



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DESARROLLO DE UN ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN DE LA HUELLA DACTILAR PARA LA POLICÍA NACIONAL DEL PERÚ.

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

RAFAEL ANTONIO CARRION CASTAGNOLA

ASESOR: DONATO ANDRES FLORES ESPINOZA

Lima, Noviembre del 2009

Resumen

Las huellas digitales son únicas en cada ser humano, con este razonamiento y sus diferentes características las cuales permiten que puedan ser clasificadas, el ser humano las está usando para poder identificar a las personas es uno de los métodos de reconocimiento más confiables hoy en día.

En nuestra realidad, la Dirección de Criminalística (DIRCRI) de la Policía Nacional del Perú usa las impresiones de las huellas las cuales son clasificadas según la forma de las crestas papilares características en cada individuo.

Dado que en la actualidad la clasificación requiere de un proceso visual y el almacenamiento en tarjetas dactiloscópicas genera que estas no tengan un control de cantidad se busca que el proceso de clasificación lo haga más rápido y eficiente.

Este documento de tesis ha sido desarrollado en 4 capítulos:

En el primer capítulo hace referencia a sistemas de adquisición de la huella digital, aplicación en la policía y el marco problemático.

En el segundo capítulo se describirá los usos de las huellas dactilares así como también se explican las cualidades, características y diferentes formas de clasificación,

En el tercer capítulo se encuentra la estrategia del desarrollo del algoritmo para llevar a cabo esta tesis.

En el último capítulo se mencionan los resultados obtenidos y comentarios para una mejor adquisición.

Finalmente se concluye que es primordial tener una buena impresión para obtener un óptimo resultado en la clasificación, las impresiones más nítidas han sido satisfactoriamente clasificadas mientras que las que omiten información presentaron problemas al momento de la evaluación.

**TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

Título : Desarrollo de un Algoritmo de Clasificación de la Huella Dactilar para la Policía Nacional del Perú

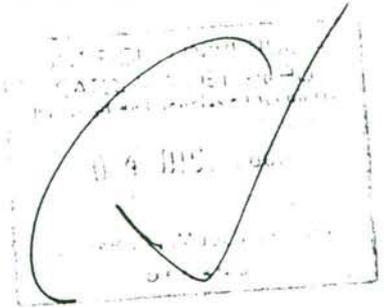
Área : Procesamiento Digital de Imágenes # 410

Asesor : Ing. Andrés Flores Espinoza

Alumno : Rafael Antonio Carrión Castagnola

Código : 19992024

Fecha : 29 de noviembre del 2006

**Descripción y Objetivos**

En la actualidad, la tecnología para la identificación de huellas dactilares es muy costosa, en particular, los recursos que asigna el estado son insuficientes para que la tecnología mencionada pueda ser empleada por la policía, lo cual dificulta la ejecución de tareas de identificación criminal.

La clasificación de huellas dactilares permite a los peritos de criminalística encontrar la huella a ser identificada, actualmente la biometría para la identificación de las personas no se encuentra en funcionamiento puesto que carece de una base de datos de tarjetas decadactilares. Las pericias de homologación dentro de sus diversas formas continúan trabajando de manera mecánica lo que ocasiona pérdida de tiempo, desgaste personal, contagio de hongos entre otros riesgos propensos en perjuicio del personal del departamento de identificación.

En la presente tesis se desarrollará un algoritmo de clasificación de huellas dactilares para que posteriormente estas puedan ser almacenadas en una base de datos y de esta manera identificar a la persona implicada.

La herramienta a utilizar será un software de desarrollo, a fin de realizar el filtrado digital de imágenes y de procesar la imagen para buscar la característica que permitirá la clasificación de la huella.

MAXIMO 100 PÁGINAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

Ing. ANDRES FLORES ESPINOZA
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

FACULTAD
DE CIENCIAS
E INGENIERÍA



90
AÑOS

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Desarrollo de un Algoritmo de Clasificación de la Huella Dactilar para la Policía Nacional del Perú

Índice

Introducción

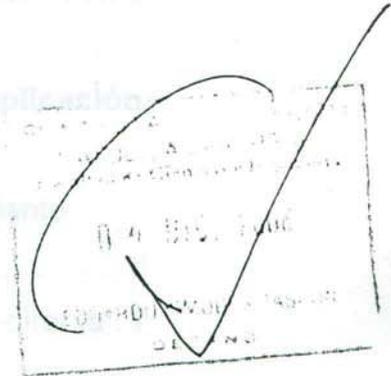
1. Sistemas de adquisición de la huella digital orientado a criminalística e identificación forense
2. Sistema de identificación biométrica de la huella dactilar
3. Diseño de algoritmo de clasificación de la huella digital
4. Análisis de los resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

Ing. ANDRES FLORES ESPINOZA
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

INDICE

<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
----------------------------------	---

CAPITULO 1: SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE LA HUELLA DIGITAL ORIENTADO A CRIMINALÍSTICA E IDENTIFICACIÓN FORENSE

1.1 Adquisición de huellas digitales.	
1.1.1 Variables de identificación y clasificación en el medio general.....	3
1.1.2 Variables de identificación y clasificación en el medio específico... 4	
1.1.3 Variables de identificación y clasificación en el medio organizacional.....	5
1.2 Factores externos que afectan en el desarrollo de la aplicación de un sistema biométrico de huellas digitales.	
1.2.1 Procedimiento de la identificación de la huella digital mediante visualización directa.....	6
1.2.2 Análisis del desarrollo del sistema mediante visualización directa.. 7	
1.3 Declaración del Marco Problemático	8

CAPITULO 2 : SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN BIOMETRICA DE LA HUELLA DIGITAL.

2.1 Estado del arte.	
2.1.1 Presentación del asunto de estudio.....	9
2.1.2 Estado de la investigación	9
2.1.3 Síntesis sobre el Asunto de Estudio.....	11
2.2 Identificación de la huella.	
2.2.1 Sistema Biométrico.....	14
2.2.1.1 Definición de un Sistema Biométrico.....	14
2.2.1.2 Características de un Sistema Biométrico.....	15
2.2.2 Huella Dactilar.....	15
2.2.2.1 Definición del estudio de la huella dactilar	15

2.2.2.2 Características del estudio de la huella dactilar	15
2.2.2.3 Clasificación de la huella dactilar.....	16
2.2.2.3.1 Sistema Henry	16
2.2.2.3.2 Sistema Vucetich	16
2.2.2.3.3 Sistema Oloriz.	17
2.3 Identificación de la huella dactlar.	
2.3.1 Optimización de los procesos y actividades	17
2.3.2 Definiciones Operativas	18

**CAPITULO 3: DISEÑO DE ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN DE LA
HUELLA DIGITAL**

3.1 Estudio de la Huella Dactilar.

3.1.1 Clasificación de la Huella Dactilar	20
3.1.1.1 Programa Seleccionado para el Desarrollo.	23
3.1.1.2 Selección de la Huella	23
3.1.1.3 Proceso del Algoritmo de Clasificación de la Huella.....	24
3.1.1.3.1 Proceso de mejora de la imagen.....	24
3.1.1.3.2 Proceso de Umbralización	27
3.1.1.3.3 Proceso de Esqueletonización.....	29
3.1.1.3.4 Obteniendo las Orientaciones de las Crestas Papilares.	30
3.1.1.3.5 Análisis de las Orientaciones.....	34

CAPITULO 4: ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Pruebas.	37
4.2 Resultados Obtenidos.	40

CONCLUSIONES 42

RECOMENDACIONES 43

FUENTES 44



Introducción

En la actualidad las huellas dactilares están siendo usadas mediante métodos electrónicos como un medio efectivo para el reconocimiento de los seres humanos.

En la Dirección de Criminalística (DIRCRI) de la Policía Nacional del Perú se instaló un sistema AFIS (Automatic Fingerprint Identificación System), el sistema colapsó en la etapa de introducir los datos en la base de datos. Se presentan casos en los que la tecnología no funciona en nuestra realidad nacional como es el caso de reconocimiento facial con rasgos norteamericanos o europeos, los dispositivos electrónicos sirven de ayuda cuando son aplicables en entorno particular y se les sabe dar el uso adecuado.

Las huellas e impresiones dactilares, en la DIRCRI, son almacenadas en papel de manera mecánica y no se tiene un registro de la cantidad de huellas que tienen almacenadas en cada archivero ni cuantas hay en total, esto genera pérdida de tiempo, desgaste de personal, así como también contagio de hongos por la manipulación de tarjetas.

Esta tesis cubre la etapa de clasificación de la huella dactilar de forma automática mediante el procesamiento digital de la imagen escaneadas de las tarjetas en uso por la DIRCRI.

La información recopilada para el logro de esta tesis ha provenido tanto de sugerencias de mi asesor de tesis, libros, revistas así también como de Internet.

Agradezco a mi asesor, el Ing. Andrés Flores por sus aportes, al Crnl. P.N.P. Oswaldo Santos Hernandez Revolle, Tnt. Libertad Rosales, Cap. Alva por permitirme desarrollar esta iniciativa de colaborar con la sociedad, por su tiempo y por el apoyo que me han brindado, espero que más estudiantes puedan aplicar sus conocimientos para el beneficio de estas organizaciones

que en muchos casos trabajan sin ningún tipo de tecnología que haga mas productivo su trabajo.



CAPITULO 1

SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE LA HUELLA DIGITAL ORIENTADO A CRIMINALÍSTICA E IDENTIFICACIÓN FORENSE

1.1 Adquisición de huellas digitales

En la actualidad las huellas digitales han sido evaluadas con diferentes propósitos para una misma finalidad, reconocer que una persona es quien dice ser.

1.1.1 Variables de identificación y clasificación en el medio general.

TENDENCIA MUNDIAL.

Sofisticación en el sector penitenciario, es común el uso de equipos de identificación de huella digital en las cárceles esto se debe a que se han dado casos en que un delincuente preso ha sido suplantado por un visitante, por lo general amigos de pandilla y familiares.

La implementación en este caso consiste en un sistema biométrico de identificación y verificación de la huella digital para los visitantes, así quedarán registrados para comparar las huellas al momento de salir. [8]

Implementación de sistemas biométricos en países desarrollados, estos sistemas están apareciendo por todos lados, como en aeropuertos y centros comerciales, incluso existen formas de pago a través de la huella digital como alternativa a usar una tarjeta de crédito.

REGULACIONES MUNDIALES.

Existen estándares normalizados para identificar la huella digital y de esta manera poder clasificarla, estos son Sistema Henry, Sistema Vucetich y Sistema Oloriz, el primero se usa en países de habla inglesa, los otros 2 en países de habla hispana, los sistemas son parecidos pero mantienen características específicas. [37]

1.1.2 Variables de identificación y clasificación en el medio específico.

USUARIOS

En nuestro país, los que hacen uso de la huella digital son la RENIEC, ONPE, y la Policía Nacional del Perú para la identificación forense y criminalística, estos últimos pueden acceder a la RENIEC para investigar las huellas que crean pertinentes. [3]

SOCIO-CULTURAL.

Aceptación de uso de una característica personal, existen personas que rechazan estos tipos de tecnología por desconocimiento o por miedo a que sean confundidos con un criminal como pasa en el estado de California – E.E.U.U. donde se rechaza la proposición 69 que consiste en registrar en una base de datos el ADN de peligrosos delincuentes junto con el ADN de las personas detenidas por una falta leve para ampliar la base de datos, las personas piden su privacidad y hacen una campaña en contra de esta proposición. [29]

Según una investigación Global realizada por Unisys Corporation, alrededor del 70 por ciento de los consumidores en todo el mundo, apoyan el uso de tecnologías biométricas como una manera de verificar la identidad de un individuo. El 66 por ciento de los consumidores del mundo califican la biometría como el método ideal para combatir el fraude y el robo de identidad, comparándolo con otros métodos de identificación como las tarjetas inteligentes y los tokens de seguridad que son unos dispositivos del tamaño de una tarjeta de crédito con la ventaja de tener una autenticación de dos factores. Esta conclusión demuestra un leve incremento, comparado con el estudio anterior, adelantado por Unisys en septiembre de 2005, el cual encontró que el 61 por ciento de los consumidores del mundo favoreció a las técnicas biométricas como métodos ideales para combatir el fraude y el robo de identidad. [20] [21]

TECNOLOGÍA.

Disponibilidad de avances mundiales, los avances en sistemas biométricos han permitido que estos equipos sean cada vez más precisos, en especial los dispositivos que identifican las huellas digitales. Cada 2 años, en Italia, la Universidad de Bologna en colaboración con Biometric System Laboratory organiza una competencia de algoritmos llamada Fingerprint Verification Competition la cual se efectúa cada 2 años. Esta competencia se puede tomar como referencia para la selección de un dispositivo que cumpla con los requerimientos pedidos. [28]

Ninguno de estos algoritmos ha podido identificar el 100% de las huellas, por lo que no existe el algoritmo perfecto, es por esto que esta ciencia va a estar en constante evolución durante un largo periodo de tiempo.

PROVEEDORES DE INFORMACIÓN.

El Registro Nacional de Identificación y Estado Civil, RENIEC, provee las huellas digitales a la Policía Nacional del Perú mediante un convenio, actualmente se está implementando en la RENIEC un sistema de reconocimiento de la huella digital automatizado. [3]

1.1.3 Variables de identificación y clasificación en el medio organizacional.

TECNOLOGÍA.

Estos sistemas biométricos hacen su análisis de reconocimiento mediante el procesamiento de imágenes.

PROCESOS.

Algoritmos de reconocimiento, la imagen de la huella es extraída por el dispositivo y luego analizada para identificar los rasgos característicos de la huella según la clasificación que se esté usando. [27]

POLÍTICA.

La RENIEC garantiza la privacidad de las personas al no disponer al público general las huellas de las personas, sin embargo la PNP tiene privilegios sobre esta y puede permitir el acceso a personal autorizado para uso de trabajo. [3]

4. MARCO PROBLEMÁTICO
4.1 Variables externas

DESARROLLO DE UN ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN DE LA HUELLA DACTILAR PARA LA POLICÍA NACIONAL DEL PERÚ.

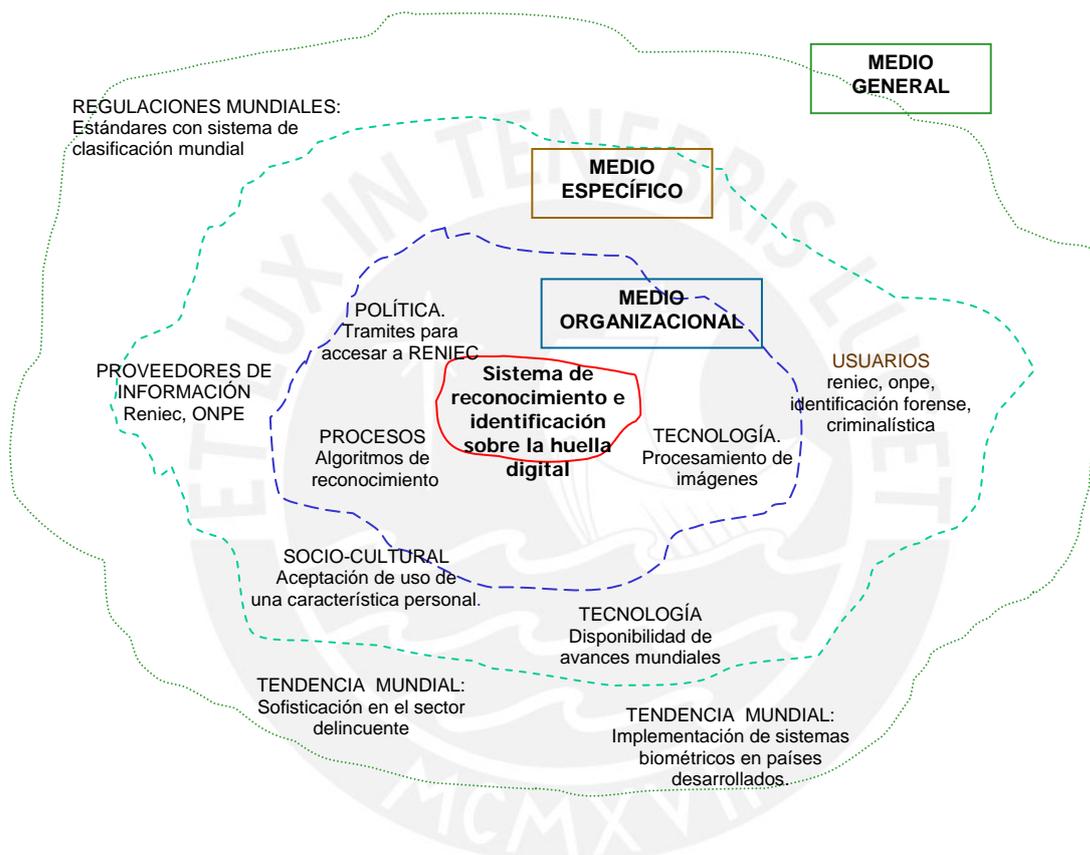


Figura 1. Variables de identificación y clasificación.

1.2 Factores externos que afectan el desarrollo de la aplicación de un sistema biométrico de huellas digitales.

1.2.1 Procedimiento de la identificación de la huella digital mediante visualización directa en la Policía Nacional del Perú.

Las huellas tomadas a la persona sospechosa son llevadas a una ficha llamada tarjeta dactiloscópica, esta se clasifica según las características de la huella como primer referente además de los nombres y datos personales.

Para comparar la huella, el perito del Departamento Monodactilar de la Policía Nacional del Perú, para los casos en que no se tienen referencia del sospechoso como para hacer una búsqueda rápida entre las posibles tarjetas dactiloscópicas en las que el sujeto está implicado, compara alrededor de 50 tarjetas seleccionadas por su clasificación.

Con una lupa de aumento se procede a hacer la búsqueda de la huella implicada, el perito se encarga de esto, en caso que se encuentre se dice que el detenido es reincidente, en caso contrario el implicado será registrado y si se trata de un delito menor es liberado. [3]

1.2.2 Análisis del desarrollo del sistema mediante visualización directa.

La clasificación de las tarjetas depende del tipo de sistema que esté usando para el reconocimiento de las mismas, existen 3 sistemas, Sistema Henry, Sistema Vucetich y Sistema Oloriz, el sistema usado en la Policía Nacional del Perú para la clasificación es el Oloriz.

La búsqueda de la huella entre muchas tarjetas basa su eficiencia en la habilidad, destreza o experiencia del perito de investigación dactiloscópica.

El sistema de identificación estándar se tuvo que adaptar al sistema peruano que tiene 14 puntos característicos mientras que otros usan 9 y 7 puntos.

Los datos personales de los detenidos no se toman como un referente principal debido a que en muchos casos el implicado cambia sus datos para no figurar como reincidente, las tarjetas se guardan en un archivero según su clasificación. [3]

1.3 Declaración del Marco Problemático

En nuestro país, la tecnología es muy costosa, el estado peruano contribuye pobremente a la implementación de nuevos avances tecnológicos en la policía, lo que puede significar un posible aumento de los índices de criminalidad.

Los procedimientos de control final manuales de visualización directa son ineficientes cuando se trata de una búsqueda masiva de huellas en los registros.

El procedimiento de control está sujeto a una variación permanente en tanto se soporta sobre la acción del personal encargado de la identificación.

El uso de sistemas de bajo costo tiene su contraparte en la baja eficacia. Todo lo cual responde a una política de evitar costos en este rubro de la organización policial.

Efectuar el trabajo de manera mecánica ocasiona algunos problemas como pérdida de tiempo, desgaste de personal, contagio de hongos por la manipulación de tarjetas entre otros riesgos. [3]

CAPITULO 2

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN BIOMETRICA DE LA HUELLA DIGITAL

2.1 Estado del arte.

2.1.1 Presentación del asunto de estudio.

La tecnología del reconocimiento de patrones usando biometría esta creciendo a pasos agigantados, esta nos brinda una nueva dimensión en la verificación de identidad de un individuo.

En la actualidad los sistemas biométricos están teniendo una gran aceptación en países desarrollados donde se están implementando de manera exitosa.

Existen diversas maneras de reconocer a un individuo mediante biometría, pueden ser: huella digital, geometría de la mano, reconocimiento del rostro, reconocimiento del iris, reconocimiento de la retina, reconocimiento y verificación de la voz, reconocimiento de escritura mano escrita y por tipeo, reconocimiento por DNA, reconocimiento por la forma de la oreja, reconocimiento por olor y reconocimiento por la forma de caminar del individuo, no siendo todas las posibilidades de reconocimiento, conforme va pasando el tiempo nuevos modos de identificación van surgiendo. [35]

Entre todos estos tipos de biometría una de las más usadas es la huella digital debido a su practicidad y efectividad.

A continuación se da a conocer el estado del arte respecto a este tipo de biometría.

2.1.2 Estado de la investigación.

Los sistemas biométricos para el reconocimiento de las huellas digitales cada vez son más prácticos, antes era necesario de un hardware adicional para poder ser instalados y el sistema electrónico era menos eficiente.

En la actualidad se han corregido muchos errores y se ha logrado un sistema más confiable.

Los usos más comunes para este tipo de sistemas biométricos son de validación de usuario, como los que se describen a continuación.

Sistema para visitantes a una prisión

Donde los visitantes e internos pasan por procedimientos de verificación para no poder intercambiar identidades durante la visita, esto sucede comúnmente entre familiares en prisiones por todo el mundo

Licencias de conducir

Por que algunas autoridades encontraron que los conductores (particularmente conductores de camiones) tenían licencias múltiples o licencias intercambiadas entre otros conductores al cruzar las fronteras nacionales.

Sistemas del pago.

En E.E.U.U., varios estados han ahorrado cantidades significativas de dinero poniendo procedimientos biométricos de verificación.

Control de Frontera

Donde los viajeros usan terminales biométricos para comprobar su identidad y de esta manera reducir el tiempo de inspección de inmigrantes para viajeros autorizados

Transacciones por Internet

Muchos piensan inmediatamente en las transacciones como un área obvia para la biometría. Un dispositivo, como una tarjeta biométrica y un lector, pueden ser incorporados fácilmente en una PC estándar, por ejemplo en el teclado. Todavía existiría el problema de administración de la plantilla (de la huella) por ejemplo en una base de datos. Por supuesto, si su tarjeta de crédito incorporará ya un sistema biométrico esto simplificaría cosas considerablemente. Quizás veamos algunos progresos interesantes en un futuro cercano. [8]

2.1.3 Síntesis sobre el Asunto de Estudio.

Desde que llegó la tecnología de la Internet, las compañías están buscando altos niveles de seguridad y autorización para usuarios. La biometría es una técnica de identificación que utiliza las características humanas como las huellas digitales. (Mary E. Shaclett, 1999)

La necesidad de reconocer la identidad personal ocurre muchas veces en un día, cuando accedamos a un espacio físico, computadoras, cuentas bancarias, etc. La identidad está establecida por las pertenencias, (las llaves de carro, tarjetas de crédito.), algo que sólo nosotros conocemos, (número de identificación personal, contraseñas), o un rasgo biológico característico en cada individuo (nuestra cara reconocida por el cajero del banco o por el guardia de seguridad). (James L. Cambier, 1999)

La mayoría de los bancos han estado experimentando fraude con tarjetas de crédito. Lo que se podría solucionar fácilmente con ciertos dispositivos biométricos. Sin embargo, todavía sorprende a muchos en la industria biométrica que los bancos y las instituciones financieras no han podido hasta ahora abrazar esta tecnología con entusiasmo, los bancos expresan la preocupación por la enajenación de clientes con tal tecnología. (Ashbourn, Julian. 2000). [8]

BioPay es una compañía que hace transacciones bancarias mediante sistemas de reconocimiento de la huella digital, las ventajas son que no necesitan estar portando una tarjeta de crédito o una chequera o tarjeta de identificación, es una transacción mas segura y privada. El sistema funciona para todos los locales que usen el sistema, la inscripción es gratis y es fácil de usar, reduce el costo en la elaboración del pago, bajando los costos de transacciones a un 66%. (Biopay - Saint Charles, Missouri — April 2006). [32]

El pasado verano 2004, NTT DoCoMo, puso a la venta el primer teléfono celular Japonés que incorporaba identificación de huella digital. El “Fujitsu-manufactured phone”, conocido como movaF505i, era promocionado como la manera de detener el uso desautorizado del teléfono, 700.000 unidades se

vendieron rápidamente en aproximadamente 10 semanas. (Meg McGinity-Communications of the ACM, 2005). [22]

La autenticación y el cifrado son cruciales a la seguridad de la red. La criptografía dominante pública proporciona una manera segura de intercambiar la información, pero diseñar un alto sistema de autenticación de la seguridad todavía sigue siendo un problema abierto. Las contraseñas complejas son fáciles de olvidar mientras que las contraseñas simples son conjeturadas fácilmente por las personas desautorizadas. Varias de las características biométricas de un individuo son únicas y no cambian en un cierto plazo. Estas características hacen de los sistemas biométricos una buena opción para la autenticación. Los sistemas de la autenticación basados en huellas digitales, voz, el diafragma, y la geometría de la mano existen para los usos tales como control de pasaportes, máquinas de caja automática, licencia de conductor, y control de la frontera. Con el crecimiento de aumento de la Internet, surge una necesidad de restringir el acceso a los datos sobre la Web a los usuarios autorizados. Las técnicas biométricas se pueden utilizar para identificar a gente para los usos del comercio electrónico. (Arun Ross, Salil Prabhakar and Anil Jain). [15]

Un problema que surge con Internet es que las personas necesitan de una contraseña para acceder a sus documentos privados o hacer transacciones y tienen la necesidad de recordar mas de un código de acceso, llegará el momento que tendrá muchos códigos que deberá de recordar, para este caso, la compañía Bioscrypt, ganadora del concurso Fingerprint Verification Competition (FVC) en el 2002 y 2004, ha desarrollado una solución a la problemática, el modelo de reconocimiento de huella digital “VeriSoft Access Manager” reemplaza la contraseña ya establecida por la huella del usuario, de esta manera bastará sólo con la huella para permitir su ingreso. (Toronto , Ontario - December 5, 2005 - Bioscrypt Inc. (TSX: BYT)), [34]

Con la misma idea la empresa SafeBoot impulsa esta tecnología mediante USB debido a que es fácil de llevar e instalar, además cuenta con soluciones para diferentes necesidades: Silhouette, un dispositivo USB de identificación de

huellas digitales; Phantom, dispositivo USB device que no usa un instalador y por lo tanto es mas fácil de usar en cualquier sistema operativo, además de la huella se complementa con una contraseña; y Rhino, equipado con un disco duro para el almacenamiento de datos, desde 20 MB a 60 MB.

Los dispositivos están diseñados para mejorar el transporte de información con mayor seguridad, almacenando información para que los datos puedan ser accedidos de manera confidencial. SafeBoot encripta la información y la almacena para que no pueda ser usada por nadie mas que por el usuario registrado. (Business Wire. New York: Apr 19, 2006. pg. 1) [19]

Los sistemas biométricos para la identificación de la huella digital están comercialmente disponibles. Ciertamente, las características principales de estos sistemas de huellas digitales dependen de un sensor específico que determina las características de la imagen (píxeles por pulgada, área, y gama dinámica), tamaño, coste y durabilidad.

En los últimos años, los sistemas automáticos de identificación de huellas dactilares AFIS por sus siglas en inglés (Automated Fingerprint Identification Systems), han sido muy importantes para la identificación para el reconocimiento de las huellas encontradas en la escena del crimen en los estados unidos. [4]

¿Que otras características se deben considerar cuando se analiza la huella digital para un uso específico?

Interfaz: Los escáneres del FBI tienen a menudo salida análoga (e.g., RS-170) y un grabador de marco necesario para convertir las imágenes a digital. Esto representa un costo adicional y requiere de un “host” (terminal de datos). Por otro lado, en dispositivos no-AFIS (no - Automated Fingerprint Identification Systems) la conversión análoga-digital es realizada por el escáner mismo y el interfaz al “host” es a través de un puerto paralelo o conexión USB.

Cuadros Por Segundo: Esto indica que el número de imágenes que el escáner puede adquirir y enviar al “host” en un segundo. Un alto promedio de cuadros (e.j., más de 5 cuadros/sec) tolera mejor los movimientos del dedo en los sensores y permite una interacción más amistosa con el escáner.

Detección automática del dedo: Algunos escáneres detectaron automáticamente la presencia del dedo en la superficie de la adquisición, sin requerir al “host” procesar continuamente los cuadros; esto permite que el proceso de adquisición sea iniciado automáticamente tan pronto como el dedo del usuario toque el sensor.

Cifrado: Asegurar el canal de comunicaciones entre el escáner y el “host” es una manera eficaz de asegurar un sistema contra ataques. Para este propósito, algunos escáneres comerciales implementan estado del arte simétrico y capacidad de encriptación

Compatibilidad con Sistemas operativos: Dependiendo del uso y la aplicación donde los escáneres de huella digital tienen que ser empleados, la compatibilidad con más sistemas operativos de código abierto (open-source) tales como Linux, podría ser una característica importante. (D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar – 2003). [14]

2.2 Identificación de la huella

2.2.1 Sistema Biométrico.

2.2.1.1 Definición de un Sistema Biométrico.

La biometría es una tecnología que se caracteriza por el reconocimiento de algún rasgo único, identificable por medio de algún proceso, de cada una de las personas, comúnmente aplicado a seguridad y a control de acceso.

2.2.1.2 Características de un Sistema Biométrico.

Estos sistemas están comprendidos por un hardware que hace el proceso de reconocimiento, los patrones son representados como una secuencia de números, y un software que contiene el algoritmo de identificación que dará la sentencia del reconocimiento.

2.2.2 Huella Dactilar.

2.2.2.1 Definición del estudio de la huella dactilar.

La dactiloscopia es la ciencia que estudia la impresión o reproducción de los dibujos formados por las crestas papilares de las yemas de los dedos de las manos.

Dibujo papilar.- Son figuras constituidas por capas de piel en alto relieve (crestas) y bajo relieve (surcos), que se presentan en:

- 1 Yemas de los dedos
- 2 Palmas de las manos
- 3 Plantas de los pies.

2.2.2.2 Características del estudio de la huella dactilar.

Inmutabilidad.- Los dibujos se mantienen invariables desde el sexto mes de su vida intrauterina y sólo se destruyen después de la muerte a consecuencia de la putrefacción.

Variedad.- Es de tal magnitud que resulta imposible que dos seres distintos presenten idénticas particularidades.

Regeneración.- Si por daño en la epidermis se alterara el dibujo irá formándose otra vez bajo su diseño anterior, pudiendo adquirir particularidades complementarias como consecuencia del percance.

Infalsificabilidad.- Es imposible -hasta ahora- falsificar huellas digitales.

Clasificabilidad.- En virtud de los aportes dados por quienes han desarrollado esta disciplina, existen varios métodos de clasificación de los dibujos. Cada país o región del globo tiene adoptado uno en particular, existiendo conexión entre los diversos métodos lo que permite el intercambio de información. [37]

2.2.2.3 Clasificación de la huella dactilar.

En la actualidad existen 3 sistemas para la clasificación de la huella dactilar, estos son el sistema Henry, sistema Vucetich y sistema Oloriz, este último es el que usa la Policía Nacional del Perú. [3]

2.2.2.3.1 Sistema Henry.

Y variantes es usado comúnmente en países de habla inglesa, reconoce los siguientes dibujos.

- Arco simple
- Arco con carpa
- Presilla interna
- Presilla externa
- Espiral simple
- Presilla con a/cent.
- Espiral de p/doble.
- Espiral accidental

2.2.2.3.2 Sistema Vucetich.

Usado en países de habla hispana, reconoce los siguientes dibujos.

- Arco
- Presilla interna
- Presilla externa
- Verticillo

2.2.2.3.3 Sistema Oloriz.

Usado en países de habla hispana, reconoce los siguientes dibujos.

- Adelto
- Dextrodelto
- Siniestrodelto
- Bidelto
- Tridelto

En algunos países varía el código usado para los dedos pulgares: D en vez de I; S en vez de E. [37]

Además del dibujo central, se presta atención a la "Línea de Galton"; una línea imaginaria que se traza desde el centro del núcleo hasta el centro del delta, para luego establecer el número de surcos y crestas que se interponen.

La Policía Nacional usa el sistema Oloriz para la clasificación de la huella, actualmente no se tiene un registro de la cantidad de huellas que poseen, una revisión rápida pero poco precisa por la falta de un registro indica que el 16% de las huellas corresponden al tipo adelto. Entre 30% y 40% son monodeltos (dextrodelto y siniestrodelto), también entre 30% y 40% son bideltos y un 0.1% trideltos. [3]

2.3 Identificación de la huella dactilar.

2.3.1 Optimización de los procesos y actividades.

Con una base de datos y recurriendo a la huella o impresión plasmada en una ficha o tarjeta dactiloscópica se puede identificar a una persona, así también se esta investigando la identificación por firma, pero la ventaja de tener la huella en una base de datos, es la de poder recurrir a un escáner biométrico de

reconocimiento de huellas digitales para posteriormente verificar a la persona, se agiliza el proceso de identificación ahorrando el tiempo de hallazgo.

Al encontrarse dentro de una base de datos no dependerá de la capacidad de almacenamiento del equipo biométrico lo que permitirá tener una gran cantidad de personas registradas.

El desarrollo del sistema requiere de un complejo algoritmo de reconocimiento de patrones mediante procesamiento de imágenes los cuales son clasificados de acuerdo a sus características, luego serán dispuestos en una base de datos para la verificación de la persona.

Proyección, estos sistemas están en constante actualización, con un algoritmo mejorado (aun no existe el algoritmo de reconocimiento perfecto) y un proceso mas complejo en la verificación de la huella, por medio del procesamiento de la imagen, se puede obtener huellas de otro tipo de superficies como ayuda al área de criminalística

Mediante este sistema se puede almacenar la información criminalística y de identificación forense para luego acceder a la verificación de la persona.

2.3.2 Definiciones Operativas

a) Indicadores Cualitativos

Mejor administración del tiempo de las personas a identificar. Mediante este sistema no es necesario que la persona se encuentre físicamente en el lugar donde será procesada su huella para luego ser guardada, es decir, no se captura en el momento, sino que esta puede ser tomada de la tarjeta dactiloscópica o donde haya puesto su huella con anticipación (por ejemplo para una inscripción en la cual la huella haya sido un requisito) y mandarla por internet como una archivo de imagen de aceptable resolución.

b) Indicadores Cuantitativos

Control masivo de identificación de huellas. Donde se pueden verificar mas huellas de los registros para identificar a un criminal buscado en menos tiempo.

Velocidad y efectividad en verificar la coincidencia de la huella con una persona. Si se busca a un delincuente por este rasgo será mas rápido y eficiente el muestreo de muchas personas entre ellas los sospechosos y posibles culpables, al compararlos desde un escáner biométrico de huellas digitales con la base de datos, también se da en el reconocimiento de identificación forense.



CAPITULO 3

DISEÑO DE ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN DE LA HUELLA DIGITAL

3.1 Estudio de la Huella Dactilar.

La dactiloscopia (Daktilos: dedos, Skopen: observación o examen) es la disciplina de la ciencia papiloscopia que estudia los dibujos dactilares para identificar a las personas, mediante estos dibujos podremos clasificar la huella para lograr el objetivo de esta tesis. [41]

Hay que hacer la comparación entre lo que es una huella y una impresión, mientras que la huella es dejada por casualidad una impresión es dejar la marca del dibujo intencionalmente.

La Policía Nacional del Perú cuenta con la DIRCRI que es la Dirección de Criminalística, esta tiene dos departamentos especializados que evalúan y archivan las huellas para ponerlas a disposición ya sea de un juzgado para los casos de criminalística como para reconocimiento de cadáveres para lo que es identificación forense, son el departamento monodactilar y decadactilar. [3]

3.1.1 Clasificación de la Huella Dactilar.

Actualmente, en la Policía Nacional del Perú se usa el sistema Oloriz Aguilera para la clasificación de la huella dactilar en el cual toma como referencia la alineación de las crestas papilares que forman el núcleo.

Cuando las líneas que salen del núcleo se dividen en direcciones opuestas se forma un dibujo llamado delta, este será la fuente del estudio para hacer la clasificación.

Esta clasifica en 4 tipos básicos Adelto, Monodelto, Bidelto y Tridelto, la Policía Nacional del Perú además usan los tipos de Monodelto que son Dextrodelto y Sinistrodelto para clasificar y archivar las huellas. [3]

Para registrar la huella se usa una fórmula dactiloscópica clasificándola por colores y por combinación de una letra para el pulgar y números para las demás impresiones o huellas.

Adelto.- Se identifican con el color rojo, la letra A para el pulgar y el número 1 para el resto de impresiones, en la fórmula dactiloscópica, se clasifica en arco o puente y en piniformes este tipo de huella no muestra deltas. (Figura 3.1)

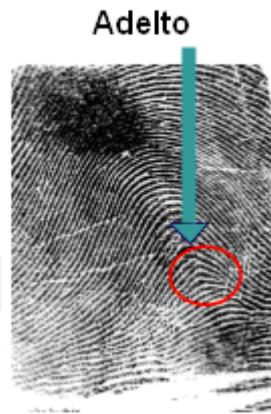


Figura 3.1. Adelto tipo arco o puente.

Monodelto .- Se clasifican en 2 formas: Dextrodelto y Siniestrodelto.

Dextrodelto.- Se identifican con el color amarillo, la letra D para el pulgar y el número 2 para el resto de impresiones en la fórmula dactiloscópica, el delta se encuentra a la derecha del centro del dibujo papilar conocido como núcleo. (Figura 3.2)

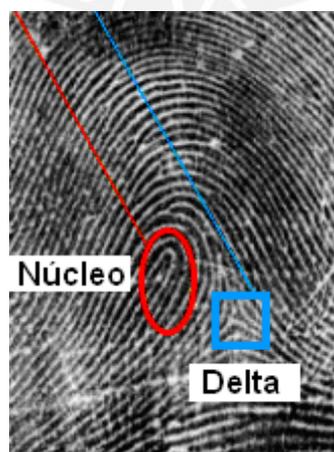


Figura 3.2. Monodelto tipo Dextrodelto

Siniestrodelto.- Se identifican con el color negro, la letra S para el pulgar y el número 3 para el resto de impresiones en la fórmula dactiloscópica, el delta se encuentra a la izquierda del centro del dibujo papilar. (Figura 3.3)

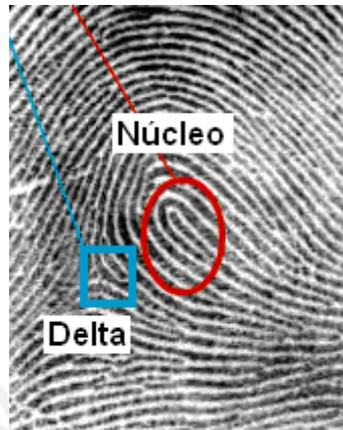


Figura 3.3. Monodelto tipo Siniestrodelto.

Cabe recordar que al hacer el análisis mediante un papel este contiene el reflejo del dibujo original, es por este motivo que en un análisis el delta a la derecha corresponde a un Siniestrodelto mientras que uno a la izquierda es un Dextrodelto.

Bidelto.- Se identifican con el color verde, clasificado como verticilo la letra V es característica para el pulgar y el número 4 para el resto de impresiones en la fórmula dactiloscópica, este tipo de huella tiene 2 deltas, por experiencia se dice que en la mayoría de los casos donde a una huella se ha encontrado un Bidelto los demás dibujos en los dedos también serán Bideltos. (Figura 3.4)

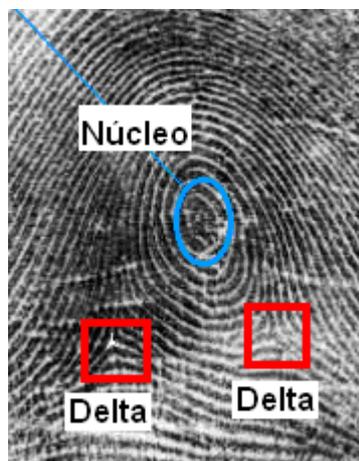


Figura 3.4. Bidelto.

Tridelto.- Se identifican con el color morado, este dibujo contiene 3 deltas y es el tipo más raro de encontrar. [3]

3.1.1.1 Programa Seleccionado para el Desarrollo.

Se eligió el programa MATLAB para la creación del algoritmo que permitirá de manera automatizada hacer la clasificación de la huella.

3.1.1.2 Selección de la Huella.

Para el criterio de selección de la huella hay que tener en consideración los factores que pueden descartar la huella del análisis, estos son:

- Tinta.- Si se trata de tinta líquida esta hará que se esparza el dibujo dactilar haciéndolo ininteligible.
- Muchas rotaciones .- La impresión del dibujo dactilar es rotada de un lado del dedo al otro para mostrar en la hoja todo el dibujo, pasando varias veces sobre el papel, creyendo hacer una impresión de la huella más nítida, el dibujo se pierde.
- Resbalamiento.- Sucede cuando se arrastra la huella digital sobre la superficie.
- Superficie con rugosidades.- La huella queda incompleta adquiriendo la forma de la superficie rugosa.

Lo ideal para una buena impresión es usar tinta seca, para el caso de adquisición de huellas por parte de una investigación criminal se usan reactivos específicos para el tipo de superficie como son: fierro, vidrio, cartón, paredes y piel. [3]

Estos inconvenientes que presentan las huellas para poder ser procesadas pueden ser mejorados y/o corregidos mediante técnicas de procesamiento de imágenes, pero este tema no se verá en esta tesis.

Luego de la selección de la huella, ésta es digitalizada mediante un escáner prefiriendo se use la más alta resolución para una mejor definición, entre los productos comerciales y publicaciones se encuentra que el estándar en resolución está entre 500 a 1000 ppp. (píxeles por pulgadas).

3.1.1.3 Proceso del Algoritmo de Clasificación de la Huella.

Con la huella una vez digitalizada, se procederá a usar el programa MATLAB, las huellas están escaneadas con una resolución de 600 ppp (píxeles por pulgada) en formato JPEG.

3.1.1.3.1 Proceso de mejora de la imagen.

Se usó la transformada de Fourier, (FFT, Fast Fourier Transform) que hace lo mismo que DFT (Discrete Fourier Transform) pero en menos tiempo, con el propósito de mejorar la imagen.

Transformada de Fourier Discreta de $F(w)$.

$$F(w) = \sum_{k=0}^{n-1} f(k) \cdot e^{\left(\frac{-2\pi j}{n}\right) \cdot (wk)}$$

Transformada de Fourier en 2 Dimensiones.

$$F(u,v) = \frac{1}{\sqrt{n \cdot m}} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{m-1} f(i,k) \cdot e^{\frac{-2\pi j(ui+vk)}{n \cdot m}}$$

Esta es muy importante para determinar y poder analizar el espectro de la frecuencia, teniendo un tiempo discreto podremos obtener una transformada discreta de esta frecuencia y así se podrá implementar en una computadora por medio del microprocesador o un sistema basado en DSP.

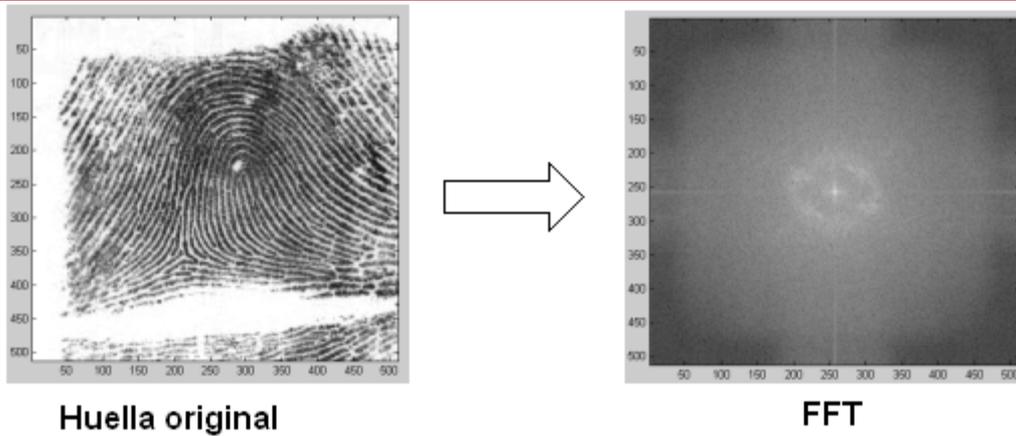


Figura 3.5. La huella original es evaluada mediante la Transformada de Fourier.

Como podemos ver en la transformada de la imagen original las frecuencias que nos interesan para mejorar la imagen es la parte mas clara y se encuentran en el centro de forma circular (figura 3.5), para este objetivo se modifica la imagen usando una máscara de filtro realzante. (Figura 3.6), el proceso es el descrito en el diagrama 3.1.

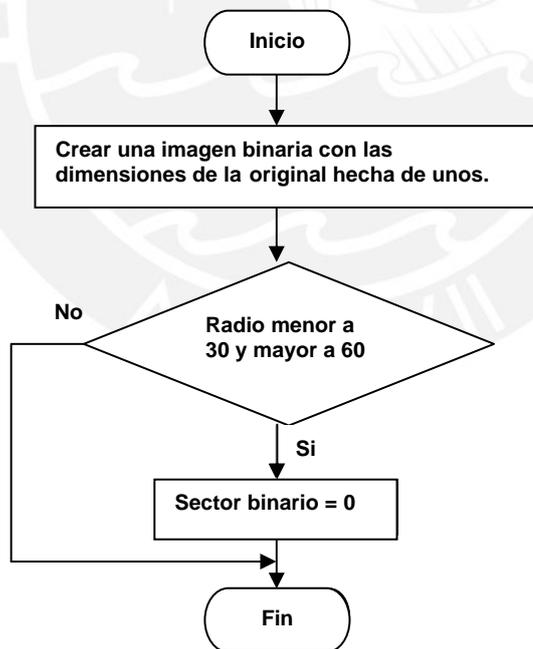


Diagrama de flujo 3.1. Creación de la máscara de filtro realzante.



Figura 3.6. Máscara de filtro realzante.

En la máscara un filtro pasabanda entre 30Hz y 60Hz, evaluada mediante una serie de pruebas, mejorará esta área de interés.

Para la aplicación del filtro se realiza una convolución, que es la multiplicación entre el espectro de la imagen original y el algoritmo de realce que contendrá el área a mejorar.

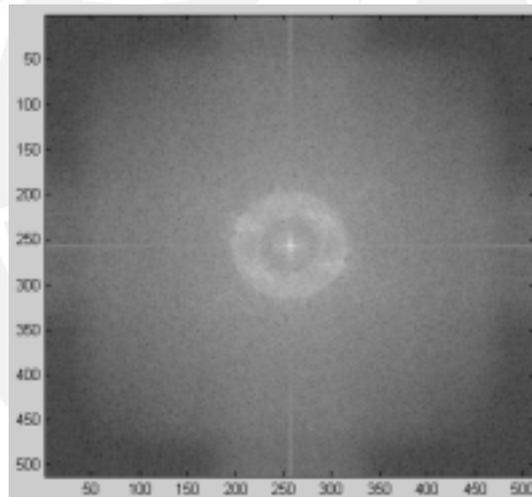


Figura 3.7. Transformada de la huella después del proceso de convolución.

Al hacer la convolución aclaramos la zona de frecuencias que nos interesa puesto que representan la frecuencia entre las crestas papilares en la imagen original. (Figura 3.7).

Recuperando la imagen usando la transformada inversa de Fourier obtenemos el siguiente resultado. (Figura 3.8):.

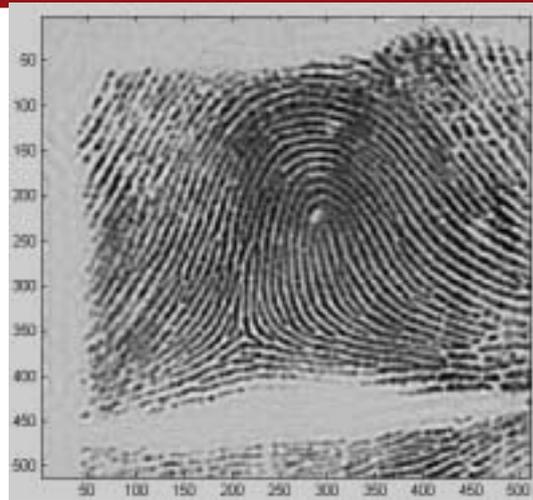


Figura 3.8. Resultado de mejora de la imagen.

Analizando esta nueva imagen podemos decir que la imagen mejoró corrigiendo algunas líneas del dibujo dactilar que no se veían enteras en su totalidad, sin embargo esta nueva imagen presenta ruido.

3.1.1.3.2 Proceso de Umbralización.

Para eliminar el ruido se usará “thresholding” que consiste en umbralizar la imagen que es un proceso mediante el cual se convierte una imagen evaluada en escala de grises en una imagen monocroma en blanco y negro, este presentará diferentes valores dependiendo de la calidad de la huella original por lo que primero se tendrá que analizar el histograma para que el programa automáticamente pueda tomar la decisión del valor que umbralizará la imagen.

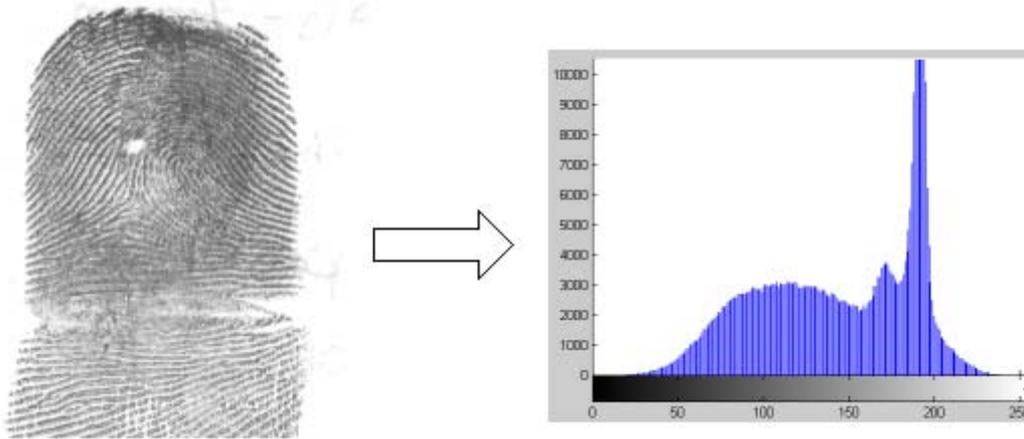


Figura 3.9. Una huella de tonalidad oscura y su respectivo histograma.

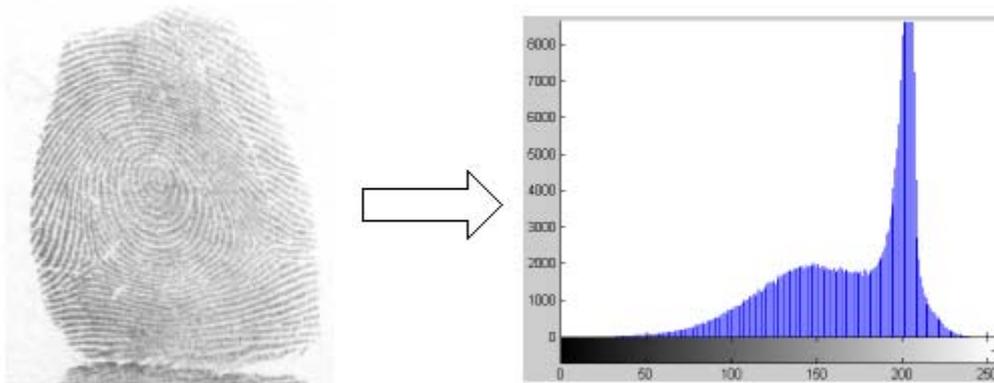


Figura 3.10. Una huella de tonalidad clara y su respectivo histograma.

En la evaluación de los histogramas J. R. Parker en su libro *Algorithms for Image Processing and Computer Vision* define que un buen método para hacer la umbralización es hallar los 2 picos máximos y elegir el menor punto entre ellos. [42].

Analizando los histogramas de las huellas, el mayor pico es la moda, se trata del color gris que tiende a blanco que contrasta con la imagen, mientras que por la derecha se muestra un montículo el cual se trata del gris que tiende para negro que forma la imagen de la huella. (Figuras 3.9 y 3.10).

El primer punto a evaluar viene a ser la moda de la imagen, el segundo es el punto más alto de la zona que describe la huella, vemos en la huella de tonalidad oscura (figura 3.9) que el segundo punto no se evalúa en la zona de la huella sino pegado a la media.

Haciendo las evaluaciones para huellas claras y oscuras se descubrió que estas se diferencian por el valor en la escala de grises igual a 100, si en la imagen aparecen más de 1500 valores de grises iguales a 100 la umbralización es evaluada como la moda dividida entre 1.5, mientras si es menor a este valor la moda es dividida entre 2, este nuevo e innovador método fue desarrollado mediante una serie de pruebas y análisis de los histogramas de las huellas. (Figura 3.11).

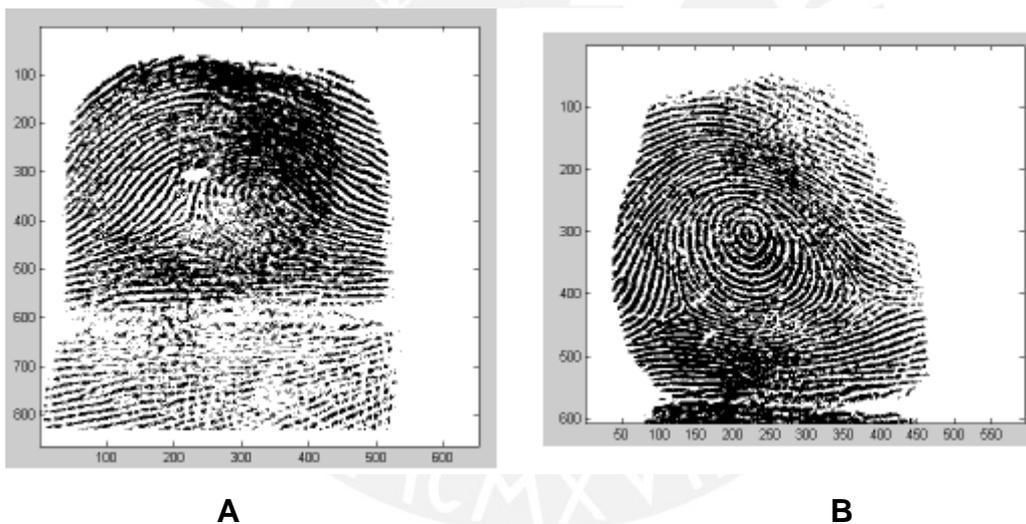


Figura 3.11. A la izquierda (A) la imagen umbralizada de la figura 3.9, a la derecha (B) la imagen umbralizada de la figura 3.10.

3.1.1.3.3 Proceso de Esqueletonización.

Al reducir la imagen a su esqueleto se podrán segmentar la zonas para hallar las orientaciones con mas detalles, de esta manera tomar más muestras y obtener un mejor resultado de la imagen eliminando el ruido y pequeños

fragmentos de huella que podrían dar una mala lectura de la orientación de las crestas papilares.

Para hacer la eskeletonización a la imagen umbralizada se le restó aplicando morfología matemática un elemento estructural que es una matriz de unos de 3x3 dilatando la imagen, luego se le sumó una matriz de unos de 3x3 Erosionando la imagen, se aplica nuevamente erosión y por último dilatación para obtener la imagen mejorada por el proceso de eskeletonización. (Figura 3.12).

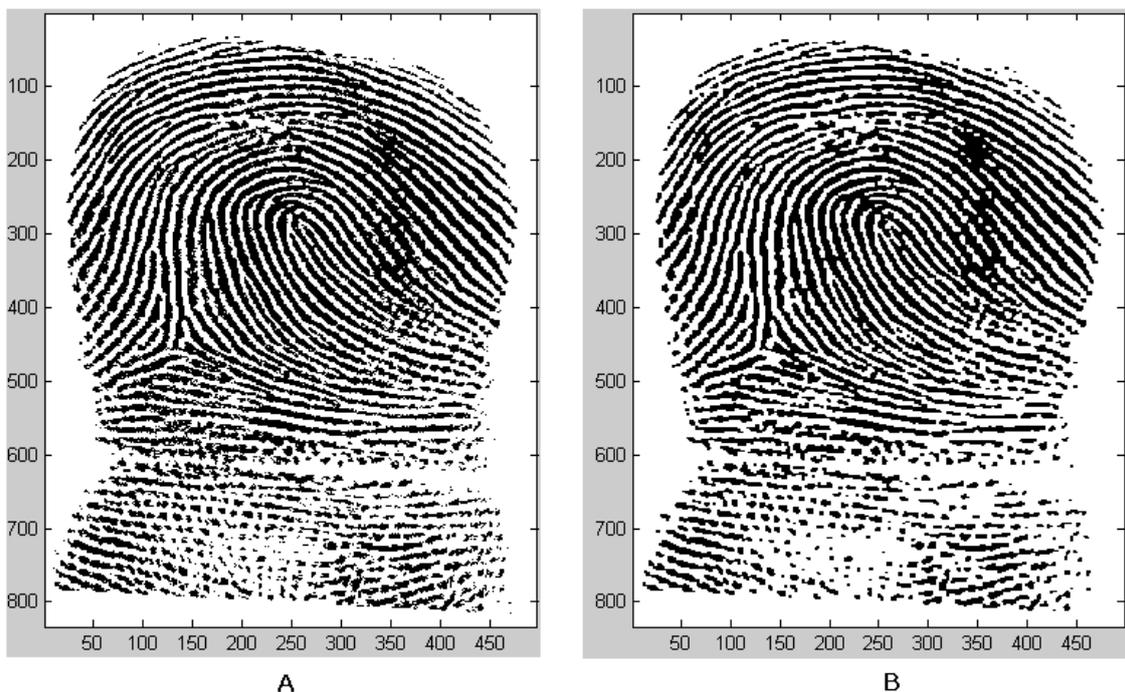


Figura 3.12. A la izquierda (A) la imagen antes del proceso de eskeletonización, a la derecha (B) la imagen después del proceso.

3.1.1.3.4 Obteniendo las Orientaciones de las Crestas Papilares.

Para la resolución de 600ppp. se subdivide la imagen de la huella en zonas de 30 x 30 píxeles, al tratarse de líneas que tienden a ser paralelas se hallará la orientación de estas mediante el análisis en la imagen de la transformada de Fourier. [1] (Figura 3.13).

El criterio del tamaño de la zona esta basado en el estudio de Salil Prabhakar en el que usaba zonas de 30 x 30. [2]

El algoritmo está diseñado para poder evaluar cualquier tamaño de huella que esté escaneada con esta resolución.

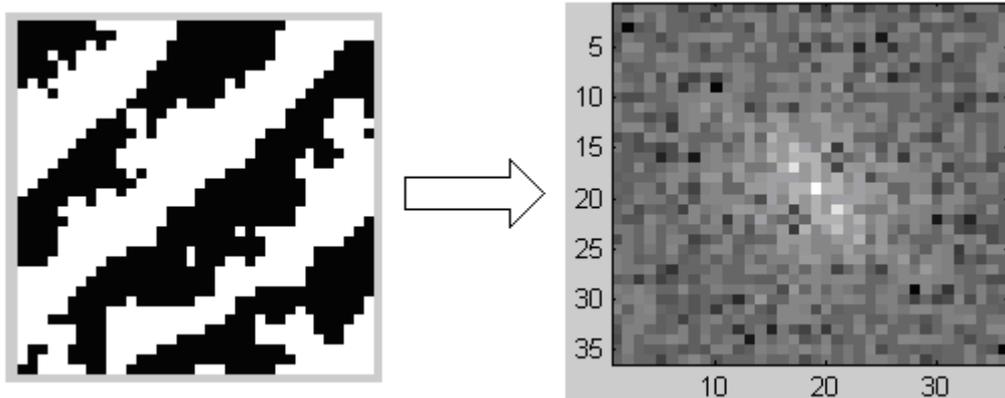


Figura 3.13. A la izquierda una de las zonas de la huella, a la derecha se muestra la imagen de la transformada de Fourier de esta.

Se puede apreciar, en la figura 3.12 la tendencia de la inclinación que forma la zona de 30 x 30 píxeles a evaluar dentro de la huella umbralizada, para poder ver mejor la tendencia del ángulo que hace el espectro de la imagen segmentada se umbralizará para un valor de 150 en la escala de grises, este dato se obtuvo empíricamente mediante una serie de pruebas. (Figura 3.14).

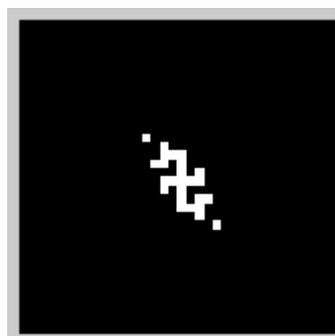


Figura 3.14. La imagen del segmento de la transformada de Fourier umbralizada.

En cada uno de estos segmentos se analizan los puntos blancos extremos comenzando por la parte superior de la imagen, se hace un conteo de puntos blancos para hallar el último punto blanco, al unir estos puntos se obtiene la orientación expresada como ángulo, tal como se describe en el diagrama de flujo 3.2.

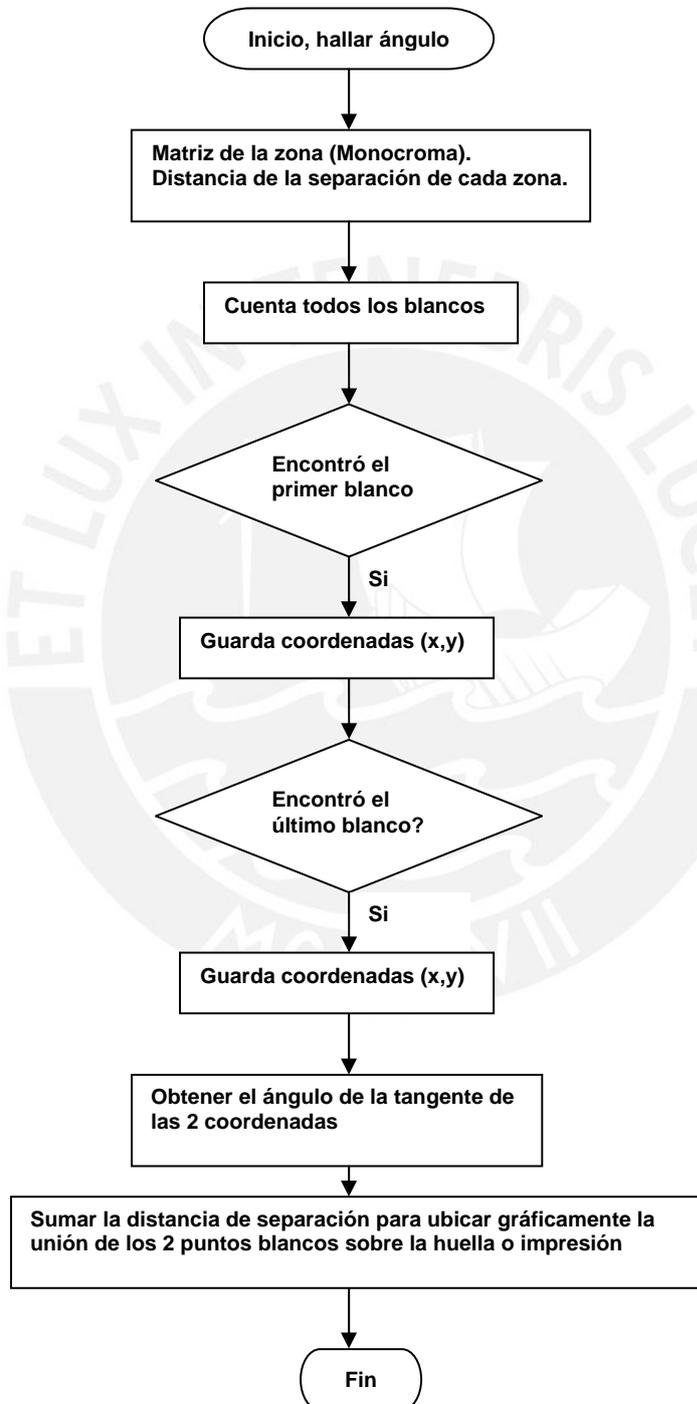


Diagrama de flujo 3.2. Obtención del ángulo del segmento de la transformada de Fourier umbralizada.

Cada ángulo es guardado en una matriz para posteriormente ser evaluado para hallar el delta.

Al momento de crear las líneas se invertirá el ángulo hallado, esto debido a que al aplicar la transformada de Fourier se invierte la orientación de las crestas papilares como se puede apreciar en la siguiente figura. (Figura 3.15).

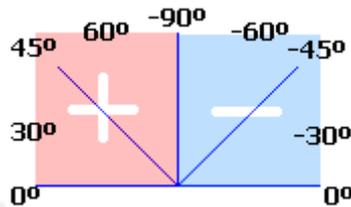


Figura 3.15. El ángulo de la inclinación de las líneas obtenidas mediante la transformada de Fourier es inversa a la de las crestas papilares.

Los ángulos hallados mediante el análisis de los segmentos a partir de la transformada de Fourier umbralizada serán la fuente de estudio para determinar la ubicación del delta. (Figura 3.16).

Obtendremos una matriz de ángulos, la matriz puede ser de diferentes dimensiones dependiendo del tamaño de la huella pero los ángulos hallados siempre serán obtenidos por segmentos de 30 x 30 píxeles de la huella.



Figura 3.16. Este ejemplo de una muestra de 4 x 7 zonas analizadas nos indica la tendencia de las crestas papilares.

3.1.1.3.5 Análisis de las Orientaciones.

El criterio desarrollado para hallar el delta será examinar los ángulos formados por las inclinaciones de las líneas obtenidas de cada segmento analizado mediante la transformada de Fourier las que se encuentran guardadas dentro de una matriz. Se han usado 3 criterios que, mediante un análisis en la región del delta, han demostrado representar al delta mediante ángulos. (Tabla 3.1).

Esta es la parte de la matriz donde se forma el delta, las 3 zonas sombreadas en gris son ángulos a identificar para afirmar que se trata de un delta.

posición (x,y)	7	8	9	10	11	12
16	-59	-63	-71	-90	-90	-71
17	-45	-63	-78	-90	53	63
18	-45	-45	-90	-90	45	-63
19	-45	-26	-90	-63	33	-90

Tabla 3.1. Matriz de ángulos de los segmentos analizados.

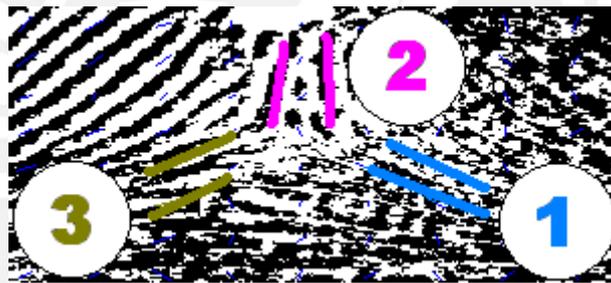


Figura 3.17. Se aprecian 3 orientaciones de las crestas papilares a evaluar para obtener el delta, estas son las 3 etapas del estudio. (se exageraron los tamaños de las líneas que dibuja el MATLAB para fines demostrativos).

En una primera etapa (marcado con un 1 en la figura 3.17) se eligió encontrar 2 ángulos positivos (según la figura 3.15) sucesivos verticalmente por correlación que, en este caso, es la correspondencia o relación de estos los 2 ángulos positivos con 2 ángulos positivos que se encuentran en la matriz que contiene los ángulos de la huella, esta primera etapa forma la parte derecha del delta. En la matriz corresponden a los ángulos 45 y 33.

Mediante el mismo método, para la etapa 2 (marcado con un 2 en la figura 3.17), se buscó 3 ángulos sucesivos horizontalmente donde el valor absoluto

de cada uno supera los 34 grados, estos ángulos representan la parte superior del delta (-71, -90, -90 en la matriz de ángulos).

Finalmente para la etapa 3, se busca 2 ángulos negativos sucesivos verticalmente, es decir, 4 ángulos negativos son los característicos para afirmar que se trata de la zona izquierda del delta (Diagrama de flujo 3.3).

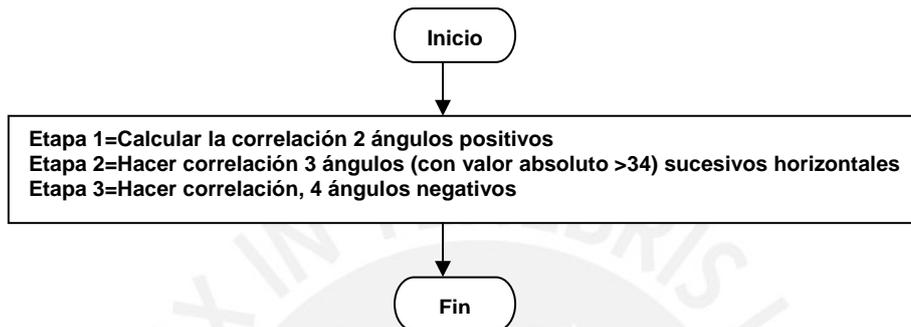


Diagrama de flujo 3.3. Correlación de áreas a examinar.

En primer lugar se hallan las coordenadas X,Y de la matriz donde la correlación de la etapa 1 fue satisfactoria, a partir de estas coordenadas se procede a examinar los 3 ángulos sucesivos de la correlación de la etapa 2 los cuales se encuentran 3 lugares arriba y 2 a la izquierda en la matriz de ángulos con respecto a la etapa 1, si el análisis es positivo se busca en la correlación de la etapa 3 en 3 y en 4 lugares hacia la izquierda de la coordenada hallada en la etapa 1.

Encontrar la etapa 1 significará, como se explicó con anterioridad, que se hallaron 2 ángulos sucesivos positivos, esta primera etapa es el inicio del análisis para hallar el delta, de la misma manera se buscará para las etapas 2 y 3 de la huella.

Luego de superada la etapa 3 podemos decir que se halló un delta, en el algoritmo se incrementa el contador de deltas y guarda las coordenadas donde se halló, determinando la cantidad de deltas y donde fueron encontradas según sus coordenadas y el tamaño de la matriz de ángulos en la coordenada X podemos clasificar la huella (Diagrama de flujo 3.4) .

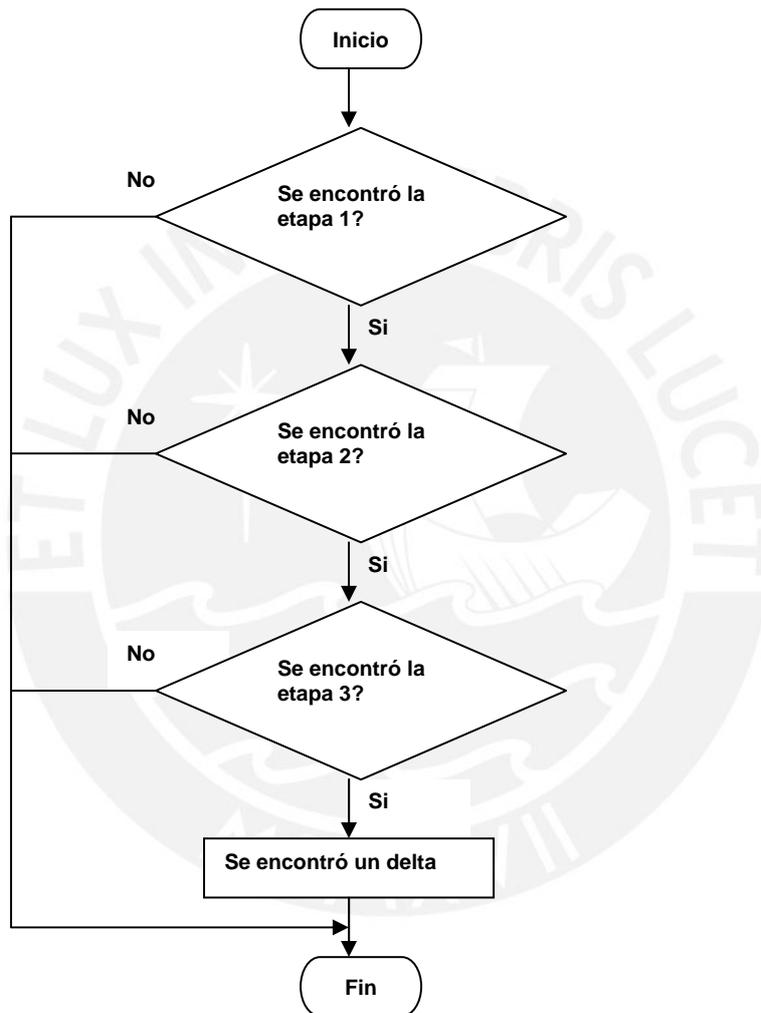


Diagrama de flujo 3.4. Procedimiento para el hallazgo del delta.

CAPITULO 4

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Pruebas.

Las muestras fueron proporcionadas por la Policía Nacional Del Perú de una muestra al azar entre las que se encuentran huellas de buena impresión así como también huellas de mala calidad y débil impresión, se evaluaron 50 de éstas para las pruebas. (Tabla 4.1).

Como se comentó en la sección 2.2.2.3, clasificación de la huella dactilar, la policía no cuenta con un registro de la cantidad de huellas e impresiones que poseen, toman muestras de grupos de 30 tarjetas dactiloscópicas para buscar la huella.

Nº de huella	Nº de deltas de la huella	Nº de deltas hallados por el algoritmo	Coincide con la posición del delta?	Coordenadas (si es que coincide)	Observaciones
1	1	1	NO		No se halló la etapa 3 por mala calidad de la huella.
2	1	1	SI	x=12, y=13	Monodelto Siniestrodelto.
3	2	2	NO/SI	x=15, y=14	Primer delta se halla el patrón en el núcleo por borrón en la etapa 2, delta 2 hallado a la derecha.
4	2	1	SI/NO	x=7, y=9	Delta 1 a la izquierda de la huella, no se halló el segundo delta por falta de datos.
5	1	1	NO		Borrones por encima del delta, falla etapa 2, la imagen muestra 1 delta partido.
6	1	0	NO		
7	1	1	SI	x=5, y=9	Monodelto Siniestrodelto.
8	2	2	NO/NO		Falla etapa 2 debido a borrones, en una primera evaluación del delta se encontró pero se amplió el rango de la etapa 3 y el primer delta deja de ser evaluado por salirse del límite del dibujo. Delta 2 falla etapa 2, la huella está girada.

9	1	1	NO		Fallo en la etapa 2.
10	1	1	NO		Fallo en etapa 3.
11	1	1	SI	x=9, y=11	Monodelto Sinistrodelto.
12	1	1	NO		Fallo en la etapa 2 falta de datos en la imagen.
13	1	1	SI	x=9, y=12	Monodelto Siniestrodelto.
14	0	1	NO (Adelto)		Se halla el patrón por fallo en la etapa 2.
15	1	2	SI	x=7, y=18	Monodelto Siniestrodelto, se encuentra otro patrón por perdida de parte del dibujo en la etapa 1 y 2.
16	1	2	NO		Patrón encontrado por fallo en etapa 2, se omite el delta1 por cercanía, es encuentra patrón por fallo en la etapa 3
17	1	1	SI	x=8, y=13	Monodelto Siniestrodelto.
18	1	1	SI	x=7, y=11	Monodelto Siniestrodelto.
19	1	0	NO		Fallo por falta de datos en la etapa 1 y 2.
20	1	1	SI	x=11, y=17	Monodelto Siniestrodelto.
21	1	2	SI/NO	x=6, y=11	Monodelto Siniestrodelto, segundo delta hallado por falla en la etapa 2.
22	1	2	SI/NO	x=7 y=14	Monodelto Siniestrodelto, segundo delta hallado por falla en la etapa 3.
23	1	1	SI	x=7, y=12	Monodelto Siniestrodelto.
24	1	2	NO		En el delta 1 se hallo las 3 etapas en el falange medio evitando la obtención en la yema, delta 2 fallo en la etapa 2
25	0	2	NO (Adelto)		En el delta 1 se hallo las 3 etapas en el falange medio evitando la obtención en la yema, delta 2 fallo en la etapa 2
26	1	1	NO		Fallo en la etapa 3
27	2	2	SI/NO	x=7, y=14	Bidelto, Primer delta encontrado, segundo delta confunde patrón por fallo de etapa 2
28	1	1	NO		Falta de información en el delta, el delta es hallado por falla en la etapa 2.
29	1	1	NO		Fallo en le etapa 2.
30	1	1	SI	x=11, y=14	Monodelto Dextrodelto
31	1	1	SI	x=9, y=10	Monodelto Siniestrodelto
32	1	1	SI	x=8, y=14	Monodelto Siniestrodelto.
33	2	2	NO/NO		Delta 1, fallo en la etapa 2, delta 2 fallo en la etapa 3.

34	2	1	NO		El patrón fue encontrado a la izquierda del delta donde sólo aparece la mitad del segundo delta.
35	2	1	NO		Fallo en la etapa 2.
36	2	2	SI/NO	$x=6, y=12$	Bidelto, en el delta 2 se halló las 3 etapas en el falange medio evitando la obtención.
37	2	2	SI/NO	$x=8, y=11$	Bidelto, Primer delta encontrado por la proyección del delta, segundo delta encontrado por fallo en la etapa 2.
38	2	2	SI/SI	$x=7, y=14$ $x=14, y=13$	Bidelto
39	2	2	SI/NO	$x=7, y=14$	Bidelto, Primer delta encontrado, el patrón para el segundo delta es encontrado por fallo en la etapa 2 y 3.
40	1	0	NO		Huella muy tenue.
41	1	1	SI	$x=13, y=14$	Monodelto Dextrodelto.
42	2	3	SI/NO/SI	$x=5, y=19$ $x=18, y=16$	Bidelto, 2 el delta encontrado por fallo en la etapa 2.
43	2	1	NO/SI	$x=14, y=12$	Huella muy tenue.
44	2	1	SI/NO	$x=6, y=14$	Bidelto, segundo delta al borde y fuera del límite de obtención de la etapa 1.
45	1	1	SI	$x=6, y=9$	Monodelto Sinistrodelto
46	2	1	NO/NO		Bidelto, patrón hallado por fallo de la etapa 2, huella muy tenue.
47	2	1	SI	$x=6, y=11$	Bidelto, imagen borrosa, fallo en la etapa 2.
48	2	0	NO		Huella muy tenue.
49	2	2	NO/NO		Primer delta cerca del margen izquierdo se halla su proyección, segundo delta cerca del límite derecho y fuera de obtención de la etapa 1, el segundo delta fue hallado por fallo en la etapa 1.
50	2	0	NO		Huella muy tenue.

Tabla 4.1. Resultados obtenidos de las huellas evaluadas.

Esta tabla nos muestra la cantidad de huellas evaluadas, el número de Deltas que tiene dicha huella, el número de deltas que encontró el algoritmo, si en caso se encontró el delta la posición del delta es la correcta, si es así, se muestran las coordenadas del delta.

4.2 Resultados Obtenidos

De un total de 50 huellas el algoritmo detectó 62 deltas, esto no implica que todas sean halladas en el lugar específico, sin embargo indica que se debió a unos fallos que pueden ser corregidos.

Las etapas 1, 2 y 3 hacen referencia a las etapas descritas en el punto 3.1.1.3.4 Análisis de las Orientaciones, las fallas que presentan estas etapas se deben a manchas, borrones o impresiones borrosas que hacen que la orientación del ángulo sea la equivocada.

Cuando se indica que se halló el patrón se refiere a que las orientaciones cumplieron los requisitos de las 3 etapas.

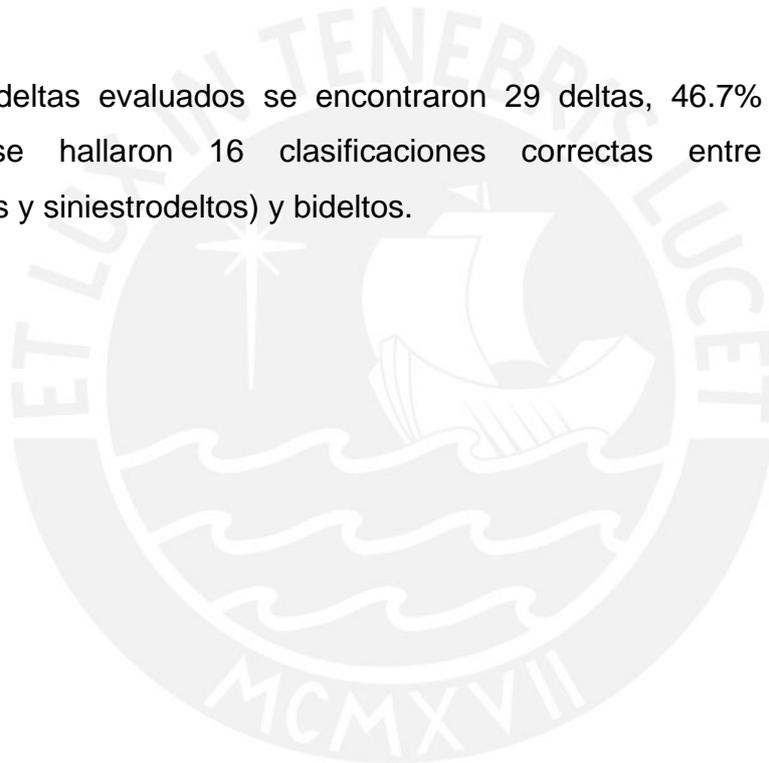
También sucede que la proyección del delta, es decir, la unión de crestas se formen más arriba y a un lado del delta sea identificada como este, esto ocasiona que no se halle el punto correcto de la coordenada del delta.

La evaluación demostró que las impresiones más nítidas, con el procedimiento propuesto no presentaron problemas en la clasificación automática, mientras que las huellas con los deltas al borde de la imagen no permiten hacer el análisis completo del delta y las huellas de imágenes con crestas papilares fraccionadas omiten información sobre la huella. (Figura 4.1)



Figura 4.1. Deltas al borde de la imagen (A), huella con crestas papilares fraccionadas (B) omiten información para hacer la clasificación.

De los 62 deltas evaluados se encontraron 29 deltas, 46.7% y de las 50 muestras se hallaron 16 clasificaciones correctas entre monodeltos (dextrodeltos y siniestrodeltos) y bideltos.

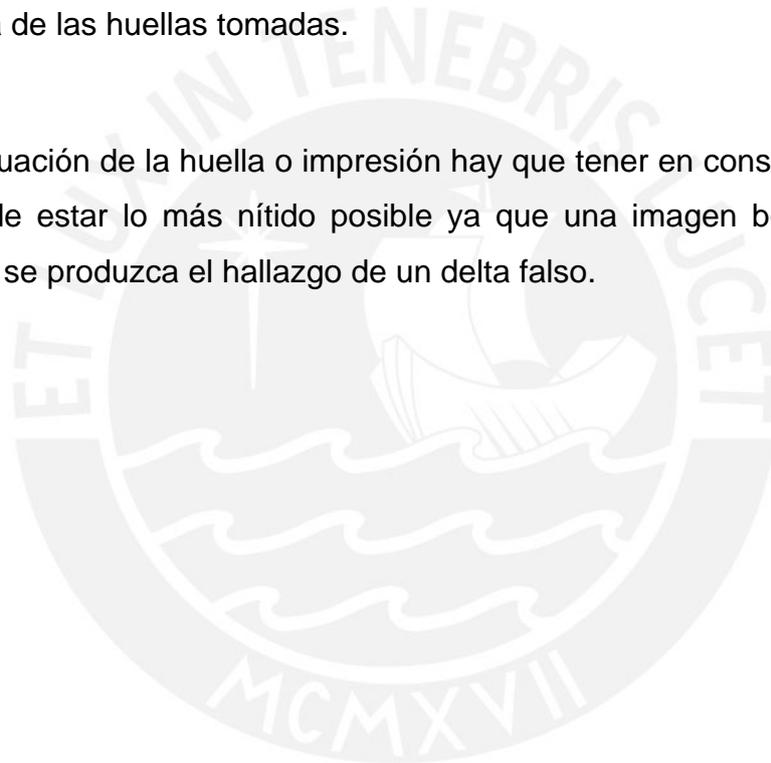


CONCLUSIONES

Actualmente no existe el algoritmo perfecto de clasificación y de identificación para sistemas biométricos, todos se encuentran a la vanguardia haciendo innovaciones y mejorando sus algoritmos.

Si bien es cierto que el porcentaje de acierto es casi de la mitad de huellas procesadas también lo es que en un gran número de ellas se conoce el motivo por el cual no han podido determinarse como se describe en las observaciones de cada una de las huellas tomadas.

Para la evaluación de la huella o impresión hay que tener en consideración que esta debe de estar lo más nítido posible ya que una imagen borrosa puede originar que se produzca el hallazgo de un delta falso.



RECOMENDACIONES

En las siguientes etapas:

- Se debe buscar mejorar el algoritmo, recordemos que no existe aún el algoritmo perfecto y es uno de los factores que siempre estará en desarrollo buscando la perfección.
- Otro factor que se debe de analizar es la cantidad de crestas papilares que contiene la huella desde el delta hasta el núcleo, esta técnica llamada Línea de Galton es utilizada en la Policía Nacional Del Perú para hacer el hallazgo. [3]
- Para la identificación se usarán puntos característicos los cuales consisten en dibujos que crean las crestas papilares en un lugar específico en la huella, definidos como "*Las circunstancias particulares o individualidades que presentan las crestas papilares*" (Jimenez Pérez), estos puntos serán comparados con las huellas en la base de datos para encontrar la huella que coincida.
- La implementarlo en la DIRCRI se podría hacer, por la parte electrónica con la fabricación de un dispositivo para escanear las huellas, por ejemplo ATMEL AT77C101B – FingerChip [38], un circuito que tiene un escáner dactilar modelo “sweep”, es decir, desplazando la yema del dedo sobre una ranura para el escaneo la huella, por parte del software con la creación de una base de datos mostrando la ID, clasificación de la huella, número de archivero y lugar en este en el que se ubica la tarjeta dactiloscópica que contiene dicha huella, entre otros parámetros.[38]

FUENTES

- [1] HONG, Lin y JAIN, Anil.
- Classification of Fingerprint Images.
Department of Computer Science, Michigan State University, East Lansing, MI 48824.
- [2] PRABHAKAR, Salil.
2001 - Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank.
Michigan State University.
- [3] FUENTE: Cmdte. PAIMA, Peritos: ALVA, LANDA, Virgilio y VENTURA, Giovanni.
2006 - Investigación de campo sobre la clasificación de las huellas
Dirección De Criminalística DIRCRI. Policía Nacional Del Perú.
- [4] MARCIALES, Gian Luca, ROLI, Fabio, y SERRAU, Alessandra.
- Fusion of Statistical and Structural Fingerprint Classifiers.
Department of Electrical and Electronic Engineering – University of Cagliari. Piazza d’Armi – 09123 Cagliari – Italy
- [5] DASS, Sarat C. y JAIN Anil K.
- Fingerprint Classification Using Orientation Field Flow Curves.
Michigan State University.
- [6] ALONSO Víctor y MARTÍN Manuel
- Reconocimiento de Huellas Digitales en Escala de Grises.
Facultad de Ciencias de la Computación Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- [7] JAIN, Anil, PANKANTI, Sharath, PRABHAKAR, Salil, HONG, Lin, ROSS, Arun y WAYMAN, James.
- Biometrics: A Grand Challenge.
Michigan State University, IBM T.J. Watson Research Center, DigitalPersona Inc., Siemens Corporate Research, West Virginia University, San Jose State University.
- [8] JULIAN, Ashbourn.
2000 - Biometrics : advanced identity verification : the complete guide-
London : Springer-Verlag,
- [9] FERNANDEZ ZANUY, Marcos
2000 – Mundo electrónico, Octubre 2000/313
Escuela politécnica de Mataró
faundez@eupmt.es

- [10] BENDER, Alan
1999 – Fingerprint Imaging solves Password/PIN dilemma
Unisys World; Aug 1999; 20; 8; Pro Quest Computing – Pg 1.
- [11] RIAL, Juan
2004 - Posibilidades y límites del voto electrónico
<http://www.onpe.gob.pe/ONPE/ESCAPARATE/caratulas/rial.pdf>
- [12] O'LEARY, Tim
2006 - Expanding Biometric Applications
Locksmith Ledger International; Apr 2006; 66, 4; Career and Technical Education - pg. 10
- [13] DEAN, John
2006 - Brinks Touch 'N Open(Tm) Biometric Safe
Locksmith Ledger International; Apr 2006; 66, 4; Career and Technical Education - pg. 78
- [14] MALTONI, D., MAIO, D., JAIN Anil.K. y PRABHAKAR S.
2003 - Handbook of Fingerprint Recognition
Springer, New York.
- [15] ROSS, Arun, PRABHAKAR, Salil y JAIN, Anil
Biometrics-based Web Access
http://biometrics.cse.msu.edu/hand_web.html
- [16] UZUNER, Ozlem y DAVIS, Randall
Digital Fingerprinting for Distribution Volume Tracking: Intellectual Property Protection in Wireless Grids
<http://www.biometriccatalog.org/documents/f6bc4fef-ae01-49a9-a186-3d0abd2890d5.pdf>
- [17] HALPERIN, Alex
2006 - Business Week Online; 3/28/2006, p13-13, 1p
- [18] Biometric Fingerprint Equipment Market Opportunities, Market Forecasts and Market Strategies 2006-2012.
2006 - M2PressWIRE; 03/15/2006
- [19] Business Wire. New York:
2006 - Apr 19, pg. 1
- [20] PC-News.com
2006 - Los consumidores apoyan el uso de biometría para verificación de identidad; 16 de Mayo 2006.
<http://www.pc-news.com/detalle.asp?sid=&id=11&lda=2438>

- [21] D'ANGELO, Danielle y LAUER, Dawn.
2006 - Consumers Worldwide Overwhelmingly Support Biometrics for Identity Verification, Says Unisys Study; BLUE BELL, Pa., April 26, 2006
- [22] MCGINITY, Meg
2005 - J COMMUNICATIONS OF THE ACM, January 2005/Vol. 48, No. 1
- [23] JAIN, Anil K. y ROSS, Arun – Multibiometric Systems
2004 - COMMUNICATIONS OF THE ACM, January 2004/Vol. 47, No. 1
- [24] FILIPPINI, Steve
2005, BIOMETRICS 101, Oct, pag 36 - 42
- [25] JAIN, Anil, HONG Lin y PANKANTI, Sharath
2000 - COMMUNICATIONS OF THE ACM February 2000/Vol. 43, No. 2
- [26] AHMED, Farid y MOSKOWITZ, Ira S.
Composite Signature Based Watermarking for Fingerprint Authentication, pag 137 - 142
- [27] JAIN, Anil K. y PANKANTI, Sharathchandra
2006 - IEEE – Spectrum, July 2006, pag 14 -19
- [28] Fingerprint Verification Competition
2004 - <http://bias.csr.unibo.it/fvc2004/default.asp>
2006 - <http://bias.csr.unibo.it/fvc2006/>
- [29] Funding State of California.
2004 - Proposition 69 - DNA Samples. Collection. Database.
<http://www.smartvoter.org/2004/11/02/ca/state/prop/69/#meaning>
- [30] Sagem Mopho Inc.
2006 - <http://www.morpho.com/>
- [31] ZKSoftware
2006 - <http://www.zksoftware.com>
- [32] BioPay
2006 - <http://www.biopay.com/>
- 2006 - <http://www.cansec.com/>
- [34] Matthew Bogart, Bioscrypt Inc.
2006 - <http://www.bioscrypt.com>
- [35] Biometric Institute
2006 - <http://www.biometricsinstitute.org>

- [36] AFIS - Automated Fingerprint Identification Systems
2006 - <http://www.onin.com/fp/afis/afis.html>
- [37] Identificación Forense – Prensa Popular
<http://www.gratisweb.com/prensapopular/rostro.htm>
- [38] ATMEL - AT77C101B- FingerChip
http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?family_id=609&family_name=Biometrics+%28Fingerprint+Sensor%29+&part_id=2601
- [39] Terra – GUTIÉRREZ, Rodrigo
http://www.terra.cl/tecnologia/index.cfm?id_reg=606994&id_cat=1719&accion=secretos
- [40] SALAZAR VEGA, Elizabeth
2006, El Comercio - Sábado 3 de Junio.
- [41] ALARCÓN FLORES, Luis Alfredo
La Criminalística I
<http://www.monografias.com/trabajos31/la-criminalistica/la-criminalistica.shtml>
alarconflores@hotmail.com
- [42] PARKER, James R.
2001 - Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank.
Michigan State University.