

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE  
IDENTIFICACIÓN POR IMPRESIONES DACTILARES**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**ERIK ULISES BAZÁN FLORES**

**PROMOCIÓN  
2003 – I**

**LIMA –PERU  
2008**

**MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR  
IMPRESIONES DACTILARES**

*Dedicado a todos los que me acompañaron durante mi paso por la querida UNI.*

## **SUMARIO**

El presente trabajo muestra la importancia de los sistemas de identificación mediante impresiones dactilares y plantea alternativas de implementación.

En primer lugar hace una descripción de la historia de la identificación y los diversos métodos usados hasta la actualidad, para luego mostrar las base teóricas de la identificación por huellas dactilares.

Posteriormente muestra alternativas para la implementación de un sistema de identificación mediante impresiones dactilares, centrándose en un algoritmo de extracción de minucias.

Finalmente muestra el análisis de resultados que se obtiene de la implementación y propone recomendaciones para futuras implementaciones.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Objetivos del Trabajo.....	2
1.3. Evaluación del problema.....	2
1.4. Limitaciones del trabajo.....	3
1.5. Síntesis del Trabajo.....	3
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes del problema (marco histórico).....	4
2.2. Bases teóricas.....	9
2.3. Definición de términos.....	19
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>21</b>
3.1. Alternativas de solución.....	21
3.2. Solución del problema.....	22
3.3. Recursos humanos y equipamiento.....	33
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
4.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio.....	38
4.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos.....	38
4.3 Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes.....	42
4.4 Presupuesto y tiempo de ejecución.....	43
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>46</b>
Base de datos de huellas analizadas por el algoritmo.....	46
<b>ANEXO B.....</b>	<b>50</b>
Código fuente.....	50
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
Fuentes Bibliográficas.....	57
Otras Fuentes de Información.....	57

## **INTRODUCCIÓN**

El presente informe está motivado por la importancia que tiene la identificación en las actividades cotidianas. Siendo el uso de la identificación mediante impresiones dactilares un método usado desde la antigüedad que demuestra un alto grado de precisión.

También plantea alternativas de implementación a las tecnologías propietarias, cuya adquisición requiere de costos elevados. Para ello se ha recopilado diversa información disponible respecta al tema.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del Problema.**

La identificación dactilar es un método muy confiable de identificación, pero los sistemas de identificación mediante impresiones dactilares son poco usados en el país debido a su alto costo y la poca difusión de tecnologías biométricas.

Por ello se buscan alternativas de implementación más viables mediante la investigación y desarrollo propio de este tipo de tecnologías.

### **1.2. Objetivos del Trabajo.**

- Proponer un modelo que sirva para el análisis del funcionamiento de un sistema de identificación mediante impresiones dactilares. En este caso el modelo se centra en un algoritmo de detección de minucias de impresiones dactilares.
- Mostrar los resultados de la simulación del comportamiento del modelo.
- Contribuir a la investigación y difusión sobre el uso de tecnologías modernas de identificación en el país.

### **1.3. Evaluación del problema.**

El no uso de tecnologías de identificación en el país conlleva a riesgos:

- Suplantaciones de identidad y obtenciones de dobles identidades con motivos delictivos. Especialmente para obtención de documentos y realización de transacciones financieras indebidas.
- Complejidad en la identificación de personas NN y personas sometidas a investigación policial o judicial, dado que sin el uso de sistemas automáticos estas identificaciones toman tiempos muy extensos.

#### **1.4. Limitaciones del trabajo.**

- Las tecnologías propietarias (comerciales) realizan poca difusión del funcionamiento de sus sistemas por lo cual se ha recurrido al uso de un algoritmo publicado en un artículo científico.
- Este tipo de sistemas de identificación requieren un análisis extenso debido a la complejidad de su funcionamiento, el presente trabajo contempla descripciones básicas de los diversos módulos.
- Las pruebas de los modelos de implementación se realizan sobre una pequeña muestra de impresiones dactilares, dado que para hacer una demostración mas real se tendría que contar con millones de registros, así como también de un alto número de equipos de cómputo.
- Los sistemas de identificación mediante impresiones dactilares son bastante sensibles al ruido en las imágenes. Para obtener buenos resultados se requiere que los dedos a analizar estén en buen estado y que las capturas sean realizadas correctamente.

#### **1.5. Síntesis del Trabajo**

El presente trabajo se ha realizado la recopilación de información sobre la identificación desde sus orígenes hasta los métodos usados en la actualidad. Propone alternativas de implementación para un sistema de identificación mediante impresiones dactilares. Finalmente muestra los resultados de las implementaciones realizadas y las conclusiones a las que se llegaron.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

#### **2.1. Antecedentes del problema (marco histórico)**

##### **Introducción histórica: la Identificación.**

Desde los tiempos más remotos de la historia el hombre ha luchado por establecer un sistema de identificación que permitiera diferenciarlo de sus semejantes. Etimológicamente la palabra identificación deriva del latín ("idem", el mismo, lo mismo, y "ens, entis", ser o ente) significando "el mismo ser" queriendo expresar la idea de ser una persona igual a sí misma y distinta de los demás. La identificación personal se puede definir como el acto por el cual se establece de una manera segura y evidente la personalidad física de un individuo de modo que no pueda ser confundido con otro y se le persona tiene y que ofrecen diferencias esenciales con respecto a de los demás individuos.

**Clases de identificación:** La mayor parte de los autores suele distinguir tres clases de identificación:

- a) **Identificación legal:** la que se aplica de forma obligatoria a todos los individuos, a partir de cierta edad (DNI)
- b) **Identificación judicial o de los delincuentes:** la que se establece para filiar o reconocer al autor o presunto autor de un hecho criminoso.
- c) **identificación médico-legal:** se refiere al proceso identificativo de un cadáver, esqueleto o restos, cuyos datos identificativos se desconocen.

##### **El nombre: un concepto de Identidad**

El nombre es sin duda el elemento más característico de la identidad.

"El nombre de las personas constituye la palabra o vocablo que se da a un individuo con el fin de identificarla y distinguirla de los demás." (Guillermo Cabanellas)

El nombre se puede entender de tres maneras: Como nombre de pila o particular (Héctor, José, Gerardo); como apellido (Torres, Fernández); cual nombre y apellido a la vez (Guillermo Cabanellas).

El nombre entre otras tiene las características siguientes:

1. Obligatorio, en relación a que se tiene y se usa.
2. Inmutable, porque no cambia por efectos de la voluntad privada, a no ser en casos muy especiales que la ley lo permita, como por ejemplo en algunos casos de adopción.
3. Indisponible, no se puede comercializar, ni regalar, ni donar.
4. Imprescriptible, porque no se pierde ni se adquiere con el transcurso del tiempo. Es extrapatrimonial, no susceptible de valoración económica.
5. Es inherente a la persona, pues la persona nace, vive y muere con su propio nombre.
6. Es un derecho absoluto, erga omnes, oponible a todos, imponiendo la obligación a los demás de abstenerse de usar indebidamente el nombre de otra persona. (Federico Puig Peña)

Según la legislación peruana el nombre consta de:

- El nombre de pila o nombre individual
- Apellido paterno, y
- Apellido materno.

### **Otras formas de identificación**

#### **El tatuaje**

Un tatuaje es una modificación del color de la piel, creando un dibujo, figura o texto realizados con tinta o algún otro pigmento bajo la epidermis de un humano o animal.

Los tatuajes fueron una práctica eurasiática en tiempos neolíticos, encontrándose incluso en algunas momias con una antigüedad de hasta 6.000 años.

La palabra tatuaje proviene de la palabra inglesa «tattoo», que a su vez proviene del término samoano «tátau», que significa marcar o golpear dos veces (refiriéndose este último al método tradicional de aplicar los diseños o plantillas). Los marineros que viajaban por el Pacífico encontraron a los samoanos, y quienes quedaron fascinados por sus tatuajes, equivocadamente tradujeron la palabra «tatau» como tatuaje. En japonés la palabra usada para los diseños tradicionales o aquellos diseños que son aplicados

usando métodos tradicionales es «irezumi» (inserción de tinta), mientras que «tattoo» se usa para diseños de origen no japonés.

La utilidad de los tatuajes es diversa: identificación, cosmética, religión y hechicería son los ejemplos más comunes. En ocasiones, se ha hecho uso del tatuaje como sistema para identificar judíos en los campos de concentración durante la Segunda Guerra Mundial.

Algunos animales también son tatuados en ocasiones, normalmente por razones identificativas.

Actualmente, hay tatuajes que desaparecen al poco tiempo de dibujarse y se les llama temporales, otros permanecen durante toda la vida salvo en el caso de que se eliminen con láser. La razón de que estos últimos permanezcan inmutables es que la tinta se asienta en la capa de la dermis, situada bajo la epidermis. La epidermis es la capa externa de la piel que renueva constantemente sus células. Sin embargo, el metabolismo de la dermis no implica este tipo de recambio y, por lo tanto, la tinta no se elimina.



Fig.2.1.- Tatuajes que pueden permitir la identificación de delincuentes. [fuente: 8 y 9 de la bibliografía]

### **Las Mutilaciones.**

Procedimientos crueles: Se utilizaron procedimientos, por ejemplo en Francia se marcó inicialmente con hierro candente el rostro de los reos de ciertos delitos con la flor de lis, haciéndose posteriormente esta señal en la espalda, más tarde los ladrones (voleurs) eran marcados con una V si no eran reincidentes y con las letras GAL (galeras) en caso de serlo. En España también se empleó la marca con hierro candente para señalar a los

esclavos y a determinados delincuentes. En otros países existieron procedimientos más bárbaros como la amputación de órganos del rostro (orejas, etc).

### **La filiación**

La filiación , identificación mediante la descripción de la fisonomía del individuo, fue el primer sistema empleado por la policía, para tratar muy rudimentaria luego los estudios morfo-antropológicos permitieron determinar con mayor precisión los caracteres y formas del cuerpo. Así se crea el retrato hablado por Bertillon, padre de la policía científica.

El sistema antropométrico consiste en la aplicación de la identidad de los delincuentes de algunas de las medidas del cuerpo humano que utilizaban algunos antropólogos para sus investigaciones y la descripción de las observaciones fisonómicas tomadas de los estudios que con fines también antropológicos habían iniciado Della Porta, Cortes, Bell, Darwin, etc.

### **Empleo de dibujos papilares**

La identificación basada en la huella dactilar es uno de los métodos más antiguos de identificación biométrica. Su historia se remonta al año 2200 a.C. El uso de huellas dactilares como código personal tiene una larga tradición y ya era utilizado por los sirios, babilonios, chinos y japoneses. La dactiloscopia (sinónimo de identificación de huellas dactilares no basada en ordenador) se usa en la investigación criminal desde 1897. La huella dactilar consta de crestas papilares (las líneas que cruzan en sentido ascendente la yema de los dedos) y surcos (los espacios entre las crestas). La combinación de crestas y surcos es única en cada individuo.

### **En la actualidad**

Para un sinnúmero de actividades cotidianas es necesario estar identificado, cualidad que normalmente solemos demostrar mediante un documento que acredita dicha identidad, pero que para la expedición de ese documento acreditativo anteriormente se ha registrado junto a los datos de la persona en el expresados, alguna característica consustancial de la persona portadora (Ej.: impresión dactilar en el Documento Nacional de Identidad, fotografía en algún otro tipo de documento, etc.).

En términos generales, los sistemas de identificación de usuario se basan fundamentalmente en tres tipos de elementos:

- Algo que el usuario sabe: una contraseña PIN.
- Algo que el usuario posee: una llave, una tarjeta.
- Algo que el usuario es: una característica corporal del mismo.

Un PIN (Personal Identification Number) o Número de Identificación Personal en castellano, es un valor numérico usado para identificarse y poder tener acceso a ciertos sistemas o artefactos, como un teléfono móvil o un cajero automático.

La contraseña (en inglés password), es una forma de autenticación que utiliza información secreta para controlar el acceso hacia algún recurso. La contraseña normalmente debe mantenerse en secreto ante aquellos a quien no se les permite el acceso. Aquellos que desean acceder a la información se les solicita una clave; si conocen o no conocen la contraseña, se concede o se niega el acceso a la información según sea el caso.

El uso de contraseñas se remonta a la antigüedad. Centinelas que vigilaban alguna locación, requerían el santo y seña al que osara pasar. Solamente le permitían el acceso a aquella persona que conociera la contraseña. En la era moderna, las contraseñas son usadas comúnmente para controlar el acceso a sistemas operativos de computadoras protegidas, teléfonos celulares, decodificadores de TV por cable, cajeros automáticos de efectivo, etc. Un típico ordenador puede hacer uso de contraseñas para diferentes propósitos, incluyendo conexiones a cuentas de usuario, accediendo al correo electrónico (e-mail) de los servidores, acceso a bases de datos, redes, y páginas Web, e incluso para poder leer noticias en los periódicos (diarios) electrónicos.

En la lengua inglesa se tienen dos denominaciones distintivas para las contraseñas que son: password (palabra de acceso) y pass code (código de acceso), donde la primera no implica necesariamente el uso de alguna palabra existente (sin embargo es normal el uso de alguna palabra familiar o de fácil memorización por parte del usuario), la primera suele asociarse también al uso de códigos alfanuméricos (también llamado PIT - Personal Identification Text) mientras que la segunda frecuentemente se liga al uso de algún código numérico (también llamado PIN - Personal Identification Number). Esto también ocurre en el habla española, ya que en ocasiones clave y contraseña se usan indistintamente.

La mayoría de los PIN son 4 dígitos, dando lugar a 10.000 combinaciones, de esta manera un atacante tendría que realizar una media de 5.000 intentos para acertar con el PIN correcto.

### **Biometría..**

La Biometría se define como la identificación automatizada de una persona viva, basada en las características fisiológicas o de comportamiento. Hay muchos tipos de tecnologías biométricas en el mercado que procesan las siguientes variables biométricas:

reconocimiento de rostro, huellas dactilares, geometría manual, sistema venoso de la retina, iris y reconocimiento de firma y voz.

Los métodos de identificación biométrica se prefieren a los métodos clásicos de identificación por varias razones:

- Es necesaria la presencia física del individuo que va a ser identificado.
- Con la identificación basada en técnicas biométricas no es necesario recordar una contraseña o llevar una tarjeta de identificación.

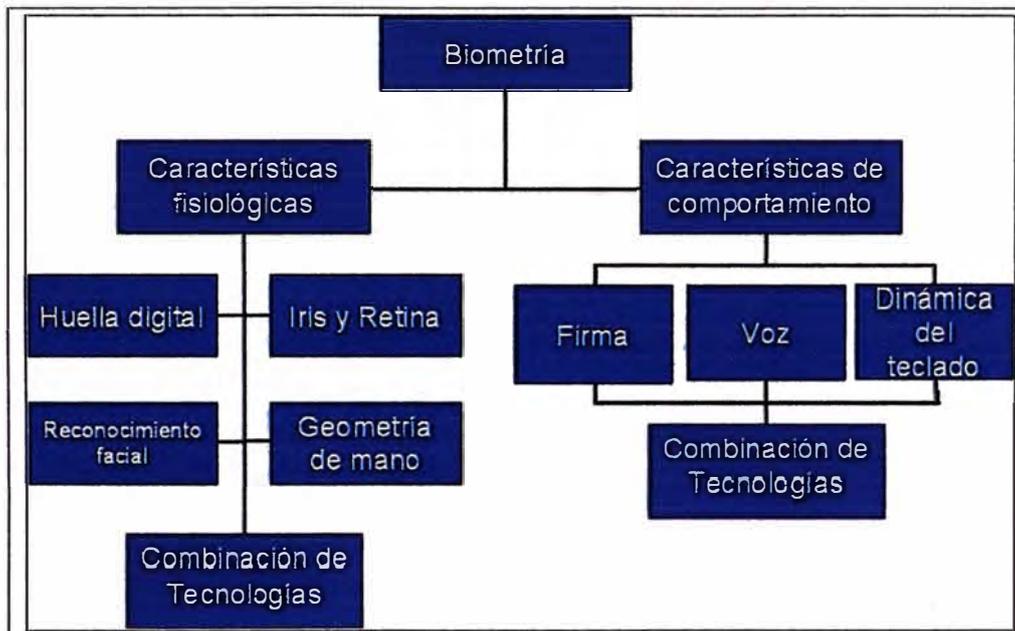


Fig.2.2.- En este trabajo nos centraremos en la identificación por impresiones dactilares.  
[fuente: 14 de la bibliografía]

## 2.2. Bases teóricas.

### Papiloscopia

Se define como disciplina técnico- científica parte esencial de la criminalística que estudia íntegramente la conformación y diseño de las crestas papilares humanas, citas en los dígitos y palmas de las manos y plantas de los pies con el fin de establecer categórica e indubitablemente la identidad física de las personas.

Desde el punto de vista técnico la papiloscopia comprende tres ramas principales que son:

a) Dactiloscopia: Comprende el estudio de las crestas papilares de la tercera falange de los dedos de las manos con fines de identidad personal.



Fig.2.3.- Impresiones dactilares. [fuente: 19 de la bibliografía]

b) Palametrosopia (Quiroscofia): Comprende el estudio de las crestas papilares y surcos interpapilares situadas en la epidermis de la cara interna de las manos.

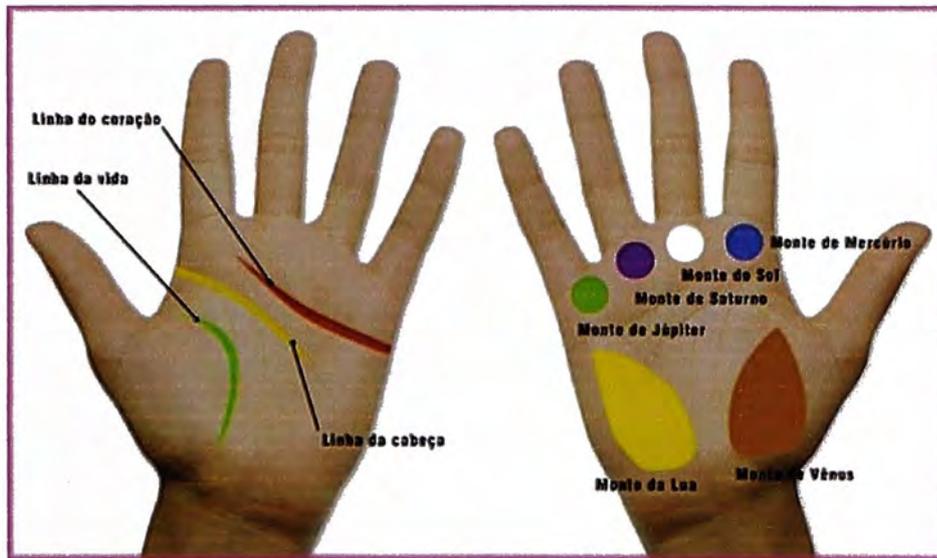


Fig.2.4.- Palmetoscopia. [fuente: 20 de la bibliografía]

c) Pelmatoscopia: Comprende el estudio de las crestas papilares situadas en las plantas de los pies con fines de identidad personal.



Fig.2.5.- Pelmatoscopia. [fuente: 22 de la bibliografía]

#### **Anatomía de los dibujos papilares.**

Los dibujos papilares están conformados por relieves y hundimientos, estos relieves son conformados por un cúmulo de papilas, las cuales conforman en un número aproximado de 35 por mm. cuadrado de piel, los relieves son conocidos como crestas papilares, y los hundimientos como surcos, en las crestas se encuentran los poros por donde se expele sudor. Ésta es la composición estructural de un dermatoglifo hoy conocido como dactilograma, palabra que se deriva de dáctilos = dedo y grafos = grafica o trazo.

La piel humana está compuesta de dos capas; la epidermis y la dermis. La capa superficial es la córnea (1), formada en su mayoría por células muertas, le siguen los

estratos vivos: granular y espinoso (2), capa Malpighiano (3). También son estructuras epidérmicas las glándulas sudoríparas (8) y su conducto excretor (9), así como los folículos capilares (5) con su músculo erector del pelo (6) y una glándula sebácea (7). La dermis es irrigada por arterias (10), venas (11), y vasos linfáticos (12), posee receptores sensoriales como son los corpúsculos de Pacini (4). Debajo de la piel está el tejido adiposo subcutáneo (13), el sarcoma tendinoso (14) y el músculo (15).



Fig.2.6.- Anatomía de la piel. [fuente: 23 de la bibliografía]

**Principios Científicos que fundamentan la Papioscopia:**

- **Perennidad:**  
Significa que los dibujos dactilares acompañan al ser humano durante toda su existencia, formándose a partir del tercer mes de vida intrauterina, completándose aproximadamente al sexto mes de gestación, perdurando hasta que sobrevienen los fenómenos de putrefacción cadavérica.
- **Inmutabilidad:**

Los dibujos dactilares permanecen invariables e iguales a si mismos durante toda la vida del ser humano, ya que una vez formadas la papilas dérmicas se conservan idénticos y no es posible transformarlos en otros variando la disposición de sus líneas. Sin embargo, estos dibujos pueden sufrir alteraciones parciales o totales, de carácter permanente o transitorio.

- **Variedad:**

Dado la gran cantidad de puntos característicos que existen en una impresión dactilar y las múltiples combinaciones que pueden existir de dichos puntos, en cuanto a ubicación, forma, tamaño, dirección, etc., dentro del dactilograma, es imposible que se pueda repetir un mismo dibujo dactilar, no sólo entre individuos distintos, si no que entre los dedos de un mismo sujeto.

### **Dactiloscopia**

Es el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen como propósito el estudio y clasificación de las huellas digitales. Procede del griego Daktilos (dedos) y Skopien (observar). Mediante esta ciencia podemos determinar la identidad de un individuo con una certeza absoluta. Se llama dactilograma a la impresión de una huella dactilar impregnada en tinta y posada en papel.

En las huellas dactilares se distinguen tres características:

**Sistema basilar.** Constituido por las crestas de la base del dedo, las cuales van elevándose hasta el tramo superior, donde se encuentran obstaculizadas por una cresta que recibe el nombre de limitante basilar.

**Sistema marginal.** Lo integran las crestas de la parte alta del dactilograma. Comienzan por un lado del dedo paralelamente a las crestas basilares, se apartan de estas, suben hacia el extremo libre de la pulpa y describen curvas acentuadas con concavidad de cara a la raíz del dedo, y descienden por el lado opuesto al de su inicio. La cresta inferior de este sistema se denomina limitante marginal.

**Sistema nuclear.** Ocupa la parte central y mas saliente de la pulpa, circunscrita por los trazos limitantes de los otros sistemas. La cresta interna más próxima a las de los otros sistemas se denomina limitante nuclear.

### **Puntos Característicos o minucias.**

Estos son pequeños detalles ó particularidades que presentan las líneas papilares en su recorrido, los cuales han sido previamente prefijados y que permiten al investigador basar su conclusión afirmativa (positiva ó negativa, ya que no siempre el resultado es el de identificación), de identidad Papiloscópica.



La identificación es el procedimiento de reconocimiento de la identidad de una persona dentro de una base de datos (universo de personas).

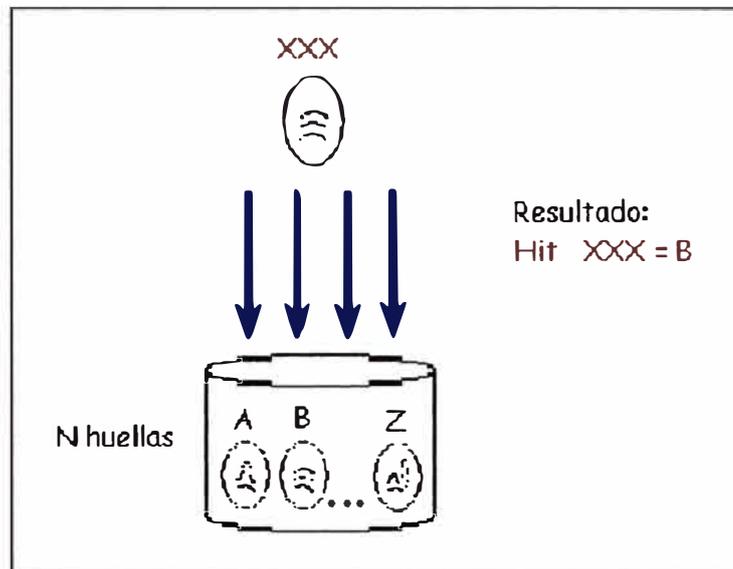


Fig.2.8.- Proceso de identificación. [fuente: autor del informe]

- Autenticar: Búsqueda 1:1

La autenticación es el procedimiento de comprobación de la identidad de un ciudadano.

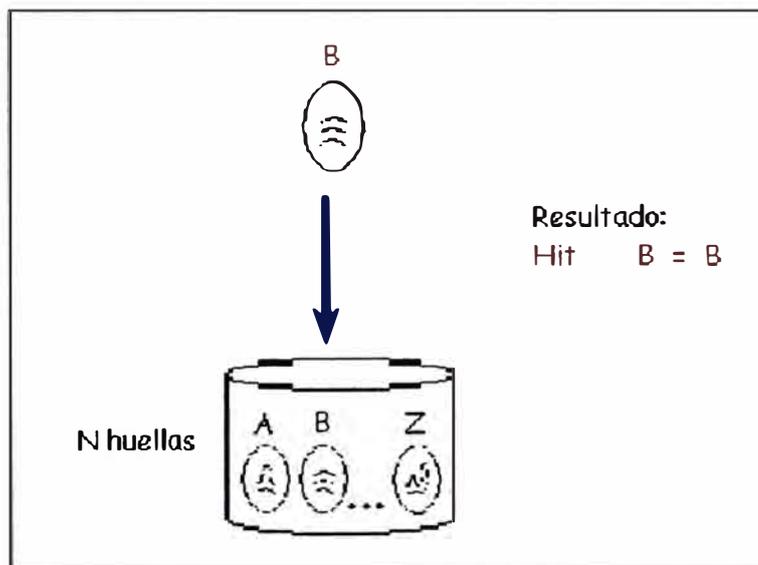


Fig.2.9.- Proceso de autenticación. [fuente: autor del informe]

### **AFIS criminal**

El objetivo de un sistema AFIS Criminal es la lucha contra el crimen. Se utiliza el AFIS para buscar rastros (una huella "latente" encontrada en la escena de un crimen), contra una base de datos AFIS con el objeto de identificar a la persona poseedora de dicha huella o comprobar que el dueño de la latente no se encontraba en otra escena de un crimen donde dejó sus huellas.

Los requisitos funcionales básicos de un AFIS Criminal son:

- Guardar en formato informático las fichas decadactilares lo que permite no usar mas el voluminoso archivo papel (base TP, o base decadactilar).
- Adquisición de nuevas fichas sin duplicación de la información y permitiendo la identificación para tener una base de datos optimizada y limpia (búsqueda TP/TP, o búsqueda Decadactilar contra Decadactilar).
- Guardar en formato informático las latentes de casos no resueltos (base UL, o base de Latentes No Resueltas).
- Al adquirir una ficha decadactilar, buscar si esta persona cometió un crimen sin resolver (búsqueda TP/UL, o búsqueda Decadactilar adquirida contra la base de Latentes No Resueltas).
- Al adquirir una nueva latente, buscar si esta latente pertenece a una persona ya conocida, o si esta latente es una huella de otro caso (búsqueda LT/TP, o búsqueda Latente adquirida contra la base Decadactilar; y búsqueda LT/UL, o búsqueda Latente adquirida contra la base de Latentes No Resueltas).

### **AFIS Civil**

Un AFIS Civil se diferencia de un AFIS Criminal en los siguientes puntos

- Generalmente no se usan los 10 dedos sino 2 o 4 (generalmente se utilizan 2 dedos índices);
- Las huellas son generalmente planas y no rodadas;
- Normalmente, no se realizan búsquedas de tipo Latente;
- Generalmente solo se realizan búsquedas TP/TP (utilizando 2 dedos índices, también llamada búsqueda 1/N), y verificaciones 1:1 (utilizando 1 o 2 dedos índices) u on-line (usando la base de datos centralizada de minucias);
- El resultado de la búsqueda 1:N es un listado de candidatos, del mismo tipo que el generado en una búsqueda TP/TP criminal;
- El resultado de la verificación de identidad (verificación 1:1) es un SI o un NO (misma persona o no). La verificación 1:1 puede ser realizada off line, utilizando las minucias registradas en el documento (por ejemplo, en la memoria local de

una tarjeta inteligente o en un código de barras bidimensional). En este caso, el acceso a la base de datos central AFIS no es necesario.

El AFIS Civil es una poderosa herramienta para luchar contra el fraude de identidad. Permite atribuir a UN ciudadano, UN documento (de identidad, de conducir, de tenencia...), UN derecho (de voto, de seguro social...).

### **Estructura de un AFIS**

El AFIS esta compuesto de los siguientes bloques:

**Captura (“Image Acquisition”):** Proceso de adquisición de la imagen de una impresión o huella dactilar para su introducción en un sistema de procesamiento de la imagen.

**Procesado de Imagen (“Image Processing”):** Tareas tendentes a mejorar la calidad de la imagen capturada de la impresión objeto de estudio. Entre las principales técnicas podemos citar la eliminación de ruido, mejora del contraste, realce de bordes, ... etc.

**Extracción de características (“Feature Extraction”):** Adquisición, a partir de la imagen trazada, de características intrínsecas a la impresión dactilar. Éstas no deben depender de la forma de adquisición de la imagen, ni de los valores de la imagen original, sino que provienen del estudio de la topología de la imagen. Para la extracción de características hay que definir previamente un “modelo de impresión dactilar”. Éste estará formado por un modelo de representación de las características y por un sistema de referencia que permita especificar las ubicaciones relativas de las mismas.

**Comparación o búsqueda (“Matching”):** Esta etapa determinará si la impresión dactilar pertenece a la misma persona de la impresión de referencia. El modelo original se compara con el de referencia, estableciéndose, a partir de la medida de distancia previamente definida, un valor de identidad. En caso de identificación se obtiene un conjunto pequeño de candidatos (usualmente menos de 20) sobre los que un operador realiza una comprobación uno a uno de forma manual.

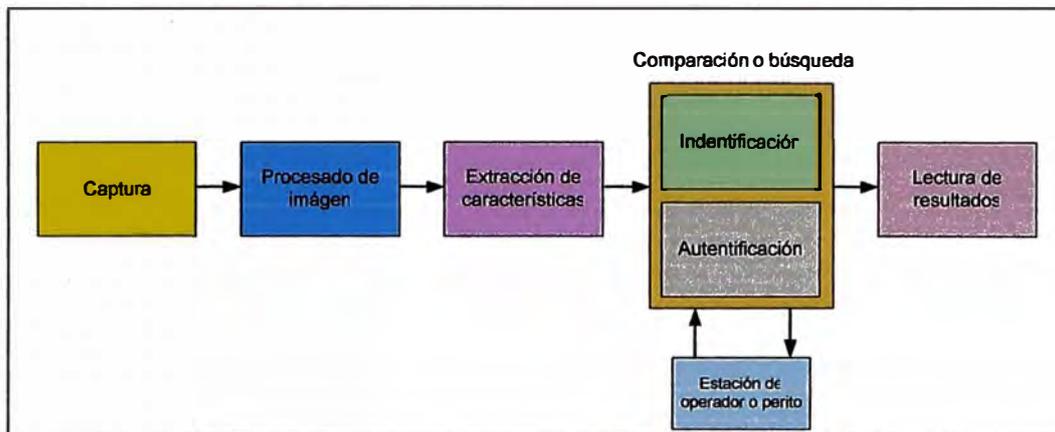


Fig.2.10.- Bloques del AFIS. [fuente: autor del informe]

En la etapa de extracción de extracción de características el sistema mide las características biométricas del usuario ("image acquisition"). A partir de esta medida se extrae un código o template que se asocia a la identidad del usuario ("feature extraction"). El tamaño de dicho código no suele ser mayor de 1 kbyte de memoria, y se almacena ("storage") en una base de datos como código identificador o ID.

A partir de este instante el usuario queda dado de alta en el sistema. Durante la fase de reconocimiento ("recognition"), el sistema vuelve a medir ("sample") las características biométricas del usuario, y se repite el proceso de extracción del código de identidad. Dicho código es comparado ("matching") con el código de identidad o "template" previamente almacenado en la fase de registro para una autentificación o con todos los registros de la base de datos para una identificación de la identidad del usuario, en función del grado de similitud entre las muestras.

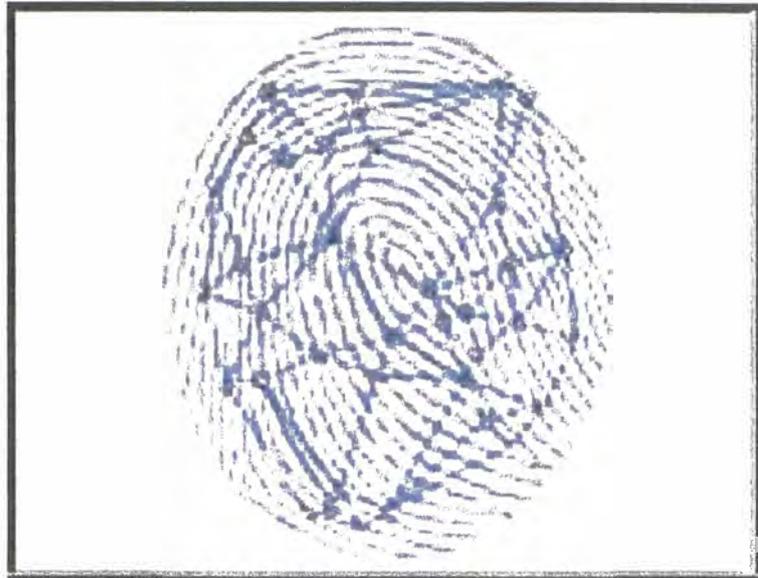


Fig.2.11.- Template de una impresión dactilar. [fuente: 22 de la bibliografía]

### **2.3. Definición de términos.**

#### **AFIS**

Por la siglas en ingles: Automated Fingerprint Identification System.

#### **Cluster**

El término cluster se aplica a los conjuntos o conglomerados de computadoras construidos mediante la utilización de componentes de hardware comunes y que se comportan como si fuesen una única computadora.

#### **Diagrama de Gantt**

El diagrama de Gantt o carta Gantt es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, la posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e interdependencias.

#### **Identificación**

De conformidad con el Diccionario de la Real Académica de la Lengua Española, es la "acción de identificar".

Específicamente, la Identificación Personal es el procedimiento técnico-científico mediante el cual se determina indubitablemente la personalidad de un individuo.

**Identificar**

De conformidad con el Diccionario de la Real Académica de la Lengua Española, significa "Reconocer si una persona o cosa es la misma que se supone o se busca".

**Identidad**

De conformidad con el Diccionario de la Real Académica de la Lengua Española, deriva del latín "Identitas" y su significado es "Calidad de idéntico", "Hecho de ser una persona o cosa, la misma que se supone o se busca".

Edmond Locard define: "Identidad Personal es el conjunto de caracteres por los cuales el individuo define su personalidad y se distingue de sus semejantes".

Por consiguiente, es la suma de características o condiciones que distinguen a una persona de las demás, o a una cosa de otras de la misma naturaleza.

**SAID**

Sistema Automático de Identificación Dactilar

**Erga omnes**

Es una locución latina, que significa "respecto de todos" o "frente a todos", utilizada en derecho para referirse a la aplicabilidad de una norma, un acto o un contrato.

**Decadactilar**

Relativo a diez dedos, normalmente de la manos.

**Bidactilar**

Relativo a dos dedos, normalmente los dedos índices de las manos.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Alternativas de solución**

En los capítulos anteriores se ha analizado la importancia de contar con un AFIS tanto civil como criminal para la identificación de personas.

Desde el punto de vista de la adquisición e implementación se tienen las siguientes alternativas:

- Uso de tecnología propietaria de terceros, lo cual implica un costo por la compra licencias de software , además de compra de equipos.
- Uso de tecnología propia o libre, lo cual implica un costo en el desarrollo e investigación, además de compra de equipos.
- Uso parcial de tecnología de terceros y propia. Siendo algunos módulos adquiridos a un proveedor y otros desarrollados por la propia institución. Lo cual reduciría los costos de adquisición, de desarrollo e investigación. En este caso se debe considerar también el costo por adquisición de equipos.

Según se ha indicado la disminución en la implementación implica el desarrollo propio por lo menos de algunos módulos de AFIS. En ese sentido, a continuación se presenta:

- Un algoritmo de extracción de minucias de impresiones dactilares.

### 3.2. Solución del problema.

#### Algoritmo de extracción de minucias.

A continuación se explica el algoritmo de extracción de minucias a partir de imágenes en escala de gris DIGIMID ( Direct-Grey Image Minutiae Detection) según el análisis del autor Marcos J. Lorda, el cual esta basado en el algoritmo propuesto por el Dr. Dario Maio y el Dr. Davide Maltoni en su publicación en el IEEE "Direct Gray-Sacle Minutiae Detection In Fingerprints".

Las razones que nos llevan a elegir este método en lugar de los método clásico de extracción con binarización y adelgazamiento:

- En el proceso de binarización de la imagen puede perderse mucha información.
- Las fases de binarización y adelgazamiento consumen mucho tiempo.

La binarización Consiste en transformar la imagen en escala de grises resaltada a una imagen binarizada, donde las zonas negras de la imagen resaltada obtienen valor 1 y las zonas blancas 0.

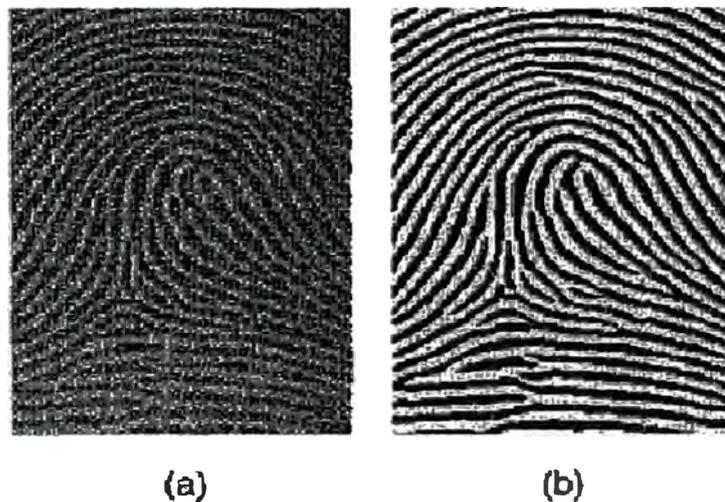


Fig.3.1.- Imagen original y binarizada. [fuente: 3 de la bibliografía]

Normalmente las crestas de la imagen binarizada tienen una anchura de píxeles variables, para facilitar la extracción de minucias en el proceso de adelgazamiento se transforman todas a la anchura de un píxel. En el proceso de podado se eliminan crestas espúreas introducidas incorrectamente en la operación de adelgazamiento.



(a) Imagen binarizada y segmentada

(b) Adelgazamiento

Figura 3.2.- Adelgazamiento podado. [fuente: 2 de la bibliografía]

El algoritmo que se usara para este análisis se basa en lo siguiente:

- Seguimiento directo de las crestas.
- La imagen se entiende con una cuadrícula de píxel  $A \times B$  ( $A$ =largo, $B$ =ancho), donde cada casilla contiene el valor de gris.
- Los valores cercanos a 0 identifican un valle y los valores cercanos a 1 una cresta..

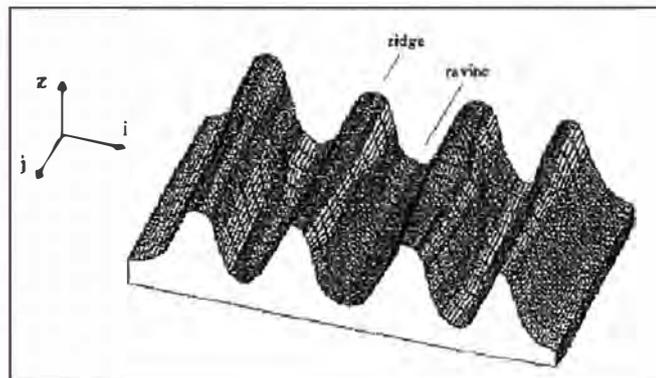


Figura 3.3.- Corte transversal de una huella dactilar. [fuente: 3 de la bibliografía]

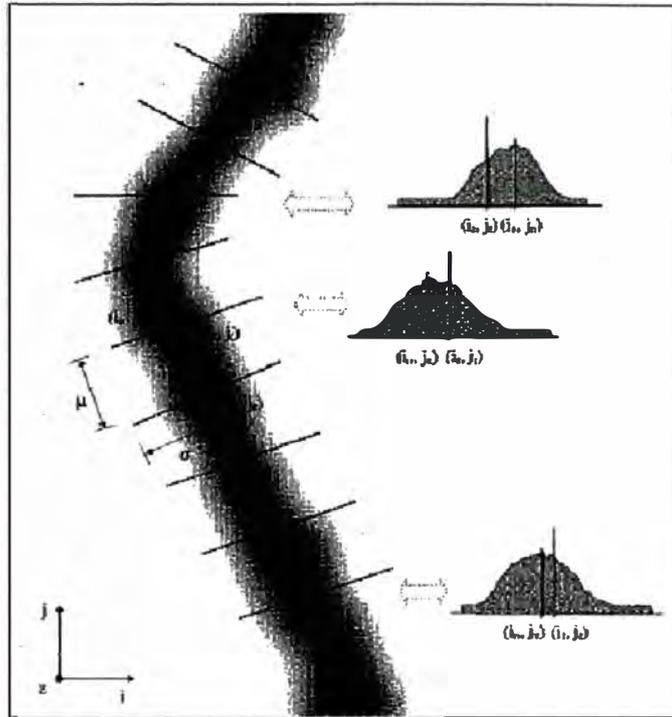


Figura 3.4.- Seguimiento de crestas. [fuente: 3 de la bibliografía]

### Seguimiento de las Crestas.

Se basa en lo siguiente:

- Se define una cresta es la unión de máximos locales a lo largo de una dirección.
- El algoritmo busca en cada paso encontrar el máximo local a través de una sección ortogonal a la dirección de la misma.
- Conectando los máximos obtenidos se consigue una aproximación poligonal de la cresta a ser estudiada.

Una vez capturada la imagen de la huella dactilar en la escala de gris se definen:

$\sigma$  : distancia en píxeles entre el centro de dos crestas consecutivas.

$\epsilon$  : anchura de la cresta en píxeles.

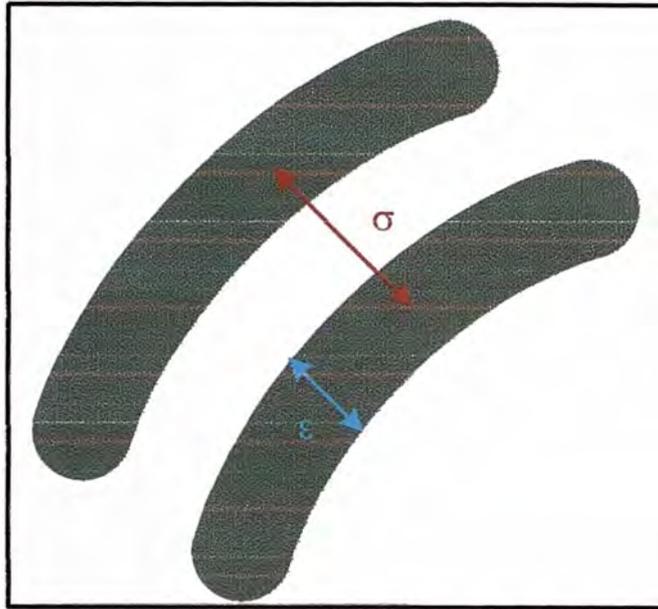


Figura 3.5.- Parámetros  $\sigma$  y  $\epsilon$ . [fuente: autor del informe]

**Descripción del algoritmo:**

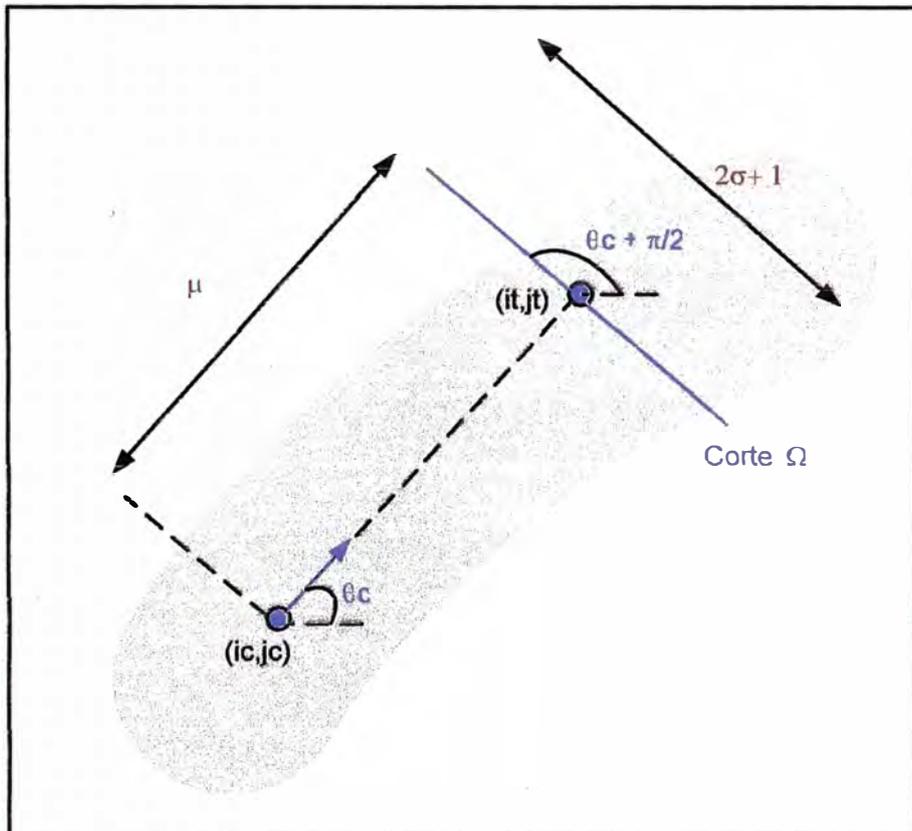


Figura 3.6.- Seguimiento de crestas. [fuente: autor del informe]

- Punto de inicio del algoritmo: punto  $(ic,jc)$  que pertenece a una cresta con una ángulo  $\varphi_c$ .
- Encontrar nuevo punto: desplazamiento de  $\mu$  píxeles en dirección  $\varphi_c$  encontrando el punto  $(it,jt)$ .
- Centrado: Se realiza un corte de dirección  $\varphi_c + \pi/2$  centrado en el punto  $(it,jt)$  de longitud  $2\sigma + 1$ , obteniendo una sección  $\Omega$  de longitud  $2\sigma + 1$  que contiene el nivel de gris para cada punto de la misma.

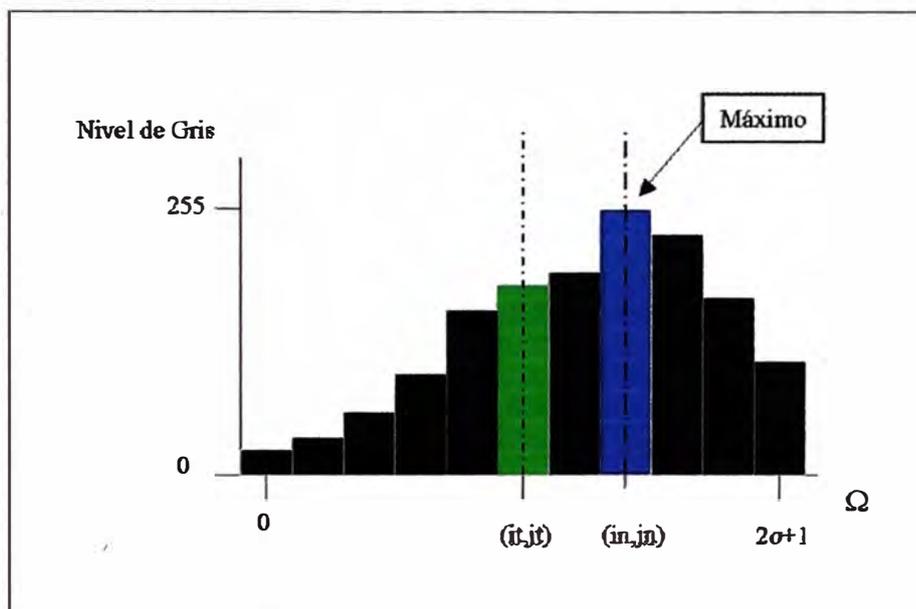


Figura 3.7.- Sección cortada. [fuente: 2 de la bibliografía]

En la sección  $\Omega$  se busca el punto máximo, este nuevo punto  $(in,jn)$  será el nuevo punto a desplazarnos para continuar con el seguimiento.

- Revisar criterios de parada:  
Una vez encontrado el punto  $(in,jn)$ , el algoritmo mira que este punto cumpla con los criterios de parada. Si el resultado de evaluar los criterios de parada dan positivo, es decir que el punto no pertenezca a la cresta se termina el proceso. En cambio, si el resultado es falso, es decir se trata de un punto de la cresta, el algoritmo calcula la dirección de este nuevo punto  $(in,jn)$ , y este punto y ángulo calculado se convierten en el punto  $(ic,jc)$  y la dirección o ángulo  $\varphi_c$  volviendo a empezar todo el proceso explicado para calcular un nuevo punto de la cresta.

```

ridge line following( $i_s, j_s, \varphi_0$ )
( end := false ;
  ( $i_c, j_c$ ) := ( $i_s, j_s$ );
   $\varphi_c := \varphi_0$ ;
  while ( $\neg$  end)
    ( $i_c, j_c$ ) := ( $i_c, j_c$ ) +  $\mu$  pixel
    along direction  $\varphi_c$  ;
     $\Omega :=$  section set centered in
      ( $i_c, j_c$ ) with direction  $\varphi_c + \pi/2$ 
      and length  $2G+1$ ;
    ( $i_n, j_n$ ) := local maximum over  $\Omega$  ;
    store ( $i_n, j_n$ ) ;
    end := check stop criteria on
      ( $i_c, j_c$ ), ( $i_c, j_c$ ), ( $i_n, j_n$ ) ;
    ( $i_c, j_c$ ) := ( $i_n, j_n$ ) ;
     $\varphi_c :=$  tangent direction in ( $i_c, j_c$ )
  ;
)

```

Figura 3.8.- pseudo-código de seguimiento de minucias. [fuente: 3 de la bibliografía]

A continuación se describen la partes mas importantes del método:

- Cálculo del máximo local (local maximum over  $\Omega$ )
- Verificación de criterios de parada (check stop criteria)
- Cálculo de la dirección del nuevo punto (tangent direction)

### Cálculo del Máximo.

Para imágenes de alta calidad bastaría con comparar los niveles de gris de todos los puntos pertenecientes a  $\Omega$  y quedarnos con el punto que tenga el nivel más alto.

Para imágenes con ruido se pueden producir desviaciones en el nivel de gris de las crestas,; el nuevo punto ( $i_n, j_n$ ) será el máximo local de la sección  $\Omega$  más próximo al punto central de la misma que era el punto ( $i_t, j_t$ ).

Para intentar evitar los efectos que puedan producir la presencia de ruido en la imagen, el Dr. Dario Maio propone realizar un filtrado en dos pasos:

- El Primer paso es calcular la media de los niveles de gris en  $\Omega$  para cada punto con dos secciones del mismo tamaño paralelas distanciadas un píxel de  $\Omega$ .

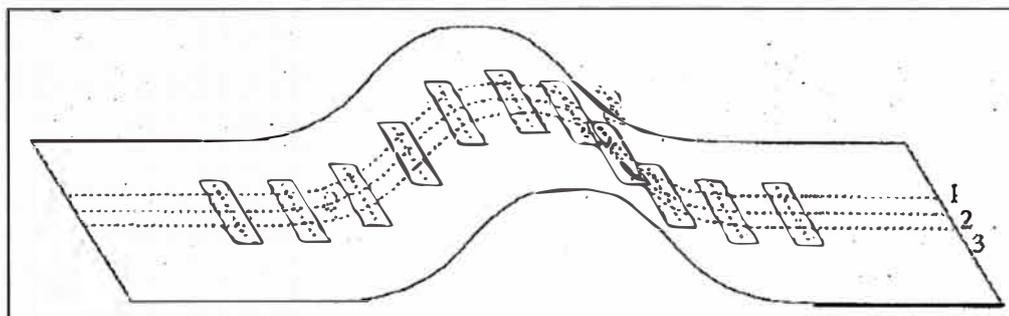


Figura 3.9.-Media de niveles de grises. [fuente: 3 de la bibliografía]

- El segundo paso consiste en realizar una convolución con una máscara gaussiana.

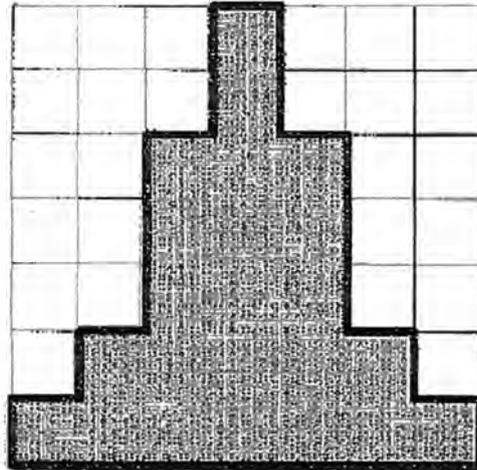


Figura 3.10.-Máscara gaussiana. [fuente: 3 de la bibliografía]

Una vez realizados los dos pasos anteriores, se obtiene una  $\Omega$  donde realizar la búsqueda de un máximo débil tal como se ha mencionado anteriormente.

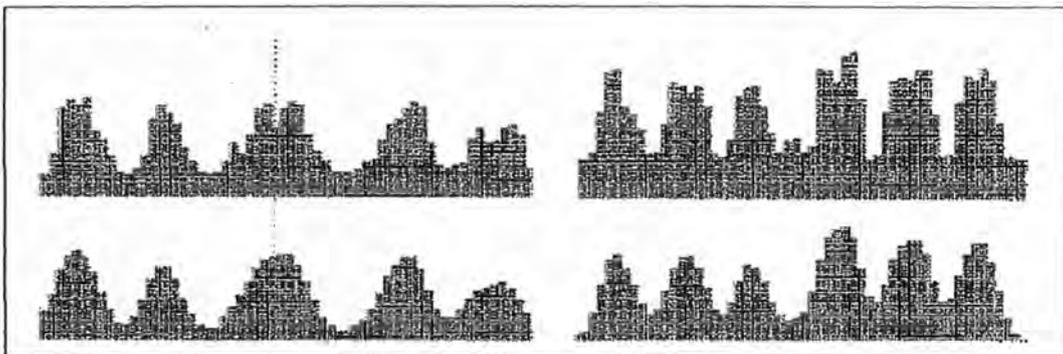


Figura 3.11.-Sección original y sección luego del filtraje. [fuente: 3 de la bibliografía]

### Cálculo Dirección.

El Dr. Dario Maio utiliza en su algoritmo un método propuesto por el Dr. Donahue y el Dr. Ronkhlin, que consiste en calcular la dirección calculando el gradiente en una ventana de 2x2 de los píxeles vecinos, una vez realizado este cálculo se realiza el promedio sobre una ventana local por el método de mínimos cuadrados.

El algoritmo a implementar para el cálculo de la dirección sería:

```

angulo = 0;
A=0; B=0; C=0;
for h=1:n
    for k=1:n
        posx= b+h;
        posy= c+k;
        a2=l11(posx+1,posy+1);
        a3=l11(posx+1,posy-1);
        a4=l11(posx-1,posy-1);
        a1=l11(posx-1,posy+1);
        ahk=(a2-a1+a3-a4)/4;
        bhk=(a3+a4-a1-a2)/4;
        A=A+(ahk)^2;
        B=B+(bhk)^2;
        C=C+(ahk*bhk);
    end
end
if C==0
    if A<=B
        t=[1,0];
    else
        t=[0,1];
    end
else
    aux=(B-A)/(2*C);
    t=[1,(aux -(sign(C)*sqrt((aux^2)+1)))]);
end
angulo=arcotangente(t[1],t[0]);

```

Figura 3.12.-Algoritmo para calculo de dirección. [fuente: 2 de la bibliografía]

### Criterios de Parada.

Los criterios de parada del algoritmo propuesto por el Dr.Dario Maio para realizar el seguimiento de las crestas son cuatro:

1. **Fuera del Área de Interés:** normalmente, no se realiza un seguimiento de toda la imagen capturada, sino que se realiza un seguimiento en una sub-imagen  $W$ . Esto se realiza para que el algoritmo evite calcular el borde de la imagen capturada ya que son las zonas hay más ruido y donde hay menos información a extraer o menos minucias.
2. **Terminación:** El algoritmo debe detener el seguimiento de la cresta si hemos llegado al final de la misma. La forma de conocer si existe una terminación es si la diferencia entre el ángulo  $\varphi_c$  y el ángulo que forma el segmento tomando como extremos los puntos  $(i_c, j_c)$  y  $(i_n, j_n)$  es mayor a un ángulo determinado  $\beta$ .
3. **Intersección:** la intersección es cuando el punto  $(i_n, j_n)$  ya ha sido mirado con anterioridad.

4. **“Excessive Bending”**: la diferencia entre el ángulo que forma el segmento  $(ic,jc)(in,jn)$  y el ángulo medio de la cresta es superior a un ángulo  $\Psi$ . Este criterio hace parar al algoritmo cuando hay un cambio repentino de dirección de la cresta, ya que podría estar producido por la presencia de ruido y continuar con el seguimiento podría provocar que el algoritmo se quedará colgado en esa zona. El ángulo medio de la cresta se calcula realizando la media de los últimos  $K$  ángulos formados por los segmentos  $(ic,jc)(in,jn)$  calculados.

#### **Detección de Minucias.**

Minucias que nos interesan:

- El criterio de parada de terminación de cresta identifica una minucia de tipo terminación.
- El criterio de parada “excessive bending” identifica una minucia de tipo bifurcación.

Así que guardando la posición  $(i, j)$  y el ángulo que forman las minucias podríamos tener identificadas todas las minucias de la imagen tratada.

- Se usa una matriz  $T$  del mismo tamaño de la imagen inicializada en 0 en todos los campos y cambia el valor a 1 por cada punto estudiado. (En el anexo II se puede apreciar código desarrollado en JAVA para la conversión de imágenes a matrices de este tipo)
- Si el valor de un punto  $(i, j)$  es 1 es una zona ya estudiada y podríamos empezar en otro punto o marcarla como bifurcación si lo que estábamos haciendo era seguir una cresta.

El algoritmo en pseudo-código propuesto por el Dr.Dario Maio es:

```

find minutia (  $i_s, j_s$  )
{ esc := false ;
  ( $i_c, j_c$ ) := nearest ridge line maximum
    ( $i_s, j_s$ ) ;
  if (( $i_c, j_c$ )  $\in$  discovered ridge lines
    (T)) then esc := true ;
  if ( $\neg$  esc )
    { $\varphi_c$  := tangent direction in ( $i_c, j_c$ )
      ridge line following ( $i_c, j_c, \varphi_c$ )
      if (termination  $\vee$  excessive
        bending) then
        { // termination minutia has
          been found
          store termination minutia ; }
      if (intersection) then
        { // bifurcation minutia may
          exist
          if (intersection point is
            valid) then
            store bifurcation minutia
          else delete false termination
            minutia ;
          }
      store polygonal ( T );
      // Perform similar operations in
        direction  $\varphi_c + \pi$  ;
      ridge line following ( $i_c, j_c, \varphi_c + \pi$ )
    }
  ;
}

```

Figura 3.13.-El algoritmo para detección de minucias. [fuente: 3 de la bibliografía]

Descripción del algoritmo:

- Calcular la dirección tangencial  $\varphi_s$  en el punto inicial ( $i_s, j_s$ ).
- Calcular el ángulo se calcula la sección  $\Omega$  en el punto.
- Cálculo del máximo débil ( $i_c, j_c$ ) que estará dentro de la cresta.

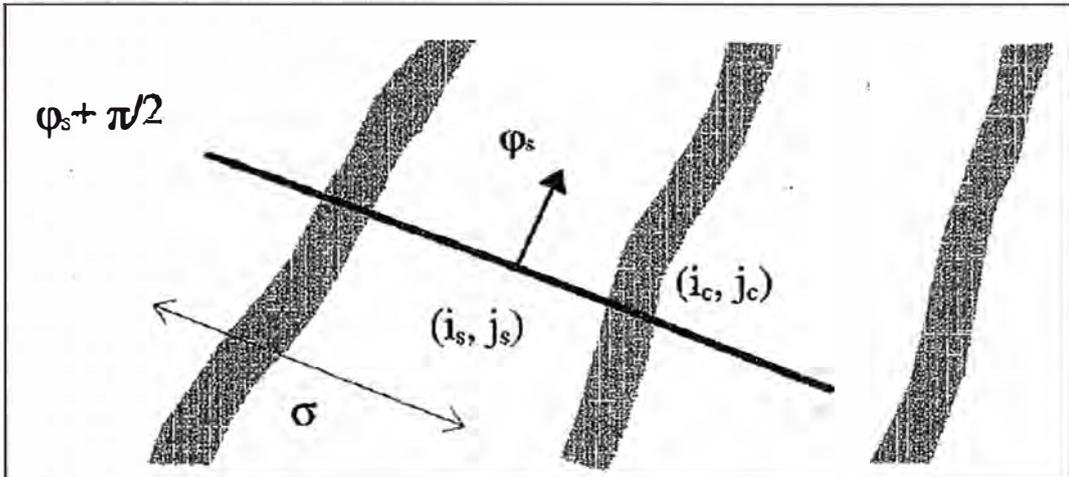


Figura 3.14.-Cálculo de  $(i_c, j_c)$ . [fuente: 3 de la bibliografía]

- Verificar si  $(i_c, j_c)$  ya fue analizado en la matriz T. Si el punto no ha sido estudiado realizar el seguimiento de cresta. Durante este seguimiento se encontrarán minucias.
- Verificación de falsas minucias provocada si el algoritmo se hubiera perdido en el seguimiento de la cresta marcando un terminación y al realizar el seguimiento desde otro punto nos encontraríamos con ella identificándola como bifurcación. Este tipo de error o minucia falsa puede ser fácilmente subsanado si antes de guardar la minucia se realiza un pequeño filtraje que consistiría en eliminar las minucia encontrada de tipos bifurcación y la minucia próxima a una distancia inferior o igual a 4 píxels de tipos terminación y actualizar la T desde las coordenadas de la terminación hasta las de la terminación, para indicar que esa zona ha sido estudiada.

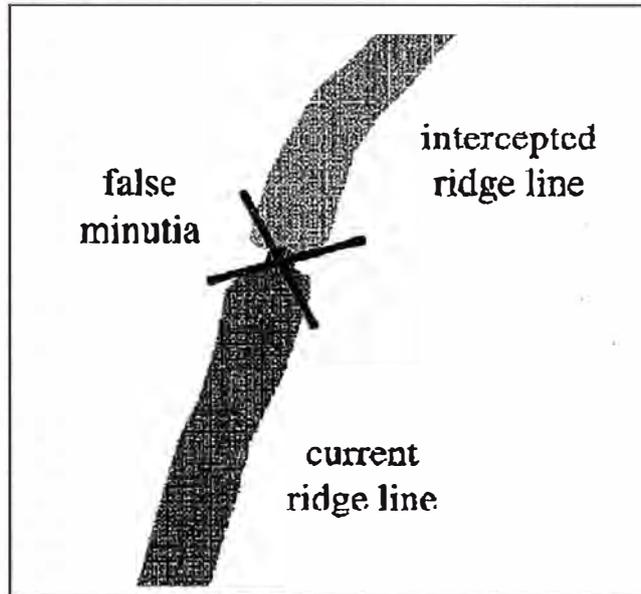


Figura 3.15.-Falsa minucia. [fuente: 3 de la bibliografía]

Una vez el algoritmo ha realizado el seguimiento de toda la imagen, el Dr. Dario Maio propone un filtraje a la lista de minucias encontradas, ya que ha podido encontrar minucias falsas provocadas por la calidad y la morfología de la huella estudiada.

El filtraje propuesto en el Algoritmo de Maio consiste en:

No puede haber más de un par de minucias separadas por menos de 6 píxeles de distancia.

No puede haber más de una minucia a menos de 6 píxeles de distancia.

El Dr. Dario Maio indica en su publicación que los valores de las constantes citas en este apartado después de realizar las pruebas pertinentes son:

$$\mu = 3, \sigma = 7, \beta = \Psi = 30^\circ, \varepsilon = 3, \nu = 2.$$

### 3.3. Recursos humanos y equipamiento.

Se considera un AFIS civil para 16'000,000 de registros.

#### Recursos humanos:

- Durante la implementación del AFIS se requerirá como mínimo la participación del siguiente personal:

Tabla N° 3.1.- Recursos humanos. [fuente: autor del informe]

Cantidad	Cargo	Perfil
01	Jefe de proyecto.	Ingeniero con experiencia en gestión de proyectos.
08	Desarrolladores	Analistas programadores.
01	Administrador del sistema	Ingeniero informático o electrónico con experiencia en soporte técnico.

**Equipamiento:**

Para la implementación del AFIS se requerirá como mínimo el siguiente equipamiento:

- Módulo de captura.

Tabla N° 3.2.- Equipo de captura. [fuente: autor del informe]

Cantidad	Equipo	Características
05	Equipo de captura en vivo.	<p>Bidactilar (para el caso de un AFIS policial debe ser decadactilar).</p> <p>Resolución óptica 256x256 píxeles</p> <p>Código de huella dactilar menor a 1 Kbyte</p> <p>Certificado por el FBI.</p> <p>Software para desarrollo.</p>

- Cluster de servidores para el módulo de procesamiento de imágenes y extracción de minucias.

Tabla N° 3.3.- Equipos procesamiento de imágenes y extracción de minucias. [fuente: autor del informe]

Cantidad	Equipo	Características
05	Servidor para autenticación.	<p>Procesador: 2 x 64-bit 3.0 GHz</p> <p>Memoria RAM: 2GB.</p> <p>Tarjeta Ethernet 10/100/1000</p> <p>Puertos Gigabit Fibre Channel.</p> <p>Disco duro de 80 GB.</p>

- Cluster de servidores para Identificación y autenticación.

Base datos:

Tabla N° 3.4.- Servidores para Identificación y autenticación (base de datos). [fuente: autor del informe]

Cantidad	Equipo	Características
02	Almacenamiento de minucias.	<p>Procesador: 2 x 64-bit 1.50 GHz</p> <p>Memoria RAM: 2GB.</p> <p>Tarjeta Ethernet 10/100/1000 Mbps</p> <p>Puertos Gigabit Fibre Channel.</p>

		Disco duro de 160 GB.
01	Almacenamiento de imágenes.	<p>Procesador: 2 x 64-bit 1.50 GHz</p> <p>Memoria RAM: 4GB de 266MHz DDR1 SDRAM</p> <p>Tarjeta Ethernet 10/100/1000 Mbps</p> <p>Puertos Gigabit Fibre Channel.</p> <p>Storage de 2 TB.</p>

## Cotejadotes:

Tabla N° 3.5.- Servidores para Identificación y autenticación (cotejadotes). [fuente: autor del informe]

Canlidad	Equipo	Características
15	Servidor para identificación.	<p>Procesador: 2 x 64-bit 1.50 GHz</p> <p>Memoria RAM: 2GB.</p> <p>Tarjeta Ethernet 10/100/1000 Mbps</p> <p>Puertos Gigabit Fibre Channel.</p> <p>Disco duro de 80 GB.</p>

05	Servidor para autenticación.	<p>Procesador: 2 x 64-bit 3.0 GHz</p> <p>Memoria RAM: 2GB.</p> <p>Tarjeta Ethernet 10/100/1000</p> <p>Puertos Gigabit Fibre Channel.</p> <p>Disco duro de 80 GB.</p>
----	------------------------------	--

- Estaciones de peritos.

Tabla N° 3.6.- Equipos para estaciones de peritos. [fuente: autor del informe]

Cantidad	Equipo	Características
05	Computadora personal.	<p>Procesador: 2 x 64-bit 3.0 GHz</p> <p>Memoria RAM: 1GB.</p> <p>Tarjeta Ethernet 10/100/1000 Mbps</p> <p>Disco duro de 80 GB.</p>

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio.**

A continuación se muestra las variables de estudio que pueden influir en el costo que tendría que asumir la institución que desea contar con un sistema AFIS y el en tiempo de ejecución del proyecto.

Desarrollo propio- variable que indica el porcentaje de desarrollo de software que realizo la institución. En el caso que el sistema se haya adquirido a un proveedor y no se haya participado en el desarrollo será de 0%.

Implementación propia.- variable que indica el porcentaje de participación de la institución en la implementación del AFIS, se refiere a la instalación de hardware y software.

Soporte técnico propio.- variable que indica el porcentaje de participación de la institución en el soporte técnico del AFIS, se refiere a mantenimientos preventivos y correctivos.

#### **4.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación.**

A continuación se muestran los resultados del programa DIGIMAC ("Direct Gray Image Minutiae Abstraction Circuit") para una implementación hardware del autor Marcos J. Lorda, el cual se basa en el algoritmo analizado en 3.2. La simulación se realiza sobre una base de datos de huellas indicadas en el ANEXO A.

Tabla Nº 4.1.- Resultados del programa respecto al ojo humano. [fuente: 2 de la bibliografía]

IMAGEN	Nº MINUTIAS	ALGORITMO DIGIMAC			
		N	D	F	X
1	44	46	0	2	14
2	31	34	1	4	13
3	28	35	3+2 fuera zona	12	5
5	21	31	1 fuera zona	11	6

**N = Número de minutias    D= Número de minutias perdidas**  
**F= Número de minutias falsa    X= Número de minutias cambiadas de tipo**

Se aprecia que el algoritmo no pierde una cantidad muy grande minucias. Siendo este algoritmo una alternativa de desarrollo a ser tomada en cuenta como parte de la implementación de un AFIS.

Para el algoritmo DIGIMAC el autor propone los siguientes mejoras:

- **Modificación de la mascara de Gauss:** usado en el proceso de encontrar el máximo local. El algoritmo realiza un promedio local de los niveles de gris de los pixeles y una correlacion con una mascara gaussiana de la silueta. Ambas operaciones implican productos y divisiones que pueden ser substituidos por desplazamientos si estan realizados con valores que sean potencias de 2. Realizar la implementacion hardware de esta modificacion es muy sencillam ya que para multiplicar por 2, 4 ó 8 sólo hay que hacer desplazamientos hacia la izquierda.

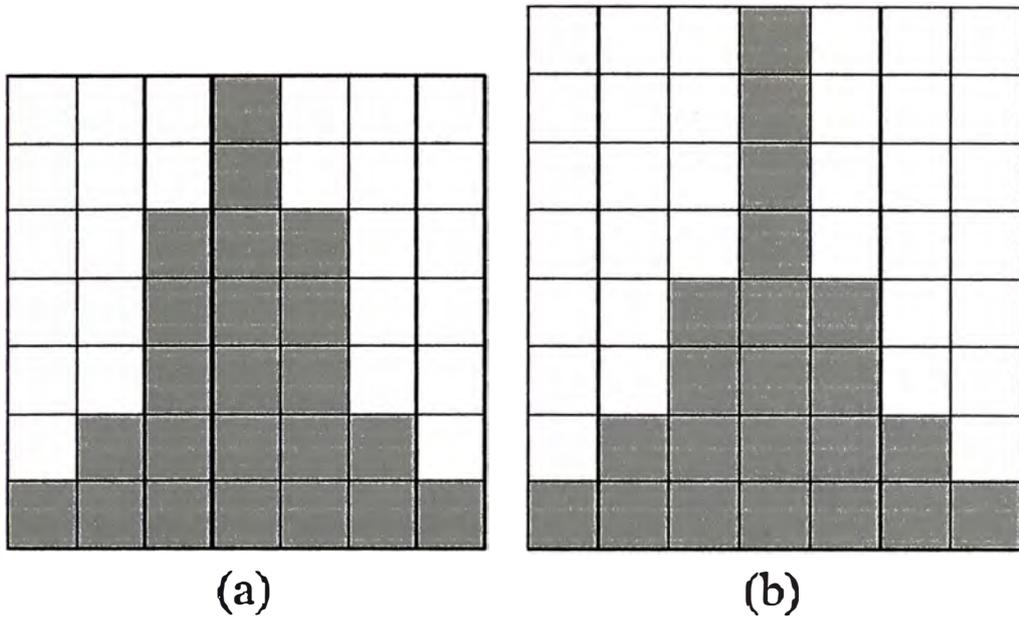


Fig.4.1.-Máscaras Gaussianas. (a)Máscara propuesta por MAIO con pesos  $[1/23, 2/23, 5/23, 7/23, 5/23, 2/23, 1/23]$ , (b) Mascara propuesta por Lorda con pesos  $[1, 2, 4, 8, 4, 2, 1]$ . [fuente: 2 de la bibliografía]

- **Discretización de ángulos:** para el cálculo de la dirección, con el objetivo de no usar variables flotantes, permitiendo codificar ángulos finitos y la eliminación de la necesidad de trabajar con puntos flotantes.

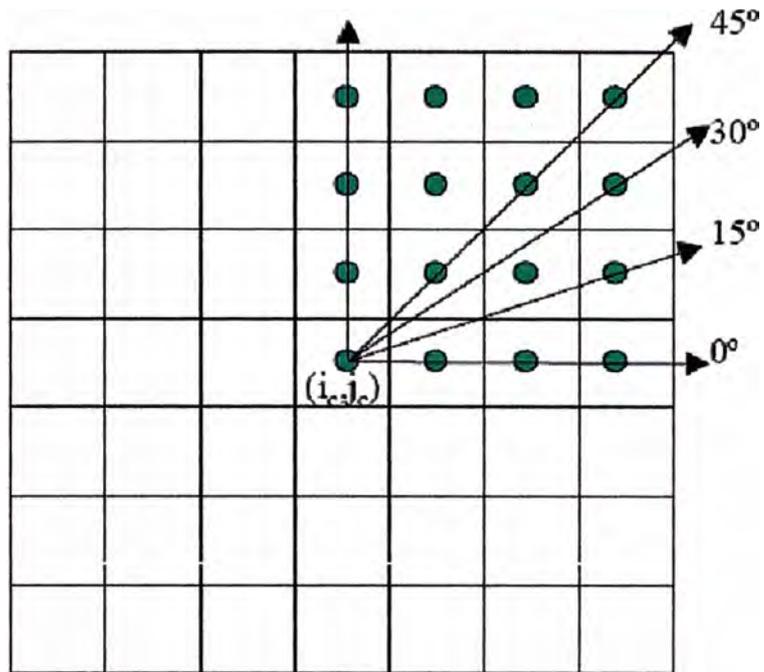


Fig.4.2.-Selección de ángulos con pendientes de  $15^\circ$ . [fuente: 2 de la bibliografía]

A continuación se muestra la discretización de de ángulos con pendientes de  $22,5^\circ$  realizada con desarrollo propio en JAVA cuyo código fuente se presenta en el ANEXO B.

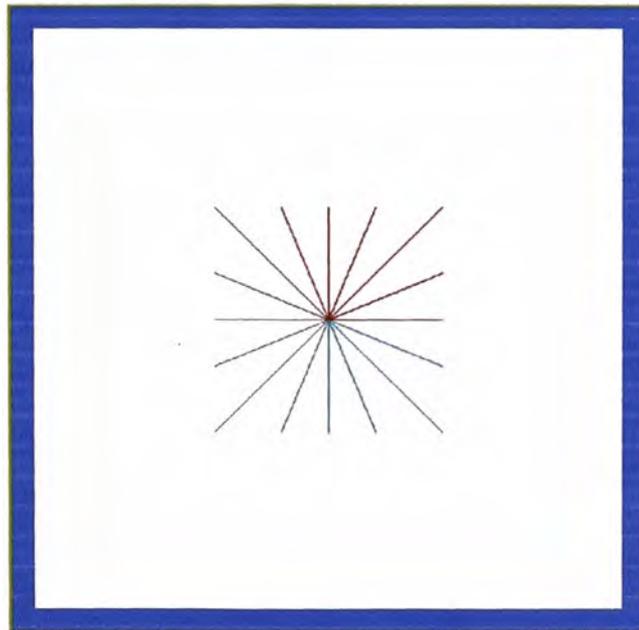


Fig.4.3.-Selección de ángulos con pendientes de  $22,5^\circ$ . [fuente: autor del informe]

### 4.3 Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce.

El análisis de variables se realizará sobre una muestra de 07 sistemas con donde la institución participa en diversos grados en el desarrollo, implementación y soporte técnico que son las variables a analizar.

El cuadro siguiente muestra el análisis de la asociación de variables para los sistemas propuestos:

Tabla N° 4.2.- Análisis de asociación de variables. [fuente: autor del informe]

Sistema	Costo	Tiempo de ejecución	Desarrollo propio	Implementación propia	Soporte técnico propio
Sistema 1	100	100	0%	0%	0%
Sistema 2	95	95	10%	10%	10%
Sistema 3	90	95	10%	10%	10%
Sistema 4	80	150	30%	30%	30%
Sistema 5	80	180	40%	40%	50%
Sistema 6	70	300	60%	60%	50%
Sistema 7	25	10000	100%	100%	100%

#### Apreciaciones:

- Se observa que el porcentaje de participación de la empresa en la implementación y soporte es proporcional al porcentaje de participación en el desarrollo del sistema, pudiendo en algunos casos elevarse el porcentaje de participación de la empresa por ejemplo con capacitaciones dadas por el proveedor.
- A medida que se incrementa el porcentaje de participación de la empresa en el desarrollo de software el costo disminuye, pero el tiempo de ejecución se incrementa. El desarrollo propio al 100% no es ventajoso debido a que el tiempo de ejecución es elevado (años de investigación).

#### 4.4 Presupuesto y tiempo de ejecución.

##### Presupuesto

Se tomará como referencia la implementación de un AFIS civil con capacidad para almacenar **16'000,000 registros** de pares de impresiones dactilares de personas. Considerando que la institución que desea contar con un sistema AFIS lo adquiere de un proveedor y no necesita realizar desarrollo propio de hardware.

Costo de adquisición: **10'000,000 de dólares**. Presupuesto real en nuestro medio asignado por el RENIEC (Registro Nacional de Identificación y Estado Civil) del Perú para la adquisición de un AFIS en el año 2006 (Ver referencia 27 de la bibliografía).

El costo de adquisición debe incluir hardware y licencias de software, implementación y soporte técnico por no menos de 4 años.

Para los casos que donde la institución realice desarrollo propio de algunos módulos del sistema, el costo se ve disminuido aunque el tiempo de ejecución puede aumentar drásticamente debido a que se requiere mayor un tiempo de desarrollo de software si la tecnología está poco investigada.

##### Tiempo de ejecución:

A continuación se muestran las etapas más importantes de la implementación:

Tabla N° 4.3.- Tiempo de ejecución. [fuente: autor del informe]

ETAPA	DURACIÓN
<b>Adquisición</b>	<b>4 meses</b>
Informe de sustentación	1 mes
Adquisición	4 meses
<b>Implementación de infraestructura</b>	<b>1 mes</b>
Acondicionamiento de site	14 días
Circuitos eléctricos	7 días
Circuitos de datos	7 días
<b>Instalación</b>	<b>1 mes</b>
Instalación de hardware	7 días
Instalación de software	7 días
Personalización del sistema	14 días
<b>Migración de datos</b>	<b>8 meses</b>
Inserción de impresiones dactilares en el sistema instalado.	8 meses
<b>TOTAL</b>	<b>14 meses</b>



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- Se ha demostrado que la implementación realizada por el algoritmo propuesto es una alternativa posible para desarrollar un AFIS.
- Dado el alto costo de adquisición de un sistema propietario, es posible disminuir costo realizando la implementación con desarrollo propio.
- La identificación mediante impresiones dactilares a probado ser un método bastante preciso de identificación de personas y a pesar de su alto costo resulta mas viable que soluciones biométricas más caras como el uso del iris.

### **RECOMENDACIONES**

- Se debé continuar con investigaciones relacionadas a sistemas de identificación dado que es un tema importante poco difundido en el país. Así como buscar mejoras a los algoritmos propuestos.
- Se debe continuar con la difusión de estas tecnologías en el país dada la importancia que tenia la identificación de personas en el mundo actual para evitar fraudes y realizar investigaciones civiles, policiales y judiciales.
- Para futuras investigaciones de debe considerar las simulaciones con bases de datos de gran tamaño para aproximarse lo más posibles a un ambiente de producción. Esto requiere también de mayor cantidad de hardware dado el alto consumo de recursos de computo en la ejecución de los algoritmos.

## **ANEXO A**

### **BASE DE DATOS DE HUELLAS ANALIZADAS POR EL ALGORITMO**

**BASE DE DATOS DE HUELLAS ANALIZADAS POR EL ALGORITMO.**

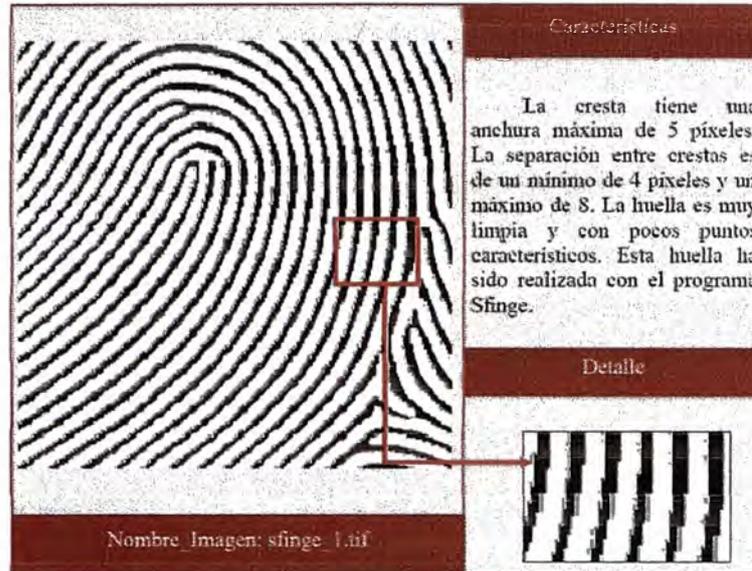


Fig.A.1.- Muestra 1. [fuente: 2 de la bibliografía]

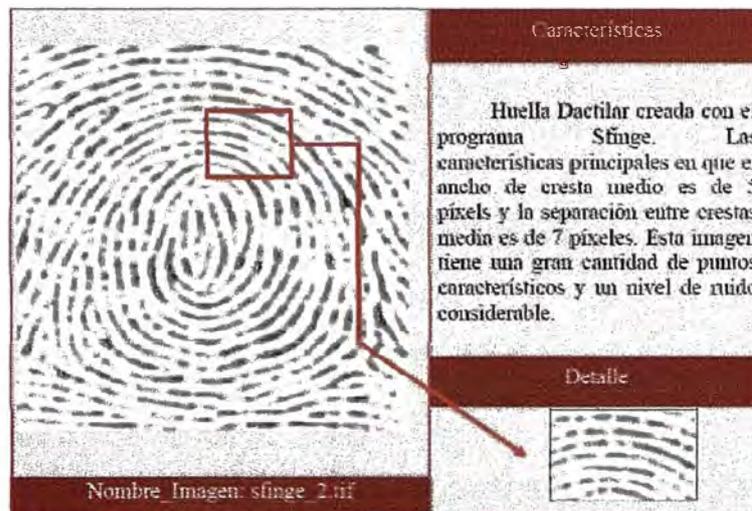


Fig.A.2.- Muestra 2. [fuente: 2 de la bibliografía]

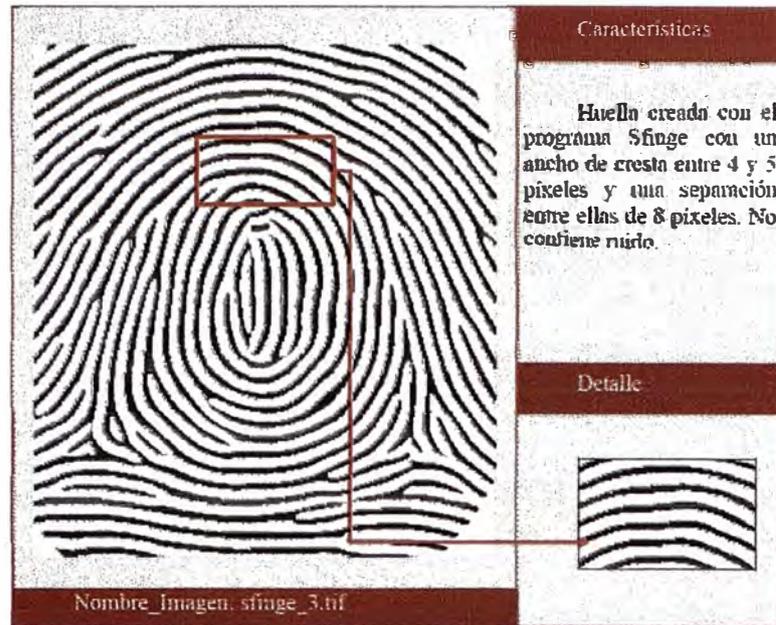


Fig.A.3.- Muestra 3. [fuente: 2 de la bibliografía]

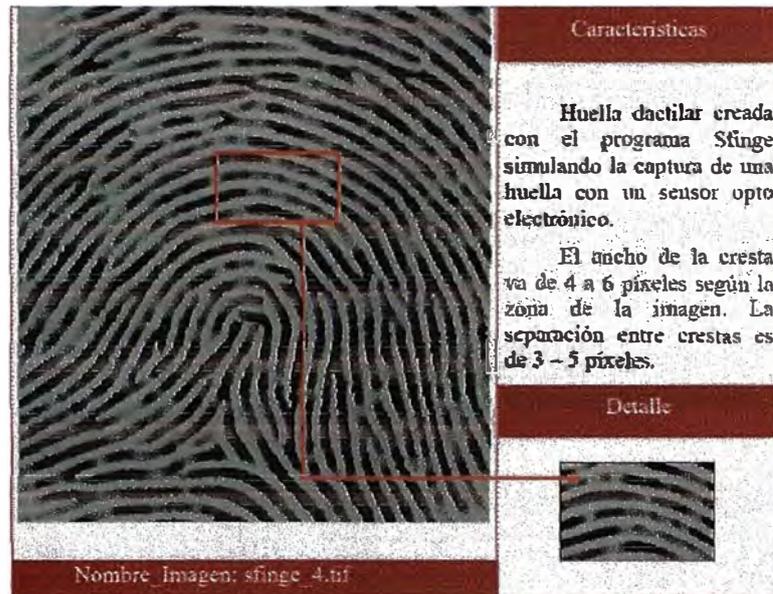


Fig.A.4.- Muestra 4. [fuente: 2 de la bibliografía]

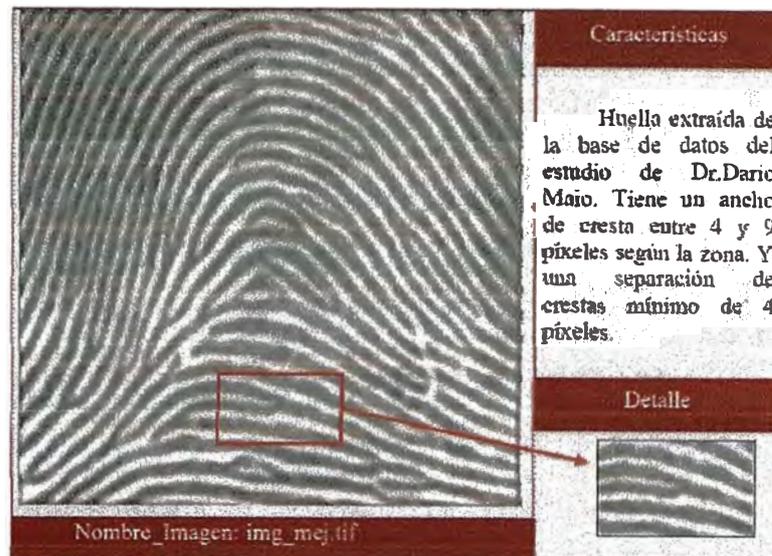


Fig.A.5.- Muestra 5. [fuente: 2 de la bibliografía]



## Operadores de imágenes y matriz de píxeles.

### Clase OperMatriz.java

```

/**
 * @author Ebazan
 *
 * Operadores para el manejo y conversión de imágenes
 a matrices de
 * píxeles y viceversa
 */

package operadores;

import javax.media.jai.JAI;
import javax.media.jai.PlanarImage;
import javax.media.jai.iterator.RectIter;
import javax.media.jai.iterator.RectIterFactory;

import vectores.IJVectores;

import java.awt.image.SampleModel;

public class OperMatriz {

    //Genera una matriz que contiene elementos
    enteros aleatorios
    //Argumentos: largo, alto de la matriz y cota
    superior de los elementos.
    public static int [][] returnMatrizRandomInt( int
    largo_in, int alto_in, int cota_in ) {
        int largo= largo_in, alto = alto_in,
        cota = cota_in;
        int[][] matrizRandom = new
    int[largo][alto];

        //Llena matriz
        for (int j = 0; j < alto; j++)
        {
            for (int i=0; i < largo ; i++) {

                //Genera valor
                aleatorio
                int
                azar=(int)(Math.random()*cota);

                matrizRandom[i][j]= azar;

            }
        }
        return matrizRandom;
    }
    //Fin

    //Imprime los elementos de una matriz con
    elementos enteros
    //Argumentos: matriz de píxeles
    public static int imprime_matriz_int(int [][]
    Matriz)
    {

        int[][] matriz_int = Matriz;
        int width = matriz_int.length;
        int height = 0;
        //Calcula alto
        for (int i=0; i < width ; i++) {
            height =
            Math.max(matriz_int[i].length, height);
        }

        try
        {
            for (int j = 0; j < height; j++)
            {
                for (int i=0; i < width ; i++) {
                    //Imprime valor

                    System.out.print(matriz_int[i][j]+" ");
                }
                System.out.println();
            }
            return 1;
        } catch (Exception e)
        {
            e.printStackTrace();
            return 0;
        }
    }
    //Fin

    //Retorna píxeles de un archivo en una matriz
    con elementos enteros
    //Argumentos: ruta de archivo de imagen
    public static int[][] retorna_matriz_int( String
    name_file_in )
    {
        String name_file = name_file_in;
        //Descarga archivo
        PlanarImage pi =
        JAI.create("fileload", name_file );

        //Calculo de ancho y alto
        int width=pi.getWidth(),
        height=pi.getHeight();

        SampleModel sm =
        pi.getSampleModel();
        int nbands = sm.getNumBands();
        int[] pixel = new int[nbands];
        int[][] matriz_int = new
    int[width][height];

        RectIter iterator =
        RectIterFactory.create(pi, null);

        for(int h=0;h<height;h++)
        {
            for(int w=0;w<width;w++)
            {
                for(int
                band=0;band<nbands;band++)
                {

                    //Obtiene valor de pixel de imagen
                    iterator.getPixel(pixel);

                    //Carga valor en matriz
                    matriz_int[w][h]= pixel[band];
                }

                iterator.nextPixel();
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    return matriz_int;
}
//Fin

//Retorna vectores_pixel de un punto (Matriz D
* P)
//Argumentos: coordenada X, coordena Y,
matriz de pixeles de imagen, matriz de vectores del
punto
public static int[][] retorna_matriz_vect( int
x_in, int y_in,
int[][] matriz_pixeles_in,
IJVectores XY_vect_in )
{
    int x0=x_in, y0=y_in;
    matriz_pixeles_in;
    int[][] matriz_pixeles =
//Calculo de largo y ancho
int ancho = matriz_pixeles.length;
int alto = matriz_pixeles[0].length;
//Matrices de coordenadas de
vectores
int[][] X = XY_vect_in.MaI ;
int[][] Y = XY_vect_in.MaJ ;
int Direc = X.length;
int Prof = X[0].length;
int[][] matriz_vect_pix = new int[ Direc ][ Prof ];

//Iterando en todas las direcciones
for(int d=0;d<Direc;d++)
{
    //Iterando en
    todos los puntos de los vectores direccion
    for(int
    p=0;p<Prof;p++)
    {
        //Validaciones para limites en los bordes
    }
}

}

if(
(x0+X[d][p]) >= 0 && (x0+X[d][p]) < ancho
&& (y0 + Y[d][p]) >= 0 && (y0 +
Y[d][p]) < alto)
//Carga de datos
matriz_vect_pix[d][p]= matriz_pixeles[
x0+X[d][p] ][ y0 + Y[d][p] ];
else
matriz_vect_pix[d][p]= -1;
}
return matriz_vect_pix;
}
//Fin
}

```

## Discretización de ángulo 22,5º

### Clase I\_Applet1b.java

```

/**
 * @author Ebazan
 *
 * Objetivo: Invoca aplet para grafico de vectores
 *
 */

package imagenes;
import javax.swing.*;

import operadores.OperMatriz;

import java.awt.*;
public class Applet1b extends JApplet{
    public void init(){
        // Tamaño del fondo
        I_FrontPage_vect A = new I_FrontPage_vect(512,512);

        getContentPane().add(A);
    }
    //Invoca Aplet y tamaño de ventana
    public static void main(String[] args){

```

```
Console.run(new Applet1b(), 600, 600);
```

### Clase Console.java

```
/**
 * @author net.juantxu.swing.Console.java
 * package net.juantxu.swing;
 *
 * Objetivo: Herramienta para poder ejecutar applets desde consola
 */

import javax.swing.*;
import java.awt.event.*;

public class Console{
    // Crear un string titulo a partir del nombre de la clase:
    public static String titulo(Object o){
        String t = o.getClass().toString();
        // borramos la palabra "class"
        if(t.indexOf("class") != -1){ t=t.substring(6); }
        return t;
    }
    public static void
    run(JFrame frame, int width, int height){
        frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        frame.setSize(width, height);
        frame.setVisible(true);
    }
    public static void
    run(JApplet applet, int width, int height){
        JFrame frame = new JFrame(titulo(applet));
        frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        frame.getContentPane().add(applet);
        frame.setSize(width, height);
        applet.init();
        applet.start();
        frame.setVisible(true);
    }
    public static void
    run(JPanel panel, int width, int height){
        JFrame frame = new JFrame(titulo(panel));
        frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
        frame.getContentPane().add(panel);
        frame.setSize(width, height);
        frame.setVisible(true);
    }
}
```

### Clase l\_FrontPage\_vect.java

```
/**
 * @author Ebazan
 *
 * TODO To change the template for this generated type
 comment go to
 * Window - Preferences - Java - Code Style - Code
 Templates
 *
 * Objetivo: Crea objeto JPanel para grafica
 * y almacena en un archivo el mapa de vectores
 */

package imagenes;
import java.io.*;
import java.util.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.awt.image.*;
import java.awt.image.renderable.*;
import java.awt.color.*;
import javax.swing.*;
import javax.swing.border.*;

import javax.swing.event.*;
import javax.swing.filechooser.*;
import javax.media.jai.*;
import operadores.OperMatriz;
import vectores.IJVectores;
//Para graficos
import java.awt.Graphics2D;
import java.awt.geom.Line2D;
import java.awt.geom.Rectangle2D;

public class l_FrontPage_vect extends JPanel
{
    private PlanarImage src_color = null;
    private PlanarImage src_gray = null;
    private ImageDisplay canvas = null;
    private JLabel label;
    private String flasher = null;
    private double[] constants = { 10.0, 10.0, 10.0 };

    //
    private static BufferedImage bImagen;
```

```

public I_FrontPage_vect(int in_ancho, int in_alto) {

    int ancho=in_ancho, alto=in_alto;
        //Propiedades del fondo
        setBackground(new Color(200,200,255));
        setLayout(new BorderLayout());
        setOpaque(true);

        //Propiedades JPanel
        JPanel panel = new JPanel();
        panel.setLayout(new
FlowLayout(FlowLayout.CENTER));
        panel.setBackground(new Color(200,200,255));
        panel.setBorder(new EmptyBorder(10,10,10,10));

        BufferedImage bImagen = new
BufferedImage(ancho, alto,
        BufferedImage.TYPE_INT_RGB); //Opaco

        Graphics2D graphics = bImagen.createGraphics();
        graphics.fillRect( 0, 0, ancho, alto ); //Fondo blanco

        /**** Dibujar vectores*****/
        int n_direc = 16, //Cantidad de vectores
(direcciones)
        n_direc_max = 16, //Cantidad maxima de
vectores
        prof = 10, //Cantidad de puntos por vector
        prof_max=10; //Cantidad maxima de puntos
por vector
        IJVectores IJ = new
IJVectores(n_direc,n_direc_max,prof,prof_max);

        for (int j = 0; j < n_direc; j++)
        {
            graphics.setColor(new
Color(216-12*j,12*j,12*j)); //Color de puntos
            for (int i=0; i < prof ; i++) {

```

### Clase IJVectores.java

```

/**
 * @author Ebazan
 *
 * TODO To change the template for this generated type
comment go to
 * Window - Preferences - Java - Code Style - Code Templates
 *
 * Objetivo: Define coordenadas de los vectores direccion
 * Para 16 direcciones (angulo de 22,5°)
 */

public class IJVectores {

    public int[][] MaI = null;
    public int[][] MaJ = null;
    int direc=0, profun=0, cota_direc=0,
cota_profun=0;

    public IJVectores( int direc_in, int cota_direc_in,
        int profun_in, int
cota_profun_in ){

        this.direc = direc_in;
        this.profun = profun_in;

        this.direc = this.cota_direc = 16; // 16
direcciones (fijas) angulos de 22,5°

```

```

//Dibujar
vectores

        graphics.draw(new Rectangle2D.Double(
ancho/2+(IJ.MaI[j][i]), alto/2-(IJ.MaJ[j][i]), 0, 0)); //Cambio
de coordenadas para ajustar el grafico (y por -y)
    }
}

/**** Creacion de JPanel **/
src_color = JAI.create("awtImage",
(Image)bImagen);
canvas = new ImageDisplay(src_color);
canvas.setBackground(Color.yellow);
canvas.setBorder( new CompoundBorder(
        new EtchedBorder(),
        new LineBorder(new Color(100,100,180),
20)
    ) );
canvas.setPreferredSize(new
Dimension(src_color.getWidth(),src_color.getHeight() ));
add(canvas, BorderLayout.CENTER);
canvas.setLocation(30, 50);
}

/**** Guardar en archivo **/
ParameterBlock savePB = new
ParameterBlock();
savePB.addSource(src_color);
// savePB.add(args[1]);
savePB.add("file_vector.bmp");
//savePB.add(".jpg");
savePB.add(".bmp");
JAI.create("filestore", savePB);

}
}

```

```

        this.cota_profun = Math.min(
cota_profun_in, 10 ); //Se fija profundidad maxima de 10
puntos

        this.profun =
Math.min(this.profun,this.cota_profun);

        int[][] I = new int[cota_direc][10];
        int[][] J = new int[cota_direc][10];

        //Definicion de coordenadas de vectores
para separa de angulos de 22,5°
I[0][0]=0; J[0][0]=0;
I[0][1]=1; J[0][1]=0;
I[0][2]=2; J[0][2]=0;
I[0][3]=3; J[0][3]=0;
I[0][4]=4; J[0][4]=0;
I[0][5]=5; J[0][5]=0;
I[0][6]=6; J[0][6]=0;
I[0][7]=7; J[0][7]=0;
I[0][8]=8; J[0][8]=0;
I[0][9]=9; J[0][9]=0;

J[1][0]=0; J[1][0]=0;
I[1][1]=1; J[1][1]=0;
I[1][2]=2; J[1][2]=1;
I[1][3]=3; J[1][3]=1;
I[1][4]=4; J[1][4]=2;

```

I[1][5]=5; J[1][5]=2;  
 I[1][6]=6; J[1][6]=2;  
 I[1][7]=7; J[1][7]=3;  
 I[1][8]=8; J[1][8]=3;  
 I[1][9]=9; J[1][9]=4;

I[2][0]=0; J[2][0]=0;  
 I[2][1]=1; J[2][1]=1;  
 I[2][2]=2; J[2][2]=2;  
 I[2][3]=3; J[2][3]=3;  
 I[2][4]=4; J[2][4]=4;  
 I[2][5]=5; J[2][5]=5;  
 I[2][6]=6; J[2][6]=6;  
 I[2][7]=7; J[2][7]=7;  
 I[2][8]=8; J[2][8]=8;  
 I[2][9]=9; J[2][9]=9;

I[3][0]=0; J[3][0]=0;  
 I[3][1]=1; J[3][1]=1;  
 I[3][2]=2; J[3][2]=2;  
 I[3][3]=3; J[3][3]=3;  
 I[3][4]=4; J[3][4]=4;  
 I[3][5]=5; J[3][5]=5;  
 I[3][6]=6; J[3][6]=6;  
 I[3][7]=7; J[3][7]=7;  
 I[3][8]=8; J[3][8]=8;  
 I[3][9]=9; J[3][9]=9;

I[4][0]=0; J[4][0]=0;  
 I[4][1]=1; J[4][1]=1;  
 I[4][2]=2; J[4][2]=2;  
 I[4][3]=3; J[4][3]=3;  
 I[4][4]=4; J[4][4]=4;  
 I[4][5]=5; J[4][5]=5;  
 I[4][6]=6; J[4][6]=6;  
 I[4][7]=7; J[4][7]=7;  
 I[4][8]=8; J[4][8]=8;  
 I[4][9]=9; J[4][9]=9;

I[5][0]=0; J[5][0]=0;  
 I[5][1]=1; J[5][1]=1;  
 I[5][2]=2; J[5][2]=2;  
 I[5][3]=3; J[5][3]=3;  
 I[5][4]=4; J[5][4]=4;  
 I[5][5]=5; J[5][5]=5;  
 I[5][6]=6; J[5][6]=6;  
 I[5][7]=7; J[5][7]=7;  
 I[5][8]=8; J[5][8]=8;  
 I[5][9]=9; J[5][9]=9;

I[6][0]=0; J[6][0]=0;  
 I[6][1]=1; J[6][1]=1;  
 I[6][2]=2; J[6][2]=2;  
 I[6][3]=3; J[6][3]=3;  
 I[6][4]=4; J[6][4]=4;  
 I[6][5]=5; J[6][5]=5;  
 I[6][6]=6; J[6][6]=6;  
 I[6][7]=7; J[6][7]=7;  
 I[6][8]=8; J[6][8]=8;  
 I[6][9]=9; J[6][9]=9;

I[7][0]=0; J[7][0]=0;  
 I[7][1]=1; J[7][1]=1;  
 I[7][2]=2; J[7][2]=2;  
 I[7][3]=3; J[7][3]=3;  
 I[7][4]=4; J[7][4]=4;  
 I[7][5]=5; J[7][5]=5;  
 I[7][6]=6; J[7][6]=6;  
 I[7][7]=7; J[7][7]=7;  
 I[7][8]=8; J[7][8]=8;  
 I[7][9]=9; J[7][9]=9;

I[8][0]=0; J[8][0]=0;

I[8][1]=-1; J[8][1]=0;  
 I[8][2]=-2; J[8][2]=0;  
 I[8][3]=-3; J[8][3]=0;  
 I[8][4]=-4; J[8][4]=0;  
 I[8][5]=-5; J[8][5]=0;  
 I[8][6]=-6; J[8][6]=0;  
 I[8][7]=-7; J[8][7]=0;  
 I[8][8]=-8; J[8][8]=0;  
 I[8][9]=-9; J[8][9]=0;

I[9][0]=0; J[9][0]=0;  
 I[9][1]=-1; J[9][1]=0;  
 I[9][2]=-2; J[9][2]=-1;  
 I[9][3]=-3; J[9][3]=-1;  
 I[9][4]=-4; J[9][4]=-2;  
 I[9][5]=-5; J[9][5]=-2;  
 I[9][6]=-6; J[9][6]=-2;  
 I[9][7]=-7; J[9][7]=-3;  
 I[9][8]=-8; J[9][8]=-3;  
 I[9][9]=-9; J[9][9]=-4;

I[10][0]=0; J[10][0]=0;  
 I[10][1]=-1; J[10][1]=-1;  
 I[10][2]=-2; J[10][2]=-2;  
 I[10][3]=-3; J[10][3]=-3;  
 I[10][4]=-4; J[10][4]=-4;  
 I[10][5]=-5; J[10][5]=-5;  
 I[10][6]=-6; J[10][6]=-6;  
 I[10][7]=-7; J[10][7]=-7;  
 I[10][8]=-8; J[10][8]=-8;  
 I[10][9]=-9; J[10][9]=-9;

I[11][0]=0; J[11][0]=0;  
 I[11][1]=0; J[11][1]=-1;  
 I[11][2]=-1; J[11][2]=-2;  
 I[11][3]=-2; J[11][3]=-3;  
 I[11][4]=-3; J[11][4]=-4;  
 I[11][5]=-4; J[11][5]=-5;  
 I[11][6]=-5; J[11][6]=-6;  
 I[11][7]=-6; J[11][7]=-7;  
 I[11][8]=-7; J[11][8]=-8;  
 I[11][9]=-8; J[11][9]=-9;

I[12][0]=0; J[12][0]=0;  
 I[12][1]=0; J[12][1]=-1;  
 I[12][2]=0; J[12][2]=-2;  
 I[12][3]=0; J[12][3]=-3;  
 I[12][4]=0; J[12][4]=-4;  
 I[12][5]=0; J[12][5]=-5;  
 I[12][6]=0; J[12][6]=-6;  
 I[12][7]=0; J[12][7]=-7;  
 I[12][8]=0; J[12][8]=-8;  
 I[12][9]=0; J[12][9]=-9;

I[13][0]=0; J[13][0]=0;  
 I[13][1]=0; J[13][1]=-1;  
 I[13][2]=1; J[13][2]=-2;  
 I[13][3]=1; J[13][3]=-3;  
 I[13][4]=2; J[13][4]=-4;  
 I[13][5]=2; J[13][5]=-5;  
 I[13][6]=2; J[13][6]=-6;  
 I[13][7]=3; J[13][7]=-7;  
 I[13][8]=3; J[13][8]=-8;  
 I[13][9]=4; J[13][9]=-9;

I[14][0]=0; J[14][0]=0;  
 I[14][1]=1; J[14][1]=-1;  
 I[14][2]=2; J[14][2]=-2;  
 I[14][3]=3; J[14][3]=-3;  
 I[14][4]=4; J[14][4]=-4;  
 I[14][5]=5; J[14][5]=-5;  
 I[14][6]=6; J[14][6]=-6;  
 I[14][7]=7; J[14][7]=-7;

```

I[14][8]=8;      J[14][8]=-8;
I[14][9]=9;      J[14][9]=-9;

I[15][0]=0;      J[15][0]=0;
I[15][1]=1;      J[15][1]=0;
I[15][2]=2;      J[15][2]=-1;
I[15][3]=3;      J[15][3]=-1;
I[15][4]=4;      J[15][4]=-2;
I[15][5]=5;      J[15][5]=-2;
I[15][6]=6;      J[15][6]=-2;
I[15][7]=7;      J[15][7]=-3;
I[15][8]=8;      J[15][8]=-3;
I[15][9]=9;      J[15][9]=-4;

MaI = new int[this.direc][this.profun];
MaJ = new int[this.direc][this.profun];

//Carga de datos
for (int j = 0; j < profun_in; j++)
{
    for (int i=0; i < cota_direc ;
i++) {
        MaI[i][j]=I[i][j];
        MaJ[i][j]=J[i][j];

```

## BIBLIOGRAFÍA

### Fuentes Bibliográficas:

#### Libros:

1. Angel Di Natale Bozeta y Anibal Basauri Arce "Manual de identificación PIP" segunda edición, servicio de Prensa y Publicaciones PIP, 1979

#### Artículos:

2. Marcos J. Lorda Piñol, "Análisis del algoritmo de Maio para la extracción de huellas dactilares. Optimización para una implementación hardware", Departament d'Enginyria Electrònica Elèctrica i Automàtica, junio 2004.
3. Dario Maio and Davide Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints", IEE transactions on pattern analysis and machine intellogence, january 1997, vol. 19, no.1, 27-39.
4. M.J. Donahue and S.I. Rokhlin, "On the Use of Level Curves in Image Anaysis", Image Understanding, 1993, vol.57, no.5, 185-203

### Otras Fuentes de Información:

#### Páginas Web:

5. El régimen penitenciario de los establecimientos penitenciarios.  
<http://perso.wanadoo.es/enriquegilma/tema19penit.htm>
6. Revelado de huellas lofoscópicas en papel  
<http://www.monografias.com/trabajos57/huellas-lofoscopicas/huellas-lofoscopicas2.shtml>
7. Tatuaje.  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Tatuaje>
8. Los tatuajes: historia, simbología y tradiciones.  
[http://www.elcuerpo.es/articulo\\_item.php?numero=16](http://www.elcuerpo.es/articulo_item.php?numero=16)
9. El Tatuaje Carcelario.  
[http://www.tatuajes.us/galerias/tribales/disenos/el\\_tatuaje\\_carcelario/](http://www.tatuajes.us/galerias/tribales/disenos/el_tatuaje_carcelario/)
10. Dactiloscopia.  
<http://www.latinoseguridad.com/LatinoSeguridad/Reps/Dactil1.shtml>
11. Tecnologías de identificación por huella dactilar.

[http://www.applied-biometrics.com/fileadmin/download/Article\\_Huellas\\_Dactilares.pdf](http://www.applied-biometrics.com/fileadmin/download/Article_Huellas_Dactilares.pdf)

12. **Identificación personal.**  
<http://www.usal.es/~cise/software/PoliciaCientifica/TEMA2.pdf>
13. **Sistemas de identificación biométrica.**  
<http://www.ceditec.etsit.upm.es/index.php/Descargar-documento/24-Sistemas-de-Identificacion-Biometrica.html>
14. **Tipos de biometría.**  
<http://www.homini.com/tecnolog%C3%ADas.htm>
15. **PIN.**  
<http://es.wikipedia.org/wiki/PIN>
16. **Contraseña.**  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Password>
17. **Definición de biometría.**  
<http://www.homini.com/tecnolog%EDas.htm>
18. **Papiloscopia.**  
<http://identificadoresargentinos.blogspot.com/>
19. **South Atlantic Crossings: Fingerprints, Science, and the State in Turn-of-the-Century Argentina.**  
<http://www.historycooperative.org/journals/ahr/109.2/rodriguez.html>
20. **Quiroscopía.**  
[http://www.kalunga.com.br/revista/revista\\_janeiro06\\_10.asp](http://www.kalunga.com.br/revista/revista_janeiro06_10.asp)
21. **Curso de Paliloscopía.**  
<http://www.chubut.gov.ar/policia/archives/000064.php>
22. **Valoración de una técnica informática biométrica de identificación dactiloscópica para recién nacidos.**  
[http://www.frcu.utn.edu.ar/deptos/depto\\_3/34JAIIO/34JAIIO/sis/SIS\\_12.pdf](http://www.frcu.utn.edu.ar/deptos/depto_3/34JAIIO/34JAIIO/sis/SIS_12.pdf)
23. **Anatomía de los dibujos papilares.**  
<http://www.dactiloscopiamexico.net/contenido/anatomia.htm>
24. **AFIS criminal y AFIS civil.**  
<http://www.iafis.net>
25. **Dactiloscopia.**  
<http://www.pericia.cl/Doc/DACTILOSCOPIA.PPT>
26. **Cluster.**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cluster\\_\(inform%C3%A1tica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Cluster_(inform%C3%A1tica))
27. **Sistema AFIS detectó a 10.450 personas con identidades alteradas.**

<http://www.elcomercio.com.pe/edicionimpresa/Html/2008-07-07/sistema-afis-detecto-10450-personas-identidades-alteradas.html>

**28. Diagrama de Gantt.**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Gantt](http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Gantt)