEN

A partir de la imagen anterior (de la figura 7.b) es posible binarizarla con un umbral, en este caso calculado mediante el método de Otsu, y una vez obtenida la imagen en blanco y negro se esqueletiza, esto es, todas las líneas de la imagen se adelgazan a una anchura igual a 1 píxel. Entre las diferentes técnicas de esqueletización [4], considerando el tiempo de ejecución y la calidad del esqueleto, se decidió utilizar la técnica de adelgazamiento basada en operaciones morfológicas [3]. El resultado de esta técnica se muestra en la figura 8.

### EXTRACCIÓN DE LAS MINUCIAS

Dentro de una huella se encuentran diferentes tipos de minucias, pero las más utilizadas son las terminaciones y bifurcaciones, las cuales representan el 78% de las minucias [1] [5], además, los otros tipos de minucias se pueden expresar como la combinación de las dos anteriores. Por esta razón, en este sistema se detectan y se extraen solamente estos dos tipos de puntos característicos.

Aquí quizás resulta más evidente la necesidad del paso anterior (esqueletización de la imagen), ya que la detección de las minucias es más sencilla al tra-

**El procesado digital de las imágenes de las huellas de la región dígito palmar permite extraer características que identifican a un individuo**

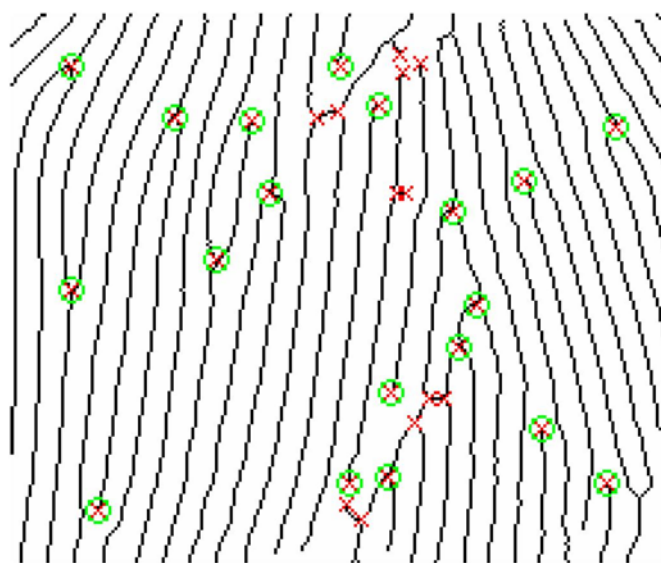


Figura 8. Imagen binarizada y esqueletizada, con las minucias identificadas



bajar con líneas de un solo píxel de anchura. Y las minucias se detectan a partir de un conjunto de reglas heurísticas muy sencillas.

### VALIDACIÓN DE LAS MINUCIAS

Este paso es el proceso final que completa la obtención del vector de minucias (plantilla o características a partir de las cuales identificar al individuo) de las huellas. Este paso es necesario no sólo por los ruidos provenientes del sistema de adquisición de imagen, de la propia huella, sino también, las distintas etapas anteriores del procesado pueden producir falsas minucias, por lo tanto, se precisa de este algoritmo para detectar y cancelar la mayor cantidad de falsas minucias.

Las falsas minucias son los puntos erróneamente detectados como característicos, y que no corresponden con ninguna de las minucias reales de la propia huella. Es muy común la aparición de estos puntos en las huellas de baja calidad, es decir, cuando no se distingue claramente el patrón de la línea de las colinas, o en huellas dañadas y pulidas. Por tanto, la elección de una buena técnica de post-procesado es crucial para garantizar que en la plantilla contenga el menor número de falsas minucias.

En nuestro sistema se ha elegido un método de validación de minucias complejo pero de bajo coste computacional [6]. Con esta técnica es posible validar una gran cantidad de minucias genuinas y eliminar un número considerable de falsas minucias.

### CLASIFICACIÓN DE LAS HUELLAS

Una vez obtenidas las minucias, se forman las plantillas,

que son vectores con la información del tipo, posición y ángulo de orientación de cada minucia extraída de la imagen. Evidentemente, a cada usuario le corresponde su plantilla obtenida como promedio de 5 imágenes de su región dígito palmar.

Cuando el sistema entra en funcionamiento o explotación, se adquieren nuevas imágenes que, tras pasar por el proceso descrito de procesado digital de imagen, generan plantillas a verificar, esto es, determinar si la plantilla de entrada pertenece a la identidad reclamada.

Esta tarea se encarga al clasificador, que debe buscar el grado de semejanza entre el vector a verificar y las plantillas existentes en el sistema del individuo cuya identidad es reclamada. No obstante, a la hora de realizar esta tarea siempre se debe tener presente los siguientes efectos entre imágenes de un mismo individuo [7]:

- Hay traslaciones, rotaciones y deformaciones no lineales de las imágenes.
- Aparecen falsas minucias, mientras que otras verdílicas desaparecen.
- No existe un comparador que entregue una coincidencia exacta entre dos vectores del mismo individuo, por tanto, es preciso establecer un margen de tolerancia en torno a cada minucia en el momento de realizar la comparación.

Para aliviar, en la mayor medida posible, los anteriores efectos, se ha utilizado un clasificador de plantillas por semejanza basado en la transformada de Hough. Este método estima el valor de la rotación y traslación óptima entre dos plantillas, de tal forma que dichos valores son los que proporcionan el mayor gra-

**Se ha contado con la colaboración de un conjunto de personas que han prestado sus huellas dígito palmares para verificar el sistema**

do de semejanza entre ambos vectores. Si dicha similitud es mayor que un umbral (calculado previamente en el proceso de entrenamiento del sistema, en el cual se establece el valor óptimo de decisión para cada individuo del sistema), se puede considerar que ambas huellas pertenecen a la misma persona.

## RESULTADOS

Con las imágenes adquiridas en la base de datos inicial, 14 por persona, se han utilizado 5 para entrenar el sistema y 9 para validar el sistema. Con las 5 imágenes de entrenamiento de cada usuario se han determinado sus plantillas y el umbral a partir del cual se considera aceptada la identidad reclamada.

Así se han realizado 4332 pruebas para validar el sistema. Estas pruebas indican que el índice de fiabilidad o número de aciertos se sitúa en 98,33%; evidentemente, para ser el resultado obtenido en un sistema prototipo, se puede considerar bastante óptimo, aunque entendemos que es factible de mejora en una versión más completa.

No obstante, dada la diversidad (edad, sexo, calidad de las huellas...) de las imágenes de la base de datos, también se han realizado estudios dependiendo del nivel de la calidad de las huellas de la región dígito palmar, observando que si bien el sistema presenta una clara dependencia de la calidad de la huella, presenta también una buena tolerancia con respecto a este factor, es decir, trabajando exclusivamente con imágenes de huellas de alta calidad, se obtiene en nuestra base de datos una fiabilidad del 100%; y si por el contrario se trabajase so-

lamente con imágenes de baja calidad, el rendimiento decae levemente hasta 96,34 %.

Un estudio de los resultados por edades revela que el grupo de personas con el que se han obtenido los peores resultados es el de mayor edad (96,14%). Esto se puede explicar debido al número de arrugas de la piel de éstos últimos, que se traducen en una gran cantidad de falsas minucias, lo cual afecta negativamente al funcionamiento del sistema.

Finalmente, hay otro aspecto importante a analizar: el tiempo de ejecución del sistema en funcionamiento [7]. Debido a que se ha desarrollado un sistema con orientación para aplicaciones de tiempo real, este factor se convierte en un elemento crucial en la viabilidad del sistema. Tras realizar las evaluaciones pertinentes se ha logrado un tiempo de respuesta inferior a 2 segundos con el sistema programado en metalenguaje. Programar el sistema en otro lenguaje como el C conlleva una reducción de 5 a 6 veces el tiempo de ejecución.

Concluyendo, en este trabajo de investigación se ha desarrollado un sistema capaz de identificar personas a partir de la imagen de la región dígito palmar. Las imágenes de las huellas adquiridas con una cámara digital comercial, son procesadas mediante una serie de técnicas que mejora la calidad de las mismas, para obtener un vector de características que contiene las minucias de la mencionada huella. A partir de esta plantilla es posible, con un clasificador basado en semejanzas, verificar la identidad del usuario con una fiabilidad del 98,33% y en un tiempo medio de 2s.

**Las pruebas realizadas sobre el prototipo revelan un alto índice de fiabilidad con un tiempo de respuesta que permite su uso comercial**

## BIOGRAFÍA

Los autores pertenecen al Grupo de Procesado Digital de Señales Biológicas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el cual procede del Grupo de Procesado Digital de la Señal y el Grupo de Ingeniería Acústica creados con anterioridad a 1990 en el actual Departamento de Señales y Comunicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

El trabajo de este grupo en tecnologías biométricas comenzó en 1999 con la primera publicación internacional del grupo en este ámbito. Desde entonces ha publicado más de 30 artículos en este área, 20 de ellos internacionales, así como 3 artículos en revistas internacionales de relevancia.

Como grupo participa en diferentes foros nacionales, como la Asociación de Biometría Española, e internacionales, como la IEEE Carnahan Conference on Security Technology. Actualmente trabaja de forma coordinada con otros grupos de la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad Autónoma de Madrid, y la politécnica de Mataró, Barcelona.

### Dirección actual del grupo de investigación

Miguel Ángel Ferrer Ballester  
 Departamento de Señales y Comunicaciones  
 Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
 Campus de Tafira  
 35017 Las Palmas  
 Teléfono: 928451269  
 Fax: 928451279 / 2861  
 Web: [www.gpds.ulpgc.es](http://www.gpds.ulpgc.es)  
 Mail: [mferrer@dsc.ulpgc.es](mailto:mferrer@dsc.ulpgc.es)

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Millar , "Vital Signs of Identity", IEEE Spectrum, vol. 31, no. 2, pp. 22-30, 1994.
- [2] A.J. Willis and L. Myers, "A cost-effective fingerprint recognition system for use with low-quality prints and damage fingertips", Pattern Recognition, vol. 34, no. 2, pp. 255-270, Feb. 2001.
- [3] Charles R. Gardina and Edward R. Dougherty, "Morphological Methods in Image and Signal Processing", Prentice-Hall international editions, 1988.
- [4] Y. Y. Zhang, and P. S. P. Wang, "Analysis of thinning algorithms", 11th IAPR International Conference on Speech and Signal Analysis, vol. 3, pp. 763-766, Sept. 1992.
- [5] A. Jain, L. Hong, and R. Bole, "On-line fingerprint verification", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 4, pp. 302-313, Apr. 1997.
- [6] M. Tico and P. Kuosmanen, "An algorithm for fingerprint image postprocessing", Conference Record of the Thirty-Fourth Asilomar Conference, vol. 2, no. 29, pp. 1735-1739, Nov. 2000.
- [7] N. Ratha, K. Karu, S. Chen and A. Jain, "A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.18, no. 8, pp. 799-813, 1996.

Patrocinador de esta investigación:

**UNION ELÉCTRICA DE CANARIAS (UNELCO)**