

# UNIVERSIDAD DON BOSCO



## **PROTOTIPO DE SOFTWARE DE COMPUTADORA PARA RECONOCIMIENTO DE FIRMAS MANUSCRITAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PREPARADO PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

POR

DANNY STEVE GUZMÁN MENDOZA  
EDGAR DAVID HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

SEPTIEMBRE DE 2005.

SOYAPANGO – EL SALVADOR – AMÉRICA CENTRAL

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

LIC. MARIO RAFAEL OLMOS

DECANO DE INGENIERÍA

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. HÉCTOR RUBÉN CARÍAS

JURADO EVALUADOR

ING. JORGE LÓPEZ

ING. EDUARDO RIVERA

ING. JUAN C. DADA

TUTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. CALIXTO RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

---

ING. JORGE LÓPEZ  
JURADO

---

ING. EDUARDO RIVERA  
JURADO

---

ING. JUAN C. DADA  
JURADO

---

ING. HÉCTOR CARÍAS  
ASESOR

---

ING. CALIXTO RODRÍGUEZ  
TUTOR

# AGRADECIMIENTOS

**Edgar David Hernández Rodríguez**

Ante todo quiero agradecerle a Dios por su generosidad al permitirme terminar satisfactoriamente este trabajo, además de todas las grandes bendiciones que he recibido de él a lo largo de toda mi vida.

Agradezco a mis padres que siempre me han enseñado a no desfallecer y a siempre perseverar por sobre todas las dificultades, les agradezco su infinito amor, apoyo y paciencia... a mi madre Carmen de Hernández por enseñarme a siempre luchar con tenacidad y con todas mis fuerzas para llegar a lo más alto posible... a mi padre Cruz Hernández por enseñarme a reflexionar y a tener la paciencia para alcanzar los objetivos que me trace en la vida.

Agradezco a mi hermano Mario, a quien sólo volviendo a nacer ambos pero siendo esta vez yo el mayor, podría pagarle y mostrarle todo lo que él ha sido siempre para mí: el mejor guía y amigo que jamás alguien podría llegar a soñar siquiera... gracias viejo.

También le agradezco a mis familiares y amigos, quienes siempre estuvieron al pendiente, para apoyarme cuando más lo necesité... muchas gracias.

Les agradezco también al tutor Ing. Calixto Rodríguez y al asesor Ing. Héctor Carías, por su apoyo y ayuda a lo largo de este proceso.

Finalmente les dedicó esta tesis a mi amada Jenny y a mi futura hija Jessy, por quienes le doy inmensas gracias a Dios, y que me darán el título más grande y el mejor de todos los que pueda llegar a tener... *el de Padre...*

*A todos inmensas Gracias!*

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes Históricos sobre el reconocimiento de Firmas Manuscritas. ....	1
1.1.1. Verificación Estática de firmas (Off-Line) .....	7
1.1.2. Verificación Dinámica de Firmas (On-line) .....	8
1.2. Antecedentes Históricos del Reconocimiento de Firmas Manuscritas utilizando Redes Neuronales Artificiales .....	10
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1. Biometría. ....	13
2.1.1. ¿Que es la biometría? .....	13
2.1.2. Técnicas de reconocimiento utilizando biometría ...	13
2.1.3. Dispositivos biométricos usados actualmente .....	15
2.2. Grafometría y Grafoscopia .....	17
2.2.1. Escritura y Movimiento .....	18
2.2.2. Leyes del Grafismo .....	20
2.2.3. Factores que influyen en la escritura .....	20
2.2.4. Causas naturales que modifican la escritura .....	21
2.2.5. Características de las firmas manuscritas que estudian los peritos grafoscópicos para realizar un dictamen .....	21
2.3. Métodos para Analizar Firmas Manuscritas .....	23
2.4. Redes Neuronales Artificiales (RNAs).....	24

2.4.1. Concepto de Neurona Biológica .....	25
2.4.2. Concepto de Neurona Artificial .....	26
2.4.3. ¿Qué son las Redes Neuronales Artificiales? .....	27
2.4.4. Métodos de Aprendizaje de Redes Neuronales Artificiales .....	29
<b>3. HARDWARE Y SOFTWARE .....</b>	<b>32</b>
3.1. Dispositivo de captura .....	32
3.2. Software para Adquisición de Firmas (AFIR) ....	35
3.3. Procedimiento de captura firmas .....	39
<b>4. PRE-PROCESAMIENTO .....</b>	<b>41</b>
4.1. Introducción .....	41
4.2. Pre-procesamiento de parámetros on-line .....	41
4.3. Pre-procesamiento de parámetros off-line .....	43
4.3.1. Filtros de Gabor.....	43
4.4. Archivo de salida del software de adquisición	48
<b>5. EVALUACIÓN DE MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
5.1. Forma de evaluar los métodos .....	51
5.2. Método de reconocimiento por correlación .....	54
5.2.1. Descripción del método .....	54
5.2.2. Resultados de las pruebas del método de correlación .....	56
5.2.2.1. Correlación de Firmas Normales.....	56
5.2.2.2. Correlación de Firmas Adelante.....	58
5.2.2.3. Correlación de Firmas Atrás .....	60
5.2.2.4. Correlación con Firmas Normales con Punto .....	62

<b>5.3. Método de reconocimiento por red Hopfield</b>	<b>64</b>
5.3.1. Estructura de la Red.	64
5.3.2. Descripción del método	65
5.3.3. Algoritmo de Hopfield	66
5.3.4. Resultado de las pruebas del método de Hopfield	67
5.3.4.1. Prueba de de red Hopfield con Firmas Normales. Entrenada sólo con firmas indubitadas	68
5.3.4.2. Prueba de de red Hopfield con Firmas Normales. Entrenada con firmas indubitadas y dubitadas	70
5.3.4.3. Prueba de de red Hopfield con Firmas del Grupo Adelante.	72
5.3.4.4. Prueba de de red Hopfield con Firmas del Grupo Atrás.	74
5.3.4.5. Prueba de de red Hopfield con Firmas del Grupo Normales con Punto.	76
<b>5.4. Método de reconocimiento por Retropropagación</b>	<b>78</b>
5.4.1. Estructura de la Red	79
5.4.2. Retropropagación de Gradiente Descendente con Índice de Aprendizaje Adaptativo.	80
5.4.3. Resultado de las pruebas del método de retropropagación	80
5.4.3.1. Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Normales.	81
5.4.3.2. Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Adelante.	83
5.4.3.3. Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Atrás.	84
5.4.3.4. Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Normales con Punto.	87
<b>5.5. Método de reconocimiento por ART2</b>	<b>90</b>
5.5.1. Estructura de la red ART2	91
5.5.2. Algoritmo de entrenamiento	91
5.5.3. Resultado de las pruebas del método de ART2	92
5.5.3.1. Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Normales.	93

5.5.3.2. Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Adelante. ....	93
5.5.3.3. Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Atrás. ....	94
5.5.3.4. Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Normales con Punto. ....	94
5.6. Resultado final: método escogido para el reconocimiento de firmas manuscritas .....	95
<b>6. IMPLEMENTACIÓN DE DLL .....</b>	<b>102</b>
6.1. Introducción.....	102
6.2. Tipos de Funciones Creadas.....	102
6.3. Especificaciones de cada Función Principal ...	102
6.3.1. Función: Grafometría .....	103
6.3.2. Función: Aprender .....	103
6.3.3. Función: Grafoscopía.....	104
6.3.4. Función: Optimizar.....	105
6.4. Especificaciones de cada Función Complementaria .....	106
6.4.1. Función: CadenaAcolumnas .....	106
6.4.2. Función: McadenasAcolumnas .....	107
6.5. Algoritmo Básico Utilizando la DLL Prefirm 1.0.....	108
<b>7. SOFTWARE PROPUESTO .....</b>	<b>109</b>
7.1. Introducción.....	109
7.2. PREFIRM.....	109
7.2.1. Barras de Herramientas.....	110
7.2.1.1. Barra de Estándar .....	110
7.2.1.2. Barra de Edición .....	110
7.2.1.3. Barra de Aplicaciones .....	110



7.2.2. Barra de Menús .....	111
7.2.2.1. Menú Archivo .....	111
7.2.2.2. Menú Edición.....	111
7.2.2.3. Menú Ver.....	111
7.2.2.4. Menú Ayuda .....	111
7.3. AFir & UBD .....	112
7.3.1. La UBD.....	113
7.3.1.1. Administrador de usuarios de la UBD .....	113
7.3.1.2. Visualizador de datos adquiridos con AFir .....	114
7.3.2. AFir .....	115
7.3.2.1. Control de Adquisición de Firmas.....	115
7.3.2.2. Visualización de Firmas y Controles de Navegación ..	116
7.3.2.3. Visualización de Características Grafométricas de las Firmas de Prueba.....	118
7.3.2.4. Visualización de Características Grafométricas de las Firmas Indubitadas y los Valores Aprendidos por el Sistema .....	119
7.3.2.5. Área de Pruebas y Optimización del Nivel de Seguridad .....	120
7.3.2.6. Controles Complementarios.....	121
7.4. IFir .....	122
7.5. VeriFirm.....	123
 8. SOFTWARE PROPUESTO II.....	124
8.1. Introducción.....	124
8.2. PREFIRM En Línea.....	124
8.3. AFir En Línea.....	125
 9. MANUALES .....	127
9.1. Introducción.....	127
9.2. PREFIRM.....	127
9.2.1. AFir & UBD.....	128

9.2.2. IFir .....	132
9.2.3. VeriFirm.....	132
9.3. PREFIRM En Línea.....	133
9.4. AFir En Línea.....	134
 <b>10. APLICACIONES CON LA DLL.....</b>	<b>136</b>
10.1. Introducción.....	136
10.2. Implementación de Aplicaciones con la DLL Prefirm 1.0.....	136
10.3. Algoritmos Básicos de Implementación de Aplicaciones con la DLL Prefirm 1.0 .....	137
10.3.1. Algoritmo Básico para obtención de Características Grafométricas.....	137
10.3.2. Algoritmo Básico para obtención de Valores Aprendidos por el Sistema .....	138
10.3.3. Algoritmo Básico de Análisis de Firmas Dubitadas .....	138
 <b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>139</b>
 <b>12. ANEXOS .....</b>	<b>140</b>
12.1. Hojas de especificaciones .....	140
12.1.1. Hoja de especificaciones de la ePad Pos .....	140
12.1.2. Hoja de especificaciones de la GRAPHIRE.....	141
12.1.3. Hoja de especificaciones de la SigLite LCD .....	143
12.2. Códigos en Visual Basic 6.0 de las Aplicaciones Implementadas .....	144
12.2.1. PREFIRM .....	144
12.2.2. Código del AFir .....	148
12.2.3. Código del IFir .....	165

12.2.4. Código del VeriFirm .....	169
12.2.5. Código del PREFIRM En Línea .....	174
12.2.6. Código del AFir En Línea.....	178

<b>13. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>183</b>
-------------------------------	------------

# INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo mostrar una descripción de los fundamentos que formarán la base del Prototipo de Software de Computadora para Reconocimiento de Firmas Manuscritas.

El documento contiene: un resumen de los antecedentes existentes sobre el reconocimiento de firmas manuscritas, una descripción del equipo de hardware evaluados para la captura de la firma, la presentación de los métodos propuestos para su reconocimiento, las pruebas en el lenguaje de desarrollo rápido (MatLab®) con los parámetros obtenidos con software de captura AFIR (creado en Visual Basic®), así como, la validación del método de reconocimiento seleccionado,

El sistema propuesto tiene como base dos aspectos muy importantes: la biometría y la grafoscopía.

La **Biometría** que es la ciencia que se encarga de los análisis estadísticos de observaciones biológicas. Y se basa en la premisa de que cada individuo posee rasgos distintivos, propios de él, los cuales pueden servir para reconocer a dicho individuo.

La **Grafoscopía** es la disciplina que se ocupa del examen de los grafismos, (Manera de realizar cada trazo de una firma desde el punto de vista del autor), con el fin de establecer el reconocimiento de firmas o manuscritos y determinar si estos son auténticos o no.

Y es a partir de éstos que se diseñará una solución adecuada para el problema de reconocimiento de firmas manuscritas.

En este documento se presenta en el Capítulo 1: Los Antecedentes, los estudios previos a este trabajo que han tratado la problemática del reconocimiento de firmas manuscritas, desde diversos puntos de vista empleando distintos métodos, así como una descripción de los sistemas con los que se cuentan en ciertos países para combatir el fraude (primordialmente el bancario) en cheques y documentos legales por suplantación.

En el Capítulo 2: Marco Teórico, se presenta al lector los conocimientos fundamentales involucrados en el tratamiento y reconocimiento de firmas, profundizando sobre los métodos de adquisición (biometría), estudio de los trazos (grafoscopía) y se ofrece una introducción a los métodos de reconocimiento de firmas.

En el Capítulo 3: Hardware y Software, se presentan los dispositivos de hardware investigados como dispositivos biométricos y las razones de porque se escogió uno de ellos para el presente trabajo, así como también, se presenta el software de Interfaz Gráfica con el Usuario (GUI, por su siglas en inglés), llamado AF<sub>IR</sub>, para la adquisición de la firmas manuscrita desde el dispositivo de hardware seleccionado, y se brinda una descripción de los parámetros biométricos capturados para el posterior reconocimiento de las firmas.

En el Capítulo 4: Pre-procesamiento, se hace una explicación sobre la conversión y el paso de parámetros biométricos a características grafotécnicas, así como las razones para ello. También se introduce una potente herramienta de análisis de imágenes, la cual, representa uno de los ejes fundamentales de este estudio, los filtros “Logarítmicos de Gabor”.

En el Capítulo 5: Evaluación de los métodos, se presentan los resultados de las pruebas de los cuatro métodos propuestos para el reconocimiento de firmas manuscritas, así como la selección y validación de uno de éstos para la elaboración del software final de reconocimiento propuesto por este trabajo.

En el Capítulo 6: Implementación de la DLL, se presentan las funciones creadas para el reconocimiento de firmas manuscritas así como su implementación en una librería dinámica con el fin de poder éstas ser utilizadas desde cualquier aplicación bajo Windows XP®.

En el Capítulo 7 y 8: Software propuesto, se demuestra la integración de las funciones creadas, y su utilización en la implementación de un aplicación capaz de brindar reconocimiento de firmas manuscritas de forma local y remota.

En el capítulo 9: Manuales, se explican los pasos a seguir para el correcto uso de las aplicaciones implementadas y expuestas en los capítulos 7 y 8.

En el capítulo 10: Aplicaciones con la DLL, se detallan los algoritmos de las aplicaciones implementadas en este trabajo, así como, la forma de crear programas con las funciones de la DLL.

En el capítulo 11: se brindan las conclusiones de este trabajo de final de carrera.

# 1 ANTECEDENTES

## 1.1 Antecedentes Históricos sobre el reconocimiento de Firmas Manuscritas.

El ser humano ha tenido la preocupación de desarrollar sistemas de identificación personal, es decir, sistemas que respondan si una persona es quién dice ser. La motivación ha sido muy variada y originada por circunstancias muy diferentes, tales como la verificación de mensajes o de transacciones comerciales.

Todas estas circunstancias han llevado a una depuración de los sistemas de identificación, que han pasado desde el simple reconocimiento visual en la prehistoria, sellos con imágenes de la Roma y Grecia clásica, hasta los modernos sistemas de identificación biométrica [23].

La escritura es un gesto resultante de un acto de voluntad o de un reflejo condicionado en su extensión, dirección y forma, por factores: anatómofisiológicos, rapidez en la transmisión de influjos nerviosos por las vías conductoras, fuerza muscular, elasticidad de las articulaciones y longitud de las palancas óseas.

Actualmente, se puede establecer que los problemas más comunes, relacionados con la escritura, es la identificación de la mano que la produjo, lo cual se establece por la confrontación de las características específicas que la agilización y automatización de los centros motores producen en las escrituras comparadas. El método más antiguo consiste en emplear un “cuenta hilos” o “lupa” [1] (véase figura 1.1), un pequeño aparato utilizado por los expertos para comparar las características de una firma manuscrita con respecto a la original y determinar su legitimidad. [21]



Figura 1.1. Cuenta hilos o lupa.

En el caso de la firma, a lo largo de la historia los falsificadores se las han ingeniado para reproducirlas siendo los tipos de falsificaciones más comunes [1]:

- **Servil:** Es cuando el falsificador procura hacer una copia de la firma dibujándola lentamente.

- **Libre:** Es más espontánea, pero no produce las características internas de la firma original.
- **Burda:** Esta puede ser por calco o por transplante.
- **Calco:** Entre ellos esta el método por punta seca en el que se utiliza un grafito y papel carbón.
- **Transplante:** Colocando una cinta adhesiva sobre la firma original y presionando para que la tinta se transfiera a la cinta. La que luego se trasladará a un documento simulando que esta roto.

Actualmente, uno de los sistemas de identificación mas utilizados existe en España y se llama DNI (Documento Nacional de Identidad de España) que incluye una fotografía, para identificación visual de la persona; la huella dactilar, para identificar o saber si una persona ha tocado un objeto; y la firma manuscrita, utilizada no sólo como señal de verificación o consentimiento en un escrito sino también como método que establece la capacidad de una persona en la realización de una transacción (por ejemplo, el pago con tarjeta de crédito) [12].

Entre los mencionados sistemas de identificación aportados por el DNI, quizá el más importante es el de la firma manuscrita, puesto que la identificación del autor del documento no necesita su presencia física y una vez firmado, no puede negar que prestó su consentimiento al contenido del documento.

En El Salvador el encargado de analizar firmas manuscritas es El Departamento Grafotécnico del Laboratorio Científico de la Policía Nacional Civil que cuenta con un equipo sofisticado para realizar las pruebas grafotécnicas. Este departamento cuenta con lupas, lectores de chip, un estereoscopio zoom, un comparador óptico forense y una maquina de video espectral de comparación [1], los cuales se presentan a continuación:

- **Lupa:** sirve para el primer análisis de una firma sospechosa.



Figura 1.2 Lupa para análisis de firmas [1]

- **Lector de chip:** sirve para identificar licencias y tarjetas de circulación falsificadas o robadas.



Figura 1.3 Lector de chip. [1]

- **Estereoscopio zoom:** Este aparato presenta la firma analizada en tercera dimensión.

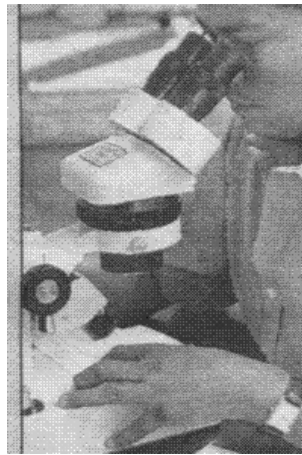


Figura 1.4 Estereoscopio zoom para ver firma en tercera dimensión [1]

- **Comparador óptico forense:** Se usa para analizar simultáneamente las firmas la original y la investigada.



Figura 1.5 Comparador óptico forense. [1]



- **Video espectral de comparación:** Mediante diferentes filtros, este aparato permite ver tachaduras.



Figura 1.6 video espectral de comparación. [1]

Otro parámetro muy importante que hay que agregar es que “NO HAY DOS FIRMAS IGUALES” según Carlos Armando Cáceres Jefe de la Unidad Grafotécnica de la PNC, dice, que basta con observar a un niño de kinder para constatar que cuando empezamos a escribir hacemos nuestros primeros trazos de manera indecisa, el pulso tiembla y no se sabe como sostener el lápiz. Con el tiempo y la práctica se adquiere lo que se llama “personalidad gráfica”, que es entonces que tanto el puño como la mano se habitúan a esa función y los movimientos se graban en el cerebro.

Lo anteriormente mencionado lleva a una conclusión muy importante y es que ni siquiera la misma persona puede hacer la firma idéntica. Para comprender mejor lo antes planteado, puede observarse el siguiente ejemplo (véase la figura 1.7) de un análisis Grafotécnico realizado por la PNC en donde la firma dubitada es la cuestionada y la firma indubitada es la genuina. [1]

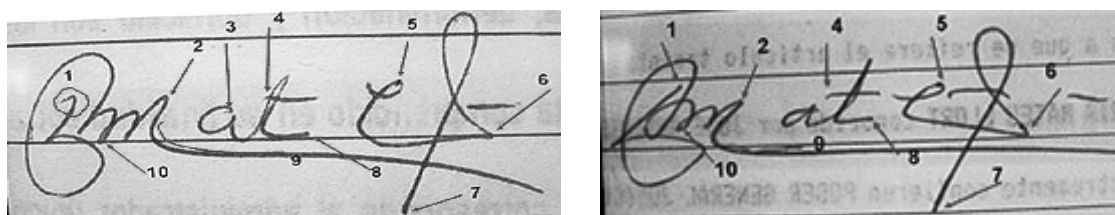


Figura 1.7 Imágenes de firma dubitada y la firma indubitada.

Donde el análisis Grafotécnico arrojó los siguientes resultados:

- N° 1 y 3: Estos movimientos gráficos se consideran hábitos escriturales con base en la reiterada ejecución, similar el las otras firmas de comparación.
- N° 2: El tercer gamma de la letra “m” sobresale en su zona superior. Su espacio interior es estrecho respecto a los dos movimientos anteriores por su ejecución en ángulo.

- Nº 4: En la ejecución del barrado de la “t” se comienza ejerciendo una presión progresiva y con un movimiento ascendente, manifestándose un inicio acelerado y un gancho.
- Nº 5: En la elaboración del ojal de la letra “e” existe un cambio súbito de dirección y se evidencia con la reproducción de un ángulo.
- Nº 6: Ángulo en la zona inferior derecha de supuesta “s”.
- Nº 7: Al final del rasgo que se asemeja a una letra “s” se realiza un movimiento regresivo por lo que existe un repaso del trazo.
- Nº 8: En el rasgo final de la letra “t” se ejerce presión uniforme hasta el final, produciéndose una salida o escape de forma abrupta.
- Nº 9: La habilidad escritural que presenta la firma debitada permita también dar valor identificador a la ejecución similar de este movimiento.
- Nº 10: El trazo ascendente del primer gramma de la letra “m” no vuelve por el mismo sitio del trazo descendente, formándose consecuentemente en un bucle.

**CONCLUSIÓN DEL ANALISIS GRAFOTÉCNICO:** Ambas firmas provienen del mismo puño gráfico (aunque parezcan diferentes).

Este hecho hace que el reconocimiento de firmas manuscritas haya sido objeto de numerosas investigaciones en los últimos años. Los sistemas de verificación de firmas se dividen generalmente en dos categorías: sistemas on-line y sistemas off-line [12] (véase la figura 1.8).

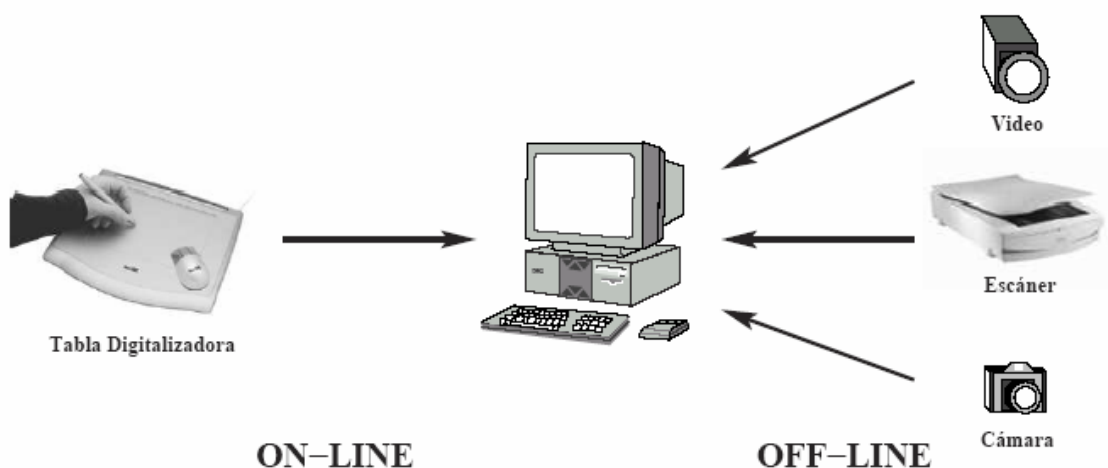


Figura 1.8 Esquema ilustrativo de algunos dispositivos de adquisición “on-line” y “off-line”.

En los Sistemas on-line, se requiere la presencia física del firmante y utilizan características dinámicas para la verificación de la firma, tales como la inclinación del bolígrafo, la presión ejercida en cada momento del trazo, la velocidad del trazo, la secuencia de direcciones tomadas por el trazo, etc.

Para obtener este tipo de verificación en el momento de establecer la identidad del firmante se necesitan tabletas digitalizadoras, bolígrafos electrónicos, etc. (tomado de [23]).

Los Sistemas off-line parten de la firma estampada en un documento, y tras escanear la imagen, se extraen características geométricas de la firma para verificar la identidad del firmante (tomado de [23]).

Evidentemente, una desventaja que presentan los sistemas off-line, es que se pierde la información dinámica o secuencial de la firma, dicha pérdida de información hace que a pesar de no precisar la presencia física del firmante y requerir un equipamiento más económico, funcionen peor en cuanto a tasa de aciertos que los on-line. Recientemente se han desarrollado sistemas que a partir del trazo de la firma reconstruyen las características dinámicas disminuyendo la probabilidad de error en la verificación de la firma, aunque estos procedimientos precisan mucha mejora.

Por otra parte, la Asociación de Peritos Grafólogos [21] de España desarrolló un sistema llamado CALIGRAPH®, diseñado para capturar y analizar una firma, así como las funciones para la medición del tiempo, la velocidad y la presión ejercida sobre el medio de captura de la firma que nos proporciona un medio más exacto y confiable en la autenticación de firmas manuscritas.

De 1989 a 1993 se dieron grandes descubrimientos de investigadores importantes en la rama, a través de nuevas tecnologías aplicables al reconocimiento de firmas manuscritas tales como: las Redes Neuronales Artificiales y el Procesamiento en Paralelo. [12]

En base a lo anterior, se definen dos métodos para autenticación de firmas manuscritas:

- a) **Verificación Estática de la firma (Off-Line):** Se basan en la imagen estática de la firma; resultado de la acción de firmar.
- b) **Verificación Dinámica de la firma (On-Line):** Utilizan procesos dinámicos; la acción de firmar por sí misma.

Ambos métodos son evaluados por dos tipos de errores que determinan el porcentaje de aceptación y rechazo de firmas manuscritas, los cuales son:

- a) **Error Tipo I:** Expresa el porcentaje de firmas auténticas que son rechazadas.
- b) **Error Tipo II:** Expresa el porcentaje de firmas falsas que son aceptadas.

Con lo que se puede concluir: que al minimizar el Error Tipo II se incrementa el Error Tipo I. La relación inversa entre los dos tipos de error permite al diseñador de un sistema biométrico balancear la consistencia de los errores Tipo I y Tipo II con los requerimientos del usuario del sistema.

En general, el usuario del sistema debe aceptar un porcentaje de Error Tipo I por arriba del 4% para prevenir cualquier Error Tipo II.

### **1.1.1 Verificación Estática de firmas (Off-Line) [12]**

En 1989 M. Ammar introduce la AMT (Ammar Matching Technique) que mide las figuras realizadas en la firma, eliminando dictámenes falsos con un error medio de 2 % y una base de datos de 200 firmas auténticas de 20 personas y 200 falsificaciones de 20 falsificadores.[12]

Posteriormente, J. C. Pan y S. Lee centran su estudio en la imagen de la firma, usan bases heurísticas para representar la firma como una serie de elementos. [12]

R. Sabourin en colaboración de R. Plamondon definieron y evaluaron numerosas similitudes relacionales de las medidas tomadas entre vectores de la firma representando distancias espaciales entre el contorno o silueta de la firma y pares de prueba primitivos.

Por su parte, T.S. Wilkinson y J.W.Goodman se basaron en las propiedades de curvatura, longitud total y ángulo de inclinación, proponiendo el uso de histogramas de inclinación para detectar falsificaciones. Los resultados obtenidos fueron una base de datos de 500 firmas auténticas y 306 falsificaciones aleatorias; además de un Error Tipo I y tipo II del 7%.

D. Randolph y G. Krishnan realizaron un sistema heurístico que aprende a reconocer firmas aceptando el 92.5% de firmas auténticas, es decir, Error Tipo I del 7.5 % y Error Tipo II del 5.5% por lo que rechaza el 94.5% de las falsificaciones. Se obtuvo una base de datos de 120 firmas auténticas y 36 falsificaciones simples, es decir, realizadas sin examinar la firma a fondo.

A continuación, G. Krishnan y D. Jones llevaron a cabo un algoritmo para detectar falsificaciones por calcado; sugiriendo que la dispersión de la tinta a lo largo del trazado de un falsificador es distinta a la de quien firma naturalmente. Se obtuvo una base de datos de 120 firmas auténticas de 12 personas y siete falsificaciones por calcado para cada persona de 15 falsificadores diferentes.

En México, el encargado de la verificación de firmas es, La Procuraduría General de la República y cuenta con el equipo más moderno del mundo para este tipo de investigaciones, el cual consiste en un conjunto de aparatos conectados en red, una lente macro, microscopios y computadoras que cuentan con un software llamado VSC2000 de foster + freeman [22] (véase figura 1.9), que permite realizar un filtrado de firmas estampadas en papel, cabe mencionar que al final del proceso la decisión es totalmente humana y estas son tan solo herramientas que auxilian para ello.



Figura 1.9 Equipo especializado de filtrado VSC2000 de foster + freeman.

En este tipo de verificación es difícil eliminar falsificaciones por calcado, ya que solo se fija la atención en imitar la forma de la firma no los movimientos; lo anterior puede solucionarse mediante la comparación de las imágenes de las firmas a escala de grises.

Este método tiene un impacto muy grande en cuestiones financieras como la verificación de firmas en cheques y en documentos oficiales, en la cual no se requiere la presencia del firmante. [12]

### 1.1.2 Verificación Dinámica de Firmas (On-line) [12]

Un sistema de autenticación dinámica de firmas (on-line) se diseña por medio de las siguientes etapas, que son:



Figura 1.10 Etapas para el diseño de un sistema de verificación dinámico.

La etapa de Adquisición de la firma es muy importante, ya que la calidad de las señales es crítica para optimizar el proceso de comparación, lo cual dependerá totalmente del dispositivo de captura utilizado (pad, tarjeta digitalizadora, etc.). [12]

El procesamiento de las señales en la autenticación dinámica puede ser indudablemente largo ya que se procesan las coordenadas [x,y] del bolígrafo como función del tiempo, velocidad, aceleración, presión, etc. El tiempo de ejecución del sistema se asocia con minimizar el preprocesamiento, ya que esta etapa corrige errores de adquisición y adecua los datos para un eficiente procesamiento. [12]

A partir de la década de los ochentas, con el desarrollo de nuevas tecnologías de adquisición de datos tales como Pad, tabletas gráficas y tabletas digitalizadoras, se empezaron a llevar a cabo sistemas de autenticación dinámica de firmas manuscritas, los cuales se iniciaron con el trabajo de R. Baron y R. Plamondon que implementaron un bolígrafo que mide la aceleración de firmado en tiempo real. [12]

También, P. De Bruyne y R. Korolnik desarrollaron hardware que permitía medir características caligráficas tanto estáticas como dinámicas de una firma. [12]

H. Taguchi, K. Kiriya, E. Tanaka y K. Fujii desarrollaron una bolígrafo capaz de medir el ángulo de la firma y la fuerza ejercida en ella, basados en un digitalizador comercial obtuvieron una base de datos con 105 firmas auténticas y 105 falsificaciones; con lo cual se presentó un Error Tipo I del 6.7% y Tipo II del 0%.

Por otro lado, R. Plamondon y M. Parizeau compararon las distintas velocidades horizontales y verticales, posiciones horizontales y verticales, aceleraciones horizontales y verticales, encontrando que las señales verticales son las más discriminativas y esa velocidad es la mejor representación para una firma 2D.

Sin embargo, se determinó que es posible representar firmas en el dominio de la frecuencia, al considerar coordenadas  $[x,y]$  como la parte real e imaginaria de un número complejo. Esto se intentó con una base de datos con 232 firmas auténticas y 434 falsificaciones. El análisis espectral se lleva a cabo con partes de la firma, obteniendo un Error Tipo I del 3.5% y Tipo II del 4.2%.

G. Gazzollo y L. Bruzzone proponen una metodología para la identificación de firmantes basada en características geométricas, dinámicas y grafológicas que genere un vector de referencia de la firma.

L. Yang, B. K. Widjaja y R. Prasad utilizaron los modelos ocultos de Markov, con una base de datos de 496 firmas auténticas de 31 personas obteniendo un Error Tipo I de 4.44% y Tipo II de 1.79% con falsificaciones aleatorias.

Mientras tanto, N. Mohan Krishnan, M. J. Paulik y M. Khalil aplicaron un modelo no estacionario y regresivo para la verificación de firmas con una base de datos de 928 firmas (58 de 16 firmantes) con un error aproximado de 8% con falsificaciones aleatorias.

Finalmente, D. P. Mital y K. T. Lau con un bolígrafo instrumentado y un microprocesador que extrae las características dinámicas de una firma, obtienen un Error Tipo I de 2% y Tipo II de 5%. [12]

## **1.2 Antecedentes Históricos del Reconocimiento de Firmas Manuscritas utilizando Redes Neuronales Artificiales<sup>1</sup> [12]**

Las Redes Neuronales Artificiales se emplean en el reconocimiento de firmas manuscritas para segmentarlas, obteniendo sus rasgos más importantes y pueden emplearse en la verificación estática y dinámica de una firma manuscrita. [12]

Estas pueden entrenarse para reconocer firmas y sus características que se usaran para clasificarlas como auténticas o falsas; como función del tiempo en el proceso de entrenamiento. Sin embargo, requieren de un gran número de especímenes para asegurar que la red aprenda de manera adecuada.

Para que la red distinga entre firmas auténticas y falsas, deben dársele ejemplos o muestras de ambas. Las falsificaciones, son difíciles de obtener por lo que ciertos autores usan firmas deformadas en lugar de falsificaciones.

En cuanto a los Sistemas Dinámico de Reconocimiento de Firmas, las redes se entrenan con firmas auténticas, el vector de las características se evalúa para ver si la firma corresponde o no a los patrones aprendidos, esta red actúa como un clasificador. Las pruebas y resultados de estudios anteriores se resumen en la tabla 1.1

En lo que a Sistemas Estáticos de Reconocimiento de firmas se refiere, se entrenaron redes con falsificaciones generadas por computadora. Las pruebas y resultados de estudios anteriores se resumen en la tabla 1.2 [12]

---

<sup>1</sup> Ver descripción formal en la sección 2.4

Autores	Señales utilizadas	Conjunto de firmas	Redes utilizadas	Errores		Comentarios
				Tipo I	Tipo II	
H.D.Chang J. F. Wang H.M. Suen	Parámetros producidos por: $u_x(t)$ $u_y(t)$	800 firmas auténticas (10 firmas, 80 firmantes) 200 falsificaciones aleatorias	Bayesiana	2%	2.5%	10 ejemplares para el aprendizaje Aprendizaje incremental con ejemplares auténticos
J. Higashino	Presión $u_p(t)$ Velocidad $u_v(t)$	527 ejemplares de 70 firmantes	2 capas ocultas 768 entradas 1 salida	7.97 %	0.61%	Se registraron la mitad de las muestras de firmas en el entrenamiento y la otra mitad en la prueba.
J. Minot P. Gentic	$u_x(t)$ , $u_y(t)$ presión $u_p(t)$	120 firmas auténticas (10 firmas, 12 firmantes)	Específica	2 %	4 %	5 ejemplares para entrenamiento 5 ejemplares y 4 falsificaciones para la prueba
E. Desjardin A.C.Doux M.Milgram	Velocidad $u_v(t)$	195 firmas auténticas (15 firmas, 13 firmantes) 340 falsificaciones	Diabolo	0 %	0.38 %	10 ejemplares para entrenamiento 5 ejemplares para la prueba y 340 falsificaciones
S.M.Lucas R.I.Damper	$u_x(t)$ , $u_y(t)$	400 firmas auténticas de 40 firmantes	Red neuronal sintáctica	5.6 %	4.5 %	La red infiere una gramática.
L.Y.Teng T.H.Huang	un bit de presión $u_p(t)$	90 firmas auténticas (10 firmas, 9 firmantes) 10 falsificaciones	Red ART1	12.5 – 28.8 %	5.0 – 12.5%	Se utiliza para realizar falsificaciones Entre 5 o 10 ejemplares para entrenamiento.

Tabla 1.1 Comparación entre sistemas dinámicos de reconocimiento de firmas que utilizan RNA [12]



Autores	Señales utilizadas	Conjunto de firmas	Redes utilizadas	Errores		Comentarios
				Tipo I	Tipo II	
S. Barua	Imagen binaria de 5 x 35	27 patrones	Perceptrón multicapa	90 – 95%	90 – 95%	3 ejemplares para el entrenamiento
H. Cardot et al.	Imagen binaria de 512 x 512	6000 firmas	Combinación de varios tipos de redes	5 %	2 %	El tamaño del conjunto de entrenamiento se desconoce.
D. A. Miguell	Imagen binaria de 128 x 64	80 firmas auténticas de 1 firmante y 66 falsificaciones	33 entradas 32 capas ocultas 1 salida	2 %	2 %	20 patrones de entrenamiento (10 auténticos y 10 falsificaciones) 126 patrones de prueba (70 auténticos y 56 falsificaciones)
R. Sabourin y J. P. Drouard	Imagen binaria a escala de grises (256 tonos) de 128 x 512	195 firmas auténticas (15 firmas, 13 firmantes) 340 falsificaciones	Diabolo	0 %	0.38 %	10 ejemplares para entrenamiento 5 ejemplares para la prueba y 340 falsificaciones

Tabla 1.2 Comparación entre sistemas estáticos de reconocimiento de firmas que utilizan RNA. [12]

Es importante mencionar, que una gran ventaja de las RNAs es que son capaces de aprender a separar clases de patrones; siendo su principal desventaja la necesidad de introducir al sistema firmas falsas, lo cual se soluciona usando falsificaciones aleatorias, generadas por computadora o usar redes diseñadas para una clase de firmantes.

Además, el número de firmas necesarias para el entrenamiento de la red va de 10 a 20 firmas. [12]

# 2 MARCO TEÓRICO

## 2.1 Biometría.

La biometría se basa en la premisa de que cada individuo es único y posee rasgos físicos distintivos, (rostro, huellas digitales, iris, etc.) o de comportamientos (la voz, la manera de firmar, etc), los cuales pueden ser utilizados para identificar a una persona [13]

### 2.1.1 ¿Que es la biometría?

La palabra biometría se deriva de las palabras: “bio” (vida) y “metría” (medida).

La ciencia biométrica se define como el análisis estadístico de observaciones biológicas.

Así, un “dispositivo biométrico” es aquel que es capaz de capturar características biológicas de un individuo (rostro, huella dactilar, voz, etc), compararlas electrónicamente contra una población de una o más de tales características y actuar según el resultado de la comparación. [13]

### 2.1.2 Técnicas de reconocimiento utilizando biometría. [13]

En la actualidad existe una gran necesidad e interés en el mundo por encontrar un método ideal de identificación humana, que brinde un método seguro, para ello se ha venido estudiando y diseñando equipos capaces de identificar características propias de cada individuo, los cuales pueden ser utilizados para identificar o validar si se trata de un individuo específico. [13]

Los métodos para identificación humana han tenido un gran auge y es así, como nacen los dispositivos biométricos, que son aquellos capaces de capturar características biológicas de un individuo (rostro, voz, firma, etc.), compararlas electrónicamente, contra una población de una o más de tales características y actuar según el resultado de la comparación.

El reconocimiento que establece una prueba de identidad de un usuario para una computadora, es una de las cuestiones más importantes de seguridad. Por ejemplo, los cajeros automáticos, necesitan de una cantidad de números (contraseña) para identificar si se trata del dueño de la cuenta, pero estas contraseñas así como son fáciles de recordar son fáciles de romper.

El reconocimiento de un usuario es básicamente un proceso de prueba de su identidad. Existen tres técnicas básicas, basada en: “algo que el usuario sabe”, “algo que el usuario tiene” y “algo que el usuario es”. Por ejemplo el reconocimiento de la firma es una combinación de dos métodos “algo que el usuario sabe” y “algo que el usuario es”.

¿A que se debe esta combinación?

El usuario recuerda como son los trazos de su firma, el punto de comienzo, etc. (“algo que el usuario sabe”) pero también contiene característica propias del comportamiento del usuario (“algo que el usuario es”), la firma es una habilidad única adquirida por el usuario ya que es un rasgo de su comportamiento.

La mayoría de los sistemas de identificación humana tienen pasos similares de cómo trabajan y estos se pueden resumir en dos:

El primer paso consiste en que la persona debe “registrarse” en el sistema. Durante el proceso de registro, el sistema captura el rasgo característico de la persona, como por ejemplo la firma, y lo procesa para crear una representación electrónica llamada “modelo de referencia”. El modelo de referencia debe ser guardado en lugar del cual será extraído en cualquier ocasión futura para el segundo paso. Se debe generar un ensayo de comparación para el cual sean cotejados los “umbrales” antes de ser aceptados o rechazados, si el umbral es demasiado bajo, se vuelve demasiado fácil para una persona no autorizada ser aceptada por el sistema, en cambio si el umbral está demasiado alto, personas autorizadas pueden llegar a ser rechazadas. [13]

El segundo paso depende de si la función del sistema consiste en verificar la identidad de la persona o identificar a la persona.

- En el caso de “verificación”, la persona le informa al sistema cual es su identidad. El sistema captura el rasgo característico de la persona (la firma en nuestro caso) y lo procesa para crear una representación electrónica llamada “modelo en vivo”. Por último, el sistema compara el modelo en vivo con el modelo de referencia de la persona. Si ambos modelos convergen la verificación es exitosa. De no serlos, la verificación es fallida.
- En caso de que la función del sistema sea “identificación”, la persona no le informa al sistema cual es su identidad. El sistema tan solo captura el rasgo característico de la persona y lo procesa para crear el modelo en vivo. Luego el sistema procede a comparar el modelo en vivo con un conjunto de modelos de referencia para determinar la identidad de la persona.

Tanto en verificación como en identificación, si la comparación es exitosa el sistema concede a la persona ciertos privilegios como, por ejemplo, acceso a un área restringida o acceso a su cuenta de banco. Cuando la comparación es fallida, los privilegios son negados.

### 2.1.2.1 Dispositivos biométricos usados actualmente. [13]

#### ✓ Lector de impresión digital.



Figura 2.1 Lector de impresión digital

Descripción funcional:

- Diseño formado por las papilas de la piel del dedo.
- Única para cada persona.
- Cambia poco con la edad.

#### ✓ Scanner del iris.

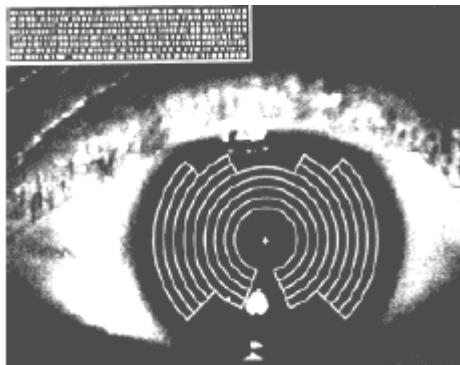


Figura 2.2 Ojo humano

El iris humano (el anillo que rodea la pupila, que a simple vista diferencia el color de ojos de cada persona) es igual que la vasculatura retinal, una estructura única por individuo que forma un sistema muy complejo (de hasta 266 grados de libertad), inalterable durante toda la vida de la persona. El uso por parte de un atacante de órganos replicados o simulados para conseguir una falsa aceptación es casi imposible con análisis infrarrojo, capaz de detectar con una alta probabilidad si el iris es natural o no.

✓ **identificador de patrones de voz.**

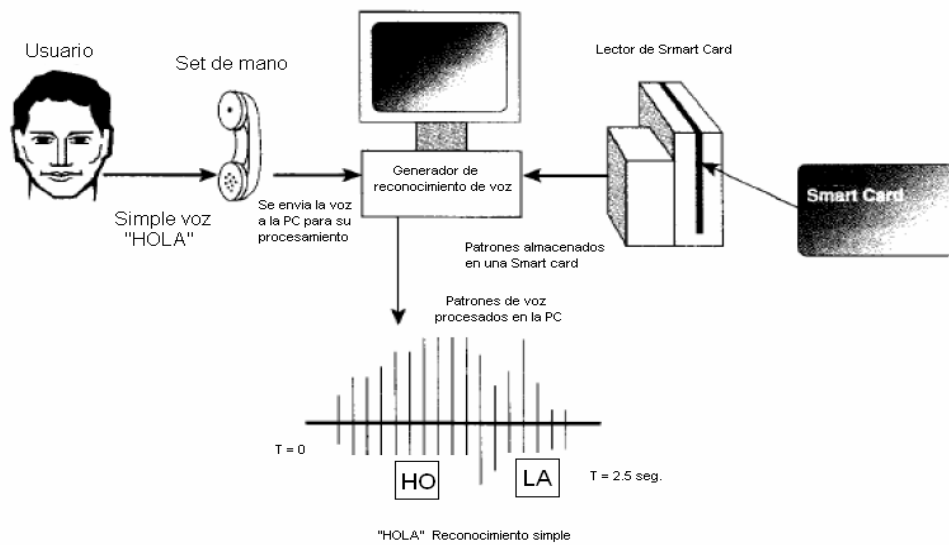


Figura 2.3 Esquema del identificador de voz [13]

La voz es otra característica que las personas utilizan comúnmente para identificar a los demás. Es posible, detectar patrones en el espectro de la frecuencia de voz de una persona que son casi tan distintivos como las huellas dactilares. Tan solo basta recordar las veces en que reconocemos a alguien conocido por teléfono para comprender la riqueza de esta característica, como método de reconocimiento.

✓ **Reconocimiento del rostro.**

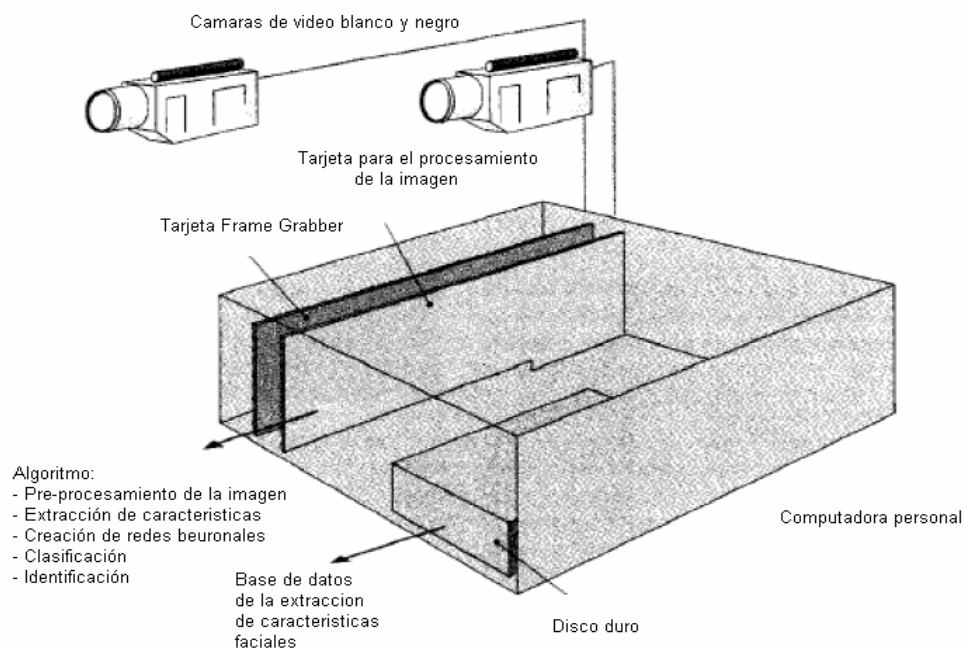


Figura 2.4 Esquema del circuito de reconocimiento del rostro humano [13]

Muy popular hoy en día, relativamente barato y con niveles razonables de acierto, este dispositivo captura patrones geométricos en el rostro a través de una cámara. Los sistemas de reconocimiento de rostro son tal vez los más fáciles de comprender ya que para nosotros la cara es la manera más directa de identificar a los familiares, amigos, conocidos o celebridades.

Los métodos utilizados en el reconocimiento de rostros van desde la correlación estadística de la geometría y forma de la cara, hasta el uso de tecnología de redes neuronales que buscan imitar la manera en que funciona el cerebro humano. Muchos de estos sistemas pueden reconocer a una persona aun cuando esta se haya dejado crecer la barba o el bigote, se pinte o se cambie el estilo del cabello, tenga maquillaje o use anteojos.

#### ✓ **Reconocimiento de firma.**



Figura 2.5 Tarjeta adquisidora para reconocimiento de firmas [20]

La firma es un método de verificación de identidad de uso común, diariamente las personas utilizan su firma para validar cheques y documentos importantes. Como la firma es una habilidad adquirida, se le considera un rasgo de comportamiento. Es muy difícil poseer una habilidad humana para identificar si una firma es o no autentica.

En biometría, el uso de la firma para verificación de identidad se hace de una manera diferente a la tradicional. Dependiendo del sistema, tanto la superficie donde se firma como el bolígrafo utilizado pueden contener varios sensores. Estos sensores miden características mucho más allá que simplemente la forma o apariencia de la firma, por ejemplo, la presión que se aplica sobre la superficie, el ángulo al cual se sujeta el bolígrafo y hasta la velocidad y el ritmo de cómo la persona ejecuta su firma, estas son características capturadas por el sistema

## **2.2 GRAFOMETRÍA Y GRAFOSCOPIA [14]**

En el campo comercial y en el manejo de los documentos negociables es de mucha importancia el examen de adulteraciones, cambios, sustituciones, enmiendas, errores, correcciones, borrones, etc. en las firmas manuscritas que son un medio que permite identificar a los individuos. [14]

En la vida diaria se puede ver como cada individuo, desde niño va adquiriendo el mecanismo necesario para ejecutar los grafismos, hasta lograr su perfeccionamiento y espontaneidad.

Para el estudio de esto, un perito se auxilia de las siguientes ramas: [14]

- ✓ La **Grafometría** es la medición de la grafía, o la medición de todos y cada uno de los grammas, (Cada uno de los elementos constitutivos de la escritura) que forman la grafía de la escritura.
- ✓ La **Grafoscopia**, proviene de las raíces griegas “graphé”, escritura y “skopein”, examinar u observar. Por lo tanto, se define como la rama que estudia u observa los escritos en su aspecto material con el objeto de analizarlos.

Se ha demostrado que toda persona al escribir presenta cinco propiedades que son: oblicuidad, tamaño, riqueza de formas, presión y grado de unión y muestra, en esencia, que no hay ningún individuo que pueda fingir al mismo tiempo todas esas propiedades.

Cada persona en su desarrollo físico, presenta una serie de cambios que van repercutiendo en su propia grafía, que puede hacerla elegante, grande, pequeña, fea, mediana, recta, lenta, etc., incluyendo las características personales de su autor y su habilidad para conducir el instrumento con que escribe.

Los rasgos que sirven de unión entre letras y aquellas que se prestan como sus iniciales o finales, suelen presentar características adquiridas paulatinamente por quien escribe por lo que toda persona se acostumbra a utilizar signos, rasgos y trazos con particularidades, dictados por su carácter y habilidad.

“La escritura es inicialmente un acto volitivo, pero cae inmediatamente bajo la acción del subconsciente. El consciente piensa y el subconsciente escribe” [14]

## 2.2.1 Escritura y Movimiento

La escritura es un acto resultante de voliciones y reflejos, condicionados por las constantes anatómicas, fisiológicas y psíquicas, debidas a la herencia y la educación. [16]

La práctica realizada por un sujeto determinado le enseña el proceso y le da habilidad manual para la ejecución de grafismos o dibujos; esta adquisición es poco propensa al cambio y a la variación, ya que en cada individuo se especifica y delimita la acción para la escritura, dentro de las bases grafoscópicas generales de orientación, inclinación, proporciones, márgenes, alturas, líneas, ángulos, curvas, ligaduras, etc.

Si todos los factores que intervienen en el mecanismo escritural son normales, el proceso es NORMAL, pero si en ellos existen inconvenientes o violencias, tropiezos u obstáculos, entonces el proceso es ANORMAL.

El sujeto que escribe, después de una larga tarea de aplicación escolar, va fortaleciendo cada día más su habilidad para dicho acto, y va buscando nuevas conexiones y estabilizando mejor su producción grafística. Cuando se encuentran alteraciones en la escritura, tal sujeto es víctima de trastornos psíquicos u orgánicos que arrojan al campo exterior señales y huellas de desviación.

Cuando aparece en el individuo el resultado de su escritura sin diferencias y sin alejamientos con la condición creada y adquirida, con el hábito, se dice que su mecanismo está suficientemente metodizado. Para todo cotejo debe tomarse al menos una escritura normal como punto de partida y analizar de acuerdo con ésta los aumentos o disminuciones encontrados en otras para comparar así sus variedades y complicaciones. [14]

Las fluctuaciones observadas en cada movimiento gráfico admiten un máximo y un mínimo que obran dentro de la identificación.

En una misma firma o manuscrito puede observarse una diferencia de intensidades, dependiente de la transmisión discontinua interna de la corriente nerviosa.

Cada rasgo encierra en sí un gran valor y significado, un análisis progresivo de los movimientos y una indagación persistente acerca de los mecanismos escriturales que bastan para fijar las múltiples relaciones y para señalar las causas y efectos de la grafoscopia.

La repetición del acto escritural hace a la larga disminuir el esfuerzo para su reproducción, llegando así a eliminarlo casi por completo. Por ello es que cuando un sujeto esta acostumbrado a la escritura, escribe sin pensar, a diferencia de un niño quien apenas está aprendiendo por lo que necesita esforzarse en evocar la imagen de lo que intenta escribir.

Esta repetición, busca disminuir la conciencia de verificación de la reproducción gráfica, hasta que el acto se vuelve cada vez menos consciente, terminando en la realización inconsciente del mismo; el hábito tiende a hacer automáticos los movimientos.

El hábito, la repetición, esfuerzo y representación de los grafos son sus bases constantes, que suelen comprenderse en las siguientes relaciones: [14]

- a) A mayor hábito... mejor representación
- b) A mayor hábito... menor esfuerzo
- c) A menor hábito... peor representación
- d) A menor hábito... mayor esfuerzo



## 2.2.2 Leyes del Grafismo [15]

Las leyes del Grafismo tienen su origen en la escritura manuscrita, fueron enunciadas por el perito francés, M. Solange Pellat y constituyen los “Postulados de la Grafoscopia” siendo válidos para todos los idiomas y todos los alfabetos. Estas leyes son las siguientes: [15]

- 1ª. Ley.- “El gesto gráfico está sometido a la influencia inmediata del cerebro. El órgano que escribe no modifica la forma de aquella si funciona normalmente y está lo bastante adaptado a su función”.
- 2ª. Ley.- Cuando uno escribe, el yo está en acción pero el sentimiento, caso inconsciente de esta actuación, pasa por alternativas continuas de intensidad y debilidad. Adquiere el máximo de intensidad cuando tienen que realizar un esfuerzo, es decir, en los comienzos y el mínimo cuando el movimiento de la escritura viene secundado por el impulso adquirido, o sea, en los finales.
- 3ª. Ley.- No se puede modificar voluntariamente, en un momento dado, la escritura natural más que dejando en su trazado la señal del esfuerzo realizado por lograr el cambio.
- 4ª. Ley.- El que escribe en circunstancias en que el acto de escribir es particularmente difícil traza instintivamente, o bien forma las letras que le son más habituales, o bien formas más sencillas y fáciles de construir.

Así como no hay dos personas que reaccionen exactamente igual ante un estímulo, tampoco hay dos que escriban exactamente igual, de ahí viene otra ley del grafismo: “Cada individuo posee una escritura que le es propia y que se diferencia de las demás”.

## 2.2.3 Factores que influyen en la escritura [20]

Entre los diversos factores que modifican la escritura, pueden resaltarse los siguientes: [20]

- a) **Momento en que se verifica la escritura:** Condición decisiva, de la cual depende el resultado, ya que, quien no lo conozca con exactitud, falsearía la investigación o por lo menos la haría inaceptable.
- b) **Espacio:** Factor objetivo que origina relaciones cuantitativas y al combinarse con otros factores como el tiempo podría tomar valores cualitativos. Un caso donde este factor es importante, es cuando un sujeto escribe normalmente con letra grande y al tener un espacio pequeño para escribir, debe reducir su sistema-condición, a fin de ajustarlo al medio contemplado. Por ello, en un examen grafoscópico existe una doble tarea, la de análisis (separa y selecciona) y síntesis (integra y totaliza).

- c) **Posición:** La posición adoptada por el firmante frente al espacio que va a ocupar, trae consigo para el movimiento de la escritura determinadas modalidades de dirección, inclinación, presión, etc. ya que el movimiento bajo esta influencia deriva cambios en la forma y en el contenido.

## 2.2.4 Causas naturales que modifican la escritura

La escritura de una persona se puede modificar voluntariamente y también por causas involuntarias.

**Voluntariamente:** basta con que el ejecutante lo desee para cambiar el diseño de su escritura, en forma parcial o total.

**Involuntariamente:** la escritura, de una persona puede sufrir modificaciones por muchas razones tales como:

- a) **Causas Naturales:** Determinadas por el proceso vital, como la adquisición de la habilidad escritural o la pérdida de la misma por decadencia física del ejecutante.
- b) **Causas Físicas:** Provocadas por el frío, la posición del ejecutante, la naturaleza del instrumento inscriptor, de la superficie de apoyo, inutilización parcial o total, temporal o definitiva del órgano inscriptor, cansancio, etc.
- c) **Causas Patológicas:** Producidas por enfermedades del sistema Neuro-Motor, Cardio-Vascular, de las Vías Respiratorias, Enfermedades Mentales, Manías, Alcoholismo, Fármaco dependencia, etc.
- d) **Causas Afectivas:** Depresión, Afectos, Emociones, Pasiones, etc.

## 2.2.5 Características de las firmas manuscritas que estudian los peritos grafoscópicos para realizar un dictamen

En la escritura y firmas manuscritas se pueden estudiar ciertas características que se pueden observar en todas las firmas, con la modalidad propia de cada ejecutante. Se consideran de importancia ya que corresponden a movimientos automatizados por nuestro subconsciente. [21]

Entre las más importantes se encuentran:

- a) **Alineamiento básico:** Es la colocación que los elementos de una palabra tienen respecto a una recta de referencia.

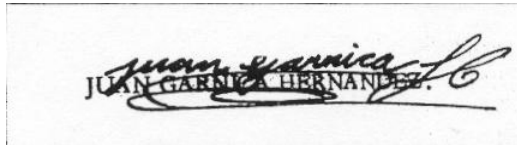


Figura 2.6 Alineamiento básico, en dos planos, uno ondulado y la "H" en otro más bajo.

- b) Presión muscular:** Se estudia en la presencia de trazos apoyados, sutiles o cuando los hay carentes de matices.

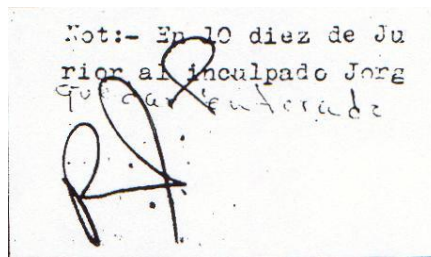


Figura 2.7 Presión muscular aparente mediana con trazos apoyados y sutiles.

- c) Inclinación:** Posición de los elementos gráficos de una palabra en relación a una perpendicular a la recta de referencia del alineamiento básico.

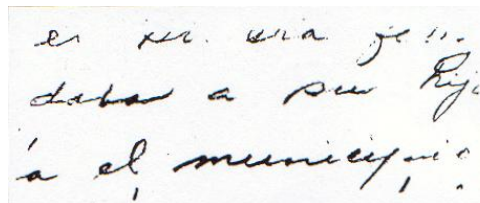


Figura 2.8 Inclinación hacia la derecha.

- d) Dimensión:** Relación de tamaño que existe entre los diversos elementos de la escritura, sin que importe la dimensión total de esta.

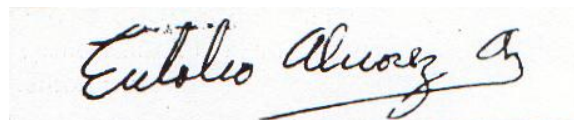


Figura 2.9 La dimensión de la inicial del nombre es mayor a comparación de los demás elementos de la firma.

- e) Momentos gráficos:** Son las veces en que se levanta el lápiz para cada trazo.
- f) Cortes:** Distancia existente entre momentos gráficos.

**g) Tensión:** Se refiere a la firmeza de los trazos de la firma.

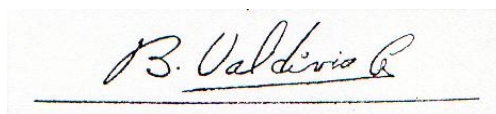


Figura 2.10 Tensión firme en una firma.

- h) Inicios:** Puntos en los que se inicia un momento gráfico, deben ser observados con lentes de aumento, para determinar su forma y colocación.
- i) Enlaces:** Las ligaciones que existen entre los trazos de una firma y se estudian por su forma y colocación.
- j) Finales:** Puntos en los que termina un momento gráfico, también deben ser observados con lentes de aumento.
- k) Velocidad:** Puede ser rápida o lenta, y es el tiempo que tarda en realizarse la firma, los peritos no pueden determinarla con precisión pero pueden inferir dependiendo de los distintos trazos si es rápida o lenta.

## 2.3 MÉTODOS PARA ANALIZAR FIRMAS MANUSCRITAS [21]

El avance realizado en los últimos años ha sido muy significativo, por el perfeccionamiento de los aparatos ópticos (microscopios, espectrógrafo, estereoscopio, lámparas ultravioleta, lupas, comparador óptico, etc.) con los cuales se presentan nuevas oportunidades para el estudio y verificación de firmas manuscritas. [21]

En base a esto se propusieron los siguientes métodos de análisis de firmas:

- a) Método de comparación formal o morfológico:** Trata de realizar ciertos cotejos o comparaciones entre las letras, mientras más semejanzas se aprecien se acercará más a la escritura de una persona y por el contrario cuando más diferencias se encuentren la escritura se alejará del presunto autor. Predominando las semejanzas en las escrituras del mismo puño; y divergiendo si tienen origen diverso.
- b) Método grafológico:** Consiste en trazar un “retrato grafológico” aplicando procedimientos para determinar el origen de una firma. En éste se presentaron dos escuelas principales:
  - Francesa: Mide la dimensión, dirección, forma, orden, presión, continuidad, velocidad, etc. y se buscan los signos reveladores de las cualidades morales, intelectuales y artísticas del escritor.

- Alemana: Mide el ritmo gráfico y buscan signos de contracción y relajación de los músculos. Se identifica al escritor mediante su temperamento.

Se encarga de descubrir la personalidad del firmante, y con esta relación intenta identificar al autor de un escrito o firma.

- c) **Método grafométrico:** Consiste en el uso de ciertos aparatos como medidores de curvas, ángulos, espesores, micrómetros y reglillas, con los que se deberán tomar todas las medidas de las letras y después hacer los diagramas correspondientes en donde se superpondrán a los diagramas tomados a la escritura cuestionada. Permite llevar a cabo un análisis depurado de los elementos de la firma.
- d) **Método caligráfico:** Se basa en el cotejo de formas de letras, donde el experto debe de comparar la riqueza y forma de ejecución de las letras, pone especial atención en los trazos finos, sombreados, empastamientos y otras anomalías propias de cada ejecutante.
- e) **Método sinalético:** Estudia las características generales de la firma destacando las que son propias o constantes en cada firmante, dando a aquellas que son más relevantes un significado especial. Este estudio se lleva a cabo en cada parte de la firma.
- f) **Método anastasiográfico:** Consiste en la ejecución de los cotejos gráficos bajo la acción de los rayos ultravioletas que revelan las características más importantes de la firma; esto ya que ayudan a leer escrituras borradas, facilitan la diferenciación de tintas y otros exámenes.
- g) **Método grafocinético:** Resulta de un estudio profundo del grafismo, tomando en cuenta las distintas causas de fraude gráfico y de variaciones. Considera todos los elementos de la firma para realizar el dictamen, pero sin centrarse en alguno específicamente.
- h) **Método Grafotécnico:** Se basa en el hecho de que la punta de un lapicero toque el papel, una persona sujeta el bolígrafo con un estilo específico y realiza inconscientemente movimientos aéreos que determinan el trazo de entrada o “punto de ataque”, según los peritos.

## 2.4 REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNAs) [4]

Los tipos de problemas que pueden resolverse en una computadora digital, suelen descomponerse en una serie de pasos muy específicos (un algoritmo), que se describen a la computadora usando un lenguaje conocido por la computadora, (el programa) el cual define la forma en que se procesarán los datos de entrada para producir los datos de salida que deseamos. [4]

Esta metodología se emplea para resolver la mayor parte de los problemas que requieren del uso de una computadora, desde el cálculo de una simple sumatoria hasta las simulaciones más complejas de un átomo.

Sin embargo, no cualquier actividad factible de ser desarrollada por una computadora puede ser descrita por un conjunto de reglas codificadas en un programa. En general, estamos familiarizados con actividades que resultan sumamente difíciles o imposibles de describir de manera específica. Un ejemplo típico es andar en bicicleta. No importa cuántas veces nos digan como hacerlo, mientras no nos subamos a una y nos caigamos al menos una vez nunca lograremos aprender a conducirla adecuadamente. Son precisamente estos problemas que no podemos describir de forma específica los que resultan ideales para ser resueltos empleando Redes Neuronales Artificiales (RNAs). [2]

Las RNAs son una forma alternativa de computación inspiradas en la actividad neuronal del cerebro humano, que simulan ciertos rasgos propios de la inteligencia, principalmente la facultad de aprendizaje y adaptación.

Usualmente, el método de aprendizaje empleado por una RNA simula una situación maestro-alumno, donde la red (alumno) modifica sus controles adaptándose para aprender a convertir los datos de entrada de un problema a datos de salida, con la guía del maestro (medidor de error) que le informa qué tan correcto es lo que ha aprendido. Este tipo de aprendizaje se denomina: “supervisado”.

### 2.4.1 Concepto de Neurona Biológica [4]

Una neurona es una célula que procesa información. Está compuesta de un cuerpo o soma, y de dos tipos de ramificaciones: el axón y las dendritas (véase figura 2.11). En el soma se localizan: el núcleo, que contiene la información hereditaria, y el plasma, que es la máquina molecular que produce los elementos necesarios para la vida de la célula. [4]

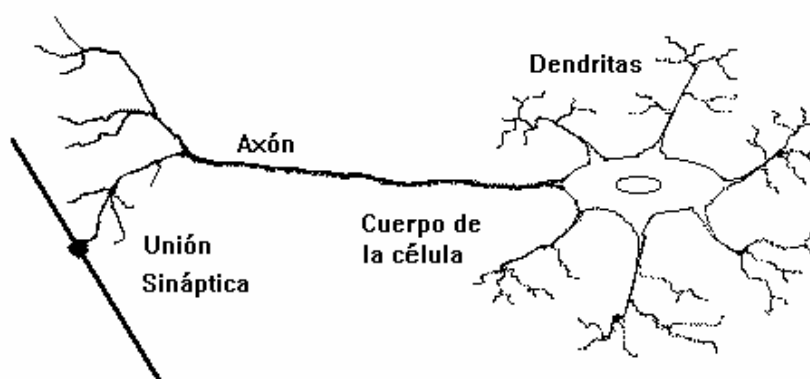


Figura 2.11 Neurona Biológica

La neurona recibe señales en forma de impulsos eléctricos provenientes de otras neuronas a través de sus dendritas (receptores) y transmite señales generadas por el cuerpo de la célula por medio del axón (transmisor), el cual se ramifica varias veces hasta convertirse en pequeños filamentos, en cuyas terminales se encuentran las “sinapsis”. Una sinapsis es una estructura elemental de pseudocontacto (sin contacto físico), entre el axón y la dendrita de dos o más neuronas.

Cuando el impulso llega a la terminal de la sinapsis se liberan varias sustancias químicas llamadas “neurotransmisores”. Éstas se difunden en el espacio de la sinapsis para excitar o inhibir la emisión de un nuevo impulso.

Se dice que la neurona se “dispara” cuando emite un nuevo impulso.

La efectividad de la sinapsis se ajusta dependiendo de la frecuencia con que las señales pasan a través de ella, de forma que “aprende” a liberar mayor o menor cantidad de neurotransmisores dependiendo de las actividades en las cuales participa.

Esta dependencia actividad-neurotransmisor sirve para retener información, y posiblemente es responsable de la memoria humana.

La corteza cerebral del ser humano es como una sábana plana, de entre 2 y 3 milímetros de espesor, con una superficie de aproximadamente  $2200 \text{ cm}^2$ . En total contiene del orden de  $10^{11}$  neuronas, formando una compleja red con aproximadamente  $10^{14}$  a  $10^{15}$  interconexiones.

Las neuronas se comunican por medio de breves “trenes de impulsos” del orden de unos cuantos milisegundos de duración. El “mensaje” es modulado en la frecuencia de transmisión del impulso que puede variar de unos cuantos a varios cientos de Hertz (ciclos por segundo); comparada con la frecuencia del reloj de las computadoras actuales (del orden de millones de hertz), la frecuencia de trabajo de las RNAs es insignificante. Sin embargo, el cerebro realiza complejas operaciones de percepción, como la identificación de firmas manuscritas en unos cuantos cientos de milisegundos. La cantidad de información enviada de una neurona a otra es muy pequeña, lo que implica que la información crítica no se transmite directamente, sino que es capturada y distribuida en las interconexiones; de ahí que el modelo usado al describir las RNAs se llame “conexionista”.

## **2.4.2 Concepto de Neurona Artificial [2]**

Una neurona artificial solamente captura las funciones más elementales de la neurona biológica. En la figura 2.12 se ilustra el modelo general de una neurona artificial.

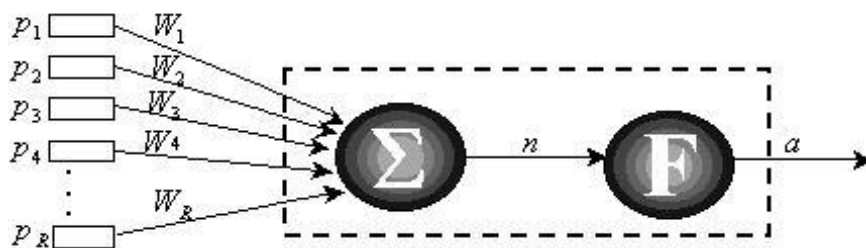


Figura 2.12 Modelo General de una neurona artificial.

La neurona se representa generalmente por un círculo, llamado nodo, en nuestro caso el rectángulo punteado representa una celda o neurona artificial, la cual consiste de un nodo de suma ( $\Sigma$ ) y una función de transferencia ( $F$ ). La sinapsis de la neurona biológica se representa mediante una conexión que entra a un nodo, y se indica con una flecha.

La eficiencia de la sinapsis se modela mediante un número real (positivo, negativo o cero), que recibe el nombre de factor de conexión o peso  $W_R$ . El axón se representa con una flecha saliendo del nodo, el número que la acompaña  $n$  modela el impulso eléctrico producido durante el disparo de la neurona. Para determinarlo, el nodo ( $F$ ) aplica una función no lineal, denominada función de transferencia  $F$ , sobre la suma total de los valores de entrada multiplicados por el peso particular de la conexión ( $n$ ).

Esta función, puede diseñarse de tal forma que produzca resultados ( $a$ ) en la forma deseada (binaria, analógica, etc.). Algunos tipos de función de activación son los siguientes: escalón, lineal, sigmoideal (tangencial, logarítmica), etc.

### 2.4.3 ¿Qué son las Redes Neuronales Artificiales?

- ✓ Es un arreglo masivo de elementos de procesamiento simples llamados “neuronas”, con un alto grado de interconectividad entre sus elementos, en los que la información puede fluir en cascada o en retroalimentación. Estos arreglos están inspirados en la naturaleza biológica de las neuronas.
- ✓ “Las Redes Neuronales Artificiales son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico”.

Algunas de sus características son:

- Aprendizaje Adaptativo.
- Auto-organización.
- Tolerancia a Fallos.
- Operación en tiempo real.
- Fácil construcción en Circuitos Integrados.



La notación de las RNAs se representa de la siguiente manera:

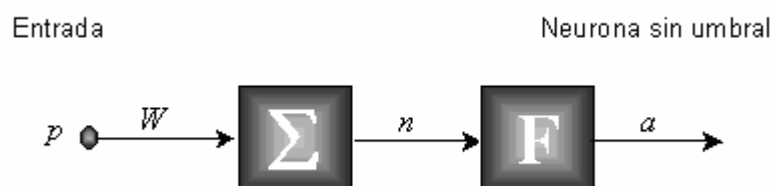


Figura 2.13 Modelo simple de una neurona artificial.

$$a = F(W * p) \quad \text{Ec. (2.1)}$$

La entrada escalar  $p$  se transmite por medio de una conexión que multiplica su fuerza por la ponderación escalar  $W$ , para formar el producto escalar  $Wp$ , que es el único argumento de la función de transferencia  $F$  y produce la salida  $a$ .

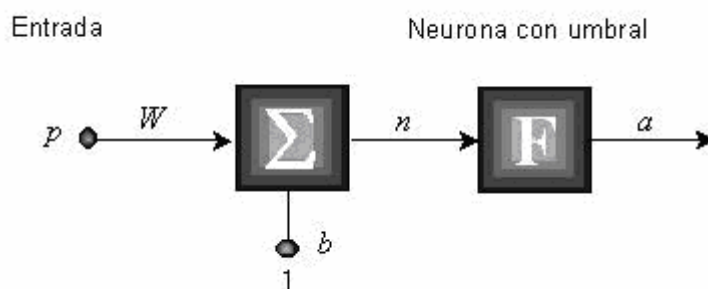


Figura 2.14 Modelo de una Neurona Artificial con umbral.

$$a = F(W * p + b) \quad \text{Ec. (2.2)}$$

En la figura 2.14 el umbral se puede visualizar como algo que se le agrega al producto  $Wp$  o como un desplazamiento de la función  $F$  hacia la izquierda por una cantidad  $b$ , que es una ponderación, excepto que tiene una entrada constante de 1. El valor de umbral  $b$  es un parámetro ajustable de la neurona; NO ES UNA ENTRADA.

La entrada neta  $n$  de la función de transferencia es la suma de la entrada ponderada  $Wp$  y el umbral  $b$ . La suma es el argumento de la función de transferencia  $F$ ; que típicamente es una función escalón o una función sigmoideal que toma el argumento  $n$ , produciendo la salida  $a$ ; los parámetros escalares  $W$  y  $b$  se *ajustan* en la neurona.

## 2.4.4 Métodos de Aprendizaje de Redes Neuronales Artificiales

El aprendizaje es el proceso por el cual, los parámetros libres de una red neuronal son adaptados a través de un proceso de estimulación por el ambiente en que la red se encuentra inmersa. El tipo de aprendizaje es determinado por la manera en la que el cambio de parámetros tiene lugar.

El aprendizaje es el proceso mediante el cual una red neuronal modifica sus pesos en respuesta a una información de entrada. Los cambios que se producen durante el proceso de aprendizaje son la destrucción, modificación y creación de conexiones entre las neuronas. Existen tres métodos básicos de aprendizaje:

- a) **Aprendizaje Supervisado:** Se caracteriza porque el proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo que determina la respuesta que debería generar la red a partir de una entrada determinada. El supervisor comprueba la salida de la red y en el caso donde no coincida con la deseada, se procederá a modificar los pesos de las conexiones, con el fin de conseguir que la salida obtenida se aproxime a la deseada. En este tipo de aprendizaje se consideran tres formas de llevarlo a cabo que son:
  - i. **Aprendizaje por corrección de error:** Consiste en ajustar los pesos de las conexiones de la red en función de la diferencia entre los valores deseados y los obtenidos en la salida de la red; es decir, en función del error cometido en la salida. Ejemplos: La regla de aprendizaje del Perceptrón, regla delta o regla del mínimo error cuadrado o regla de Widrow-Hoff, ADALINE y MADALINE (véase tabla 2.1).
  - ii. **Aprendizaje por refuerzo:** Es un aprendizaje más lento que el anterior, basado en la idea de no disponer de un ejemplo completo del comportamiento deseado; es decir, no indicar durante el entrenamiento exactamente la salida que se desea que proporcione la red ante una determinada entrada.  
Ejemplos: Linear Reward-Penalty, Adaptive Heuristic Critic (véase tabla 2.1).
  - iii. **Aprendizaje estocástico:** Consiste básicamente en realizar cambios aleatorios en los valores de los pesos de las conexiones de la red y evaluar su efecto a partir del objetivo deseado y de distribuciones de probabilidad. Ejemplo: La Máquina de Cauchy y de Boltzmann (véase tabla 2.1).

TIPO DE APRENDIZAJE SUPERVISADO		MODELO DE RED
<b>Aprendizaje por corrección de error</b>	<b>OFF LINE</b>	Perceptrón
		Adaline / Madaline
		Retropropagación o Backpropagation
		Brain-state-in-a-box
		Counterpropagation
<b>Aprendizaje por refuerzo</b>	<b>ON LINE</b>	Linear Reward Penalty
		Associative Reward Penalty
		Adaptative Heuristic Critic
<b>Aprendizaje Estocástico</b>	<b>OFF LINE</b>	Máquina de Boltzmann
		Máquina de Cauchy

Tabla 2.1 Clasificación de redes con aprendizaje supervisado más conocidas.

b) **Aprendizaje No supervisado:** También conocido como auto-supervisado, no requieren influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre sus neuronas, que son capaces de auto-organizarse. Algunos de los algoritmos de aprendizaje no supervisado son:

- i. **Aprendizaje hebbiano:** Se basa en el siguiente postulado: "Cuando un axón de una celda A está suficientemente cerca como para conseguir excitar una celda B y repetida o persistentemente toma parte en su activación, algún proceso de crecimiento o cambio metabólico tiene lugar en una o ambas celdas, de tal forma que la eficiencia de A, cuando la celda a activar es B, aumenta", Donald Hebb . Ejemplos: Red de Hopfield, Red Additive Grossberg, Red Shunting Grossberg, Red feedforward/feedback de 2 capas = Bidirectional Associative memory, BAM (véase tabla 2.2).
- ii. **Aprendizaje competitivo y cooperativo:** Las neuronas compiten y cooperan unas con otras con el fin de llevar a cabo una tarea dada. Su objetivo es categorizar o agrupar los datos que se introducen en la red. Ejemplo Cuantización del Vector de Aprendizaje o LVQ, aplicado a redes feedforward de dos capas (véase tabla 2.2). Dentro del aprendizaje competitivo existe la Teoría de Resonancia Adaptativa, utilizada en la red feedforward/feedback de dos capas conocida como ART (ART1 trabaja con información binaria y ART2 trabaja con información analógica).

TIPO DE APRENDIZAJE SUPERVISADO		MODELO DE RED
<b>Aprendizaje Hebbiano</b>	<b>OFF LINE</b>	Hopfield
		Learning Matrix
		Temporal Associative Memory
		Linear Associative Memory (LAM)
		Optimal LAM
		Drive – Reinforcement
		Fuzzy Associative Memory
	<b>ON LINE</b>	Additive Grossberg
		Shunting Grossberg
		Bidirectional Associative memory (BAM)
<b>Aprendizaje Competitivo / Cooperativo</b>	<b>OFF LINE</b>	Adaptative BAM
		Learning Vector Quantizer
		Cognitron / Neocognitron
	<b>ON LINE</b>	Topology Preserving Map
		Adaptative Resonance Theory

Tabla 2.2. Redes con aprendizaje no supervisado más conocidas.

# 3 HARDWARE Y SOFTWARE

## 3.1 Dispositivo de captura

Para seleccionar el dispositivo de captura de la firma manuscrita, se tomaron como prioridad algunas características, por ejemplo que la firma pueda ser vista por el individuo a la hora de captura, porque de todos es sabido, que cuando no se ve, existe la posibilidad de hacerla muy diferente (por ejemplo la que se hace en los Duicentros), y eso agrega un error al momento de capturarla y que inclusive el firmante haga diferente su propia firma, otra característica era que el dispositivo fuera accesible económicamente, que fuera fácil de encontrar en el mercado, que contara con un buen soporte para su aplicación y que el área de firmado no fuera demasiado grande.

De los dispositivos investigados se seleccionaron tres opciones para la captura de la firma: La GRAPHIRE de Wacom [18], la ePad Pos de Interlink Electronics Inc [19] y la SigLite LCD de TOPAZ System Inc [21].

De estos tres dispositivos se seleccionó en primer lugar la ePad Pos que aunque no tiene pantalla LCD, tiene una característica muy particular, y es que ésta es utilizada como un POS para tarjetas de crédito, en donde el individuo firma sobre el Voucher (que a la vez se coloca sobre la ePad Pos) quedándose con él y la compañía de tarjetas de crédito por medio de la ePad Pos se queda con una copia electrónica de la firma. Como puede verse el individuo al momento de hacer su firma sobre el Voucher tiene la ventaja de ver en el papel su firma, que era una de las prioridades para su selección. Además tenía otra característica muy importante y es que era una tarjeta adquisidora muy accesible (desde el punto de vista económico), en comparación con las demás existentes en el mercado. Pero es una tableta que se agota rápido en el mercado y no se pudo conseguir. A continuación se muestran las especificaciones técnicas en la tabla 3.1 y el aspecto físico en la figura 3.1 de la tableta ePad Pos:

TABLETA ePad Pos	
Tecnología de la pantalla	Semiconductiva
Tasa de reporte	100 reportes por segundo
Resolución	300 dpi
Niveles de presión	128
Interfaz de comunicación	USB y Serial
Dimensiones	5.52" x 5.52" x 0.63"
Dimensión de área de captura	1" x 2.17"
Peso	0.263Kg
Temperatura de operación	De 0°C a 45°C
Temperatura de almacenamiento	De -40°C a 70°C
Requisitos de alimentación	Por el RS232 (serial) o USB
Humedad relativa de operación	10%-95% sin condensación

Tabla 3.1 Especificaciones de la tableta ePad Pos. (ver anexo)



Figura 3.1 Aspecto físico de la tableta ePad Pos.

Después se evaluó la tableta GRAPHIRE, que está formada por dos elementos fundamentales: una tableta gráfica con LCD que sirve como área de trabajo y las herramientas GRAPHIRE que se usan con la tableta. Esta tableta cumplía con las características deseadas para la captura de la firma. Sin embargo, el área de firmado es demasiado grande para nuestra finalidad, necesitando un mayor procesamiento e influyendo negativamente en la captura al permitir mayor escalado y rotación, además de no contar con un soporte para desarrolladores. Por tanto se descartó del proceso de selección. A continuación se muestran las características y el aspecto físico de la GRAPHIRE.

TABLETA GRAPHIRE	
Área activa (An. x F)	127.6 x 92.8mm
Dimensiones (An. x F x Alt)	208 x 214 x 9.3 mm
Longitud del cable	1.5m para la tableta USB
Peso	341 g para la tableta USB
Consumo de energía	0.2 vatios
Resolución de coordenadas	40 lpmm
Precisión	+/- 0.5mm
Velocidad máxima de lectura	100 puntos por segundo
Interfaz de comunicaciones	USB
Conector	USB A
Requisitos de alimentación	5V CC 40mA, del puerto USB
Temperatura de Operación	De 5 a 40°C (de 41 a 104°F)
Temperatura de Almacenamiento	De -10 a +60°C (de 14 a 104°F)
Humedad relativa de operación	20% a 80% sin condensación
Humedad relativa de almacenamiento	20% a 90% sin condensación
Certificación	Clase B de la FCC
Conformidad	Clase B de la VCCI, CE

Tabla 3.2 Especificaciones de la tableta GRAPHIRE.

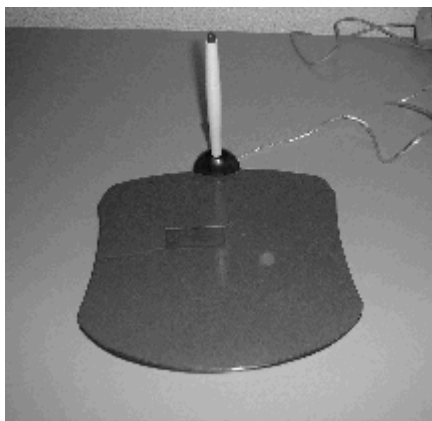


Figura 3.2 Aspecto físico de la GRAPHIRE

La tercera tarjeta investigada resultó ser la más conveniente, al contar con un sistema de adquisición basado en un LCD, permitiendo la visualización de la firma mientras es capturada, también, al ser una versión Lite ofrece un alto rendimiento a un costo accesible, además del enorme soporte para desarrolladores que brinda la compañía Topaz por medio de su página web [21]. En conclusión, la captura de firmas manuscritas del Prototipo de Software de Computadora para el Reconocimiento de Firmas Manuscritas, se realizará por medio de la tableta SigLite LCD 1x5 de TOPAZ SYSTEM INC, la cual está diseñada para realizar la captura de firmas manuscritas, lo cual se refleja en sus características técnicas al proveer un área adecuada para su captura evitando en cierta medida la rotación y escalado. A continuación se explicarán sus partes y se mostrarán las especificaciones para su cuidado y uso.

A continuación se muestran las características y el aspecto físico de la SigLite LCD 1x5:

TABLETA SigLite LCD 1x5	
Tipo de sensor	Sensor Resistivo
Tipo de lápiz	Pasivo
Longitud del cable	1.5m para la tableta serial
Dimensión	6" x 3.8" x 0.70"
Área de trabajo	4.4" x 1.3"
Resolución	410 ppi
Tasa de lectura de datos	377 puntos por segundo
Software que soporta	ActiveX Java C++ .Net Tablet PC Unix/Linux
Plug-Ins	MS Word Excel Adobe Acrobat
Utilidades y aplicación	SigPlus Adjust SigTools Imager SignMeln
Interfaz de comunicación	Serial y USB

Tabla 3.3 Especificaciones de la tableta SigLite LCD 1x5 (ver anexo)



Figura 3.3 Aspecto físico de la SigLite LCD 1x5. [20]

### 3.2 Software para Adquisición de Firmas (AFIR)

Luego de seleccionar la tarjeta adquisitora Topaz SigLite LCD, se procedió a crear la interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en inglés) del Adquisidor de Firmas (AFIR) en Visual Basic 6.0®, con la cual se obtendrían los parámetros biométricos requeridos para la validación del método de verificación de firmas.

El software consta de sólo unos cuantos, pero eficientes controles para la administración de los datos adquiridos desde la tarjeta que se utilizarán para las pruebas de los métodos para el reconocimiento de firmas. Y dado que la compañía Topaz [20] brinda un gran soporte a sus productos, al proporcionar a desarrolladores SDK's (Software Development Kits, por sus siglas en inglés) con la potencia suficiente para un manejo fácil y sencillo de sus productos con un máximo desempeño, no fue difícil su elaboración [7].

Básicamente el software de adquisición se diseñó para capturar tanto las características on-line como off-line. Entre las características on-line tenemos: longitudes de trazos, longitud total de todos los trazos, momentos gráficos, tiempo de duración de cada trazo (en milisegundos) y tiempo total de la firma. Entre las características off-line sólo se tomó la imagen de la firma (Nota: a pesar de adquirirse simultáneamente con los demás parámetros, en este trabajo se denominan off-line por conveniencia para establecer sólo una diferencia, y esto es sobre la base que estas características se pueden obtener a partir de métodos realmente off-line como por ejemplo un escáner).

En la figura siguiente se presenta la interfaz gráfica creada para las pruebas de selección del método de verificación adecuado:



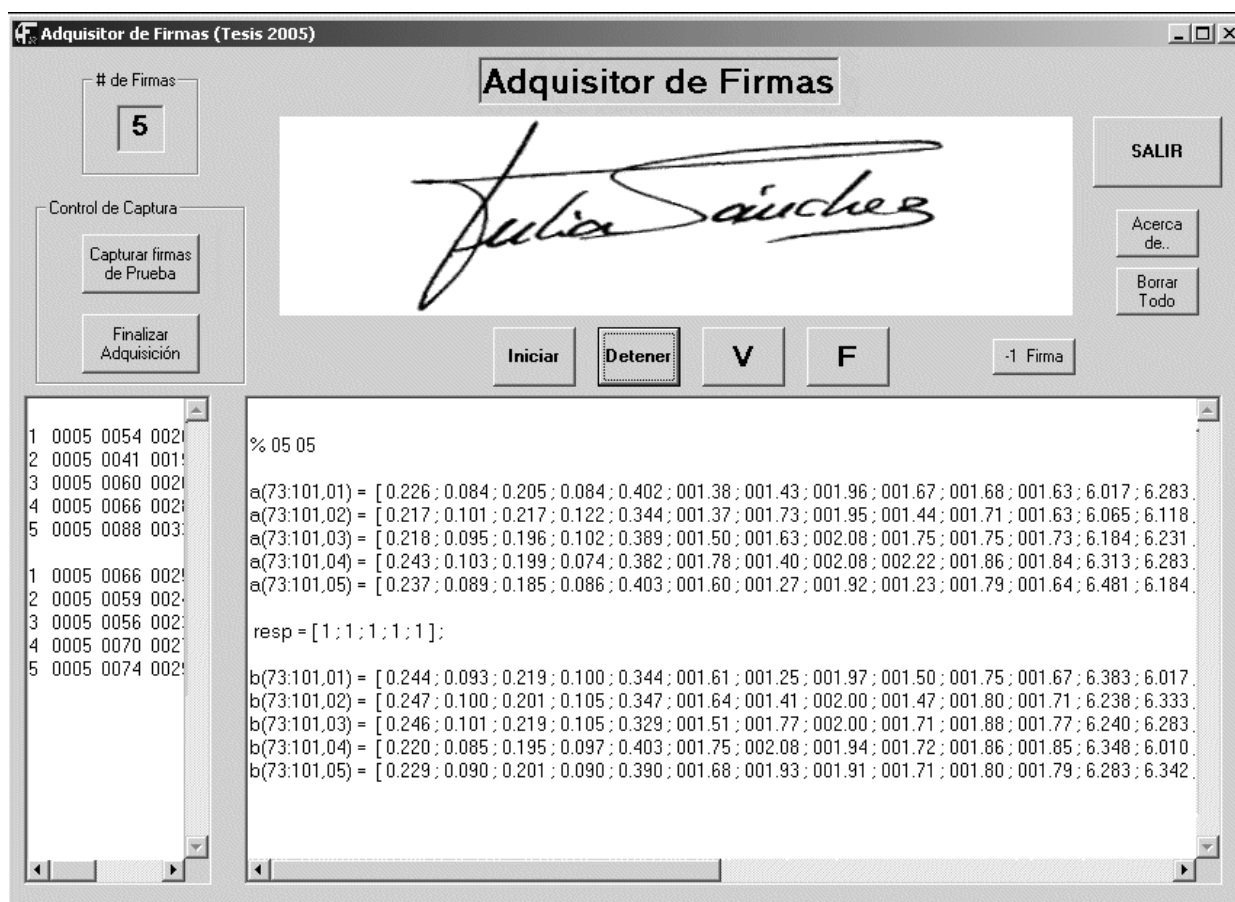


Figura 3.4 GUI del Software de Adquisición de Firmas Manuscritas (AF<sub>IR</sub>)

Las partes de la interfaz se presentan a continuación:

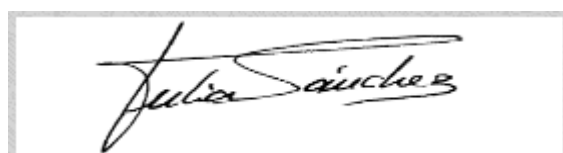


Figura 3.5 Área de Firma

Área gráfica que refleja el contenido de la pantalla LCD de la tarjeta adquirentora Topaz.



Figura 3.6 Contador de Firmas

Área gráfica que refleja el número de firmas adquiridas.

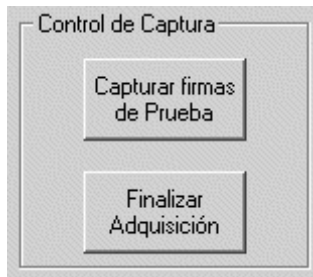


Figura 3.7 Botones de Control de Captura

#### Capturar firmas de Prueba

Este botón pasa de ingresar firmas de entrenamiento o indubitadas (por defecto) a ingresar firmas de prueba o dubitadas.

#### Finalizar Adquisición

Provee información adicional al archivo de salida del software (ver sección 4.3).



Figura 3.8 Botones de Control de Adquisición de Firmas

#### Iniciar

Inicializa las visualizaciones (área de firma y LCD de la tarjeta) para una nueva firma.

#### Detener

Finaliza adquisición de la firma e inicia el pre-procesado de los parámetros on-line.

#### “V” y “F”

Indica si la firma será considerada como verdadera o falsa.



Figura 3.9 Botón Eliminator de Última Firma

Elimina la última firma ingresada al sistema.



Figura 3.10 Botón Borrar Todo

Elimina todas las firmas y sus vectores pre-procesados en el sistema.



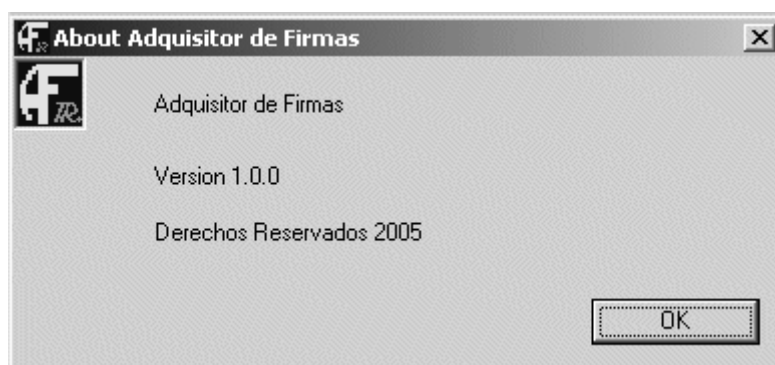
Figura 3.11 Botones Salir y Acerca de...

#### Salir

Termina el programa y termina la comunicación con la tarjeta Topaz.

#### Acerca de...

Brinda información sobre el software, despliega la ventana “Acerca de...”



Brinda información sobre el software.

Figura 3.12 Ventana “Acerca de...”

### Cuadros de Texto

Los cuadros de texto de la parte inferior de la GUI, se encargan de mostrar los resultados del proceso de captura.

El cuadro de la izquierda muestra algunos patrones biométricos extraídos por medio de la tarjeta, para tener una idea del comportamiento particular del firmante. A continuación se muestran los parámetros obtenidos de una firma:

```

1 0005 0054 0020 0049 0020 0096 0239
2 0005 0041 0019 0041 0023 0065 0189
3 0005 0060 0026 0054 0028 0107 0275
4 0005 0066 0028 0054 0020 0104 0272

```

Figura 3.13 Parámetro Biométricos

Donde:

La columna de la izquierda representa el número correlativo de la firma.

La segunda columna representa el número de momentos gráficos (# de trazos).

Las siguientes columnas muestran las longitudes de cada trazo.

La última columna (derecha) muestra la longitud total de la firma.

El cuadro de texto de la derecha muestra los parámetros biométricos preprocesados (ver explicación en el capítulo 4), es decir, los parámetros adecuados para su posterior utilización en los métodos el reconocimiento de firmas propuestos para evaluación. A continuación se muestran algunos datos obtenidos de 5 firmas:

```

% 03 02
a(73:101,01) = [ 0.226 ; 0.084 ; 0.205 ; 0.084 ; 0.402 ; 0.01.38 ... ; 0.097 ] ;
a(73:101,02) = [ 0.217 ; 0.101 ; 0.217 ; 0.122 ; 0.344 ; 0.01.37 ... ; 0.118 ] ;
a(73:101,03) = [ 0.218 ; 0.095 ; 0.196 ; 0.102 ; 0.389 ; 0.01.50 ... ; 0.129 ] ;
resp = [ 1 ; 1 ; 1 ] ;

b(73:101,01) = [ 0.243 ; 0.103 ; 0.199 ; 0.074 ; 0.382 ; 0.01.78 ... ; 0.094 ] ;
b(73:101,02) = [ 0.237 ; 0.089 ; 0.185 ; 0.086 ; 0.403 ; 0.01.60 ... ; 0.130 ] ;

```

Figura 3.14 Parámetros Biométricos Preprocesados

### 3.3 Procedimiento de captura firmas

Primero se debe conectar la tarjeta Topaz SigLite LCD a la computadora por medio del puerto serial (con los cables de adaptación proveídos con la tarjeta), como se muestra en la siguiente figura:

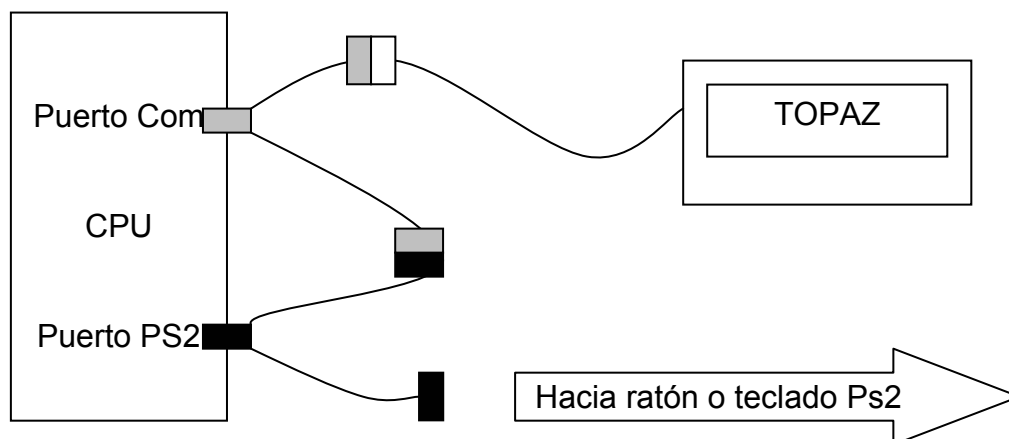


Figura 3.15 Conexión de la Tarjeta Topaz SigLite LCD con la Computadora

La conexión es requerida ya que el puerto serial no provee fuentes de alimentación para suministrar energía para la tarjeta Topaz, y por tanto, es necesario la interconexión con el puerto Ps2.

Una vez la etapa de hardware es superada, se ejecuta el software de captura bajo la plataforma Windows XP®, por medio del archivo ejecutable con el siguiente icono:



Figura 3.16 Archivo Ejecutable e Icono del Software de Captura

El cual abre la interfaz gráfica mostrada en la figura 3.4.

Por defecto el programa inicia en modo de captura de firmas de indubitadas. La diferenciación entre firmas se realiza para capturar ambos tipos en un solo proceso, es decir, ingresar las firmas de preparación del método de verificación (indubitadas) y firmas para comprobar si el método realmente puede discernir entre las verdaderas y falsas que le son presentadas (dubitadas).

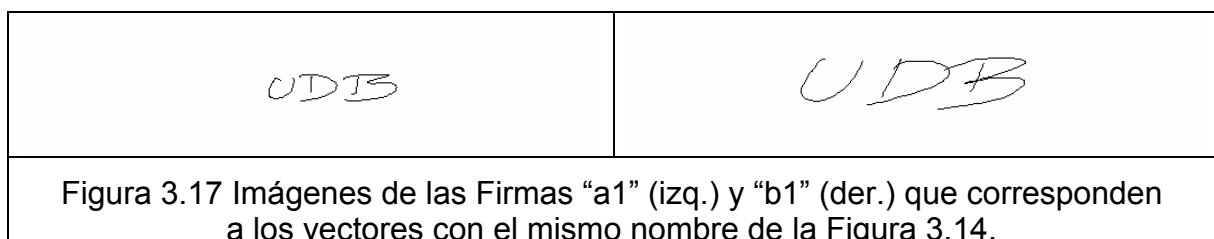
Pasos a seguir una vez mostrada la GUI:

1. Para comenzar el proceso de adquirir las firmas indubitadas, hacer clic sobre el botón "Iniciar" (ver Figura 3.8 y 3.4).
2. Con el lápiz provisto con la SigLite LCD, hacer la firma (de existir un error, basta con presionar nuevamente "Iniciar" para borrar la firma actual e iniciar otra).

3. Al finalizarla hacer clic sobre el botón “Detener” (ver Figura 3.8 y 3.4). Aparecerán los parámetros biométricos en la ventana de texto inferior izquierda y los parámetros pre-procesados en la ventana de texto inferior derecha. También se visualizarán dos nuevos botones: “V” y “F” (ver Figura 3.8 y 3.4) con los cuales se podrá indicar por medio de un vector (para el caso de las redes neuronales con aprendizaje supervisado) si la firma ingresada al sistema es verdadera o falsa.
4. Repetir los pasos de 1 a 3 hasta obtener suficientes firmas indubitadas para preparar el método de reconocimiento de firmas para su posterior evaluación.
5. Con los controles de captura (ver Figura 3.7 y 3.4) se puede elegir entre finalizar la adquisición de firmas o pasar a adquirir las firmas dubitadas o de prueba.
6. Al hacer clic en el botón “Captura de firmas de prueba”, se podrá proceder a realizar nuevamente los pasos de 1 a 3, hasta obtener las firmas dubitadas necesarias. Nota: para el caso de las firmas dubitadas en el paso 3, no aparecerán los botones “V” y “F” después de presionar el botón “Detener”.
7. Al hacer clic en el botón “Finalizar Captura”, se proporcionará en el cuadro de texto inferior derecho, información extra sobre la cantidad total de firmas indubitadas y dubitadas capturadas por el software, como se muestra en la parte superior izquierda de la Figura 3.14, donde se muestra “% 03 02” lo cual indica que se ingresaron 03 firmas indubitadas y 02 dubitadas.

En la Figura 3.14 se muestran los vectores creados en la adquisición de firmas. Como vectores “a” se representan los parámetros pre-procesados de las firmas indubitadas y como vectores “b” los de las firmas dubitadas. En esta figura se presenta un vector extra (“resp”) el cual es creado a partir de la información provista para firmas indubitadas al hacer clic sobre los botones “V” y “F” (ver Figura 3.4 y 3.8) del Control de Adquisición de Firmas.

A medida se ingresan firmas al software, éste crea archivos con imágenes de cada una de las firmas, que a su vez, corresponden a cada uno de los vectores creados. Las extensiones de los archivos son “bmp”, y los nombres para las imágenes de las firmas indubitadas inician con la vocal “a” (igual a los vectores) seguidos por un número correlativo correspondiente al número de firma indubitada que se ha ingresado al sistema. Lo mismo ocurre con las firmas dubitadas, pero a diferencia de las anteriores, sus nombres comienzan con la letra “b”. A continuación se muestran las imágenes de las firmas “a1” y “b1” de las firmas indubitadas y dubitadas, que a su vez corresponden a los vectores de la Figura 3.14.



# 4 PRE-PROCESAMIENTO

## 4.1 Introducción

Como se mencionó en la sección 1.1.2, el pre-procesamiento es muy importante ya que corrige errores de la etapa de adquisición y adecua los datos para un eficiente procesamiento.

El pre-procesamiento dependerá del método a utilizar en el reconocimiento de firmas.

En esta sección se explicarán los pre-procesamientos aplicados a los parámetros biométricos obtenidos por la tarjeta SigLite LCD. Entre éstos se explicará un importante método de pre-procesamiento, el cual es muy utilizado hoy en día por los grandes beneficios obtenidos con su aplicación en el tratamiento de imágenes y es conocido como: "Filtros Logarítmicos de Gabor" [9].

## 4.2 Pre-procesamiento de parámetros on-line

Como se mencionó en la sección 3.2, entre las características biométricas on-line obtenidas por el software de captura tenemos: longitudes de trazos, longitud total de todos los trazos, momentos gráficos, tiempo de duración de cada trazo y tiempo total de la firma.

Con los parámetros mencionados, sería muy difícil establecer la veracidad entre una firma y otra (indubitada y dubitada). Esto se debe a que los parámetros no son lo suficientemente invariantes entre cada firma, como para establecer una diferenciación adecuada y eficiente.

Una explicación de su poca utilidad en su estado actual es sencilla: por ejemplo, las longitudes serán fácilmente afectadas ante cualquier cambio en tamaño de las firmas, es decir, a mayor tamaño de firma mayor longitud poseerán sus trazos, y por tanto, una verificación basada en longitudes no sería muy eficiente.

Para hacer un software realmente eficiente, éste se debe basar en la extracción de características robustas, es decir, lo más invariantes que sea posible. Básicamente, diversos estudios coinciden en que los sistemas de procesamiento y reconocimiento de imágenes deben presentar invarianza ante: rotación, traslación y escalado.

En el software propuesto se escogieron las siguientes características grafotécnicas para su elaboración:

**Velocidad de trazo:** tomando como base los parámetros biométricos de longitud de trazo y tiempo que se demoró el usuario en trazarlo (en milisegundos), se calcula la velocidad en cada trazo.

**Velocidad promedio:** representa la velocidad de la firma completa, se calcula con la suma de todas las velocidades de trazos dividida entre el número de trazos (momentos gráficos).

**Longitud normalizada de trazo:** la longitud de cada trazo, es dividida entre la suma de longitudes de todos los trazos (longitud total de la firma).

**Ángulo de trazo:** tomando las coordenadas de los píxeles inicial y final de cada trazo se calcula el ángulo de cada trazo por medio de la fórmula:

$$\theta = \text{tg}^{-1}(\Delta y / \Delta x) \quad \text{Ec. (4.1)}$$

**Magnitud normalizada de distancia de trazo:** tomando las coordenadas de los píxeles inicial y final de cada trazo se calcula la magnitud de la distancia en línea recta de cada trazo por medio de la fórmula:

$$\text{dist} = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Y luego se divide entre la sumatoria de todas las distancias para normalizarla.

**Ángulo de corte:** tomando las coordenadas de los píxeles final de un trazo e inicial del siguiente trazo se calcula el ángulo de cada corte por medio de la fórmula:

$$\theta = \text{tg}^{-1}(\Delta \Phi / \Delta d) \quad \text{Ec. (4.3)}$$

**Magnitud normalizada de distancia de corte:** tomando las coordenadas de los píxeles final de un trazo e inicial del siguiente trazo se calcula la magnitud de la distancia en línea recta de cada corte por medio de la fórmula:

$$\text{dist} = \sqrt{\Delta \Phi^2 + \Delta d^2} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Y luego se divide entre la sumatoria de todas las distancias para normalizarla.

En un análisis breve, se puede apreciar fácilmente la importancia de éstas características obtenidas por el procesamiento. Y se resumen en la siguiente tabla:

Característica	Presenta Robustez en:		
	Rotación	Traslación	Escalado
Velocidad de trazo	Sí	Sí	Sí
Velocidad promedio	Sí	Sí	Sí
Longitud normalizada de trazo	Sí	Sí	Sí
Ángulo de trazo	Sí	Sí	Sí
Magnitud normalizada de distancia de trazo	Sí	Sí	Sí
Ángulo de corte	Sí	Sí	Sí
Magnitud normalizada de distancia de corte	Sí	Sí	Sí

Tabla 4.1 Invariabilidad de los parámetros on-line preprocesados

## 4.3 Pre-procesamiento de parámetros off-line

Como se mencionó en la sección 3.2, entre las características biométricas off-line obtenidas por el software de captura tiene únicamente la imagen de la firma en formato BMP.

Sobre la base de lo expuesto en la sección previa, se puede asegurar sin lugar a dudas, que resultaría inconveniente procesar directamente la imagen de la firma en un sistema de reconocimiento que sea afectado fácilmente por la rotación, traslación y escalado, ya que podrían incidir considerablemente en su eficiencia. Es por ello que se optó por pre-procesar las imágenes por medio de un método muy efectivo y muy utilizado actualmente: “*Los Filtros Logarítmicos de Gabor*”, los cuales presentan una robustez enorme ante la rotación, traslación y escalado,

Con los filtros de Gabor se pretende obtener, a partir de las imágenes de las firmas, las características robustas que permitan una verificación eficiente y eficaz.

### 4.3.1 Filtros de Gabor [8]

Hoy en día en el procesamiento de imágenes, es muy utilizada la transformada de Fourier, sin embargo, la información que ésta provee de una imagen es de carácter global, y por tanto, si se requiere un análisis más localizado este método resultaría ser inadecuado por sí sólo. Debido a esto, D. Gabor propuso en 1946 los filtros de Gabor. [8]



El método consiste en aplicar la *STFT* (Short-Time Fourier Transform, por sus siglas en inglés), que consiste en crear “ventanas” de tiempo por intervalos, reduciendo así el rango de aplicación de la transformada de Fourier en el tiempo, logrando con ello localizar su análisis. En este sentido, si la “ventana” es una función gaussiana, al método se conoce como Filtros de Gabor.

Todo se basa en una función portadora y una envolvente. La primera es una función senoidal compleja (la cual brinda la frecuencia central  $f_0$ ) y la segunda es la función gaussiana o ventana mencionada previamente.

De acuerdo con P. Kovesi y según explica en su página web [24], los filtros de Gabor tienen una respuesta como la que se muestra en la figura 4.1, en la cual puede apreciarse que los filtros generan una componente DC que aumenta a medida se aumenta el ancho de banda (desviación  $\sigma$ ) de la función gaussiana, limitando así enormemente el diseño del filtro.

En la fig. 4.2 se muestra un banco de filtros de Gabor con 4 escalas y 4 orientaciones en el plano de frecuencia, donde cada círculo representa la función gaussiana a la mitad de su altura de energía. Ésta energía es mejor apreciada en la fig. 4.3 en la que se ha hecho un corte radial al banco de filtros mostrada en la fig. 4.2 y en la figura 4.4 se muestra la respuesta del filtro de Gabor en 3D.

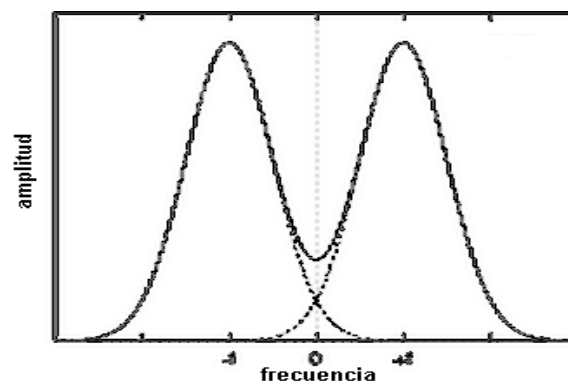


Fig. 4.1 Respuesta de los Filtros de Gabor

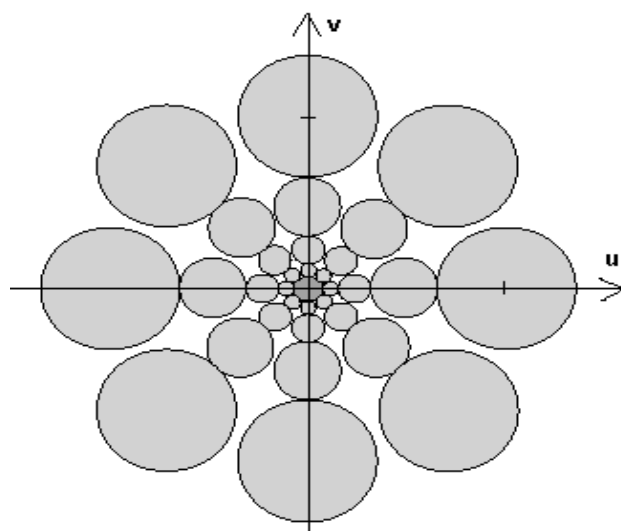


Fig 4.2 Banco de filtros de Gabor en frecuencia con 4 escalas y 4 orientaciones

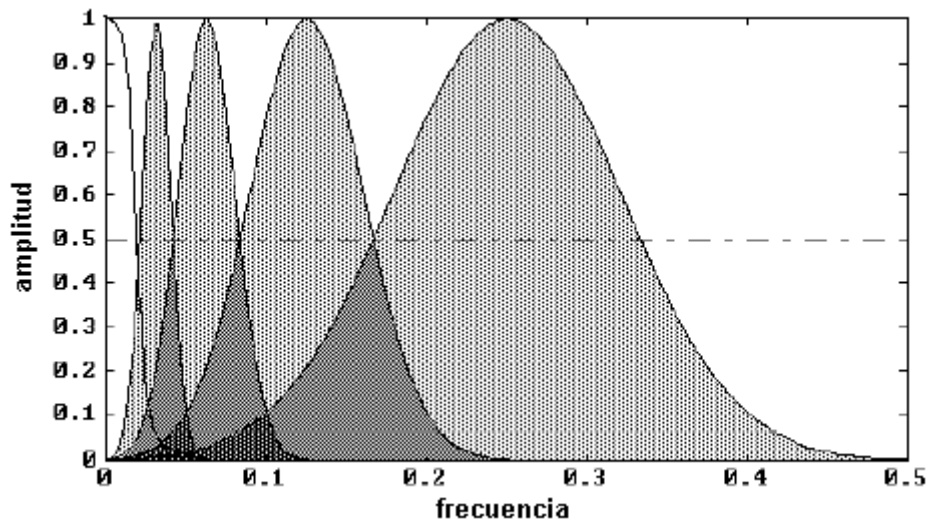


Fig. 4.3 Banco de filtros de Gabor en frecuencia con 4 escalas (corte radial)

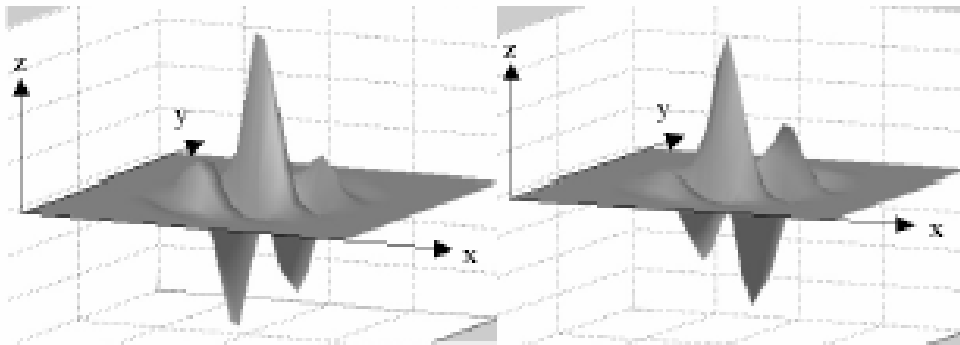


Fig. 4.4 Respuesta del filtro de Gabor en 3D.

Debido a la rotación y escalado del banco de filtros de Gabor, es que se logra “sintonizar” las características de las imágenes aunque éstas se encuentren rotadas o escaladas, ganando la robustez necesaria para convertirlo en el método apropiado para el pre-procesamiento buscado.

Con la finalidad de eliminar este problema de DC, prosigue explicando Kovesi, Field en 1987 propuso y desarrolló los “Filtros Log-Gabor”, los cuales tienen un doble beneficio. El primero es que eliminan la componente DC y por tanto se incrementa la capacidad de ancho de banda del filtro, la segunda es que la respuesta logarítmica del filtro (ver fig. 4.5) se aproxima mejor a las respuestas de visión natural en los mamíferos (lo que facilita el estudio del Sistema de Visión Humana – SVH –).

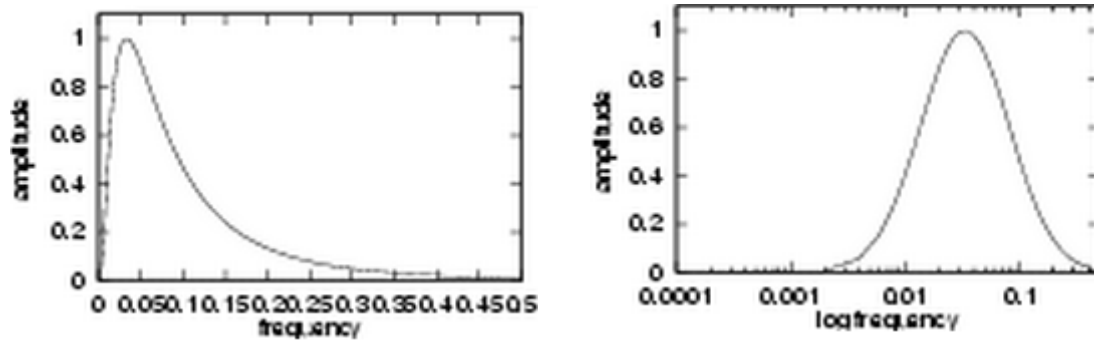


Fig. 4.5 Función de transferencia del filtro Log-Gabor  
a) escala lineal (izq.) y b) escala logarítmica (der.)

Los filtros Logarítmicos de Gabor son contruidos a partir de la siguiente expresión:

$$G(f) = \exp\left(\frac{-\left(\log(f/f_0)\right)^2}{2 \times \left(\log(\sigma/f_0)\right)^2}\right) \quad \text{Ec. (4.5)}$$

En la figura 4.6 se muestra la respuesta de los filtros Logarítmicos de Gabor contruidos con la ecuación 4.5

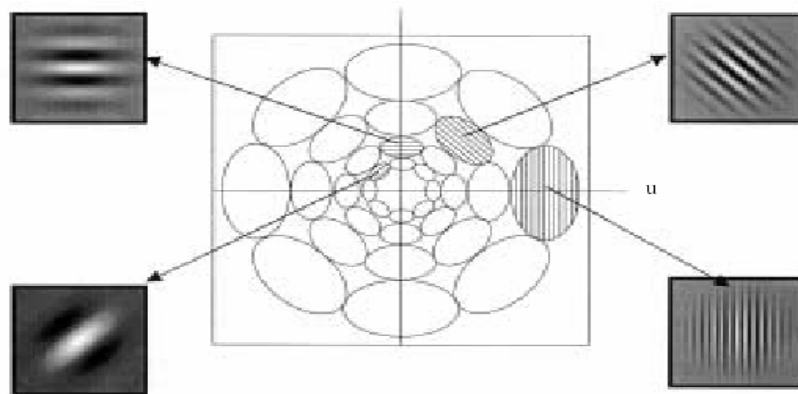


Fig. 4.6 Respuesta de los filtros Logaritmicos de Gabor

Con pruebas fallidas al intentar implementar estos filtros, se optó por utilizar la función ya implementada por el PhD Kovesi: “gaborconvolve.m”, a quien se le agradece profundamente por su enorme aporte al procesamiento de imágenes y por compartir sus experiencias, conocimiento y logros a través de su página web [9]

Para el diseño del filtro se debe tener presente que para obtener una cobertura total del espectro de frecuencias, las funciones gaussianas deben permitir un traslape de las mismas por debajo de la mitad de altura de la energía del filtro (como se muestra en la fig. 4.3). El problema es asegurar ésta medida, ya que si se excede el traslape, se obtendría una redundancia de información innecesaria y se perdería la localización obtenida por el filtro (lo cual era su finalidad).

Por el contrario, si se evita demasiado el traslape podría ocurrir que no se cubriría todo el espectro de frecuencia, lo cual ocasionaría pérdidas al proceso de extracción de características, dando por resultado un sistema ineficiente.

Para evitar esta serie de inconvenientes, en la función “gaborconvolve.m”, se deben elegir los valores adecuados para los siguientes parámetros:

<b>nscale</b>	número de escalas.
<b>norient</b>	número de orientaciones
<b>minWavelength</b>	longitud de onda del filtro de menor escala
<b>mult</b>	factor de escala entre filtros sucesivos (radialmente)
<b>SigmaOnf</b>	radio de la desviación estándar de la función gaussiana (en dirección radial) desde el centro de frecuencia del filtro
<b>dThetaOnSigma</b>	radio del intervalo angular entre la orientación del filtro y la desviación estándar de la función gaussiana.

Tabla 4.2 Parámetros para la función de Gabor “gaborconvolve.m”

Dado que la función proporcionada por Kovesi, recomienda una serie de valores obtenidos de su propia experiencia y conocimiento para estos parámetros, se tomaron éstos como base para nuestro proyecto. Los valores propuestos son:

<b>nscale</b>	4
<b>norient</b>	6
<b>minWavelength</b>	3
<b>mult</b>	2
<b>SigmaOnf</b>	0.65
<b>dThetaOnSigma</b>	1.5

Tabla 4.3 Valores de los parámetros para la función de Gabor

A la salida de la función obtendremos:  $n\text{scale} \times n\text{orient} = 4 \times 6 = 24$  matrices con las características extraídas de la imagen de la firma. A estas matrices se les calculará la magnitud ( $||\text{matriz}||$ ), obteniendo así 24 parámetros de Gabor a partir de la imagen original.

Ahora bien, además de los parámetros ya obtenidos, se puede extraer más información útil del procedimiento ya desarrollado, y esto es logrado por medio de la regularidad. La regularidad mide cuán uniformemente se encuentra distribuida la energía en una señal o imagen.

Si denominamos con P a las matrices obtenidas con Gabor,  $p = \text{nscale}$  y  $q = \text{norient}$ , la regularidad para ambas componentes queda expresada de la siguiente forma:

$$S_{p,q}^u = \frac{\sum_u \sum_v P_{p,q}(u,v)}{\max\{\sum_v P_{p,q}(u,v)\}} = \frac{e_{p,q}}{\max\{\sum_v P_{p,q}(u,v)\}} \quad \text{Ec. (4.6)}$$

$$S_{p,q}^v = \frac{e_{p,q}}{\max\{\sum_u P_{p,q}(u,v)\}} \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Por tanto, en total se extraerán 72 características por cada imagen de firma, lo cual como se podrá observar en la sección de pruebas y análisis de resultados, son más que suficiente para describir y caracterizar una imagen de firma proporcionada.

## 4.4 Archivo de salida del software de adquisición

Como se mencionó en la sección 3.2 para los botones de control de captura, el Software de Adquisición de Firmas genera un archivo de salida a parte de las imágenes de cada una de las firmas.

El contenido de dicho archivo, no es más que el contenido del cuadro de texto inferior derecho de la GUI, como el que se muestra por el ejemplo en la fig. 3.14. Observando dicha figura con cuidado, es fácilmente identificable que la escritura de las características es en formato vectorial, al estilo de Matlab®. En este sentido, el archivo de salida es de tipo texto (como ya se mencionó arriba), pero la extensión del mismo es “.m”, es decir, se almacena como una macro (o archivo de ejecución por lotes) de Matlab®.

El objetivo primordial que se persigue con esta idea, es que como no se calcula en Visual Basic® los parámetros off-line de Gabor, sino a partir de la función creada por Kovesi en Matlab® y las imágenes de las firmas capturadas, entonces lo que se hizo fue crear una macro que cuando se creen los parámetros de Gabor en Matlab® (72 en total) automáticamente puedan serle añadidos los parámetros on-line, iniciando a partir del parámetro 73, como lo muestra a continuación el extracto vectorial tomado de la fig. 3.14

$$a(73:101,01) = [ 0.226 ; 0.084 ; 0.205 ; 0.084 ; 0.402 ; 0.0138 \dots 0.097 ] ;$$

Donde este vector esta compuesto por las siguientes partes:

<b>nombre</b>	con las letras “a” o “b”, se indica si el vector pertenece a una firma indubitada o dubitada.
<b>número de filas</b>	establece la longitud de los valores on-line a añadir al vector de parámetros off-line de Gabor
<b>Número de columnas</b>	indica el número correlativo de firma
<b>longitudes normalizadas de trazos</b>	el número de longitudes normalizadas de trazos es igual al número de trazos (momentos gráficos)
<b>velocidad de trazos + velocidad promedio</b>	el número de velocidades de trazos + la velocidad promedio es igual al número de trazos + 1
<b>ángulos de trazos + ángulos de cortes</b>	el número de ángulos de trazos + ángulos de cortes es igual al número de trazos + (número de trazos - 1)
<b>magnitud normalizada de distancia de trazos y de cortes</b>	el número de magnitudes normalizadas de distancia de trazos y de cortes es igual al número de trazos + (número de trazos - 1)

Tabla 4.4 Componentes del vector creado por el software de captura

De esta explicación puede llegarse a la conclusión, que el número de parámetros on-line (y el vector creado a partir de éstos) depende directamente del número de momentos gráficos (número de trazos) que poseen las firmas de los usuarios. Por tanto, éstos vectores no tendrán las mismas longitudes lo cual de no tenerlo presente a la hora de evaluar las firmas podría repercutir de forma inversa en la eficiencia del sistema.

Pero ¿a qué se debe esto exactamente? ¿Cómo afectaría esto el reconocimiento de firmas? ¿Realmente existe otro factor influyente como la rotación, escalado o traslación que afecte el reconocimiento? La respuesta es la siguiente: al ver detenidamente los parámetros obtenidos, se deduce que un usuario que tenga una firma con muchos momentos gráficos o trazos en su firma, tendrá una mayor ventaja en el reconocimiento sobre una firma con menos momentos gráficos, ya que tendrá más datos para comparar, por lo cual, el reconocimiento no sería al mismo nivel en todos los tipos de firmas resultando en una disminución de la eficiencia al ser dependiente de un nuevo factor.

Ahora bien, por si fuera poco, no sólo la no equidad en la evaluación de firmas afecta al sistema debido al número de parámetros on-line. También se le sumó al proceso otro factor de inequidad. En las primeras pruebas surgió este problema, el cual consistía en que los parámetros on-line no lograban equipararse con la cantidad de sus contrapuestos off-line, logrando estos últimos llevar la balanza a su favor.

Para resolver este problema y otros que surgen a consecuencia de la variabilidad del número de datos para el reconocimiento de firmas, se propuso equiparar las circunstancias entre ambos tipos de parámetros, al realizar una multiplicación de los parámetros on-line, repitiendo el bloque completo de parámetros hasta alcanzar un total de 128 parámetros on-line.

Con esto se logra grandes beneficios, como por ejemplo si una firma consta de cuatro momentos gráficos, entonces el número de parámetros on-line será de 23, pero con la solución propuesta, este bloque se repetirá  $128/23 = 5.6$  veces llegando a un total de 128 parámetros on-line, con lo cual una verificación de dicha firma con cuatro momentos gráficos será tan efectiva como una con 10 momentos gráficos, al contar con igual número de parámetros on-line.

En resumen los parámetros extraídos a cada firma serán de 200 (que no es más que la suma de los 72 parámetros off-line y los 128 on-line).

Como último comentario sobre el pre-procesamiento, cabe señalar que hubo que hacer unas correcciones finales a los parámetros extraídos. Y esto se debió a que aún cuando numéricamente los parámetros estaban equiparados, en lo que a cantidades se refiere (128 vrs. 72), no fue suficiente para alcanzar el nivel de reconocimiento adecuado por ningún método propuesto. Esto se debió a que los parámetros extraídos por Gabor varían desde valores decimales hasta valores que alcanzan cientos de miles, contra los valores normalizados (es decir, decimales) de los parámetros on-line. Por tanto, la solución fue muy sencilla y consistió en elevar proporcionalmente sus valores, multiplicándolos por un valor numéricamente elevado y para nuestro caso fue de 100,000. Con ello, se logró obtener los resultados esperados (y que son mostrados en el capítulo cinco).

# 5 EVALUACIÓN DE MÉTODOS

## 5.1 Forma de evaluar los métodos

Los métodos propuestos en este estudio, para determinar cual es el más adecuado para el reconocimiento de firmas son: uno estadístico por correlación y tres por redes neuronales: Retropropagación (Backpropagation en inglés), Hopfield y ART.

Para determinar cual es el que tiene el mejor desempeño en el reconocimiento de firmas manuscritas, los métodos se someterán a una prueba muy difícil al tratar de identificar la validez de una firma muy simple. Aunque esto pudiera parecer hasta cierto punto contradictorio, la razón es muy sencilla, como se mencionó en el capítulo anterior cuatro, identificar un patrón con muchas características sería más sencillo que uno más simple (sería como intentar encontrar un lugar en una ciudad, con muchas referencias sería muy sencillo llegar, pero si por el contrario las pistas son pocas, llegar al lugar preciso requeriría una mayor capacidad de observación y atención a los detalles).

Las firmas con las que se pondrán a prueba los diferentes métodos de reconocimiento, serán como las que se muestran a en la figura siguiente.



Fig. 5.1 Ejemplos de firmas adquiridas para la prueba de los métodos de reconocimiento. De arriba hacia abajo: firmas a10.bmp, a17.bmp y a28.bmp.



Aunque visualmente son muy similares las imágenes de estas firmas (parámetros off-line), poseen características on-line que son diferentes. Uno de los objetivos primordiales al mostrar estos ejemplares, es poder identificar las diferencias en las firmas y así en el momento de las pruebas tenerlas presentes al verificar si los métodos de reconocimiento son capaces de discernir si la firma presentada es genuina o falsa, a pesar de encontrarse posiblemente afectadas por traslación, rotación y/o escalado.

Para el proceso de validación del método se crearon cuatro grupos de firmas (similares visualmente a las mostradas en la fig. 5.1), todas ellas constan de sólo tres letras, escritas de diferente forma para cada grupo. Con ello se pretende valorar la capacidad de los métodos para discernir las características propias de cada firmante, más allá de las similitudes visuales, con el objetivo eliminar la posibilidad de una falsificación que aunque visualmente pudiera ser muy similar, ésta tendría que imitar también la personalidad gráfica del autor, lo cual se pretende que sea la mayor fortaleza del método.

A continuación se describen los grupos de 10 firmas cada uno, creados para la validación del método.

**Grupo Adelante:** escritura de las tres letras de izquierda a derecha, con la “U” escrita en el sentido de las manecillas del reloj, en las letras “D” y “B” se hará primero la forma de las letras y luego sus líneas verticales en dirección hacia arriba. Los pasos descritos se muestran en la siguiente figura (con un número en la parte superior de cada trazo que indica su orden de escritura):



Fig. 5.2 Forma de escritura del grupo de firmas “Adelante”

**Grupo Atrás:** escritura de las tres letras de derecha a izquierda, con las letras “D” y “B” se hizo primero la forma de las letras y luego sus líneas verticales en dirección hacia arriba y la “U” escrita en el sentido de las manecillas del reloj. Los pasos descritos se muestran en la siguiente figura (con un número en la parte superior de cada trazo que indica su orden de escritura):



Fig. 5.3 Forma de escritura del grupo de firmas “Atrás”

**Grupo Normal:** escritura de las tres letras de izquierda a derecha, con la “U” escrita en contra del sentido de las manecillas del reloj, en las letras “D” y “B” se hará primero sus líneas verticales en dirección hacia abajo y luego la forma de las letras. Los pasos descritos se muestran en la siguiente figura (con un número en la parte superior de cada trazo que indica su orden de escritura):



Fig. 5.4 Forma de escritura del grupo de firmas “Normal” y “Normal con Punto”

**Grupo Normal con Punto:** su escritura es exactamente igual al de las firmas normales (grupo anterior), pero con una característica extra, la cual es que al final de la firma (después de escribir las 3 letras) se escribió un punto sobre el pixel de inicio de la letra “U”.

Además de los grupos de firmas anteriores se crearon dos grupos más. Estos estarán destinados a probar realmente “*de qué están hechos los métodos de reconocimiento de firmas...*”, al intentar burlar la seguridad que se espera que éstos posean. Básicamente el primer grupo es un conjunto 10 firmas falsas, que intentarán confundir y hacer caer en error a los métodos de reconocimiento, al sólo modificar unas de las características con las cuales se crearon los 4 grupos anteriores. El segundo grupo (denominado: **Grupo de Prueba2**), será un conjunto de 12 firmas verdaderas (3 por cada uno de los primeros 4 grupos).

A continuación se describen las 10 firmas del **Grupo de Prueba1**:

- Firma 1: escritura normal, pero con una velocidad lenta.
- Firma 2: escritura normal, pero con las verticales de la “D” y “B” escritas con dirección hacia arriba
- Firma 3: escritura normal, pero con la “U” escrita en el sentido de las agujas del reloj.
- Firma 4: escritura normal, pero con la forma de la “D” y “B” escritas en sentido contrario a las agujas del reloj
- Firma 5: escritura normal, pero la “D” fue cambiada por una “B”
- Firma 6: escritura normal, pero la “B” fue cambiada por una “D”
- Firma 7: escritura normal, pero la “B” fue cambiada por una “P”
- Firma 8: escritura normal, pero la “D” fue cambiada por una “P”
- Firma 9: escritura normal, pero la “U” fue cambiada por una “O”
- Firma 10: escritura normal, pero a la “D” no se le escribió la línea vertical.

Las imágenes de las firmas de la 5 a la 10 son mostradas en la siguiente figura:



Fig. 5.5 Ejemplos de Firmas falsas del grupo de prueba 1

En este punto del documento ya se cuenta con todas las herramientas necesarias para comenzar la prueba de los métodos propuestos para el reconocimiento de firmas. Para ello, por medio de la tarjeta Topaz SigLite LCD y del software de Adquisición de Firmas se obtuvieron 62 firmas repartidas en 6 grupos. Cada firma posee un vector de "a" con los parámetros on-line preprocesados, todos contenidos en el archivo de salida "firmas.m". Cada vector de cada firma, tiene asociado una imagen de la firma en formato ".bmp" de 512 x 128 pixeles. Los seis grupos de firmas fueron capturados uno tras otro en el siguiente orden: Adelante, Atrás, Normales, Normales con Punto, Prueba1 (falsas) y Prueba2 (verdaderas).

La evaluación de cada método se efectuará por separado en las siguientes sub-secciones.

## 5.2 Método de reconocimiento por correlación

La técnica de correlación de imágenes (también llamada correlación cruzada), es un método estadístico que se fundamenta en la comparación de imágenes para determinar que tan iguales son. El método consiste en convolucionar una imagen con un patrón llamado mascara, con la finalidad de obtener valores elevados de correlación donde el patrón es más similar en una región. La región buscada aparecerá con una mayor intensidad de gris de la imagen resultante.

### 5.2.1 Descripción del método

Si se tiene una sub-imagen, que en nuestro caso es la imagen de una firma indubitada (recortada al tamaño preciso de la firma),  $w(x,y)$  de tamaño  $K \times L$  dentro de una imagen  $f(x,y)$  (imagen completa del resto de firmas adquiridas) de tamaño  $M \times N$ . En donde la sub-imagen  $w$  es más pequeña en dimensiones que la imagen  $f$  esto para garantizar el barrido completo de la imagen  $w$  por toda la imagen  $f$  hasta encontrar el máximo o matching.

La correlación entre  $w(x,y)$  y  $f(x,y)$ , está dada sobre la región en la imagen donde  $w$  y  $f$  se traslapan.

En la figura 5.6, se ejemplifica una firma y se ilustra el procedimiento de correlación.

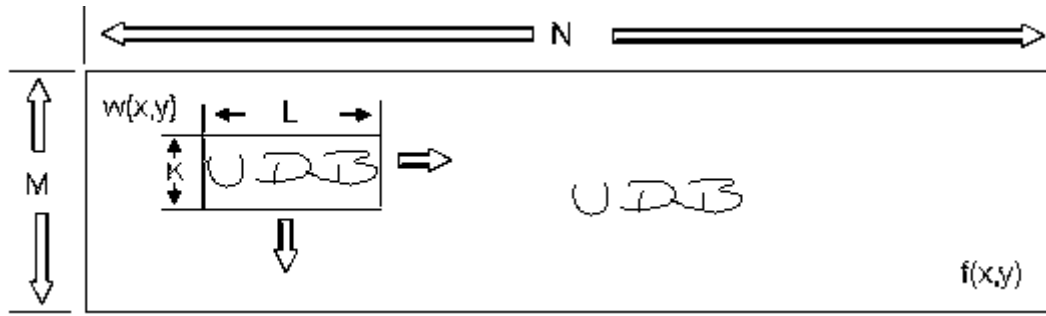


Fig. 5.6. Procedimiento de correlación.

Se asume que el origen de las imágenes está en la esquina superior izquierda. La correlación es el proceso de mover el patrón o sub-imagen  $w$  a través del área de la imagen y calcular el valor máximo en esa área. Esto envuelve una multiplicación en cada píxel en el patrón por cada píxel que es traslapado en la imagen, y entonces sumando los resultados sobre todos los píxeles del patrón. El máximo valor de Correlación indica la posición donde  $w$  se parece más a  $f$ .

Los valores de correlación no son precisos en los bordes de la imagen y tiende a blanquear la imagen resultante y hacerla un poco borrosa (ya que se trata de un filtro pasa bajo) estos valores sensibles a cambios de amplitud en la imagen, tales como intensidad y esto conlleva a muchos valores incorrectos.

Para superar la sensibilidad se utiliza el método de correlación normalizado que lo que hace es que en las zonas con un alto nivel de gris de la imagen inicial tiendan a tenerlo en la imagen resultado. La correlación normalizada funciona de la siguiente manera se divide el resultado de la correlación por la intensidad total de los píxeles de la ventana.

Matemáticamente la correlación se define como la convolución de dos imágenes en el tiempo en este caso  $f$  y  $w$  pero en donde la imagen  $w$  es el complejo conjugado y en la frecuencia es la multiplicación de las dos imágenes. Lo anterior se muestra en la siguiente ecuación:

$$f(x, y) \circ w(x, y) \Leftrightarrow F(u, v) H^*(u, v) \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Y la correlación normalizada se define como:

$$C(x, y) = \frac{f(x, y) \circ w(x, y)}{\sqrt{f^2(x, y) \circ w(x, y)}} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

## 5.2.2 Resultados de las pruebas del método de correlación

Por medio de la fórmula de Correlación Normalizada se procedió de la siguiente forma:

Se evaluó el método para cada grupo de firmas: adelante, atrás, normal y normal con punto. Con una firma por grupo, para ser la imagen  $w(x,y)$  que se correlacionará contra las otras 61 firmas y ella misma 11 veces, esto es debido a que la imagen  $w(x,y)$  se rotará desde  $-5^\circ$  hasta  $5^\circ$ , en un intento por minimizar los efectos de rotación. Estas firmas, se tomaron del grupo seis (prueba2), donde se encuentran tres firmas verdaderas por grupo.

### 5.2.2.1 Correlación de Firmas Normales (imagen de firma indubitada a51.bmp)

Como puede observarse, la máxima correlación de 100% (mostrada en la última columna de la derecha) es la que se hace con misma imagen 51 a  $0^\circ$  (autocorrelación).

Como puede apreciarse dado que es un método de reconocimiento por similitud de imágenes, fuera de la autocorrelación, los valores de correlación son muy similares resultando prácticamente imposible discernir entre firmas falsas y verdaderas. Lo mismo se aplica para el resto de tipos de firmas (adelante, atrás y normal con punto).

Im.	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	0°	1°	2°	3°	4°	5°	Max. Corr.
a1	30.26	29.59	30.09	31.68	31.49	35.66	31.06	31.37	29.38	29.61	28.23	35.66
a2	30.57	29.89	30.28	31.89	31.71	36.24	31.41	31.73	29.48	29.70	28.33	36.24
a3	30.64	29.95	30.16	31.75	31.57	36.16	31.29	31.63	29.54	29.73	28.35	36.16
a4	30.64	29.95	30.15	31.75	31.57	36.03	31.29	31.61	29.57	29.79	28.40	36.03
a5	30.49	29.81	30.18	31.73	31.54	35.77	31.15	31.47	29.47	29.65	28.30	35.77
a6	30.57	29.89	30.20	31.78	31.60	35.76	31.14	31.46	29.46	29.68	28.30	35.76
a7	30.54	29.86	30.13	31.70	31.51	35.89	31.18	31.49	29.46	29.68	28.30	35.89
a8	30.56	29.88	30.16	31.72	31.53	35.93	31.21	31.52	29.45	29.67	28.30	35.93
a9	30.58	29.90	30.19	31.83	31.65	36.26	31.37	31.69	29.48	29.70	28.32	36.26
a10	30.80	30.11	30.29	31.86	31.68	36.11	31.38	31.69	29.57	29.79	28.40	36.11
a11	30.26	29.79	30.39	31.94	31.76	35.65	31.31	31.62	29.58	29.81	28.48	35.65
a12	30.40	29.72	30.20	31.80	31.62	35.84	31.15	31.46	29.39	29.63	28.26	35.84
a13	30.56	29.97	30.43	31.98	31.79	35.72	31.24	31.54	29.42	29.62	28.25	35.72
a14	30.61	29.93	30.33	31.93	31.70	35.77	31.17	31.48	29.48	29.70	28.32	35.77
a15	30.36	29.82	30.42	31.99	31.79	35.82	31.24	31.54	29.48	29.72	28.39	35.82
a16	30.37	29.76	30.36	31.99	31.79	35.73	31.24	31.54	29.48	29.72	28.39	35.73
a17	30.41	29.76	30.36	31.99	31.79	35.96	31.24	31.54	29.41	29.64	28.26	35.96
a18	30.68	30.04	30.49	31.99	31.79	35.91	31.24	31.54	29.42	29.64	28.32	35.91
a19	30.58	29.90	30.32	31.93	31.75	35.91	31.22	31.52	29.41	29.65	28.27	35.91
a20	30.51	29.83	30.20	31.88	31.70	35.62	31.06	31.36	29.37	29.59	28.22	35.62
a21	30.75	30.06	30.39	31.93	31.75	36.15	31.47	31.78	29.64	29.85	28.46	36.15
a22	30.01	29.51	29.99	31.78	31.58	35.72	31.20	31.50	29.44	29.66	28.30	35.72
a23	29.91	29.48	29.97	31.80	31.62	35.77	31.20	31.50	29.44	29.66	28.30	35.77

Tabla 5.1.a Resultado de Correlación de firmas de grupo normales

Im	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	0°	1°	2°	3°	4°	5°	Max Corr
a24	30.29	29.61	30.06	31.62	31.44	35.71	31.13	31.44	29.41	29.65	28.27	35.71
a25	30.22	29.66	30.15	31.81	31.63	36.04	31.33	31.64	29.60	29.83	28.44	36.04
a26	30.56	29.87	30.23	31.87	31.69	36.17	31.39	31.70	29.61	29.84	28.45	36.17
a27	29.91	29.58	30.16	31.84	31.66	36.09	31.38	31.70	29.59	29.80	28.42	36.09
a28	30.53	29.85	30.26	31.93	31.75	36.12	31.44	31.75	29.58	29.79	28.41	36.12
a29	30.47	29.78	30.10	31.71	31.52	35.87	31.25	31.56	29.56	29.77	28.39	35.87
a30	30.34	29.70	30.29	31.83	31.65	36.04	31.27	31.59	29.51	29.73	28.35	36.04
a31	29.98	29.59	30.09	31.74	31.56	35.91	31.26	31.57	29.55	29.76	28.38	35.91
a32	30.28	29.67	30.16	31.95	31.77	36.26	31.49	31.79	29.58	29.79	28.40	36.26
a33	30.33	29.65	30.10	31.74	31.56	36.07	31.28	31.60	29.52	29.74	28.36	36.07
a34	29.75	29.42	29.99	31.66	31.48	35.92	31.20	31.51	29.47	29.69	28.31	35.92
a35	29.78	29.45	30.02	31.75	31.57	35.89	31.22	31.53	29.50	29.72	28.34	35.89
a36	30.00	29.66	30.18	31.89	31.71	36.13	31.43	31.74	29.58	29.79	28.41	36.13
a37	29.79	29.45	30.03	31.80	31.62	35.89	31.22	31.53	29.49	29.71	28.33	35.89
a38	29.96	29.54	30.03	31.73	31.55	35.82	31.20	31.51	29.50	29.72	28.34	35.82
a39	29.61	29.31	30.09	31.88	31.70	36.09	31.42	31.73	29.58	29.79	28.41	36.09
a40	29.43	29.14	30.04	31.73	31.54	36.02	31.26	31.59	29.56	29.74	28.38	36.02
a41	30.71	30.03	30.21	31.74	31.56	36.07	31.28	31.60	29.57	29.79	28.40	36.07
a42	30.54	29.86	30.09	31.65	31.47	35.81	31.19	31.50	29.50	29.72	28.34	35.81
a43	30.61	29.92	30.18	31.75	31.57	35.84	31.23	31.54	29.52	29.73	28.35	35.84
a44	30.63	29.95	30.27	31.83	31.65	36.04	31.37	31.68	29.56	29.77	28.39	36.04
a45	30.47	29.79	29.99	31.58	31.40	35.68	31.12	31.44	29.43	29.65	28.28	35.68
a46	30.62	29.94	30.17	31.78	31.60	36.07	31.32	31.64	29.55	29.76	28.38	36.07
a47	30.79	30.10	30.27	31.85	31.67	36.04	31.39	31.71	29.68	29.89	28.50	36.04
a48	30.64	29.95	30.18	31.78	31.60	35.93	31.30	31.61	29.59	29.82	28.43	35.93
a49	30.27	29.60	30.01	31.59	31.41	35.72	31.13	31.45	29.41	29.64	28.26	35.72
a50	30.71	30.02	30.31	31.95	31.77	36.16	31.47	31.77	29.61	29.84	28.45	36.16
a51	30.30	29.63	30.14	31.89	34.08	100.00	35.13	31.52	29.48	29.70	28.33	100.00
a52	30.06	29.58	30.07	31.76	31.58	36.09	31.30	31.62	29.52	29.73	28.35	36.09
a53	30.69	30.00	30.30	31.97	31.79	36.20	31.51	31.82	29.54	29.76	28.38	36.20
a54	30.38	29.71	30.24	31.84	31.66	36.17	31.38	31.70	29.54	29.76	28.38	36.17
a55	30.68	29.99	30.28	31.91	31.73	36.18	31.45	31.75	29.58	29.79	28.41	36.18
a56	30.56	29.87	30.12	31.72	31.53	35.83	31.16	31.47	29.45	29.67	28.30	35.83
a57	30.39	29.71	30.10	31.68	31.49	35.69	31.10	31.42	29.41	29.64	28.26	35.69
a58	30.14	29.47	30.03	31.69	31.50	35.58	31.01	31.32	29.33	29.57	28.19	35.58
a59	29.83	29.50	29.96	31.77	31.59	35.74	31.12	31.44	29.41	29.64	28.26	35.74
a60	30.66	29.97	30.17	31.74	31.56	35.96	31.27	31.59	29.56	29.77	28.39	35.96
a61	29.72	29.39	29.92	31.72	31.53	35.69	31.11	31.42	29.41	29.64	28.26	35.69
a62	30.22	29.58	30.07	31.80	31.62	36.11	31.33	31.65	29.48	29.70	28.33	36.11

Tabla 5.1.a Resultado de Correlación de firmas de grupo normales

### 5.2.2.2 Correlación de Firmas Adelante (imagen de firma indubitada a54.bmp)

Im.	-5º	-4º	-3º	-2º	-1º	0º	1º	2º	3º	4º	5º	Max. Cor.
a1	27.50	27.69	30.65	29.09	29.43	34.19	29.58	27.95	30.12	27.12	27.30	34.19
a2	27.69	27.87	30.82	29.44	29.54	36.16	29.69	28.10	30.22	27.19	27.37	36.16
a3	27.71	27.89	30.69	29.28	29.49	34.31	29.63	28.11	30.20	27.20	27.38	34.31
a4	27.71	27.89	30.67	29.26	29.49	34.22	29.65	27.97	30.15	27.20	27.38	34.22
a5	27.73	27.91	30.71	29.13	29.50	34.22	29.64	28.01	30.21	27.21	27.39	34.22
a6	27.76	27.94	30.77	29.18	29.54	34.51	29.68	28.01	30.21	27.21	27.39	34.51
a7	27.71	27.90	30.66	29.18	29.46	34.27	29.61	27.99	30.15	27.14	27.32	34.27
a8	27.73	27.91	30.70	29.20	29.50	34.22	29.65	28.00	30.19	27.18	27.36	34.22
a9	27.70	27.88	30.74	29.36	29.47	34.23	29.62	28.04	30.19	27.19	27.37	34.23
a10	27.85	28.03	30.79	29.41	29.45	34.21	29.59	28.07	30.17	27.23	27.40	34.21
a11	27.78	27.96	30.95	29.32	29.73	34.48	29.88	28.26	30.45	27.35	27.50	34.48
a12	27.62	27.80	30.79	29.19	29.53	34.48	29.68	28.02	30.21	27.20	27.38	34.48
a13	27.85	28.03	30.99	29.35	29.72	34.46	29.86	28.04	30.21	27.23	27.35	34.46
a14	27.85	28.03	31.03	29.27	29.54	34.42	29.68	28.00	30.19	27.18	27.35	34.42
a15	27.79	27.97	31.07	29.35	29.71	34.44	29.86	28.17	30.35	27.32	27.42	34.44
a16	27.72	27.90	31.02	29.35	29.72	34.47	29.86	28.17	30.35	27.33	27.40	34.47
a17	27.62	27.81	31.02	29.35	29.70	34.46	29.85	28.04	30.22	27.21	27.36	34.46
a18	27.93	28.11	31.08	29.35	29.72	34.46	29.86	28.11	30.31	27.24	27.42	34.46
a19	27.74	27.93	30.92	29.31	29.66	34.42	29.81	28.01	30.15	27.14	27.31	34.42
a20	27.76	27.94	30.89	29.27	29.51	34.41	29.67	27.95	30.12	27.13	27.29	34.41
a21	28.00	28.19	30.92	29.48	29.73	34.44	29.88	28.26	30.45	27.36	27.49	34.44
a22	27.34	27.52	30.57	29.16	29.52	34.34	29.67	28.07	30.27	27.23	27.41	34.34
a23	27.26	27.44	30.56	29.19	29.57	34.39	29.72	28.09	30.27	27.21	27.39	34.39
a24	27.45	27.64	30.62	29.18	29.38	34.12	29.53	27.93	30.10	27.11	27.29	34.12
a25	27.32	27.50	30.73	29.35	29.40	34.28	29.55	28.03	30.20	27.25	27.43	34.28
a26	27.63	27.81	30.80	29.42	29.44	34.21	29.59	28.08	30.18	27.28	27.45	34.21
a27	27.05	27.23	30.75	29.37	29.36	34.17	29.50	28.05	30.16	27.23	27.40	34.17
a28	27.66	27.84	30.93	29.43	29.59	34.44	29.75	28.10	30.24	27.25	27.43	34.44
a29	27.55	27.73	30.63	29.24	29.38	34.12	29.53	27.93	30.22	27.20	27.38	34.12
a30	27.64	27.82	30.85	29.23	29.62	34.37	29.77	28.14	30.34	27.22	27.37	34.37
a31	27.11	27.29	30.65	29.27	29.29	34.11	29.45	27.97	30.09	27.19	27.37	34.11

Tabla 5.2.a Resultado de Correlación de firmas de grupo adelante

Im	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	0°	1°	2°	3°	4°	5°	Max Corr
a32	27.38	27.56	30.85	29.47	29.47	34.28	29.62	28.15	30.27	27.21	27.39	34.28
a33	27.42	27.61	30.65	29.27	29.38	34.19	29.53	27.97	30.14	27.17	27.35	34.19
a34	26.90	27.08	30.56	29.19	29.30	34.08	29.46	27.89	30.13	27.12	27.30	34.08
a35	27.02	27.20	30.58	29.21	29.47	34.28	29.63	28.01	30.23	27.18	27.36	34.28
a36	27.12	27.30	30.79	29.41	29.45	34.31	29.61	28.10	30.23	27.22	27.40	34.31
a37	27.10	27.28	30.58	29.21	29.56	34.31	29.70	28.07	30.28	27.20	27.38	34.31
a38	27.24	27.42	30.56	29.19	29.44	34.27	29.62	28.06	30.27	27.18	27.36	34.27
a39	26.78	26.96	30.77	29.38	29.27	34.16	29.46	28.09	30.20	27.20	27.38	34.16
a40	26.80	26.79	30.49	29.12	29.13	34.06	29.33	27.95	30.14	27.13	27.31	34.06
a41	27.77	27.96	30.65	29.27	29.42	34.13	29.56	28.16	30.14	27.21	27.39	34.13
a42	27.66	27.84	30.62	29.18	29.41	34.14	29.56	27.96	30.15	27.16	27.33	34.14
a43	27.75	27.93	30.73	29.22	29.51	34.41	29.67	28.00	30.20	27.19	27.37	34.41
a44	27.84	28.03	30.80	29.36	29.51	34.16	29.65	28.05	30.25	27.23	27.40	34.16
a45	27.56	27.74	30.49	29.12	29.27	34.08	29.44	27.82	30.00	27.09	27.26	34.08
a46	27.69	27.87	30.69	29.31	29.37	34.21	29.52	28.00	30.11	27.19	27.37	34.21
a47	27.84	28.03	30.77	29.39	29.47	34.42	29.62	28.06	30.18	27.30	27.48	34.42
a48	27.71	27.89	30.72	29.34	29.27	33.97	29.43	28.00	30.10	27.25	27.43	33.97
a49	27.39	27.57	30.59	29.10	29.32	34.34	29.49	27.84	30.05	27.05	27.23	34.34
a50	27.77	27.95	30.88	29.50	29.52	34.47	29.67	28.15	30.26	27.28	27.45	34.47
a51	27.50	27.68	30.84	29.27	29.51	34.43	29.67	28.20	30.22	27.18	27.36	34.43
a52	27.18	27.36	30.69	29.31	29.22	34.06	29.39	27.98	30.09	27.16	27.33	34.06
a53	27.75	27.93	30.87	29.49	29.51	34.41	29.66	28.17	30.29	27.19	27.37	34.41
a54	27.58	27.76	30.83	29.37	37.38	100.00	37.38	28.08	30.26	27.23	27.39	100.00
a55	27.74	27.93	30.83	29.45	29.47	34.21	29.62	28.11	30.23	27.22	27.40	34.21
a56	27.72	27.90	30.66	29.16	29.51	34.21	29.66	27.99	30.18	27.19	27.36	34.21
a57	27.59	27.77	30.64	29.10	29.44	34.18	29.59	27.94	30.11	27.12	27.42	34.18
a58	27.41	27.59	30.60	29.09	29.43	34.29	29.58	27.93	30.12	27.11	27.29	34.29
a59	27.06	27.24	30.54	29.17	29.40	34.31	29.55	27.93	30.13	27.10	27.28	34.31
a60	27.72	27.90	30.68	29.30	29.45	34.16	29.62	28.00	30.19	27.21	27.39	34.16
a61	27.07	27.25	30.48	29.11	29.43	34.28	29.57	28.00	30.19	27.16	27.34	34.28
62	27.47	27.65	30.72	29.34	29.51	34.33	29.66	28.07	30.28	27.20	27.38	34.33

Tabla 5.2.b Resultado de Correlación de firmas de grupo adelante



### 5.2.2.3 Correlación de Firmas Atrás (imagen de firma indubitada a57.bmp)

Im.	-5º	-4º	-3º	-2º	-1º	0º	1º	2º	3º	4º	5º	Max. Corf
a1	29.10	29.49	32.14	31.73	32.45	36.86	33.00	32.12	32.02	29.42	27.78	36.86
a2	29.62	30.02	32.40	32.19	33.04	36.82	33.37	32.34	32.24	29.53	27.88	36.82
a3	29.51	29.91	32.41	32.20	33.05	36.82	33.20	32.23	32.13	29.47	27.82	36.82
a4	29.48	29.88	32.30	32.08	32.93	36.82	33.10	32.14	32.04	29.47	27.82	36.82
a5	29.32	29.71	32.09	31.81	32.65	36.82	33.17	32.19	32.09	29.48	27.84	36.82
a6	29.40	29.80	32.13	31.90	32.75	36.81	33.44	32.42	32.32	29.51	27.86	36.81
a7	29.39	29.79	32.39	32.17	33.03	36.82	33.22	32.21	32.09	29.45	27.81	36.82
a8	29.43	29.82	32.33	32.12	32.97	36.82	33.15	32.15	32.04	29.48	27.84	36.82
a9	29.55	29.95	32.41	32.20	33.05	36.82	33.15	32.27	32.10	29.46	27.81	36.82
a10	29.66	30.06	32.45	32.23	33.09	36.82	33.11	32.27	32.10	29.44	27.81	36.82
a11	29.18	29.57	32.39	31.98	32.60	37.54	33.29	32.35	32.27	29.70	28.05	37.54
a12	29.30	29.69	32.25	31.98	32.83	36.76	33.32	32.38	32.27	29.52	27.87	36.76
a13	29.39	29.79	32.44	32.02	32.80	36.86	33.49	32.46	32.32	29.75	28.07	36.86
a14	29.45	29.85	32.53	32.11	32.85	36.86	33.62	32.55	32.29	29.57	27.91	36.86
a15	29.28	29.67	32.60	32.18	32.81	36.86	33.41	32.44	32.31	29.69	28.03	36.86
a16	29.26	29.66	32.60	32.18	32.81	36.86	33.38	32.47	32.33	29.72	28.06	36.86
a17	29.32	29.71	32.60	32.18	32.83	37.03	33.37	32.46	32.32	29.68	28.02	37.03
a18	29.65	30.05	32.44	32.22	33.07	36.86	33.65	32.58	32.32	29.75	28.07	36.86
a19	29.52	29.92	32.38	32.13	32.98	36.86	33.57	32.50	32.29	29.64	27.98	36.86
a20	29.36	29.76	32.44	32.02	32.75	36.86	33.47	32.40	32.26	29.53	27.86	36.86
a21	29.67	30.07	32.36	32.13	32.98	36.82	33.43	32.36	32.24	29.71	28.05	36.82
a22	29.05	29.44	32.29	31.88	32.50	36.78	33.10	32.31	32.17	29.51	27.85	36.78
a23	29.08	29.47	32.34	31.92	32.55	36.75	33.14	32.30	32.21	29.55	27.88	36.75
a24	29.14	29.53	32.14	31.73	32.46	36.69	32.95	32.05	31.95	29.36	27.73	36.69
a25	29.14	29.53	32.12	31.77	32.61	36.82	33.01	32.22	32.10	29.40	27.76	36.82
a26	29.46	29.86	32.30	32.08	32.93	36.82	33.09	32.25	32.10	29.40	27.76	36.82
a27	29.02	29.40	32.18	31.77	32.60	36.74	32.99	32.15	32.00	29.29	27.74	36.74
a28	29.49	29.89	32.37	31.95	32.78	36.82	33.29	32.34	32.24	29.56	27.91	36.82
a29	29.50	29.89	32.18	31.76	32.60	36.66	33.02	32.05	31.95	29.37	27.73	36.66
a30	29.20	29.59	32.28	31.90	32.75	36.82	33.19	32.27	32.17	29.60	27.95	36.82
a31	28.97	29.36	32.06	31.65	32.42	36.79	32.82	31.99	31.94	29.30	27.65	36.79

Tabla 5.3.a Resultado de Correlación de firmas de grupo atrás

lm	-5ª	-4ª	-3ª	-2ª	-1ª	0ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Max Corr
a32	29.41	29.81	32.22	31.85	32.69	36.79	33.02	32.21	32.07	29.40	27.79	36.79
a33	29.41	29.81	32.39	31.97	32.82	36.81	33.02	32.19	32.02	29.37	27.73	36.81
a34	28.89	29.28	32.07	31.66	32.47	36.71	32.85	32.02	31.89	29.21	27.67	36.71
a35	29.00	29.39	32.34	31.92	32.55	36.81	32.87	32.04	32.04	29.36	27.81	36.81
a36	29.12	29.51	32.24	31.82	32.49	36.74	32.99	32.15	32.15	29.47	27.81	36.74
a37	29.11	29.49	32.39	31.98	32.60	36.80	32.93	32.10	32.10	29.48	27.92	36.80
a38	29.03	29.42	32.26	31.84	32.47	36.71	33.04	32.21	32.12	29.48	27.81	36.71
a39	28.99	29.38	32.22	31.80	32.50	36.74	32.71	31.88	31.88	29.16	27.62	36.74
a40	29.03	29.42	32.26	31.84	32.47	36.61	32.56	31.74	31.81	28.95	27.42	36.61
a41	29.57	29.96	32.41	32.20	33.05	36.82	33.04	32.16	31.99	29.40	27.76	36.82
a42	29.57	29.97	32.24	31.82	32.67	36.73	33.06	32.07	31.98	29.40	27.76	36.73
a43	29.44	29.84	32.15	31.91	32.76	36.82	33.32	32.31	32.21	29.50	27.86	36.82
a44	29.63	30.02	32.40	32.13	32.98	36.82	33.23	32.19	32.05	29.54	27.87	36.82
a45	29.31	29.70	31.97	31.70	32.54	36.71	33.05	32.02	31.92	29.27	27.64	36.71
a46	29.52	29.92	32.34	32.13	32.98	36.82	33.13	32.15	32.03	29.36	27.72	36.82
a47	29.63	30.03	32.29	32.04	32.89	36.79	33.30	32.29	32.19	29.41	27.81	36.79
a48	29.50	29.90	32.19	31.98	32.83	36.77	32.94	32.17	32.62	29.24	27.74	36.77
a49	29.11	29.50	32.02	31.61	32.44	36.82	33.20	32.21	32.14	29.27	27.67	36.82
a50	29.59	29.99	32.30	32.08	32.93	36.82	33.32	32.36	32.26	29.49	27.86	36.82
a51	29.15	29.55	32.33	31.97	32.82	36.82	33.19	32.33	32.23	29.50	27.86	36.82
a52	29.19	29.58	32.13	31.71	32.54	36.81	32.93	32.10	31.95	29.27	27.62	36.81
a53	29.70	30.10	32.46	32.22	33.07	36.82	33.37	32.31	32.21	29.48	27.83	36.82
a54	29.32	29.71	32.32	32.00	32.85	36.82	33.26	32.35	32.22	29.52	27.89	36.82
a55	29.61	30.01	32.40	32.19	33.04	36.82	33.11	32.27	32.10	29.46	27.81	36.82
a56	29.39	29.79	32.24	32.03	32.87	36.81	33.17	32.14	32.04	29.48	27.86	36.81
a57	29.23	29.62	32.10	31.70	33.92	100.00	34.25	32.11	32.01	29.43	27.79	100.00
a58	28.99	29.39	32.17	31.76	32.44	37.01	33.02	32.21	32.11	29.42	27.78	37.01
a59	28.99	29.38	32.36	31.94	32.57	36.85	32.99	32.15	32.15	29.40	27.74	36.85
a60	29.51	29.91	32.24	32.03	32.87	36.82	33.17	32.11	31.99	29.41	27.79	36.82
a61	29.01	29.40	32.24	31.82	32.45	36.69	32.95	32.12	32.12	29.41	27.81	36.69
a62	29.17	29.57	32.21	31.81	32.65	36.82	33.06	32.25	32.14	29.47	27.84	36.82

Tabla 5.3.b Resultado de Correlación de firmas de grupo atrás

#### 5.2.2.4 Correlación con Firmas Normales con Punto (imagen de firma indubitada a60.bmp)

Im.	-5º	-4º	-3º	-2º	-1º	0º	1º	2º	3º	4º	5º	Max. Corr.
a1	26.65	26.83	27.49	30.18	30.11	34.11	29.99	30.46	27.12	26.01	27.26	34.11
a2	26.70	27.02	27.69	30.51	30.18	34.09	30.08	30.55	27.18	26.07	27.33	34.09
a3	26.74	27.12	27.79	30.62	30.16	34.16	30.03	30.49	27.15	26.07	27.33	34.16
a4	26.67	27.07	27.73	30.53	30.13	34.07	30.00	30.46	27.14	26.04	27.30	34.07
a5	26.64	27.14	27.81	30.40	30.17	34.03	30.03	30.50	27.16	26.07	27.34	34.03
a6	26.66	27.16	27.83	30.59	30.24	34.16	30.08	30.55	27.18	26.07	27.34	34.16
a7	26.62	26.99	27.66	30.50	30.13	34.09	30.01	30.47	27.13	26.02	27.28	34.09
a8	26.70	27.13	27.80	30.58	30.16	33.91	30.03	30.49	27.16	26.05	27.32	33.91
a9	26.83	27.15	27.82	30.62	30.15	34.09	30.02	30.48	27.14	26.06	27.33	34.09
a10	26.78	27.11	27.78	30.68	30.11	33.90	29.98	30.44	27.13	26.03	27.29	33.90
a11	26.82	27.07	27.73	30.38	30.35	34.12	30.19	30.68	27.30	26.25	27.52	34.12
a12	26.67	26.95	27.62	30.41	30.21	34.13	30.09	30.56	27.17	26.07	27.33	34.13
a13	26.83	27.37	28.04	30.65	30.41	34.16	30.27	30.73	27.36	26.13	27.42	34.16
a14	26.86	27.28	27.95	30.72	30.37	34.15	30.20	30.65	27.25	26.05	27.31	34.15
a15	26.89	27.09	27.75	30.46	30.45	34.16	30.28	30.73	27.31	26.17	27.44	34.16
a16	26.86	27.04	27.71	30.45	30.45	34.17	30.28	30.73	27.33	26.17	27.44	34.17
a17	26.76	27.04	27.71	30.44	30.45	34.17	30.28	30.73	27.31	26.08	27.37	34.17
a18	26.87	27.41	28.09	30.77	30.45	34.17	30.28	30.73	27.37	26.13	27.42	34.17
a19	26.77	27.27	27.94	30.72	30.36	34.16	30.21	30.68	27.27	26.05	27.34	34.16
a20	26.70	27.07	27.73	30.51	30.30	34.12	30.17	30.63	27.17	26.11	27.45	34.12
a21	26.78	27.22	27.89	30.48	30.33	34.08	30.20	30.67	27.33	26.19	27.46	34.08
a22	26.71	26.74	27.40	30.17	30.14	34.04	30.10	30.55	27.20	26.10	27.37	34.04
a23	26.72	26.69	27.35	30.13	30.09	34.06	30.09	30.58	27.19	26.09	27.35	34.06
a24	26.64	26.80	27.46	30.14	30.10	33.91	29.94	30.38	27.06	25.99	27.25	33.91
a25	26.62	26.68	27.34	30.20	30.03	33.95	29.95	30.40	27.10	26.07	27.33	33.95
a26	26.59	26.86	27.52	30.43	30.09	34.02	29.97	30.43	27.10	26.02	27.28	34.02
a27	26.62	26.50	27.09	30.02	29.78	33.89	29.78	30.31	27.01	25.99	27.25	33.89
a28	26.68	26.99	27.66	30.38	30.33	34.07	30.21	30.68	27.22	26.10	27.37	34.07
a29	26.58	26.86	27.52	30.19	30.07	35.22	29.93	30.39	27.07	26.01	27.27	35.22
a30	26.64	26.99	27.65	30.31	30.26	34.03	30.13	30.59	27.24	26.11	27.38	34.03
a31	26.58	26.48	27.13	29.99	29.81	33.90	29.81	30.34	27.01	25.98	27.24	33.90

Tabla 5.4.a Resultado de Correlación de firmas de grupo normales con punto

Im	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	0°	1°	2°	3°	4°	5°	Max Corr
a32	26.62	26.74	27.40	30.26	30.14	34.00	30.02	30.46	27.12	26.06	27.32	34.00
a33	26.62	26.78	27.44	30.35	30.12	34.03	29.95	30.40	27.08	25.99	27.26	34.03
a34	26.63	26.45	27.03	29.93	29.73	33.80	29.73	30.26	27.01	26.01	27.27	33.80
a35	26.72	26.48	27.14	29.94	29.93	33.89	29.93	30.46	27.10	26.07	27.34	33.89
a36	26.67	26.56	27.21	30.02	29.94	33.97	29.94	30.46	27.10	26.07	27.34	33.97
a37	26.72	26.57	27.23	29.98	29.97	33.94	29.97	30.50	27.12	26.09	27.35	33.94
a38	26.68	26.64	27.30	30.06	30.03	34.02	30.03	30.52	27.13	26.06	27.33	34.02
a39	26.67	26.40	27.05	29.82	29.66	33.79	29.66	30.12	27.04	26.02	27.29	33.79
a40	26.69	26.43	27.08	29.72	29.68	33.76	29.68	30.03	27.02	26.01	27.27	33.76
a41	26.74	27.09	27.76	30.62	30.09	33.85	29.96	30.42	27.10	26.02	27.28	33.85
a42	26.59	27.11	27.78	30.35	30.08	33.89	29.95	30.41	27.10	26.03	27.29	33.89
a43	26.65	27.16	27.83	30.51	30.19	34.15	30.06	30.52	27.17	26.07	27.33	34.15
a44	26.71	27.23	27.91	30.56	30.24	33.94	30.08	30.53	27.22	26.10	27.37	33.94
a45	26.48	26.89	27.55	30.25	29.99	33.81	29.87	30.33	27.00	25.91	27.17	33.81
a46	26.69	27.09	27.75	30.56	30.08	40.58	29.94	30.41	27.07	25.98	27.24	40.58
a47	26.70	27.03	27.69	30.45	30.13	34.03	29.99	30.46	27.11	26.04	27.29	34.03
a48	26.54	26.83	27.49	30.36	29.94	33.74	29.81	30.29	26.97	25.96	27.22	33.74
a49	26.52	26.80	27.46	30.32	30.03	34.00	29.87	30.35	26.99	25.94	27.20	34.00
a50	26.62	26.95	27.62	30.43	30.16	34.12	30.06	30.53	27.16	26.07	27.33	34.12
a51	26.62	26.87	27.53	30.35	30.30	34.07	30.18	30.64	27.17	26.07	27.33	34.07
a52	26.54	26.53	27.18	30.14	29.87	33.80	29.87	30.31	27.02	25.96	27.22	33.80
a53	26.68	27.03	27.69	30.53	30.16	34.07	30.03	30.50	27.15	26.07	27.33	34.07
a54	26.68	26.95	27.61	30.37	30.29	34.09	30.12	30.56	27.21	26.09	27.35	34.09
a55	26.66	26.94	27.60	30.51	30.08	33.93	29.98	30.45	27.13	26.04	27.31	33.93
a56	26.65	27.16	27.83	30.51	30.13	33.94	30.03	30.49	27.15	26.05	27.31	33.94
a57	26.62	26.90	27.56	30.21	30.09	33.91	29.99	30.46	27.12	26.01	27.26	33.91
a58	26.64	26.78	27.44	30.19	30.13	34.07	29.99	30.46	27.10	26.00	27.27	34.07
a59	26.66	26.51	27.16	30.02	29.99	34.10	29.99	30.51	27.03	26.00	27.26	34.10
a60	26.57	27.01	27.68	30.39	40.78	100.00	41.08	30.42	27.09	26.05	27.32	100.00
a61	26.67	26.52	27.18	30.00	29.89	33.95	29.89	30.42	27.07	26.04	27.31	33.95
a62	26.68	26.81	27.47	30.23	30.20	33.99	30.03	30.48	27.15	26.09	27.36	33.99

Tabla 5.4.b Resultado de Correlación de firmas de grupo normales con punto

Se puede apreciar fácilmente que el método de reconocimiento por Correlación es ineficiente para determinar la veracidad o falsedad de las firmas al basarse exclusivamente del análisis de imágenes de las firmas.

Como comentario final se añade que el tiempo de procesamiento de prueba de cada grupo se demoró aproximadamente 10 minutos.

### 5.3 Método de reconocimiento por red Hopfield [2]

Hopfield diseñó varios modelos de redes. La que propuso originalmente en 1982 utiliza normalmente entradas binarias, por ejemplo imágenes en blanco y negro. Esta red se puede utilizar como una memoria asociativa o para resolver problemas de optimización. [2]

Una memoria asociativa o memoria dirigida por contenido es útil cuando se cuenta con parte de un patrón de entrada y se requiere el patrón completo.

#### 5.3.1 Estructura de la Red.

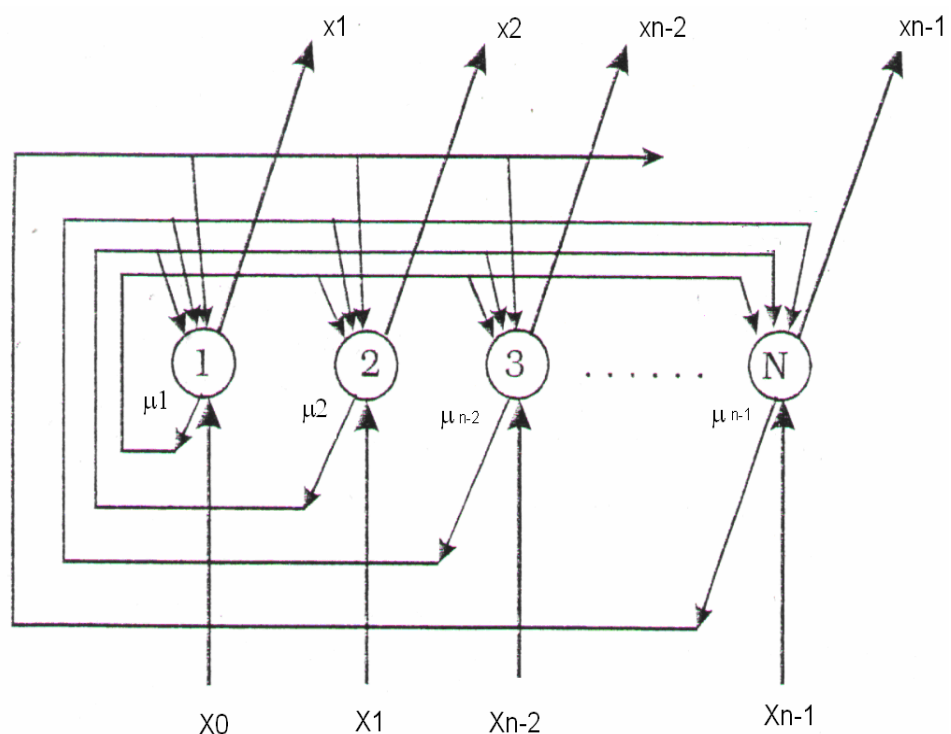


Fig. 5.7 Estructura de la Red de Hopfield

Características:

- Es una estructura en donde la matriz de pesos es cuadrada y simétrica. Es decir, los pesos de un PE (elemento de procesamiento) a otro tiene el mismo valor en ambas direcciones. · Cada PE está conectado con todos los demás, incluso con si mismo pero el valor de dicha conexión es 0, significando que el PE no se realimenta a si mismo.
- La función de transferencia de cada PE, que normalmente se suele utilizar, es un escalón y los PE calculan la suma de los pesos por las entradas menos un cierto umbral, pasando a través de la función de transferencia, produciendo así su estado de salida.
- Las entradas son 2 estados: binarias (0,1) o bipolar (-1,1) para la red Hopfield discreta que se empleará en el presente trabajo.

### 5.3.2 Descripción del método

- Las entradas son aplicadas a la red, ésta a través de un ciclo produce una sucesión de estados, hasta que converge a una solución estable, la cual ocurre cuando las salidas de los diferentes PEs no cambian.
- Entonces la salida que produce la red es la combinación de todas las salidas de los PEs, cuando éstos se encuentran estables.
  - > Una manera simple de visualizar el sistema es considerar que, ya que todos los PEs están conectados entre sí, el PE que se encuentra activado afecta a todos los demás. El estado inicial, representa un conjunto de valores diferentes, cada uno tratando de afectar a los demás.
  - > Esto, comúnmente es inestable, como la red se mueve a través de diferentes estados, al final se obtendrá el mejor compromiso, que la red puede encontrar. En este estado existen muchas entradas que tratan de activar un PE y existen otras que tratan de desactivarlo, eso al final significa un estado estable.

Idea general:

- La operación de la red es totalmente diferente al sistema de perceptrón. En el modelo de Hopfield, la primera salida es tomada como entrada en el ciclo siguiente, produciendo una nueva salida.
- Por tanto el aprendizaje es también diferente; en este sistema no se trata de ajustar pesos ya que éstos se mantienen constantes desde el principio, se trata de encontrar dichos pesos, en función del problema.
- De tal manera que el conjunto total del sistema puede venir representado por una función denominada Función de Energía.

### 5.3.3 Algoritmo de Hopfield

1. Inicializar las conexiones de los PEs.

$$W_{ij} = \sum_{s=0}^{M-1} X_i^s X_j^s \quad i \neq j \quad \text{Ec. (5.3)}$$

$$W_{ij} = 0 \quad i = j \quad \text{Ec. (5.4)}$$

Donde:

- i,j representan a diferentes PE.
  - s representa una clase de Patrones, donde X es su representante.
  - M representa el número de Patrones.
2. Inicializar el primer estado con un patrón desconocido.:  $\mu_i(0)=x_i$
  3. Repetir hasta la convergencia de la red:
$$\mu_i(t+1) = f_h \left( \sum_{j=0}^N W_{ij} * \mu_j(t) - Umbral \right) \quad \text{Ec. (5.5)}$$
- Normalmente el Umbral es cero.  
Fh- es la función de transferencia: escalón
4. Se debe repetir el paso 3 hasta que las salidas de todos los nodos no cambien.
    - Los pesos entre los diferentes PEs son inicializados utilizando la ecuación expuesta anteriormente, utilizando un patrón muestra de cada clase.
    - Esta fase es el Estado de Búsqueda y en ella se trata de asociar cada patrón consigo mismo.
    - El Estado de Reconocimiento ocurre cuando la salida de la red es forzada a un patrón desconocido, en el instante inicial; a partir de ese momento, el sistema actúa libremente en pasos discretos, hasta que encuentra una situación estable; la red converge a la solución.

Esta red tiene algunas limitantes donde las dos mas importantes son que pueden almacenar una cantidad limitada de datos y la otra es la necesidad de que estos datos sean ortogonales entre si.

### 5.3.4 Resultado de las pruebas del método de Hopfield

El objetivo de proponer este método para el reconocimiento de firmas fue debido a cierta tolerancia presentada por parte de la red Hopfield a la rotación y escalado, lo cual podía resultar beneficioso para nuestro análisis. Sin embargo, debido a que Hopfield es una memoria asociativa, y fue creada para la reconstrucción de Patrones a partir de una muestra o parte de la imagen original, resultó completamente inadecuada para el reconocimiento de firmas.

La razón por la cual no sería adecuado utilizar Hopfield es sencilla, y se muestra a continuación: Dado que Hopfield se utiliza para reconstrucción de Patrones, se ingresó parte de una firma y éste fue el resultado:

Se entrenó una red Hopfield con las firmas del grupo de firmas normales, para luego proceder a su simulación con una imagen de prueba (firma incompleta) con un total de 25 iteraciones, y se obtuvo lo siguiente:

Prueba firma recortada en Matlab®:

```
[feat,test]=hop_feat();  
hoptst  
hopmatch: Patrón 1 Match im 5
```

Donde:

hop\_feat crea y entrena la red Hopfield con el grupo1 (firmas normales)  
hoptst: simula la red con 25 iteraciones  
hopmatch: compara el patrón reconstruido con las imágenes de firmas normales para buscar un match

En este caso el resultado fue el esperado, la red Hopfield reconstruyó la firma incompleta (prueba recortada) a una completa y verdadera (firma normal con imagen "a25.bmp"), como se muestra en la siguiente figura:

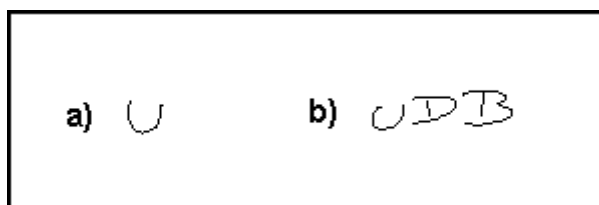


Fig. 5.8 Muestra el resultado de la prueba de la Red Hopfield  
a) patrón de prueba y b) Resultado de la simulación

Después se procedió a realizar las pruebas a las que fue sometido el método de Correlación, aunque con una modificación debido a que si se entrena la red por ejemplo sólo con firmas normales, las reconstrucciones de las firmas siempre llevarán a una firma verdadera, como muestra la prueba siguiente.



#### 5.3.4.1 Prueba de de red Hopfield con Firmas Normales. Entrenada sólo con firmas indubitadas

Se entrenó una red Hopfield con el grupo 1 de firmas normales y se puso a prueba su nivel de reconocimiento al evaluar las 62 firmas (en la cual la reconstrucción casi siempre llevó a una firma verdadera). Los resultados se muestran en las tablas 5.5a y 5.5b:

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
1	4	
2	5	
3	3	
4		
5	4	
6	2	
7	4	
8	4	
9	4	
10	4	
11	8	9
12	6	
13	7	
14	8	9
15	2	
16	3	
17	3	
18	2	
19	8	9
20		
21	1	
22	2	
23	3	
24	4	
25	5	
26	6	
27	7	
28	8	9
29	8	9
30	10	
31	4	

Tabla 5.5.a Resultados obtenidos con la red Hopfield.

<b>Patrón de entrada</b>	<b>Imagen coincidente (Match)</b>	<b>Imagen coincidente (Match)</b>
32	5	
33	3	
34		
35	5	
36		
37	5	
38	3	
39	5	
40	3	
41	3	8
42	6	
43	6	
44	4	
45	4	
46	5	
47	8	9
48	5	
49	2	
50	8	9
51		
52	2	
53	5	
54	8	9
55	4	
56	4	
57	4	
58	3	
59	4	
60	5	
61	5	
62	5	

Tabla 5.5.b Resultados obtenidos con la red Hopfield.

A simple vista se puede ver que la prueba no es muy adecuada. Buscando una mejor, se optó por crear un patrón de entrenamiento de 19 vectores, donde los primeros 10 serían el grupo 1 de firmas normales y las restantes nueve serían las firmas del grupo de prueba2 con firmas verdaderas (de las posibles 12 firmas disponibles, se tomaron las 9 firmas verdaderas de los grupos: adelante, atrás y normales con puntos) las cuales harían la función de trabajar como firmas falsas para la discriminación de las 43 firmas restantes (entre normales verdaderas y las que no lo son).

Los resultados obtenidos se muestran en las sub-secciones siguientes.

#### 5.3.4.2 Prueba de de red Hopfield con Firmas Normales. Entrenada con firmas indubitadas y dubitadas

Prueba de red Hopfield entrenada con grupo 3 (firmas normales) y 9 falsas.

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
1		
2		
3	5	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11	1	
12		
13		
14		
15	5	
16	3	
17	5	
18		
19		
20		
21	1	
22	2	
23	3	
24	4	
25	5	
26	6	
27	7	
28	8	9
29	8	9
30	10	
31	4	

Tabla 5.6.a Red Hopfield entrenada con grupo 3 (firmas normales) y 9 falsas

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
32		
33	3	
34		
35	5	
36		
37	5	
38		
39		
40		
41		
42	8	9
43	7	
44	6	
45		
46		
47		
48	8	9
49	5	
50		
51		
52		
53	2	
54	5	
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		

Tabla 5.6.b Red Hopfield entrenada con grupo 3 (firmas normales) y 9 falsas

Como puede verse el sistema de reconocimiento mejoró en su discriminación pero sigue teniendo una respuesta ineficiente.

### 5.3.4.3 Prueba de de red Hopfield con Firmas del Grupo Adelante.

Prueba de red Hopfield entrenada con grupo 1 (adelante) y 9 falsas.

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
1	1	
2	2	
3	3	
4	4	10
5	5	6
6	5	6
7	7	
8	8	
9	9	
10	4	10
11		
12	5	6
13		
14	2	
15	3	
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26	7	
27		
28		
29	4	10
30		
31		

Tabla 5.7.a Red Hopfield entrenada con grupo 1 (adelante) y 9 falsas

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43	2	
44		
45	7	
46		
47		
48		
49	2	
50	5	6
51		
52		
53		
54	2	
55		
56	8	
57		
58		
59		
60		
61		
62		

Tabla 5.7.b Red Hopfield entrenada con grupo 1 (adelante) y 9 falsas

#### 5.3.4.4 Prueba de de red Hopfield con Firmas del Grupo Atrás.

Prueba de red Hopfield entrenada con grupo 2 (atrás) y 9 falsas.

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
1		
2		
3		
4		
5	2	
6	2	
7	2	
8	2	
9	2	
10		
11	1	
12	2	
13	3	
14	4	5
15	4	5
16	6	
17	7	
18	8	
19	9	
20	10	
21		
22		
23		
24		
25		
26	2	
27		
28		
29		
30		
31		

Tabla 5.8.a Red Hopfield entrenada con grupo 2 (atrás) y 9 falsas

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)	Imagen coincidente (Match)
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56	2	
57		
58		
59		
60		
61		
62		

Tabla 5.8.b Red Hopfield entrenada con grupo 2 (atrás) y 9 falsas



#### 5.3.4.5 Prueba de de red Hopfield con Firmas del Grupo Normales con Punto.

Prueba de red Hopfield entrenada con grupo 4 (normales con punto) y 9 falsas.

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	10
12	
13	10
14	10
15	
16	10
17	10
18	
19	10
20	10
21	
22	
23	
24	
25	5
26	
27	5
28	
29	
30	
31	1

Tabla 5.9.a Red Hopfield entrenada con grupo 4 (normales con punto) y 9 falsas

Patrón de entrada	Imagen coincidente (Match)
32	2
33	3
34	4
35	5
36	6
37	7
38	8
39	9
40	10
41	10
42	10
43	
44	10
45	
46	1
47	10
48	
49	2
50	
51	
52	8
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	10
62	2

Tabla 5.9.b Red Hopfield entrenada con grupo 4 (normales con punto) y 9 falsas

Los resultados obtenidos por el reconocimiento por red Hopfield se muestra en la figura siguiente:

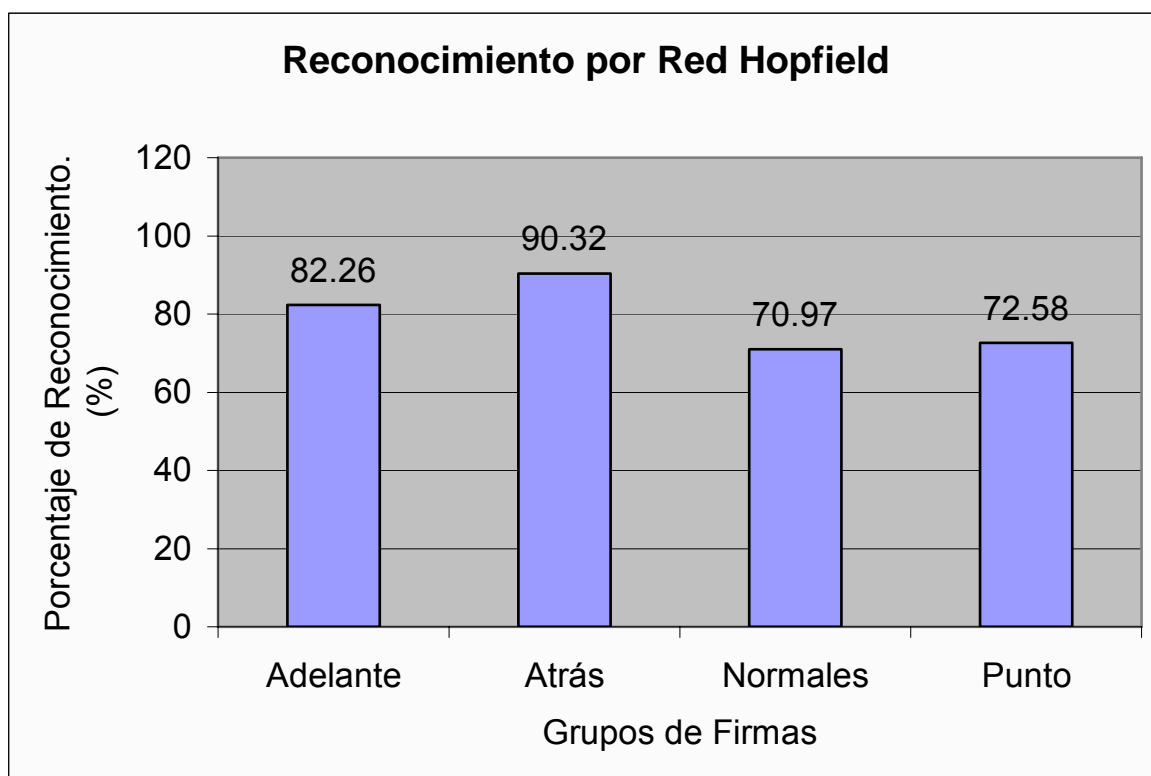


Figura 5.9 Porcentaje de Reconocimiento de firmas manuscritas por red Hopfield

Aunque el método mejora con la introducción al entrenamiento de Patrones falsos, es importante tener presente el enorme problema de seguridad que se demostró con la firma recortada (ver fig. 5.8) con lo cual el método queda definitivamente descartado.

Para terminar con los resultados del método de reconocimiento por red Hopfield se hará una observación más. La duración de la creación y entrenamiento de cada la red duró aproximadamente una hora y la simulación con 25 iteraciones duró aproximadamente 45 min. En este lapso, su procesamiento requirió de todos los recursos de memoria y CPU posibles, llegando a necesitar hasta 950 MB de memoria RAM (entre física y virtual).

## 5.4 Método de reconocimiento por Retropropagación [4]

El algoritmo fue ideado a principios de los 70 por Werbos, y redescubierto a principios de los 80 por Parker y Rumelhart independientemente, sin embargo, no se hizo popular hasta 1986, cuando Rumelhart, Hinton y Williams presentaron una descripción clara y concisa del mismo. Y es que en un primer momento no se valoró como se merecía. Desde la fecha clave de 1986 han surgido nuevas versiones que han tratado de aumentar la velocidad de

convergencia del algoritmo y han tratado de superar algunos de sus inconvenientes, como la tendencia a alcanzar mínimos locales y no globales.

Cuando se hable de redes de retropropagación o redes de propagación hacia atrás, se hace referencia a un algoritmo de aprendizaje más que a una arquitectura determinada. La retropropagación consiste en propagar el error hacia atrás, es decir, de la capa de salida hacia la capa de entrada, pasando por las capas ocultas intermedias y ajustando los pesos de las conexiones con el fin de reducir dicho error. Hay distintas versiones o reglas del algoritmo de retropropagación y distintos arquitecturas conexionistas a las que pueden ser aplicados.

### 5.4.1 Estructura de la Red

La estructura típica de una red multicapa se observa en la siguiente figura:

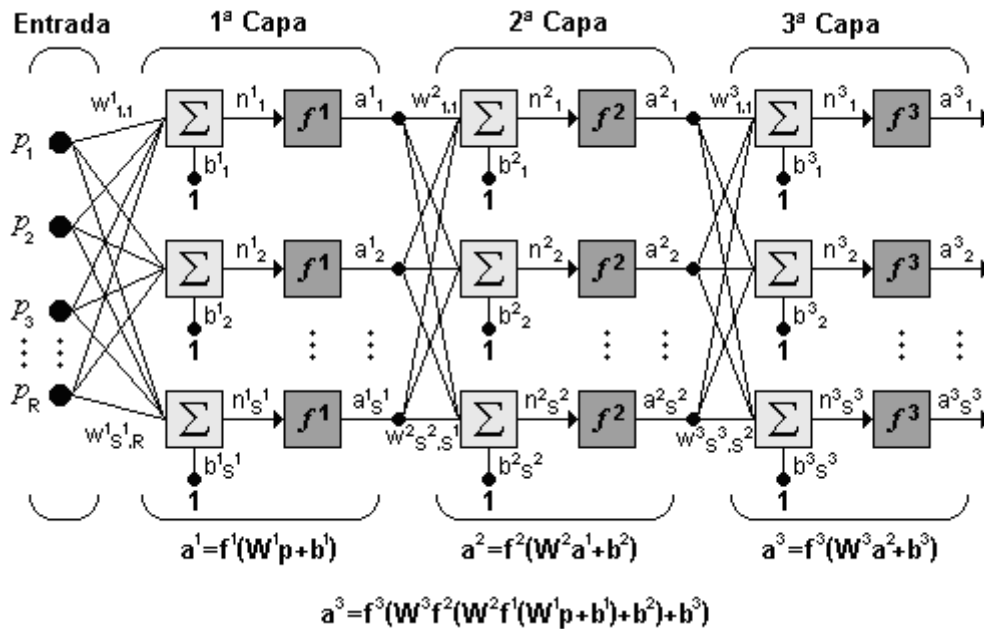


Fig. 5.10 Red Multicapa de tres capas

Puede notarse que esta red de tres capas equivale a tener tres redes tipo Perceptrón en cascada; la salida de la primera red, es la entrada a la segunda y la salida de la segunda red es la entrada a la tercera. Cada capa puede tener diferente número de neuronas, e incluso distinta función de transferencia.

El entrenamiento requerido puede ser hecho a través de la técnica conocida como Retropropagación. La implementación más simple del aprendizaje de Retropropagación, es como ya se mencionó, actualizar los pesos de la red y bias en la dirección en la cuál la función decrece más rápidamente. Una iteración de este algoritmo puede ser escrita

$$x_{k+1} = x_k - a_k g_k \quad \text{Ec. (5.6)}$$

Donde:

$x_k$ : es un vector de pesos y bias actuales,  $g_k$  es la gradiente actual, y  $\alpha_k$  es el índice de aprendizaje.

En el entrenamiento, se presentan a la red el patrón de entrada y el patrón de salida deseado, y se ajustan los pesos de la red para minimizar la diferencia entre la salida real y el resultado deseado.

El método de aprendizaje de propagación del error hacia atrás utiliza la siguiente técnica: dado un patrón de entrada, compara el resultado obtenido en las unidades de salida con la respuesta que se desea obtener.

A continuación reajusta los pesos de la red de manera que, la siguiente vez que se presente el mismo patrón de entrada, la red produzca un resultado más cercano al deseado, es decir, que el error disminuya.

#### **5.4.2 Retropropagación de Gradiente Descendente con Índice de Aprendizaje Adaptativo.**

Con gradiente descendente estándar, el índice de aprendizaje se mantiene constante a través del entrenamiento. Si el índice de aprendizaje es muy alto, el algoritmo puede oscilar y llegar a ser inestable. Si el índice de aprendizaje es muy pequeño, el algoritmo tomará mucho tiempo en converger.

Este desempeño puede ser mejorado si se permite cambiar el índice de aprendizaje durante el proceso de entrenamiento. Un índice de aprendizaje intentará mantener el “step size” lo más grande posible mientras el aprendizaje es estable.

Un índice de aprendizaje adaptativo requiere algunos cambios en el procedimiento de entrenamiento. Primero, la salida de la red inicial y el error son calculados. En cada época nuevos pesos y bias son calculados usando el índice de aprendizaje actualizado. Nuevas salidas y error son calculados.

Si el nuevo error excede del error anterior por más que un radio predefinido, los nuevos pesos y bias son descartados. Entonces el índice de aprendizaje es decrementado. De otra forma, los nuevos pesos, etc., se mantienen. Si el error es menos que el error anterior, el índice de aprendizaje es incrementado. Cuando un índice de aprendizaje es muy alto para garantizar un decremento en el error, queda disminuido hasta retomar un aprendizaje estable.

El algoritmo de gradiente descendente y aprendizaje adaptativo, combina el aprendizaje adaptativo con un entrenamiento con un momento.

#### **5.4.3 Resultado de las pruebas del método de retropropagación**

El método de Retropropagación se evaluó de forma similar al de Hopfield. Esto se debe a que ambos métodos necesitan para una correcta clasificación

de Patrones asimilar de diversos tipos, entre correctos e incorrectos. Es por ello que se utilizaron 19 vectores con características de firmas (10 verdaderas y 9 falsas) para evaluar cada grupo de firmas. La diferencia fundamental con Hopfield y Correlación es que éste método no se basa sólo en el procesamiento de la imagen, sino en los 200 parámetros pre-procesados on-line y off-line.

Los parámetros utilizados para el entrenamiento de la red se obtuvieron de forma experimental en Matlab®, brindando los mejores resultados se presentan a continuación con un entrenamiento Gradiente Descendente con Índice de Aprendizaje Adaptativo:

- Red con 200 neuronas en la capa de entrada con una de salida (esto se debe a que se construirá una red por cada usuario del sistema)
- Red con dos capas ocultas con 55 y 15 neuronas para la primera y segunda capa respectivamente.
- Una sola neurona en la capa de salida.
- Funciones de activación tangencial sigmoideal en cada capa.
- Error meta:  $1e-4$
- Valor de aprendizaje: 0.05
- Valor de incremento de aprendizaje: 1.05
- Momento: 0.8

#### **5.4.3.1 Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Normales.**

```
>> train_bp
```

```
TRAINGDX, Epoch 0/10000, MSE 1.64076/0.0001, Gradient 45362/1e-006  
TRAINGDX, Epoch 1000/10000, MSE 0.000129514/0.0001, Gradient 0.0229548/1e-006  
TRAINGDX, Epoch 1279/10000, MSE 7.09931e-005/0.0001, Gradient 0.707306/1e-006  
TRAINGDX, Performance goal met.
```

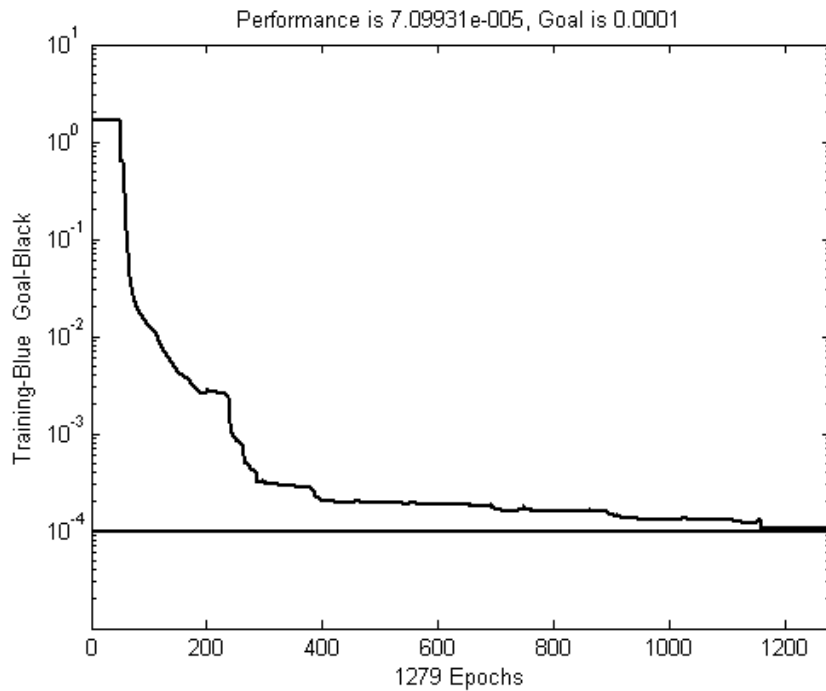


Fig. 5.11 Entrenamiento de BP para firmas del grupo 3 (normales)

Entrenamiento con 10 firmas verdaderas y 9 falsas. Como se puede apreciar, los primeros diez valores (ordenados en columnas) toman valores de aproximadamente 1, indicando que son firmas verdaderas; para los siguientes nueve valores (aprox. -1) se asumen falsos y que la red los ha aprendido a reconocer cada uno de ellos.

Columnas 1 a la 9

0.9894 0.9894 0.9894 0.9893 0.9894 0.9892 0.9893 0.9893 0.9894

Columnas 10 a la 18

0.9893 -0.9946 -0.9942 -0.9944 -0.9942 -0.9943 -0.9944 -0.9976 -0.9976

Columna 19

-0.9976

Prueba de Red Entrenada con las 62 firmas =

Columnas 1 a la 9

-0.9945 -0.9945 -0.9943 -0.9944 -0.9941 -0.9945 -0.9944 -0.9936 -0.9935

Columnas 10 a la 18

-0.9936 -0.9941 -0.9944 -0.9947 0.9893 -0.9938 -0.9939 -0.9939 -0.9934

Columnas 19 a la 27

-0.9933 -0.9942 0.9894 0.9894 0.9894 0.9893 0.9894 0.9892 0.9893

Columnas 28 a la 36

0.9893 0.9894 0.9893 -0.9975 -0.9975 -0.9975 -0.9975 -0.9972 -0.9974

Columnas 37 a la 45

-0.9976 -0.9973 -0.9975 -0.9975 0.9894 0.9893 -0.9854 0.9894 0.9894

Columnas 46 a la 54

0.9894 0.9893 0.9893 0.9881 0.6923 0.9894 0.9893 0.9893 -0.9946

Columnas 55 a la 62

-0.9942 -0.9944 -0.9942 -0.9943 -0.9944 -0.9976 -0.9976 -0.9976

Nota: Se han subrayado los resultados equivocados en el reconocimiento de firmas por parte de la red (de las 62 firmas de prueba). Donde, si es un valor próximo 1 y está subrayado, indica que la red reconoce la firma como verdadera cuando es falsa, y si es un valor próximo a -1 y está subrayado, indica que la red reconoce la firma como falsa, cuando ésta es en realidad verdadera.

Como se puede apreciar en los resultados, la red tuvo un acierto de 53 sobre el total de 62, es decir un 85%. De un análisis se deduce que la red fácilmente pudo diferenciar firmas con varios trazos en diferente dirección aún con imagen muy similar (como los de los grupos adelante, atrás y normal con punto), no así, las firmas hechas con pequeños cambios en los trazos como los del grupo de prueba 1, las cuales eran firmas normales con detalles de parámetros on-line cambiados, en las que no se logró identificar su falsedad al aceptar 8 del grupo de 10 firmas falsas. Entre las firmas cabe destacar que aceptó la firma normal y verdadera pero elaborada a una velocidad lenta (como lo podría llegar a hacer un falsificador que logre imitar el orden y dirección de los trazos).

#### 5.4.3.2 Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Adelante.

>> train\_bp

TRAINIDX, Epoch 0/10000, MSE 0.935761/0.0001, Gradient 101423/1e-006

TRAINIDX, Epoch 227/10000, MSE 9.59198e-005/0.0001, Gradient 7.9131/1e-006

TRAINIDX, Performance goal met.

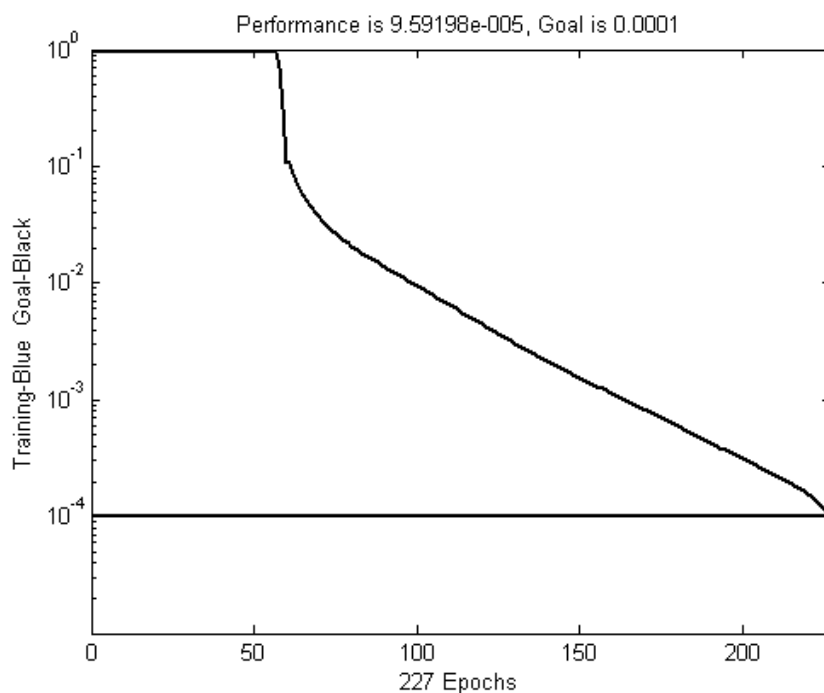


Fig. 5.12 Entrenamiento de BP para firmas del grupo 1(adelante)



Entrenamiento con 10 firmas verdaderas y 9 falsas =

Columnas 1 a la 9

0.9928 0.9912 0.9910 0.9909 0.9901 0.9834 0.9918 0.9907 0.9906

Columnas 10 a la 18

0.9918 -0.9922 -0.9886 -0.9928 -0.9843 -0.9944 -0.9900 -0.9905 -0.9921

Columna 19

-0.9915

Prueba de Red Entrenada con las 62 firmas =

Columnas 1 a la 9

0.9928 0.9912 0.9910 0.9909 0.9901 0.9834 0.9918 0.9907 0.9906

Columnas 10 a la 18

0.9918 -0.9871 -0.9900 -0.9913 -0.9953 -0.9855 -0.9879 -0.9882 -0.9840

Columnas 19 a la 27

-0.7027 -0.8013 -0.9419 -0.9770 -0.9176 0.0523 -0.9707 -0.9909 -0.3359

Columnas 28 a la 36

-0.9936 -0.9843 -0.9941 -0.9747 -0.9799 -0.9881 -0.9873 -0.9562 -0.9561

Columnas 37 a la 45

-0.9822 -0.9696 -0.9676 -0.9690 -0.0550 -0.9113 -0.7893 -0.8586 -0.9842

Columnas 46 a la 54

-0.9654 0.5706 -0.7418 -0.9632 -0.6753 -0.9922 -0.9886 -0.9928 0.9923

Columnas 55 a la 62

0.9930 0.9900 -0.9843 -0.9944 -0.9900 -0.9905 -0.9921 -0.9915

Nota: Se han subrayado los resultados equivocados en el reconocimiento de firmas por parte de la red.

Es evidente que el aprendizaje es correcto al sólo dudar en 3 firmas (porque no se aproximan lo suficiente a  $\pm 1$ ), resultando en un acierto de 59/62 = 0.95, es decir 95%. Se puede decir que el método reconoce satisfactoriamente las firmas mientras no varíen en detalles como los mostrados para el grupo de firmas normales.

#### 5.4.3.3 Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Atrás.

```
>> train_bp
```

```
TRAINGDx, Epoch 0/10000, MSE 1.30276/0.0001, Gradient 142017/1e-006
```

```
TRAINGDx, Epoch 1000/10000, MSE 0.191392/0.0001, Gradient 0.000800732/1e-006
```

```
TRAINGDx, Epoch 2000/10000, MSE 0.191388/0.0001, Gradient 0.000964177/1e-006
```

```
TRAINGDx, Epoch 3000/10000, MSE 0.2097/0.0001, Gradient 0.0216455/1e-006
```

```
TRAINGDx, Epoch 4000/10000, MSE 0.191391/0.0001, Gradient 0.000627703/1e-006
```

```
TRAINGDx, Epoch 5371/10000, MSE 0.191388/0.0001, Gradient 1.30584e-007/1e-006
```

```
TRAINGDx, Minimum gradient reached, performance goal was not met.
```

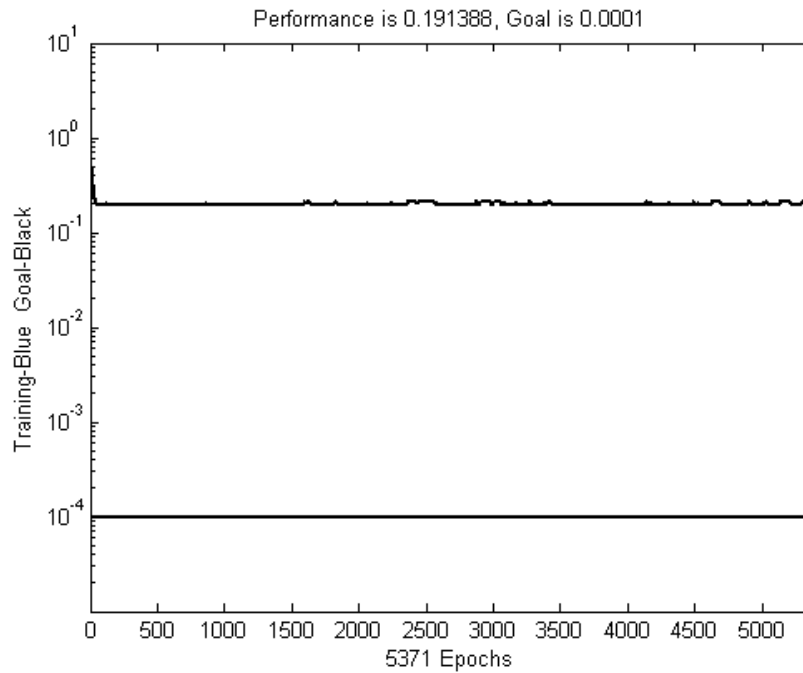


Fig. 5.13a Entrenamiento de BP para firmas del grupo 2 (atrás)

Entrenamiento con 10 firmas verdaderas y 9 falsas =

Columnas 1 a la 9

0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182

Columnas 10 a la 18

0.8182 0.8182 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9998 -0.9999

Columna 19

-0.9999

Prueba de Red Entrenada con las 62 firmas =

Columnas 1 a la 9

-0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9999

Columnas 10 a la 18

-0.9999 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182 0.8182

Columnas 19 a la 27

0.8182 0.8182 -0.9999 -0.9999 -0.9999 -0.9998 -0.9999 0.8182 -0.9998

Columnas 28 a la 36

0.8182 0.8182 0.8182 -0.9999 -0.9999 -0.9998 -0.9999 -0.9998 -0.9998

Columnas 37 a la 45

-0.9999 -0.9998 -0.9999 -0.9999 0.8182 0.8182 -0.9999 -0.9999 -0.9999

Columnas 46 a la 54

0.8182 -0.9998 -0.9999 -0.9999 -0.9998 0.8182 -0.9999 -0.9999 -0.9999

Columnas 55 a la 62

-0.9999 -0.9999 0.8182 0.8182 0.8182 -0.9998 -0.9999 -0.9999

Dado que no se logró entrenar correctamente la red, por no converger el método. Se procedió nuevamente a entrenarla.

```
>> train_bp
```

```
TRAINGDx, Epoch 0/10000, MSE 0.782648/0.0001, Gradient 147547/1e-006
TRAINGDx, Epoch 204/10000, MSE 9.77249e-005/0.0001, Gradient 11.8577/1e-006
TRAINGDx, Performance goal met.
```

Entrenamiento con 10 firmas verdaderas y 9 falsas =

Columnas 1 a la 9

0.9910 0.9903 0.9895 0.9818 0.9875 0.9930 0.9933 0.9903 0.9946

Columnas 10 a la 18

0.9919 -0.9854 -0.9917 -0.9874 -0.9878 -0.9922 -0.9910 -0.9957 -0.9944

Columna 19

-0.9963

Prueba de Red Entrenada con las 62 firmas =

Columnas 1 a la 9

-0.9856 -0.9921 -0.9936 -0.9916 -0.9902 -0.8343 -0.9879 -0.9833 -0.9923

Columnas 10 a la 18

-0.9892 0.9910 0.9903 0.9895 0.9818 0.9875 0.9930 0.9933 0.9903

Columnas 19 a la 27

0.9946 0.9919 -0.9564 -0.9892 -0.9887 -0.9621 -0.8679 0.9888 -0.7322

Columnas 28 a la 36

-0.8323 0.9845 0.9300 -0.9930 -0.9719 -0.9970 -0.9937 -0.9687 -0.9894

Columnas 37 a la 45

-0.9955 -0.9932 -0.9695 -0.9866 0.9858 0.3568 -0.5640 -0.7130 -0.9895

Columnas 46 a la 54

0.9920 -0.5903 -0.9167 -0.9188 -0.8997 -0.9854 -0.9917 -0.9874 -0.9877

Columnas 55 a la 62

-0.9922 -0.9910 0.9859 0.9862 0.9877 -0.9957 -0.9944 -0.9963

Nota: Se han subrayado los resultados equivocados en el reconocimiento de firmas por parte de la red.

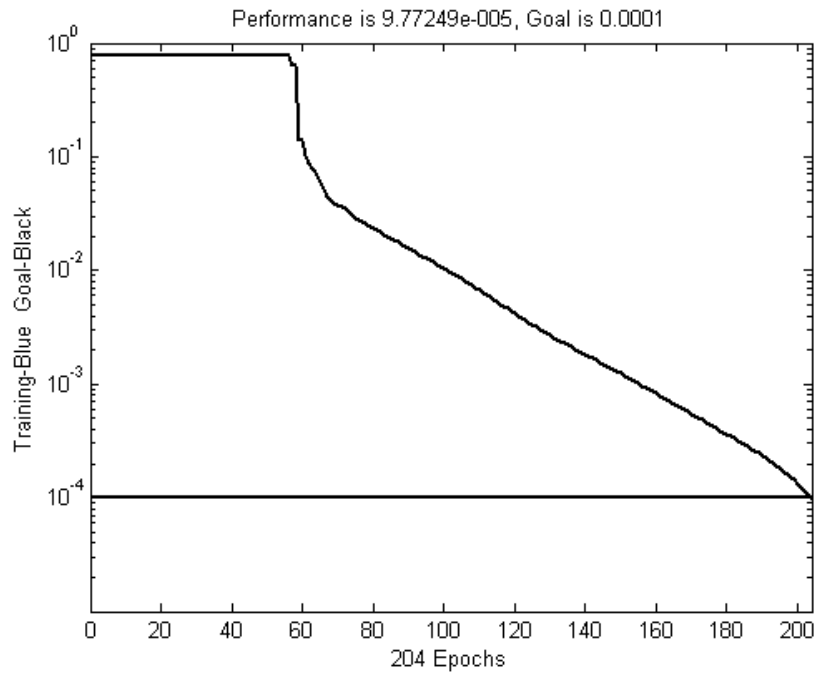


Fig. 5.13b Entrenamiento de BP para firmas del grupo 2 (atrás)

Se puede considerar aceptable el entrenamiento, al sólo errar en 6 firmas (fallar o no se aproximan lo suficiente a  $\pm 1$ ), resultando en un acierto de  $56/62 = 0.90$ , es decir 90%. Al igual que el grupo de firmas anterior, se puede decir que el método reconoce satisfactoriamente las firmas mientras no varíen en detalles como los mostrados para el grupo de firmas normales.

#### 5.4.3.4 Prueba de la red de Retropropagación con Firmas del Grupo Normales con Punto.

```
>> train_bp
```

```
TRAINGDX, Epoch 0/10000, MSE 1.91849/0.0001, Gradient 110477/1e-006
TRAINGDX, Epoch 88/10000, MSE 9.84437e-005/0.0001, Gradient 0.00122808/1e-006
TRAINGDX, Performance goal met.
```

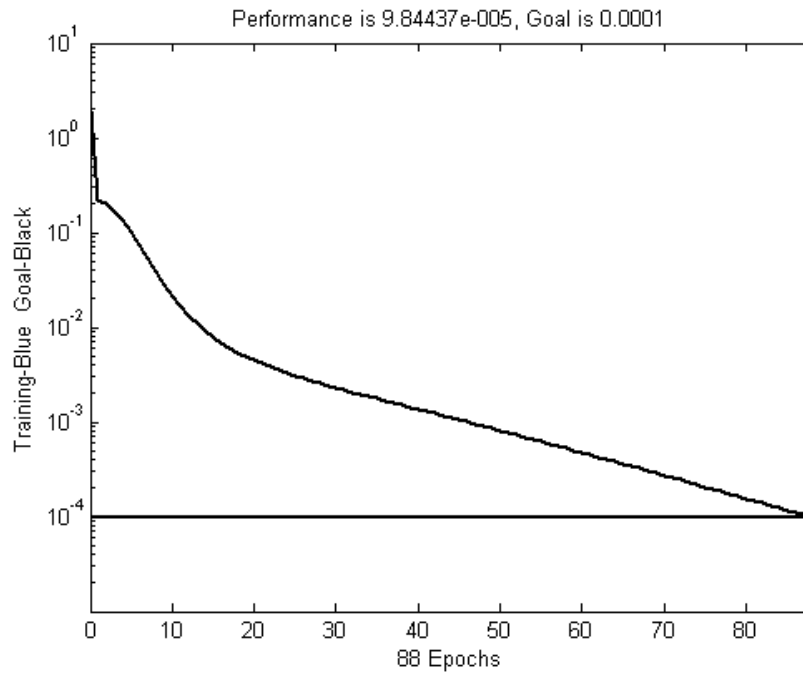


Fig. 5.14 Entrenamiento de BP para firmas del grupo 4 (normal con punto)

Entrenamiento con 10 firmas verdaderas y 9 falsas =

Columnas 1 a la 9

0.9888 0.9946 0.9888 0.9888 0.9888 0.9888 0.9888 0.9888 0.9946

Columnas 10 a la 18

0.9946 -0.9934 -0.9934 -0.9934 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886

Columna 19

-0.9886

Prueba de Red Entrenada con las 62 firmas =

Columnas 1 a la 9

-0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886

Columnas 10 a la 18

-0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9934 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886

Columnas 19 a la 27

-0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9934 -0.9934 -0.9934 -0.9886 -0.9957 -0.9934

Columnas 28 a la 36

-0.9811 -0.9886 -0.9934 0.9888 0.9946 0.9888 0.9888 0.9888 0.9888

Columnas 37 a la 45

0.9888 0.9888 0.9946 0.9946 -0.9886 -0.9886 -0.9811 -0.9934 -0.9934

Columnas 46 a la 54

-0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9934 0.6965 -0.9934 -0.9934 -0.9934 -0.9886

Columnas 55 a la 62

-0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 -0.9886 0.9888 0.9888 0.9888

Nota: Se han subrayado los resultados equivocados en el reconocimiento de firmas por parte de la red.

Queda comprobado con este apartado que: a pesar de que las firmas tienen un aspecto visual muy similar y que las firmas son exactamente iguales a las normales con excepción que éstas tienen escrito un punto extra sobre el pixel inicial de la firma, la red logra diferenciar ese mínimo detalle extra (que visualmente sería imperceptible la mayor parte del tiempo) con un porcentaje de acierto de  $61/62 = 0.98$  ó 98% al sólo dudar en una firma.

Nota: esta aseveración es igual, desde el punto de vista de los otros 3 grupos hacia éste grupo de firmas con los que se evaluó el método, ya que así como esta prueba rechazó los otros grupos por tener un parámetro on-line menos, los otros tres primeros grupos también rechazaron este con facilidad por la particularidad extra.

Los resultados obtenidos por el reconocimiento por red de Retropropagación se muestran en la figura siguiente:

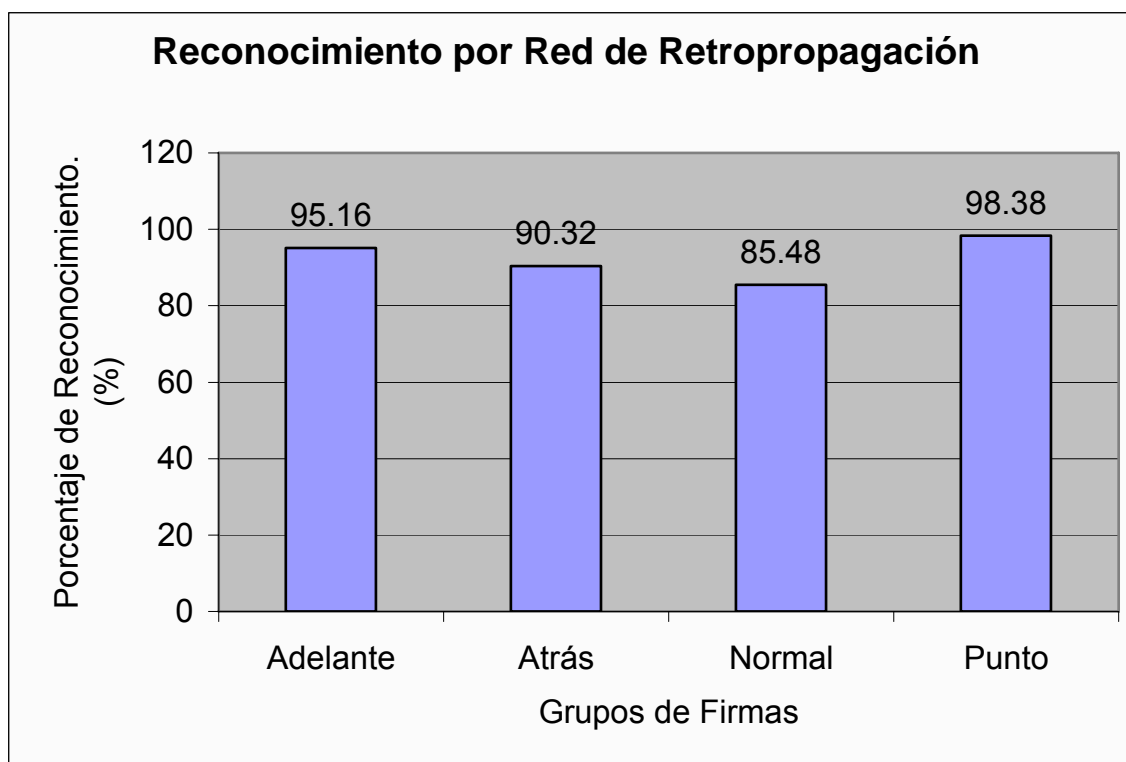


Figura 5.15 Porcentaje de Reconocimiento de firmas manuscritas por red de Retropropagación

Como conclusión del método de reconocimiento de firmas por Retropropagación, se puede decir que cumple en buena medida los objetivos previstos para su implementación, superando por mucho los fracasos de los

dos métodos anteriores. Aunque se debe destacar el hecho de no superar las pruebas principales de falsificación (como la firma verdadera pero escrita a una velocidad lenta en comparación de las “originales”, la cual es una de las pruebas más exigentes e importantes – a criterio de los autores de este trabajo–).

Nuevamente el comentario final será sobre la duración de la preparación del método, el cual no fue superior a 2 minutos en todos los casos (a excepción de las pruebas en que la red no convergió a un mínimo, como la mostrada para el grupo 2 de firmas, con lo cual la prueba fallida demoró aproximadamente 10 minutos).

## **5.5 Método de reconocimiento por ART2 [2]**

Sabemos que el cerebro recibe un flujo de información continuo, extrae la información vital, actúa y a veces lo almacena en memoria a largo plazo. Los nuevos Patrones se almacenan de tal manera que los viejos no se olvidan.

Existe un dilema que se presenta en todas las máquinas inteligentes capaces de adaptación autónoma en tiempo real, y este dice así: “¿Como se puede diseñar un sistema de aprendizaje de manera que permanezca “plástico” o adaptativo en respuesta a eventos significativos y a la vez permanezca “estable” en su respuesta a eventos irrelevantes?”.

En otras palabras ¿cómo sabe el sistema cuando cambiar de modo estable a modo “plástico” de manera que alcance estabilidad sin rigidez y plasticidad sin llegar al caos? ¿Como se evita que nuevas memorias borren viejas memorias?

La mayoría de las RNA olvidan “viejos Patrones” al aprender nuevos. Los científicos CARPENTER y GROSSBERG buscaron paradigmas muy diferentes de RNA, desarrollando ART (Adaptive Resonance Theory / Teoría de Resonancia Adaptativa). Las redes ART mantienen la plasticidad necesaria para aprender nuevos Patrones, y a la vez previenen la modificación de otros que se han aprendido previamente. [2]

Las redes ART entrenan sin supervisión, formando grupos de Patrones conforme van aprendiendo. Para funcionar, aplican el concepto de aprendizaje competitivo.

Los modelos de aprendizaje competitivo presentan una entrada a una red la cual calcula salidas. Otro nivel escoge el nodo que recibe la entrada más alta y entonces este gana, y “el ganador se lleva todo”.

Actualmente hay varios modelos ART, que se distinguen por los tipos de entrada y por el procesamiento que efectúan. Los primeros modelos fueron ART1 y ART2. La ART1 acepta sólo entradas binarias. ART2 acepta binarias y continuas.





3. Se determina la neurona ganadora en la capa de salida para dicha entrada. En este paso se plantea una diferencia con respecto al modelo discreto ya que en ese caso se supone que la neurona vencedora es aquella  $j$  que verifica una “mínima diferencia” (distancia euclídea), entre el patrón de entrada y los pesos de las conexiones entre esa neurona  $j$  y las de la capa de entrada.
4. La neurona ganadora  $j$ , envía su salida a través de las conexiones  $b_{ij}$ .
5. Se compara la información de entrada  $I$  con la información  $Y_j$  recibida. En este modelo la relación de semejanza utilizada es:

$$\text{Relación de Semejanza} = \sum |I_i - t_{ji}| \quad \text{Ec. (5.7)}$$

6. Se compara la Relación de Semejanza con el parámetro de vigilancia establecido por el usuario.
7. Si no se satisface dicha comparación se desactiva la neurona  $j$  y vuelve al paso 3. Pero si se satisface se ajustan los pesos. La regla utilizada es:

$$W_{ji}(t+1) = t_{ij}(t+1) = \frac{X_i + W_{ji}(t) * Num_j(t)}{Num_j(t) + 1} \quad \text{Ec. (5.8)}$$

Donde:  $Num_j(t)$  es el número de vectores de entrada que han sido considerados hasta el instante  $t$  de la clase  $j$

8. Desactivar todas las neuronas de la capa de salida y volver al paso 2

### 5.5.3 Resultado de las pruebas del método de ART2

Este método se puso a prueba una forma muy sencilla. Se tomó las firmas indubitadas de un grupo, por ejemplo normales, y se entrenó la red. Luego se simuló la red para las 62 totales y se obtuvo los resultados que se muestran a continuación, repitiendo la operación para los 3 grupos de firmas restantes (adelante, atrás y normales con punto).

La red cuenta con 200 entradas, igual al número de características online y offline obtenidas, además se crean 10 categorías (clusters, en inglés) proporcional al número de firmas de entrenamiento (este parámetro puede variar).

Nota: el parámetro de vigilancia ( $\rho$ ) se variará sobre un rango de valores para establecer experimentalmente su valor óptimo (desde 97.00% hasta 99.99%).

Nota2: el valor del parámetro “Supresión de ruido” se mantuvo constante a  $1e-4$ , el error meta fue de  $1e-5$  y se crearon un máximo de 10 clusters (categorías)

Nota3: Se ha modificado el algoritmo de la red neuronal para no almacenar la actualización de los pesos una vez entrenada.

Los resultados se presentarán en forma de tabla donde la nomenclatura

utilizada es la siguiente: “ $\rho$ ” es la vigilancia, “%” es el porcentaje de reconocimiento correcto y “Prom.” es la razón de firmas reconocidas correctamente entre un total de 62 de prueba.

#### **5.5.3.1 Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Normales.**

En la tabla 5.5a se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de reconocimiento basado en la red ART2 con las firmas del grupo 1 (normales). Como se puede apreciar el máximo porcentaje de reconocimiento correcto alcanzado es de 95.16%, y se produce para el rango de valores de vigilancia desde 99.5 hasta 99.9% con una razón de aciertos de 59/62, con lo cual se supera el nivel alcanzado por el reconocimiento basado en Retropropagación (85%). Sin embargo, aunque pareciera que este es el máximo nivel de reconocimiento alcanzable por la red, se observó (en la columna de Reconocimiento Correcto) dónde ocurre el paso de firmas falsas aceptadas a firmas verdaderas rechazadas, y esto es entre los valores de vigilancia de 99.8% y 99.9%. Por tanto se optó por ejecutar nuevamente el reconocimiento de firmas pero con el rango del parámetro de vigilancia desde 99.80% hasta 99.99%, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.5b.

Ahora el porcentaje de aciertos se ha elevado hasta 98.39% para tres valores de vigilancia, con lo cual se mejora por mucho los logros conseguidos por el reconocimiento basado en Retropropagación, al llegar a una razón de aciertos de 61/62 en el grupo de firmas normales.

Lo más importante es que la red logra discriminar con gran habilidad si las firmas son verdaderas o falsas, al sólo cometer un error con el grupo de prueba1, donde supera incluso la prueba de la firma verdadera escrita a una velocidad lenta (firma #41) que es lo más probable que haría un falsificador. El único error fue con la firma de prueba #46 (véase fig. 5.5c).

Como puede verse, los datos arrojados por el método de reconocimiento basado en ART2, son las suficientes herramientas para determinar la mejor configuración de parámetros para lograr una alta eficiencia y un gran desempeño del método de reconocimiento.

#### **5.5.3.2 Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Adelante.**

En la tabla 5.6 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de reconocimiento basados en la red ART2 con las firmas del grupo 1 (adelante). Como puede observarse, la eficiencia de esta red es incomparable al reconocer de forma absoluta y contundente el 100% las firmas del grupo 1 (razón de reconocimiento de 62/62) a partir de un valor de vigilancia de 99%.

Con esta prueba se demuestra que aunque visualmente las firmas son similares, si la firma tiene una personalidad gráfica con una forma particular de ejecutar los trazos (véase fig.5.2), este método lo asimilará y será capaz de identificarlo perfectamente.

### 5.5.3.3 Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Atrás.

En la tabla 5.7 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de reconocimiento basados en la red ART2 con las firmas del grupo 2 (atrás). Como puede observarse, se da el mismo caso que el grupo anterior, al reconocer de forma absoluta y contundente el 100% las firmas del grupo (razón de reconocimiento de 62/62) a partir de un valor de vigilancia de 99.2%.

### 5.5.3.4 Prueba de la red de ART2 con Firmas del Grupo Normales con Punto.

En la tabla 5.7 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de reconocimiento basados en la red ART2 con las firmas del grupo 4 (normal con punto). En este caso los resultados fueron aún más sorprendentes, como puede observarse este grupo posee una particularidad muy especial, y es que la red diferencia con enorme facilidad la firmas (al reconocer adecuadamente las 62 firmas de prueba incluso con un valor bajo de vigilancia, es decir, desde el mínimo mostrado en este caso es de 97%). La explicación es muy sencilla, y es que dado que este grupo de firmas posee una característica extra sobre las demás (el punto), no importa que sean firmas verdaderas y normales (idénticas al grupo 3), el solo hecho de tener un “pequeño detalle” agregado la red lo identifica sin problemas.

Los resultados obtenidos por el reconocimiento por red ART2 se muestran en la figura siguiente:

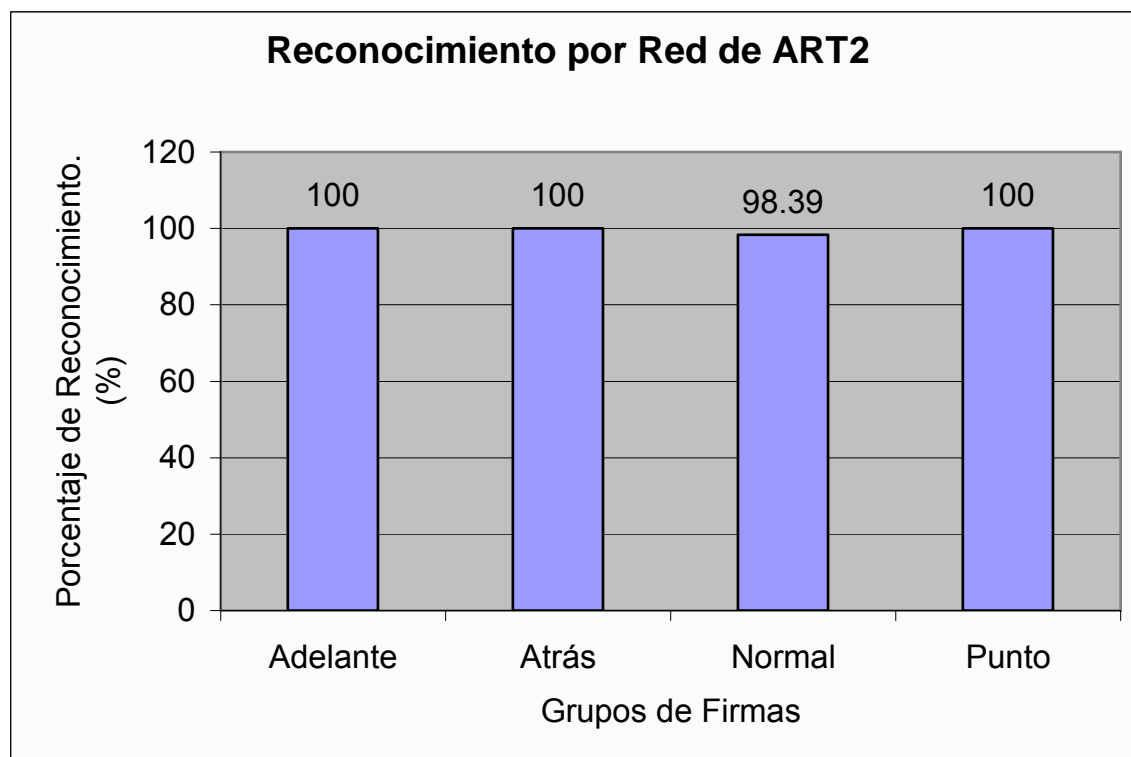


Figura 5.17 Porcentaje de Reconocimiento de firmas manuscritas por red ART2

Este método de reconocimiento de firmas manuscritas, resultó ir más allá de lo esperado, superando las pruebas con una gran facilidad y eficiencia, sin duda el mejor de todos.

El comentario final corresponde, al tiempo de entrenamiento y simulación: en ambos casos fue prácticamente instantáneo (no supero los 3 segundos)

## **5.6 RESULTADO FINAL: MÉTODO ESCOGIDO PARA EL RECONOCIMIENTO DE FIRMAS MANUSCRITAS.**

Sobre la base de los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- Los métodos de Correlación y Hopfield al tomar como base para el reconocimiento sólo parámetros off-line, fracasan al intentarlo por no considerar la personalidad gráfica del individuo.
- El reconocimiento por método de Retropropagación, mejora considerablemente respecto a Correlación y Hopfield, debido al análisis de las características tanto on-line como off-line. Se logra un reconocimiento muy aceptable de las firmas, el cual logra entre otras cosas, aprender a distinguir rasgos significativos de la personalidad gráfica del individuo, llegando con ello a rechazar falsificaciones de nivel intermedio.
- El reconocimiento por el método de red ART2, brinda la máxima eficiencia de los métodos estudiados por este trabajo. Capturando la “esencia” de la personalidad gráfica del individuo, al aprender a discriminar las falsificaciones más elaboradas, incluyendo la firma verdadera escrita con una menor velocidad respecto a los patrones de entrenamiento aprendidos, lo cual podría ser uno de los tipos más comunes de falsificación.

Por lo tanto:

Entre el método de Retropropagación y ART2, los cuales superan los niveles de reconocimiento propuestos por este trabajo de graduación, es decir, un promedio de reconocimiento correcto superior a 90%, se elige diseñar y programar el software definitivo de reconocimiento de firmas por medio del método de red neuronal **ART2**, por cinco razones fundamentales:

- Mayor porcentaje de reconocimiento correcto de firmas manuscritas (ver figura 5.18)
- Basta con firmas indubitadas para entrenar la red (no requiere “crear” falsificaciones para ello).
- La red siempre converge a un estado estable.

- Permite personalizar el nivel de seguridad para cada individuo (parámetro de vigilancia) y no se deja todo en manos de la red neuronal y la posibilidad de que pudiera converger a un mínimo local como en Retropropagación
- El tiempo de entrenamiento se mantuvo prácticamente constante y fue el más veloz.

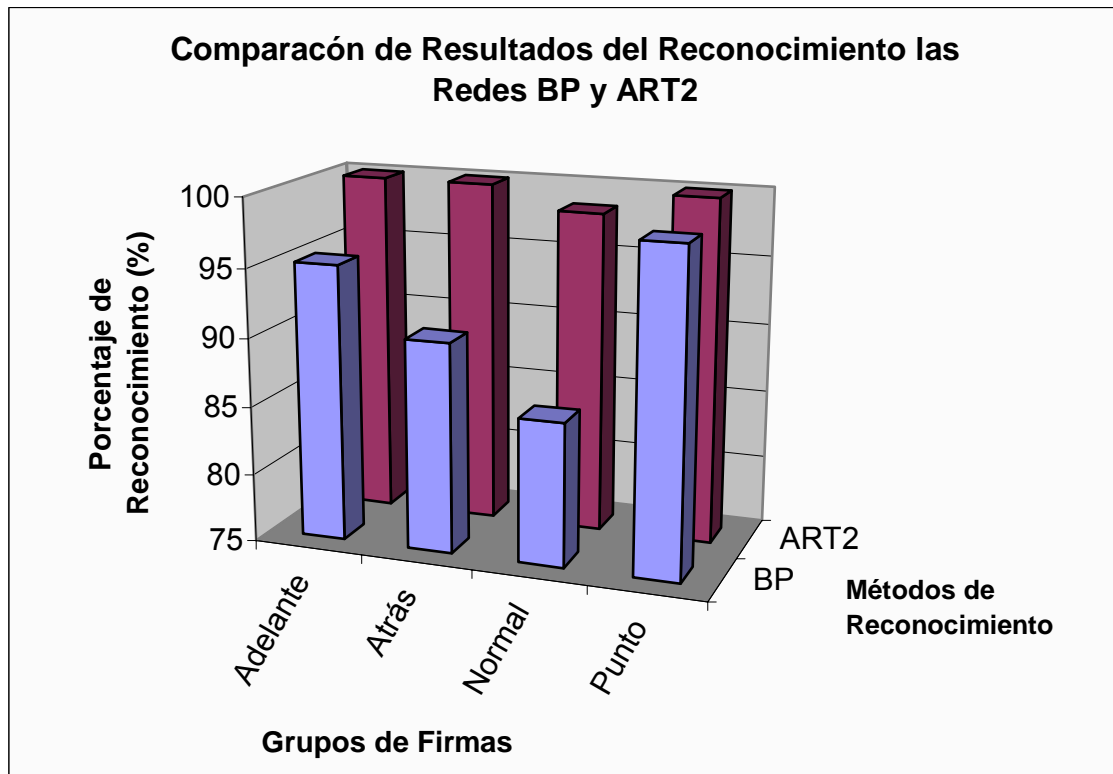


Figura 5.18 Porcentaje de Reconocimiento de firmas manuscritas por red ART2

Tabla 5.5a Reconocimiento de firmas por método de ART2. Grupo 3 firmas normales I

ρ	%	62 Firmas de Prueba (normales Verdaderas = 1 y Falsas = 0)	Reconocimiento Correcto (Acertado = * y Fallado = 0)	Prom.
97.00	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.10	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.20	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.30	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.40	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.50	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.60	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.70	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.80	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
97.90	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
98.00	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
98.10	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
98.20	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
98.30	41.94	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****0*****000000000*****000000***	26/62
98.40	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
98.50	43.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000000*****000000000*****000000***	27/62
98.60	46.77	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	00000000000000000*0000*****000000000*****000000***	29/62
98.70	53.23	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	000000000000*00000000*****000000000*****000*****	33/62
98.80	64.52	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****000000*****0*****0*****000000000*****000*00***	40/62
98.90	82.26	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****000000000*****000*****	51/62
99.00	83.87	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****000000000*****000*****	52/62
99.10	87.10	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****000000000*****000*****	54/62
99.20	90.32	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****00*00*00*****00*****	56/62
99.30	91.94	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****00*00*0*****00*****	57/62
99.40	93.55	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****0*00*0*****00*****	58/62
99.50	95.16	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****00*0*****00*****	59/62
99.60	95.16	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****00*0*****00*****	59/62
99.70	95.16	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****00*0*****00*****	59/62
99.80	95.16	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****00*0*****00*****	59/62
99.90	95.16	0000000000000000000011111111100000000000000000000111000000000	*****0*****0*****0*****0*****00*****00*****	59/62

Tabla 5.5b Reconocimiento de firmas por método de ART2. Grupo 3 firmas normales II

ρ	%	62 Firmas de Prueba (normales Verdaderas = 1 y Falsas = 0)	Reconocimiento Correcto (Acertado = * y Fallado = 0)	Prom.
99.80	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****00*0*****	59/62
99.81	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****00*0*****	59/62
99.82	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****00*0*****	59/62
99.83	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****00*0*****	59/62
99.84	96.77	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****00*****	60/62
99.85	96.77	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****00*****	60/62
99.86	96.77	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0*****	60/62
99.87	98.39	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0*****	61/62
99.88	98.39	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0*****	61/62
99.89	98.39	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0*****	61/62
99.90	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0***0*****	59/62
99.91	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0***0*****	59/62
99.92	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0***0*****	59/62
99.93	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0***0*****	59/62
99.94	93.55	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****0***000*****	58/62
99.95	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****000*****	59/62
99.96	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****000*****	59/62
99.97	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****000*****	59/62
99.98	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****000*****	59/62
99.99	95.16	00000000000000000000111111111100000000000000000000011100000000	*****000*****	59/62

Tabla 5.6 Reconocimiento de firmas por método de ART2. Grupo 1 firmas adelante

[illegible]



Tabla 5.7 Reconocimiento de firmas por método de ART2. Grupo 2 firmas atrás

[illegible]

Tabla 5.8 Reconocimiento de firmas por método de ART2. Grupo 4 firmas normales con punto

[illegible]

# 6 IMPLEMENTACIÓN DE DLL<sup>2</sup>

## 6.1 Introducción

En esta sección se explica las funciones creadas en forma de DLL<sup>2</sup>, para automatizar los procesos involucrados en el reconocimiento de firmas manuscritas, para su utilización en cualquier aplicación que se desee implementar con estas funcionalidades.

## 6.2 Tipos de Funciones Creadas

Las DLL's (Dynamic Link Library por sus siglas en inglés) o "Bibliotecas de vínculos dinámicos" son archivos que contienen funciones que se pueden llamar desde aplicaciones u otras DLL. Los desarrolladores utilizan las DLL para poder reciclar el código y aislar las diferentes tareas. Las DLL no pueden ejecutarse directamente, es necesario llamarlas desde un código externo.

Las funciones creadas para el reconocimiento de firmas manuscritas, se encuentran contenidas en una única DLL denominada: Prefirm 1.0. Básicamente se crearon dos tipos de funciones: las principales y las complementarias.

## 6.3 Especificaciones de cada Función Principal

Las funciones principales con sus descripciones, son presentadas en la siguiente tabla:

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Grafometría	Obtiene los parámetros Online y Offline (200 en total) de cada firma al realizar un estudio de Grafometría a la firma proporcionada (ver sección 4.4).
Aprender	Entrena la red neuronal ART2 del sistema a partir de firmas indubitadas con lo cual el sistema aprende a reconocer las firmas de los usuarios (ver sección 5.5).
Grafoscopia	Realiza el análisis de la firma proporcionada en relación al los valores aprendidos por el sistema para determinar si ésta es auténtica o falsa.
Optimizar	Realiza una serie de pruebas grafométricas para un rango de valores de seguridad, para que el administrador determine cual es el valor óptimo del Nivel de Seguridad

Tabla 6.1 Principales funciones creadas para aplicaciones de reconocimiento de Firmas Manuscritas.

---

<sup>2</sup> Ver descripción formal en la sección 6.2

A continuación se brinda una descripción de los parámetros de entrada y salida de cada función.

### 6.3.1 Función: Grafometría

La sintaxis es la siguiente:

**Grafometría** (*Nargout, Características Grafométricas, Firma, tiempos de trazos*)

Donde:

- *Nargout* (proporcionado, tipo: numérico)  
Es un número que indica la cantidad de valores devueltos por la función (en este caso = 1)
- *Características Grafométricas* (devuelto, tipo: cadena de caracteres)  
Son las 200 características Online y Offline (ver sección 4.4). Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: “005 025 030 ... 205”).
- *Firma* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres)  
Cadena de la firma obtenida con la tarjeta de adquisición Topaz
- *Tiempos de trazos* (proporcionado, tipo: matriz numérica o cadena de caracteres)  
Valores que especifican los tiempos de cada trazo de la firma así como el tiempo total.  
En formato matricial, solo se requiere una columna en la matriz, donde la primera fila corresponde con el tiempo del primer trazo y el último valor representa el tiempo total de la firma. En formato de cadena, deben colocarse todos los valores uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: “5 25 30”).

### 6.3.2 Función: Aprender

La sintaxis es la siguiente:

**Aprender** (*Nargout, Aprendido, Características Grafométricas*)

Donde:

- *Nargout* (proporcionado, tipo: numérico)  
Es un número que indica la cantidad de valores devueltos por la función (en este caso = 1)
- *Aprendido* (devuelto, tipo: cadena de caracteres o arreglo de cadenas de caracteres)  
Son 200 valores aprendidos por cada una de las firmas proporcionadas en *Características Grafométricas*. Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio

(por ejemplo: "005 025 030 ... 205"). Los arreglos (o *arrays* en inglés) son varias cadenas de caracteres ordenadas una tras otra en forma de tabla y accedidas a través de un índice.

- *Características Grafométricas* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres o arreglo de cadenas de caracteres)

Son las 200 características grafométricas de cada firma obtenidas con la función *Grafometría*. El sistema puede aprender las muestras de las *Características Grafométricas* de una o varias firmas a la vez. Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: "005 025 030 ... 205"). Los arreglos son varias cadenas de caracteres ordenadas una tras otra en forma de tabla y accedidas a través de un índice, esto es, cuando se desea que el sistema aprenda varias firmas muestras a la vez. Otra forma de proporcionar al sistema varias muestras a la vez, es colocar las *Características Grafométricas* como una sola cadena de caracteres al dividir las muestras de cada firma por un ";" (punto y coma).

### 6.3.3 Función: Grafoscopia

La sintaxis es la siguiente:

**Grafoscopia** (*Nargout, Resultado, Aprendido, Dubitada, Nivel de seguridad*)

Donde:

- *Nargout* (proporcionado, tipo: numérico)  
Es un número que indica la cantidad de valores devueltos por la función (en este caso = 1)
- *Resultado* (devuelto, tipo: cadena de caracteres)  
Devuelve la respuesta del análisis grafoscópico de la firma *Dubitada* en relación a lo *Aprendido* por el sistema. Los valores posibles son: "Falsa" o "Verdadera"
- *Aprendido* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres o arreglo de cadenas de caracteres)  
Son 200 valores aprendidos por cada una de las firmas proporcionadas a la función *aprender*. Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: "005 025 030 ... 205"). Los arreglos son varias cadenas de caracteres ordenadas una tras otra en forma de tabla y accedidas a través de un índice, esto es, con varias firmas aprendidas a la vez. Otra forma de proporcionar al sistema varias muestras a la vez, es colocar las cadenas aprendidas como una sola cadena de caracteres al dividir las muestras de cada firma por un ";" (punto y coma).

- *Dubitada* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres)  
Es una firma de tipo *cadena grafométrica* a la cual se le practicará la evaluación grafoscópica a fin de determinar si es falsa o verdadera. Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: “005 025 030 ... 205”)
- *Nivel de seguridad* (proporcionado, tipo: valor numérico o cadena de caracteres)  
Es un número de valor entre 0 y 1 que especifica el nivel de similitud entre las muestras (*Aprendido*) y la firma *Dubitada*.

### 6.3.4 Función: Optimizar

La sintaxis es la siguiente:

**Optimizar** (*Nargout, Resultado, Aprendido, Dubitadas, Clasificación, Min, Max, Incr*)

Donde:

- *Nargout* (proporcionado, tipo: numérico)  
Es un número que indica la cantidad de valores devueltos por la función (en este caso = 1)
- *Resultado* (devuelto, tipo: arreglo de cadena de caracteres)  
Devuelve la respuesta del análisis grafoscópico de las firmas *Dubitadas* en relación a lo *Aprendido* por el sistema para un rango de valores del *nivel de seguridad*. Los arreglos son varias cadenas de caracteres ordenadas una tras otra en forma de tabla y accedidas a través de un índice.
- *Aprendido* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres o arreglo de cadenas de caracteres)  
Son 200 valores aprendidos por cada una de las firmas proporcionadas a la función *aprender*. Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: “005 025 030 ... 205”). Los arreglos son varias cadenas de caracteres ordenadas una tras otra en forma de tabla y accedidas a través de un índice, esto es, con varias firmas aprendidas a la vez. Otra forma de proporcionar al sistema varias muestras a la vez, es colocar las cadenas aprendidas como una sola cadena de caracteres al dividir las muestras de cada firma por un “;” (punto y coma).
- *Dubitadas* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres o arreglos de cadenas de caracteres)  
Son firmas de tipo *cadena grafométrica* a las cuales se les practicará la evaluación grafoscópica a fin de determinar si es falsa o verdadera para un rango de valores de *nivel de seguridad*. Los valores en la cadena de caracteres son colocados uno tras otro con un solo espacio por medio (por ejemplo: “005 025 030 ... 205”). Los arreglos son varias cadenas de caracteres ordenadas una tras otra en forma de tabla y accedidas a través

de un índice, esto es, con varias firmas *Dubitadas* a la vez. Otra forma de proporcionar al sistema varias muestras a la vez, es colocar las *cadenas Grafométricas* de las firmas dubitadas como una sola cadena de caracteres al dividir las muestras de cada firma por un “;” (punto y coma).

- *Clasificación* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres o matriz de números)  
Son números (1 o 0) que indican al sistema si las firmas *Dubitadas* son falsas o verdaderas, a fin de evaluar si el sistema acertó en su clasificación de las firmas de prueba o no, de acuerdo al *Nivel de Seguridad*. Puede ser una cadena de caracteres con los valores separados por un espacio en blanco o puede ser una matriz de valores numéricos que cuente con solo una columna de valores que indiquen con un 1 (uno) si es verdadera o con un 0 (cero) si es falsa.
- *Min, Max, Incr* (proporcionado, tipo: valor numérico o cadena de caracteres)  
Son números de valor entre 0 y 1 que especifican el rango del *nivel de seguridad* entre las muestras (*Aprendido*) y la firmas *Dubitadas*. Donde *Min* es el valor mínimo del rango, *Max* es el valor máximo del rango e *Incr* es el aumento en cada paso para llegar desde *Min* hasta *Max*.

## 6.4 Especificaciones de cada Función Complementaria

Las funciones complementarias con sus descripciones, son presentadas en la siguiente tabla:

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
CadenaAcolumnas	Genera un arreglo de cadenas (una sola columna) a partir de una sola cadena con datos separados por un espacio en blanco.
McadenasAcolumnas	Genera un arreglo de cadenas (una sola columna) a partir de una sola cadena con datos separados por un punto y coma.

Tabla 6.2 Funciones Complementarias creadas para aplicaciones de reconocimiento de Firmas Manuscritas.

A continuación se brinda una descripción de los parámetros de entrada y salida de cada función.

### 6.4.1 Función: CadenaAcolumnas

La sintaxis es la siguiente:

**CadenaAcolumnas** (*Nargout, Columna Salida, Cadena, Columna Entrada*)

Donde:

- *Nargout* (proporcionado, tipo: numérico)  
Es un número que indica la cantidad de valores devueltos por la función (en este caso = 1)
- *Columna Salida* (devuelto, tipo: arreglo de cadena de caracteres)  
Arreglo de datos en una sola columna.
- *Cadena* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres)  
Cadena de caracteres con datos separados con un caracter de espacio.
- *Columna Entrada* (proporcionado, tipo: arreglo de cadena de caracteres)  
En caso de haber utilizado previamente *CadenaAcolumnas* la salida previa puede ser colocada en esta variable para que la nueva columna se genere junto a la que fue creada en un proceso anterior.  
Por ejemplo, si se tienen dos cadenas: "2 5 8" y "3 6 9"  
CadenaAcolumnas (1, Columnas,"2 5 8", " ")  
Columnas = 2  
5  
8  
CadenaAcolumnas (1, Columnas,"3 6 9", Columnas)  
Columnas = 2 3  
5 6  
8 9

## 6.4.2 Función: McadenasAcolumnas

La sintaxis es la siguiente:

***McadenasAcolumnas*** (*Nargout*, *Columnas*, *Mcadenas*)

Donde:

- *Nargout* (proporcionado, tipo: numérico)  
Es un número que indica la cantidad de valores devueltos por la función (en este caso = 1)
- *Columnas* (devuelto, tipo: arreglo de cadena de caracteres)  
Arreglo de datos en una sola columna.
- *Mcadenas* (proporcionado, tipo: cadena de caracteres)  
Cadena de caracteres con datos separados con un punto y coma.



## 6.5 Algoritmo Básico Utilizando la DLL Prefirm 1.0

- i. Adquirir por medio de la tarjeta digitalizadora una firma, obteniendo así, la *cadena de firma* y los *tiempos de trazos*.
- ii. Por medio de la función *Grafometría*, obtener *Características Grafométricas* del firmante.
- iii. Repetir los pasos anteriores hasta obtener suficientes características de firmas *indubitadas* o de *entrenamiento* para entrenar el sistema.
- iv. Repetir los pasos i al ii hasta obtener suficientes características de firmas de *prueba* (esto servirá para establecer el nivel óptimo de seguridad).
- v. Con las características de firmas de *entrenamiento* y la función *Aprender* obtener los *valores aprendidos*, entrenando así, el sistema para reconocer las firmas del usuario.
- vi. Con la función *Optimizar*, los *valores aprendidos*, las características de las firmas de *prueba*, la *clasificación* de las firmas de *prueba* y un rango de valores para el *nivel de seguridad*; determinar el valor óptimo de seguridad para el cual el sistema reconoce de forma eficaz la firma del usuario.
- vii. En la aplicación deseada utilizar la función *Grafoscopía* como medida de seguridad, con los *valores aprendidos* y el *nivel de seguridad óptimo* y las características de la firma que se desea analizar, para determinar si es falsa o verdadera (o en su defecto si es un usuario autorizado o no autorizado).

# 7 SOFTWARE PROPUESTO

## 7.1 Introducción

En este capítulo se explica el funcionamiento de una aplicación creada para la demostración de la utilización de las funciones de reconocimiento de firmas manuscritas descritas en el capítulo anterior, el PREFIRM.

## 7.2 PREFIRM

El PREFIRM o Prototipo de Reconocimiento de Firmas Manuscritas, es un conjunto de aplicaciones implementadas para demostrar la utilidad, versatilidad y potencia lograda a través del uso de la DLL Prefirm 1.0 en aplicaciones de reconocimiento de firmas manuscritas.

Las aplicaciones en PREFIRM son descritas en la tabla siguiente:

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
AFir & UBD	El AFir de la sección 3.2 ha evolucionado al incrementar su funcionalidad y potencia al integrarse con la UBD (La Universal Base de Datos), convirtiéndose no solo un Adquisitor de Firmas, sino en un verdadero Sistema de Administración y Control Grafométrico – Grafoscópico.
IFir	El software de Identificación de Firmas (IFir), busca e identifica un usuario por medio de su firma en toda la UBD.
VeriFirm	El software de Verificación de Firmas (VeriFirm), verifica la identidad de un usuario por medio de su firma en la UBD.

Tabla 7.1 Aplicaciones en PREFIRM.

El PREFIRM, brinda el entorno de operación de las aplicaciones de la tabla 7.1 al convertirse en la plataforma sobre la cual se puede fácilmente interactuar con las tres aplicaciones de una forma sencilla. El concepto es el siguiente: con el AFir y la UBD se puede agregar un nuevo usuario e inmediatamente ingresar sus datos, firmas indubitadas (entrenamiento), firmas de prueba, entrenar el sistema y buscar el nivel óptimo de seguridad, quedando todo debidamente registrado en la UBD. Inmediatamente después se puede proceder a probar si realmente el sistema es capaz de identificar el usuario con el IFir o verificar el usuario con el VeriFirm, con lo cual se determina si el usuario ha quedado debidamente registrado y listo para operar con el sistema de seguridad Identificación–Verificación.

A continuación se muestra la GUI del PREFIRM:

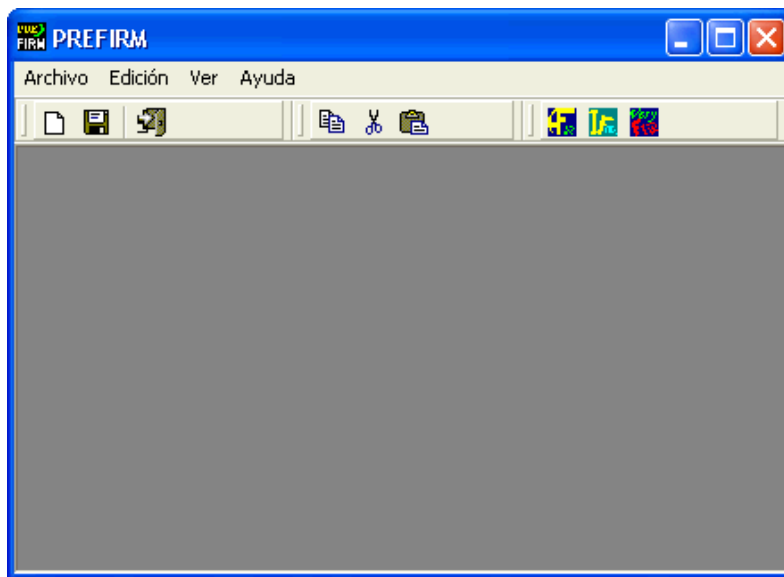


Figura 7.1 Interfaz Gráfica de Usuario del PREFIRM

## 7.2.1 Barras de Herramientas

### 7.2.1.1 Barra de Estándar



*Nuevo Usuario:* Crea un Nuevo Usuario en la UBD.



*Guardar:* Almacena en disco los cambios realizados en la base de datos



*Salir:* Termina la ejecución del PREFIRM

### 7.2.1.2 Barra de Edición



*Copiar:* Coloca el texto seleccionado en el portapapeles



*Cortar:* Corta el texto seleccionado y lo coloca en el portapapeles



*Pegar:* Pega el texto contenido en el portapapeles

### 7.2.1.3 Barra de Aplicaciones



*Adquisitor de Firmas:* ejecuta el AFir



*Identificador de Firmas:* ejecuta el IFir



*Verificador de Firmas:* ejecuta el VeriFirm

## 7.2.2 Barra de Menús

### 7.2.2.1 Menú Archivo

- *Nuevo Usuario*: Crea un Nuevo Usuario en la UBD.
- *Guardar*: Almacena en disco los cambios realizados en la base de datos
- *Salir*: Termina la ejecución del PREFIRM

### 7.2.2.2 Menú Edición

- *Copiar*: Coloca el texto seleccionado en el portapapeles
- *Cortar*: Corta el texto seleccionado y lo coloca en el portapapeles
- *Pegar*: Pega el texto contenido en el portapapeles

### 7.2.2.3 Menú Ver

- *Adquisitor de Firmas*: ejecuta el AFir
- *Identificador de Firmas*: ejecuta el IFir
- *Verificador de Firmas*: ejecuta el VeriFirm
- *Barras de Herramientas*: Permite elegir las barras de herramientas que son visibles y determina si éstas pueden moverse en la ventana del Prefirm.

### 7.2.2.4 Menú Ayuda

*Acerca de...*: Muestra información sobre el PREFIRM. Como se muestra en la siguiente figura:

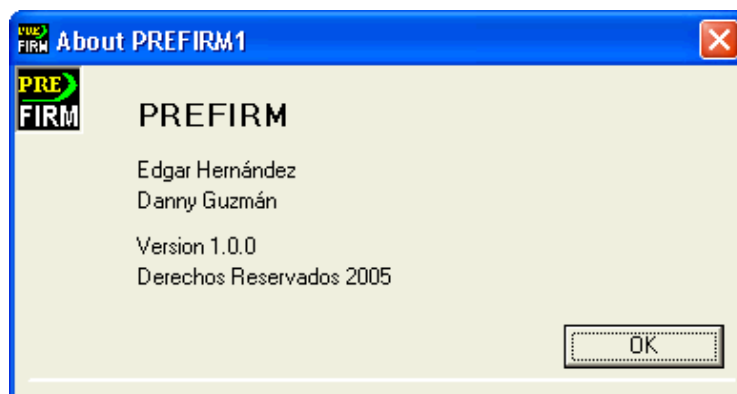


Figura 7.2 Ventana Acerca de... en PREFIRM

7.3 AFir & UBD

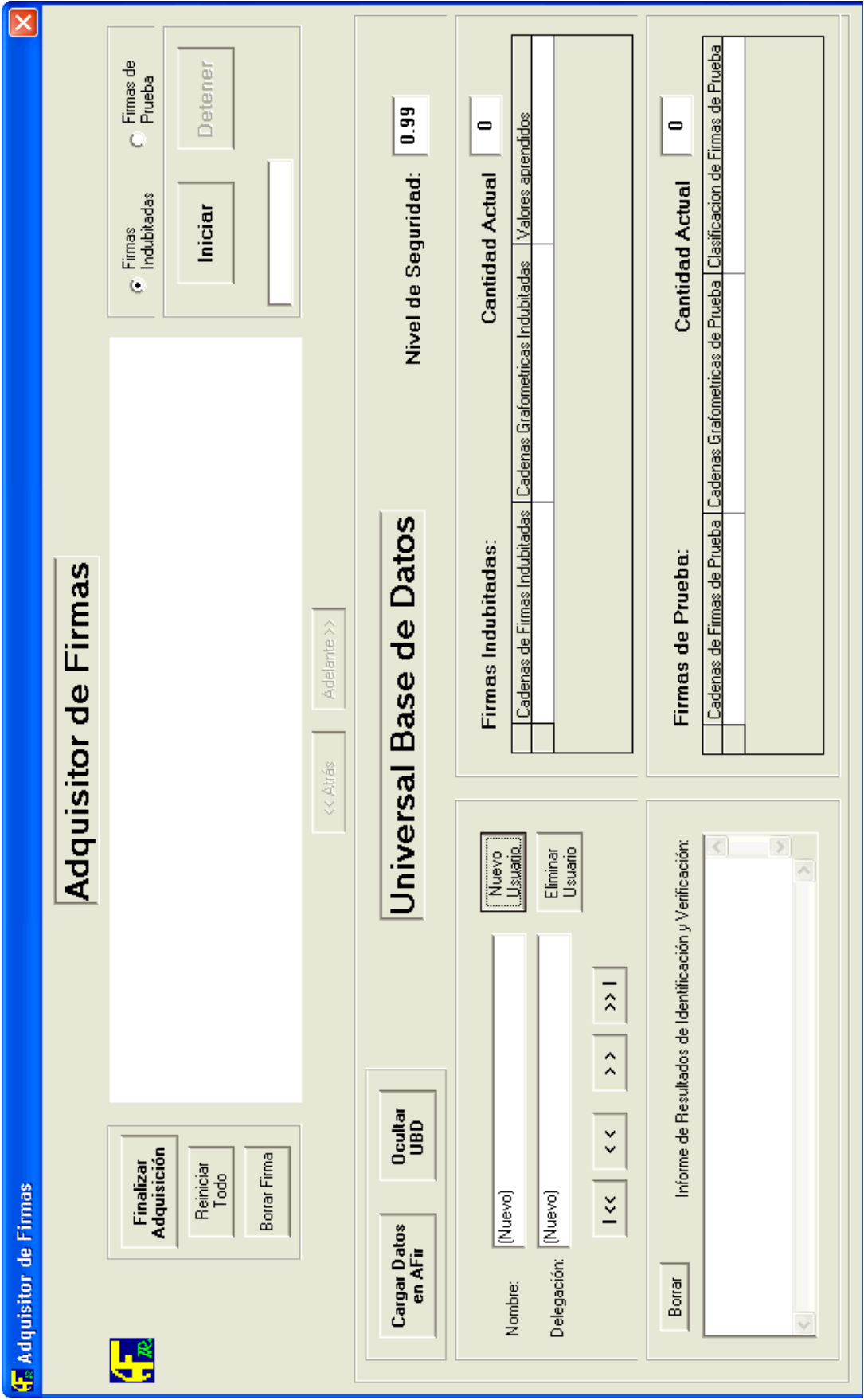


Figura 7.3 Interfaz Gráfica de Usuario del AFir & UBD

La GUI del AFir & UBD se muestra en la figura 7.3

### 7.3.1 La UBD

Se encuentra en la parte inferior del AFir (como se muestra en la figura 7.3) y se encarga de administrar los usuarios.

Básicamente la GUI de la UBD se divide por el centro en dos partes principales: izquierda (figura 7.4) y derecha (figura 7.5).

#### 7.3.1.1 Administrador de usuarios de la UBD

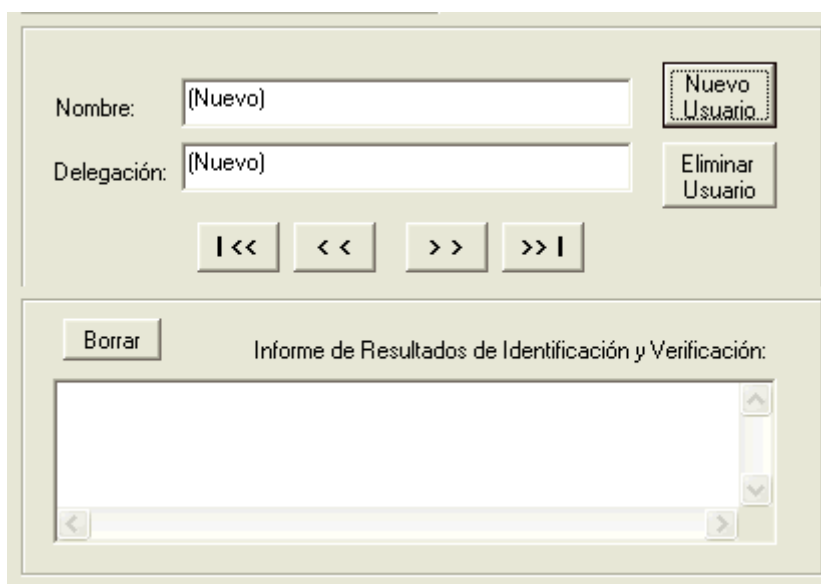


Figura 7.4 Administrador de usuarios de la UBD

Donde:

- *Nombre*: Nombre del usuario
- *Delegación*: Dirección o lugar de la delegación de la PNC
- *Nuevo Usuario*: Crea un nuevo usuario en la UBD
- *Eliminar Usuario*: Elimina un usuario de la UBD
- *Borrar*: Elimina el contenido del Informe de Resultados de Identificación y Verificación
- *Informe de Resultados de Identificación y Verificación*: muestra la fecha, hora y el resultado obtenido (verdadera o falsa) de las pruebas de verificación e identificación del usuario.
- “|<<”: Muestra el primer usuario de la UBD
- “<<”: Retrocede al usuario anterior en la UBD
- “>>”: Avanza al usuario siguiente en la UBD
- “>>|”: Muestra el último usuario de la UBD

### 7.3.1.2 Visualizador de datos adquiridos con AFir

**Nivel de Seguridad:**

**Firmas Indubitadas:**

**Cantidad Actual**

	Cadenas de Firmas Indubitadas	Cadenas Grafometricas Indubitadas	Valores aprendidos

**Firmas de Prueba:**

**Cantidad Actual**

	Cadenas de Firmas de Prueba	Cadenas Grafometricas de Prueba	Clasificacion de Firmas de Prueba

Figura 7.5 Visualizador de datos adquiridos con AFir del usuario

Donde:

- *Nivel de Seguridad*: indica su valor para el usuario mostrado
- *Firmas Indubitadas*: muestra la cantidad de firmas indubitadas o entrenamiento, así como:
  - *Cadenas de Firmas Indubitadas*: cadena de caracteres obtenidas desde la tarjeta de adquisición, sirven para recrear la imagen de la firma
  - *Cadenas Grafométricas Indubitadas*: cadena de caracteres que representan las características grafométricas obtenidas a partir de la función *Grafometría*
  - *Valores Aprendidos*: cadena de caracteres que representan los valores aprendidos del sistema a partir de las *Cadenas Grafométricas Indubitadas* con la función *Aprender*.
- *Firmas de Prueba*: muestra la cantidad de firmas de prueba, así como:
  - *Cadenas de Firmas de Prueba*: cadenas de caracteres obtenidas desde la tarjeta de adquisición, sirven para recrear la imagen de la firma.
  - *Cadenas Grafométricas de Prueba*: cadena de caracteres que representan las características grafométricas obtenidas a partir de la función *Grafometría*

- *Clasificación de las Firmas de Prueba*: valor numérico de dos posibles valores: uno o cero, los cuales indican si la firma de prueba es verdadera o es falsa (este valor se utiliza en la función *Optimizar*)

Existen también dos botones muy importantes en la UBD los cuales son (ver figura 7.3):

- *Cargar Datos en AFir*: Carga los datos del usuario contenidos en la UBD al AFir para modificación.
- *Ocultar UBD*: muestra sólo el AFir pero no carga los datos del usuario en el AFir.

### 7.3.2 AFir

La GUI del AFir se muestra en la figura 7.8. Como puede apreciarse en la parte inferior cuenta con visualizaciones para los datos de usuario almacenados en la base de datos (estos son ordenados en forma diferente a los de la UBD). A continuación se describe cada una de las partes que la componen.

#### 7.3.2.1 Control de Adquisición de Firmas

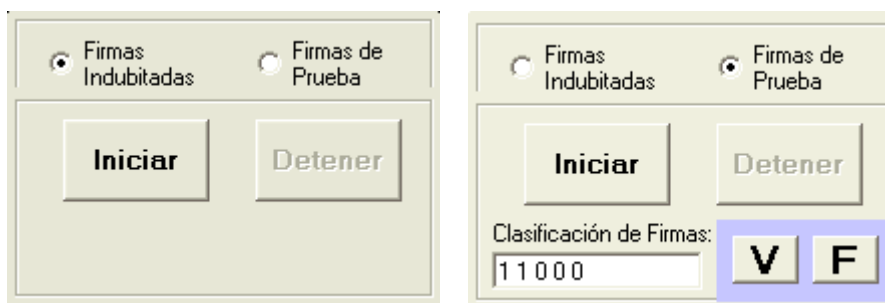


Figura 7.6 Control de Adquisición de Firmas: Firmas Indubitadas (izq.) y Firmas de Prueba (der.)

Donde:

- *Firmas Indubitadas* y *Firmas de Prueba*: permite seleccionar el tipo de firmas a adquirir.
- *Iniciar* y *Detener*: inician y finalizan la captura de firmas desde la tarjeta Topaz SigLite.
- *Clasificación de Firmas*: Aparece en pantalla cuando se selecciona la adquisición de *Firmas de Prueba* y se presiona *Detener*. Muestra y permite editar la clasificación de las firmas de prueba, con Uno para las firmas verdaderas y Cero para las firmas falsas.



- “V” y “F”: Aparecen en pantalla cuando se selecciona la adquisición de *Firmas de Prueba* y se presiona *Detener*. Indica al sistema si la firma de prueba es Verdadera o Falsa, la selección se refleja en la casilla *Clasificación de Firmas*. Mientras estos botones permanezcan visibles, todos los demás controles del AFir son deshabilitados para indicar que debe seleccionarse una clasificación antes de proseguir con la adquisición.

### 7.3.2.2 Visualización de Firmas y Controles de Navegación



Figura 7.7 Visualización de Firmas y Controles de Navegación

Donde:

- *Área de Firma*: Muestra la firma del Usuario. Dependiendo de la selección *Firmas Indubitadas* o *Firmas de Prueba* (ver figura 7.6) el *Área de Firma* muestra sólo las firmas de la selección actual.
- *Controles de Navegación* “<< Atrás” y “Adelante >>”: Permiten mostrar en el *Área de Firmas* todas y cada una de las firmas ya sea indubitadas o de prueba dependiendo de la selección actual.

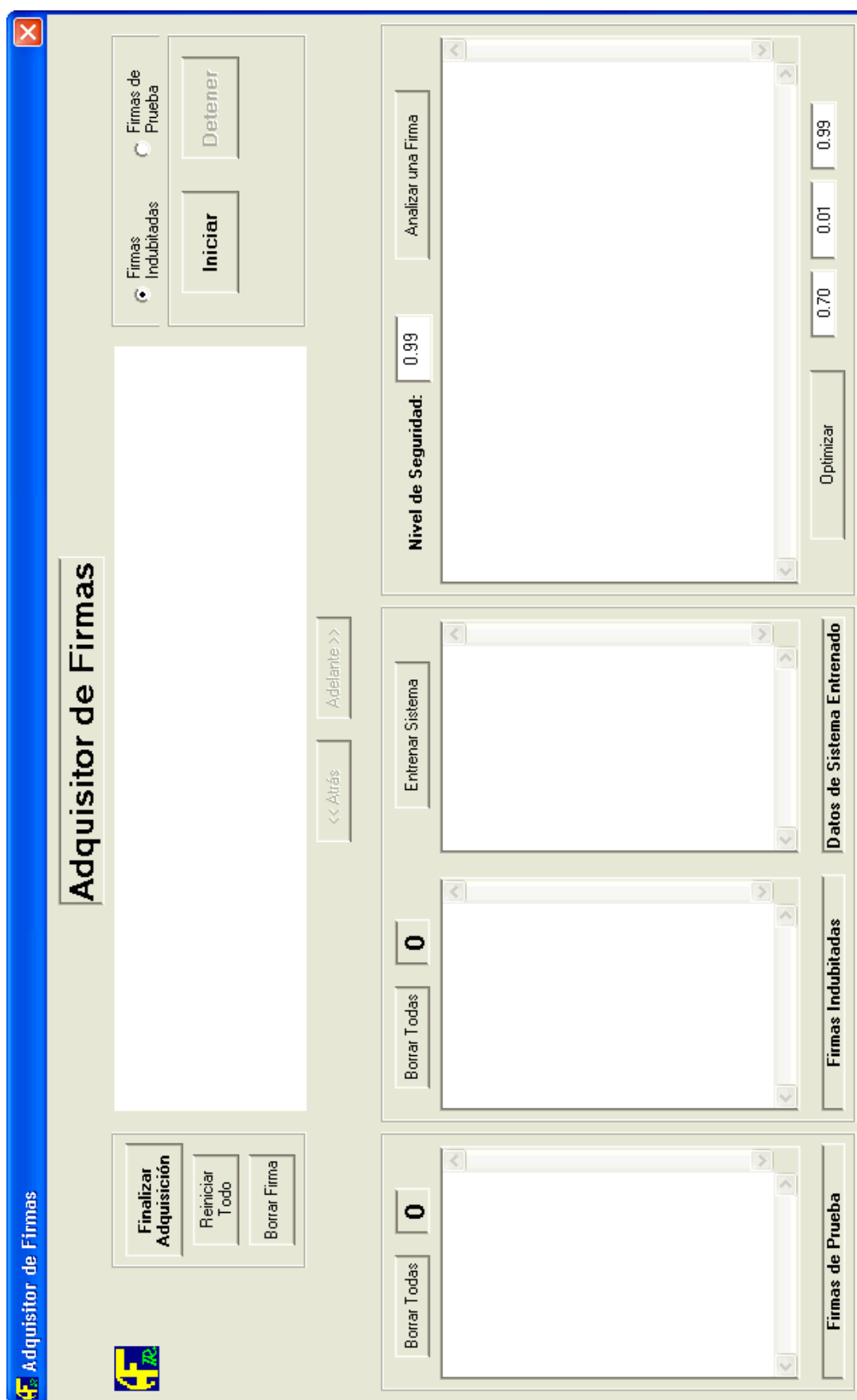


Figura 7.8 Interfaz Gráfica de Usuario del AFir

### 7.3.2.3 Visualización de Características Grafométricas de las Firmas de Prueba

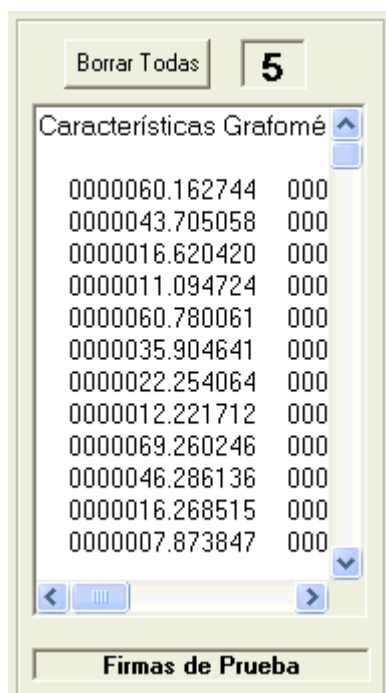


Figura 7.9 Visualización de Características Grafométricas de las Firmas de Prueba.

Donde:

- “*Borrar Todas*”: Elimina todas las *Características Grafométricas de las Firmas de Prueba* adquiridas.
- *Cantidad de Características Grafométricas de Firmas de Prueba* (junto al botón de “*Borrar Todas*”): muestra el valor de la cantidad.
- *Visualización de las Características Grafométricas de Firmas de Prueba* (al centro de cada imagen): muestra en forma de columnas las 200 *Características Grafométricas* de cada firma de prueba adquirida.

### 7.3.2.4 Visualización de Características Grafométricas de las Firmas Indubitadas y los Valores Aprendidos por el Sistema

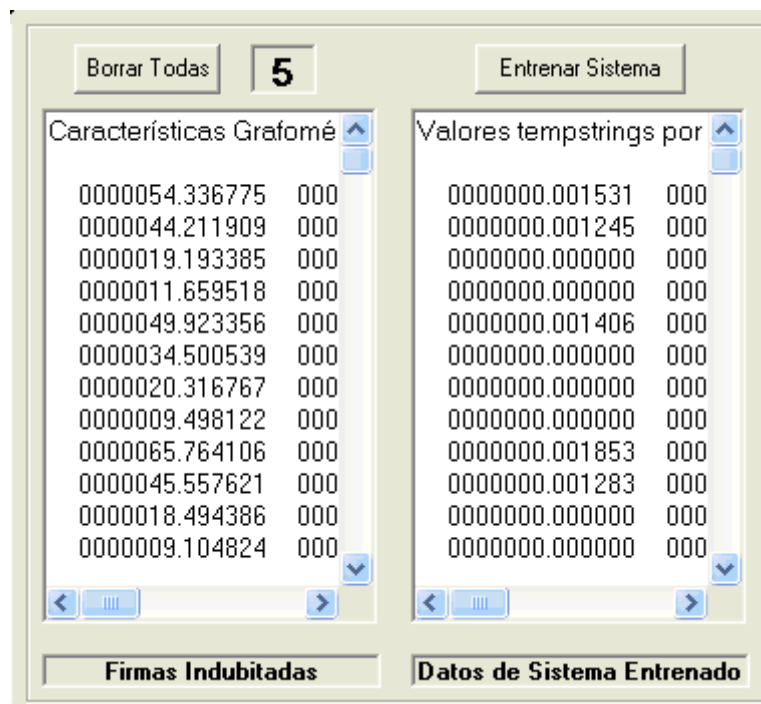


Figura 7.10 Visualización de Características Grafométricas de las Firmas Indubitadas y los Valores Aprendidos por el Sistema

Donde:

- *Borrar Todas*: Elimina todas las *Características Grafométricas de las Firmas Indubitadas* adquiridas.
- *Cantidad de Características Grafométricas de Firmas Indubitadas* (junto al botón de “*Borrar Todas*”): muestra el valor de la cantidad.
- *Visualización de las Características Grafométricas de Firmas Indubitadas*: muestra en forma de columnas las 200 *Características Grafométricas* de cada firma indubitada adquirida.
- *Visualización de Valores Aprendidos por el Sistema*: muestra en forma de columnas los 200 *Valores Aprendidos por el Sistema* de cada firma indubitada adquirida.
- *Entrenar Sistema*: con las *Características Grafométricas de las Firmas Indubitadas* se entrena el sistema para que el sistema aprenda a reconocer la firma del usuario, obteniendo los *Valores Aprendidos por el Sistema*. NOTA: si aparece una sombra de color morado claro (como la mostrada en la figura 7.6 para los botones “V” y “F”) indica que las *Características Grafométricas de Firmas Indubitadas* han cambiado desde la última vez que se entrenó el sistema y se recomienda actualizarlos, re-entrenando nuevamente el sistema.

### 7.3.2.5 Área de Pruebas y Optimización del Nivel de Seguridad

Buscando valor optimo de Seguridad				
vigilancia: 90.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 91.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 92.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 93.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 94.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 95.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 96.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 97.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 98.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05
vigilancia: 99.00	acertados: 040.00	11000	*sk*000	02/05

Figura 7.11 Área de Pruebas y Optimización del Nivel de Seguridad

Donde:

- *Optimizar*: realiza una serie de pruebas grafoscópicas a las *Firmas de Prueba* adquiridas, sobre la base de los *Valores Aprendidos* y un rango de valores del *Nivel de Seguridad*.
- *Rango de Valores del Nivel de Seguridad*: *mínimo*, *incremento* y *máximo* (ubicados en la parte inferior derecha de la imagen en el mismo orden): indican la variación del *Nivel de Seguridad* para la prueba de optimización.
- *Visualización de Resultados* (ubicada al centro de la imagen): Muestra los resultados de las pruebas de *Optimización* (como se muestra en la imagen) y de *Analizar una Firma*.
- *Nivel de Seguridad*: Muestra y establece el valor asignado al usuario después de optimizar su valor.
- *Analizar una Firma*: sobre la base del valor del *Nivel de Seguridad* y la firma de prueba mostrada en ese momento en el Visualizador de Firmas (ver figura 7.7), se efectúa una prueba grafoscópica para determinar si es Falsa o Auténtica. Nota: Si se ha seleccionado *Firmas Indubitadas* en el Control de Adquisición de Firmas (ver figura 7.6) por defecto la prueba grafoscópica se realiza sobre la última firma de prueba ingresada al sistema.

### 7.3.2.6 Controles Complementarios



Figura 7.12 Controles Complementarios

Donde:

- *Finalizar Adquisición*: Vuelve el control a la UBD a la vez que la muestra nuevamente (ver figura 7.3).
- *Reiniciar Todo*: Elimina todo el contenido del AFir y por tanto de la UBD, al borrar todo el contenido del registro del usuario (sin eliminar el usuario).
- *Borrar Firma*: elimina la firma mostrada en el Visualizador de Firmas (ver figura 7.7) ya sea ésta *Indubitada* o de *Prueba*.

## 7.4 IFir

La GUI del IFir se muestra en la figura siguiente:



Figura 7.13 Interfaz Gráfica de Usuario de IFir

Donde:

- *Firmar*: prepara la tarjeta de adquisición para capturar la firma.
- *Identificar*: detiene la captura de la firma e inicia el procesamiento de la misma por medio de su estudio grafoscópico a través de toda la base de datos para identificar al usuario. Finalmente muestra los resultados en el cuadro de texto de la parte inferior.
- *Mostrar en Resultados Todas, Verdaderas o Falsas*: permite elegir cuales firmas se desean mostrar en los resultados.

## 7.5 VeriFirm

La GUI del IFir se muestra en la figura siguiente:



Figura 7.14 Interfaz Gráfica de Usuario del VeriFirm

Donde:

- *Firmar*: prepara la tarjeta de adquisición para capturar la firma.
- *Verificar*: detiene la captura de la firma e inicia su procesamiento por medio del estudio grafoscópico del usuario elegido de la *Lista de Usuarios* para verificar su identidad. Finalmente muestra los resultados con una viñeta en la parte inferior.
- *Lista de Usuarios*: permite elegir al usuario al que se desea verificar su identidad.



# 8 SOFTWARE PROPUESTO II

## 8.1 Introducción

En este capítulo se explica el funcionamiento de una aplicación especial, creada para la demostración de la utilización de las funciones de reconocimiento de firmas manuscritas descritas en el capítulo 6, pero en aplicaciones remotas, el PREFIRM En Línea.

## 8.2 PREFIRM En Línea

Es la versión “*plus*” del “*Clásico*” PREFIRM presentado en el capítulo 7 para el control y monitoreo de las verificaciones e identificaciones remotas.

Cuenta con una interfaz sencilla pero potente con la cual se puede controlar y monitorear de forma sencilla las aplicaciones remotas. La GUI se muestra en la figura siguiente:

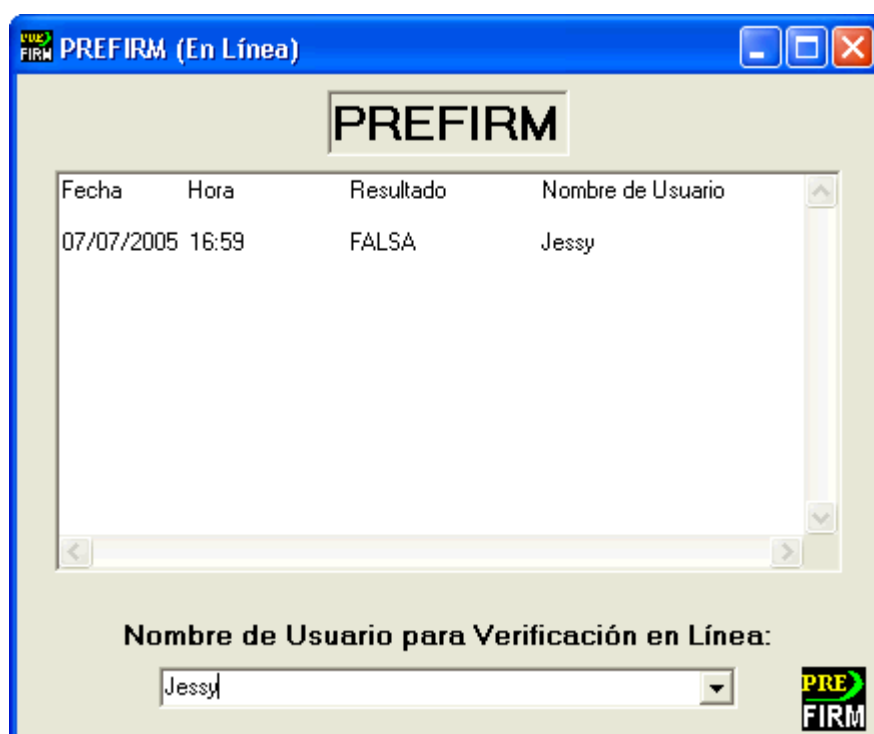


Figura 8.1 La Interfaz Gráfica de Usuario del PREFIRM En Línea

Básicamente el PREFIRM En Línea, integra las funcionalidades del IFir y el VeriFirm del capítulo 7, brindando el soporte necesario para atender los requerimientos de identificación y verificación de tipo remotos.

La interfaz cuenta con las siguientes partes:

- *Visualización de Resultados* (ubicado al centro de la aplicación): como se puede apreciar, muestra: la fecha, hora, resultado y el usuario al cual se le practica la evaluación de verificación o identificación, quedando a su vez registrado en la base de datos los resultados (en el *Informe de Resultados de Identificación y Verificación*)
- *Lista de Usuarios para Verificación* (en la parte inferior al centro): selecciona el usuario al cual se le aplicará la verificación el línea (cuando ésta sea solicitada por la aplicación remota)
- *Logotipo del PREFIRM* (en la parte inferior derecha): el logotipo se vuelve intermitente en el caso de comenzar a recibir alguna transmisión desde la aplicación remota. Vuelve a su estado normal cuando envía el resultado de la verificación o identificación.

La contra parte del PREFIRM En Línea es el AFir En Línea, el cual se encarga de la adquisición de la firma en una localidad remota.

## 8.3 AFir En Línea

En su segunda evolución el AFir se convierte ahora en el AFir En Línea. Su nueva interfaz se presenta en la siguiente figura:



Figura 8.2 La Interfaz Gráfica de Usuario del AFir En Línea

Donde:

- *Firmar*: prepara la tarjeta de adquisición para capturar la firma.
- *Verificar / Identificar* (botón): detiene la captura de la firma e inicia la transferencia de datos al PREFIRM En Línea para su procesamiento por medio del estudio grafoscópico de la firma del usuario, el tipo de análisis dependerá de la selección realizada en las opciones: *Verificar* o *Identificar*. Nota: el texto en el botón cambia de acuerdo a la selección en las opciones.
- *Verificar / Identificar* (opciones): permite escoger entre los dos tipos de análisis que ofrece el sistema.
- *Logotipo del AFir* (en la parte inferior derecha): el logotipo se vuelve intermitente cuando comienza a transmitir datos al PREFIRM En Línea. Vuelve a su estado normal cuando recibe el resultado de la verificación o identificación.

# 9 MANUALES

## 9.1 Introducción

En este capítulo se explica como utilizar correctamente las diversas aplicaciones de los capítulos 7 y 8.

## 9.2 PREFIRM

Ejecute el programa con el icono que se muestra en la figura 9.1 para que aparezca la GUI mostrada en la figura 7.1:



Figura 9.1 Icono del PREFIRM

- ✓ Tips para facilitar su uso.
  - Puede acomodar las barras de herramientas a su gusto. Si desea moverlas a los costados o a la parte inferior de la ventana, primero debe liberarlas y para ello, es necesario desactivar la opción *Fijar Barras* del menú *Ver* y luego *Barras de Herramientas*, o si lo prefiere puede clic con el botón secundario del ratón sobre las barras y en sub menú *Barras de Herramientas* desbloquear las barras.
  - Puede elegir que barras de herramientas desea en la aplicación, con sólo activarlas o desactivarlas en el menú *Ver*, en el sub menú *Barras de Herramientas*, o en su defecto hacer clic con el botón secundario del ratón sobre las barras de herramientas y en el sub menú *Barras de Herramientas*, activar o desactivar cuales desea que muestren en la aplicación.
  - Puede elegir que iconos desea que muestren en cada barra de herramientas, con sólo hacer doble clic con el ratón sobre la barra de herramientas que se desea modificar, aparecerá una ventana con la cual podrá elegir y ordenar los íconos mostrados.

### 9.2.1 AFir & UBD

Para mostrar el AFir & UBD sólo es necesario hacer clic en el botón con el icono mostrado en la figura 9.2, que está ubicado en la *Barra de Aplicaciones* o en su defecto ir al menú *Ver*, opción *Adquisitor de Firmas*. Con ello se mostrará la GUI mostrada en la figura 7.3.



Figura 9.2 Icono del AFir

#### ✓ Registrar Completamente un Nuevo Usuario

1. Crear un nuevo usuario. Existen 3 métodos, el primero es hacer clic en el botón *Nuevo Usuario* de la UBD (ver figura 7.4), la segunda es hacer clic en el botón *Nuevo Usuario* de la barra de herramientas *Estándar* (ver sección 7.2.1.1) y la tercera es ir al menú *Archivo* opción *Nuevo Usuario* (ver sección 7.2.2.1).
2. Ingresar el *Nombre* del Usuario y la dirección o el lugar de la *Delegación* (ver figura 7.4)
3. Hacer clic en el *Ocultar UBD* (ver figura 7.3) para mostrar únicamente el AFir como se muestra en la figura 7.8
4. Hacer clic en *Iniciar* (ver figura 7.6), y solicitar al usuario que haga su firma en la tarjeta SigLite, la firma se verá reflejada en el *Área de Firmas* (ver figura 7.7). Si se equivoca en el trazado de la firma, hacer clic nuevamente en *Iniciar* para borrar la firma actual y comenzar una nueva captura.
5. Al finalizar la firma hacer clic en *Detener* (ver figura 7.6). Inmediatamente se observará como se comienza a llenar de datos el *Visualizador de Características Grafométricas de Firmas Indubitadas* a la vez que se incrementa en uno el *Visualizador de la Cantidad de Características Grafométricas de Firmas Indubitadas* y aparece una sombra de color morado claro bajo el botón *Entrenar Sistema* (ver figura 7.10) para indicar que los *Valores Aprendidos* están desactualizados respecto a las *Características Grafométricas de Firmas Indubitadas* capturadas hasta el momento, y que el sistema requiere que se entrene nuevamente.
6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta obtener un número de firmas indubitadas que el administrador considere conveniente (por ejemplo pueden ser 10, aunque dependerá de la personalidad gráfica del usuario y el criterio del administrador).
7. Hacer clic en *Entrenar el sistema* (ver figura 7.10), para que aprenda a reconocer las firmas del usuario. Se observará como se comienza a llenar de datos el *Visualizador de Valores Aprendidos por el Sistema* a la vez que desaparece la sombra de color morado claro indicando que estos valores están actualizados.

8. Seleccionar la opción *Firmas de Prueba* del *Control de Adquisición de Firmas* (ver figura 7.6). Para capturar las firmas de prueba.
9. Hacer clic en *Iniciar* y hacer la firma como lo indica el numeral 4
10. Al finalizar la firma hacer clic en *Detener* (ver figura 7.6). Inmediatamente se observará como se comienza a llenar de datos el *Visualizador de Características Graфомétricas de Firmas de Prueba* a la vez que se incrementa en uno el *Visualizador de la Cantidad de Características Graфомétricas de Firmas de Prueba* (ver figura 7.9). Como se indica en la sección 7.3.2.1 y se observa en la figura 7.6, aparecen dos botones “V” y “F” y un cuadro de texto pequeño llamado “*Clasificación de Firmas*” con los cuales se puede indicar si la firma de prueba recién ingresada es verdadera o falsa (lo cual se verá reflejado en el cuadro de texto, indicando con un uno si es verdadera o un cero si es falsa).
11. En el *Área de Pruebas* configura el rango de valores dentro de los cuales se buscará valor óptimo del *Nivel de Seguridad* (ver figura 7.11).
12. Hacer clic en el *Optimizar* y se observará como se comienza a llenar de datos el *Visualizador de Resultados*, como se muestra en la figura 7.11.
13. Seleccionar el valor de *Vigilancia* (que es el mismo *Nivel de Seguridad*) para el cual se obtiene el 100% de *Acertados* o en su defecto el mayor nivel de aciertos (ver figura 7.11). Si el nivel de aciertos es muy bajo para el rango de valores del *Nivel de Seguridad* seleccionado (como los mostrados en la figura 7.11), repetir la operación de *Optimización* del numeral 12 para otro rango de valores hasta obtener resultados satisfactorios o incluso considerar la posibilidad de capturar más muestras de *Firmas Indubitadas* para que el sistema “aprenda” a reconocer más fácil las firmas del usuario.
14. Una vez seleccionado el valor óptimo de *Nivel de Seguridad* escribirlo en la casilla correspondiente (ver figura 7.11) para asignarlo al usuario en su registro en la base de datos. Con esto el usuario ha quedado debidamente registrado en la base de datos y puede comenzar a operar en el sistema con las aplicaciones IFir y VeriFirm, así como las versiones En Línea de PREFIRM y AFir.
15. Para visualizar los datos en la UDB solo es necesario hacer clic en *Finalizar Adquisición* (ver figura 7.12) y se mostrarán los datos en la UDB.

✓ Eliminar un Usuario de la UDB

1. Buscar el usuario que se desea eliminar en la UDB, por medio de los botones de navegación “/<<”, “<<”, “>>” y “>>/” (ver figura 7.4).
2. Una vez encontrado hacer clic en *Eliminar Usuario* (ver figura 7.4) y confirmar su eliminación ante el mensaje de advertencia.

✓ Modificar los Datos de un Usuario de la UBD

1. Buscar el usuario que se desea modificar en la UBD, por medio de los botones de navegación “|<<”, “<<”, “>>” y “>>|” (ver figura 7.4).
2. Una vez encontrado hacer clic en *Cargar Datos en AFir* (esperar la confirmación de que se ha realizado con éxito la carga) y luego hacer clic en *Ocultar UBD* (ver figura 7.3), realizar las modificaciones deseadas y al terminar hacer clic en *Finalizar Adquisición* (ver figura 7.12).

✓ Eliminar las Características Grafométricas de un Usuario

1. Buscar el usuario al que se desea eliminar las *Características Grafométricas* en la UBD, por medio de los botones de navegación “|<<”, “<<”, “>>” y “>>|” (ver figura 7.4).
2. Una vez encontrado hacer clic en *Cargar Datos en AFir* (esperar la confirmación de que se ha realizado con éxito la carga) y luego hacer clic en *Ocultar UBD* (ver figura 7.3).
3. Una vez en el AFir (ver figura 7.8), hacer clic en *Borrar Todas* ya sea de las *Firmas de Prueba* (ver figura 7.9) o de las *Firmas Indubitadas* (ver figura 7.10) y confirmar su eliminación ante el mensaje de advertencia.
4. Para volver a la UBD hacer clic en *Finalizar Adquisición* (ver figura 7.12).

✓ Eliminar una Firma de un Usuario

1. Estando en el AFir (ver figura 7.8), seleccionar el tipo de firma a eliminar: *Firmas Indubitadas* o *Firmas de Prueba* en el *Control de Adquisición de Firmas* (ver figura 7.6)
2. Buscar la firma que se desea eliminar por medio de los botones de navegación “<< Atrás” y “Adelante >>” hasta que se muestre en el *Área de Firma* (ver figura 7.7).
3. Hacer clic en *Borrar Firma* (ver figura 7.12) y confirmar su eliminación ante el mensaje de advertencia. Inmediatamente se observará como se actualizan los datos en el *Visualizador de Características Grafométricas de Firmas Indubitadas* o en el *Visualizador de Características Grafométricas de Firmas de Prueba*, dependiendo de la elección en el numeral 2, donde si se eligió *Firmas Indubitadas*, aparecerá una sombra de color morado claro bajo el botón *Entrenar Sistema* (ver figura 7.10) para indicar que los *Valores Aprendidos* están desactualizados respecto a las *Características Grafométricas de Firmas Indubitadas*, y que el sistema requiere que se entrene nuevamente.
4. Para volver a la UBD hacer clic en *Finalizar Adquisición* (ver figura 7.12).

- ✓ Eliminar el Contenido del Registro de un Usuario sin Eliminar el Usuario
  1. Buscar el usuario al que se desea eliminar el contenido del registro de la UBD, por medio de los botones de navegación “|<<”, “<<”, “>>” y “>>|” (ver figura 7.4).
  2. Una vez encontrado hacer clic en *Cargar Datos en AFir* (esperar la confirmación de que se ha realizado con éxito la carga) y luego hacer clic en *Ocultar UBD* (ver figura 7.3).
  3. Una vez en el AFir (ver figura 7.8), hacer clic en *Reiniciar Todo* (ver figura 7.12) y confirmar su eliminación ante el mensaje de advertencia. Se observará que todo el contenido del AFir se borrará y quedará como se muestra en la figura 7.8.
  4. Para volver a la UBD hacer clic en *Finalizar Adquisición* (ver figura 7.12).
  
- ✓ Verificar la Autenticidad de una Firma de Prueba con el Nivel de Seguridad Elegido
  1. Estando en el AFir (ver figura 7.8), seleccionar en el *Control de Adquisición de Firmas: Firmas de Prueba* (ver figura 7.6)
  2. Buscar la firma que se desea analizar por medio de los botones de navegación “<< Atrás” y “Adelante >>” hasta que se muestre en el *Área de Firma* (ver figura 7.7).
  3. Configurar el *Nivel de Seguridad* deseado (ver figura 7.11). Advertencia: al modificar este valor, se almacena en la base de datos y se utilizará por el IFir y el VeriFirm, así como por las versiones En Línea del PREFIRM y el AFir, en todos los análisis solicitados. Por lo tanto, no es conveniente realizar pruebas al azar configurando y dejando un valor bajo de *Nivel de Seguridad* ya que podría afectar la seguridad de los sistemas bajo la UBD.
  4. Hacer clic en *Analizar Firma* y el resultado aparecerá en la *Visualización de Resultados* para la firma seleccionada (ver figura 7.11).
  
- ✓ Modificar la Clasificación de Firmas de Prueba
  1. Estando en el AFir (ver figura 7.8), seleccionar en el *Control de Adquisición de Firmas: Firmas de Prueba* para mostrar el cuadro de texto: *Clasificación de Firmas* (ver figura 7.6)
  2. Elegir a qué firma se le desea cambiar su clasificación, borrar su valor actual y sustituirlo por el nuevo valor (donde uno representa que la firma es verdadera y cero que es falsa). Nota: se debe mantener el formato original de la clasificación para evitar que se muestre un mensaje de error de edición. El formato de la cadena es: después de cada uno o cero se debe colocar un único espacio en blanco, por ejemplo: “0 1 0 1”, donde como puede observarse la cadena termina con un espacio en blanco para conservar el formato.



### 9.2.2 IFir

Para mostrar el IFir sólo es necesario hacer clic en el botón con el icono mostrado en la figura 9.3, que está ubicado en la *Barra de Aplicaciones* o en su defecto ir al menú *Ver*, opción *Identificador de Firmas*. Con ello se mostrará la GUI mostrada en la figura 7.13.



Figura 9.3 Icono del AFir

- ✓ Identificar en toda la UBD una Persona por su Firma
  1. Hacer clic en *Firmar*, y solicitar a la persona que haga su firma en la tarjeta SigLite, la firma se verá reflejada en la GUI (ver figura 7.13). Si se equivoca en el trazado de la firma, hacer clic nuevamente en *Firmar* para borrar la firma actual y comenzar una nueva captura.
  2. Al finalizar la firma hacer clic en *Identificar*. Después de un momento aparecerán los resultados en el cuadro de texto de la parte inferior de la GUI, indicando la autenticidad o la falsedad en cada usuario de la base de datos, sobre el análisis realizado con la firma ingresada.
  
- ✓ Filtrar los Resultados Mostrados
  1. El IFir permite elegir los resultados que se desean visualizar tras un análisis realizado. Las opciones son: mostrar *Todas* las respuestas o resultados arrojados por el AFir, mostrar solo los resultados que indicaron que la firma es falsa con *Falsas* o mostrar solo las respuestas que indicaron que la firma es verdadera con *Verdaderas*).

### 9.2.3 VeriFirm

Para mostrar el VeriFirm sólo es necesario hacer clic en el botón con el icono mostrado en la figura 9.4, que está ubicado en la *Barra de Aplicaciones* o en su defecto ir al menú *Ver*, opción *Verificador de Firmas*. Con ello se mostrará la GUI mostrada en la figura 7.14.



Figura 9.4 Icono del AFir

✓ Verificar la Identidad de una Persona por su Firma

1. Elegir al usuario al que se desea verificar su identidad de la *Lista de Usuarios* (en la parte inferior de la GUI).
2. Hacer clic en *Firmar*, y solicitar a la persona que haga su firma en la tarjeta SigLite, la firma se verá reflejada en la GUI (ver figura 7.14). Si se equivoca en el trazado de la firma, hacer clic nuevamente en *Firmar* para borrar la firma actual y comenzar una nueva captura.
3. Al finalizar la firma hacer clic en *Verificar*. Después de un momento aparecerá el resultado en una viñeta en la parte inferior de la GUI, indicando la autenticidad (fondo de color verde) o la falsedad (fondo de color rojo) de la identidad del usuario.

## 9.3 PREFIRM En Línea

Ejecute el programa con el icono que se muestra en la figura 9.5, y así cargar el PREFIRM En Línea apareciendo como se muestra en la figura 9.6.



Figura 9.5 Icono del PREFIRM En Línea

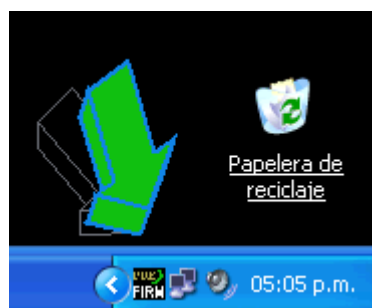


Figura 9.6 Al cargar el PREFIRM En Línea Aparece por defecto en el Systray

- ✓ Manejo y Configuración Básica del PREFIRM En Línea
  - Hacer doble clic sobre el icono del PREFIRM En Línea en el Systray (ver figura 9.6) para restaurar la GUI como se muestra en la figura 8.1.
  - De la *Lista de Usuarios para Verificación* (en la parte inferior al centro de la GUI) seleccionar el usuario al cual se le aplicará la verificación el línea cuando ésta sea solicitada por la aplicación remota, es decir, el AFir En Línea.
  - Si se desea, se puede volver a minimizar el PREFIRM En Línea nuevamente al Systray, con solo minimizar la ventana que lo contiene.

## 9.4 AFir En Línea

Ejecute el programa con el icono que se muestra en la figura 9.7, y así cargar el AFir En Línea apareciendo la GUI mostrada en la figura 8.2.



Figura 9.7 Icono del AFir En Línea

- ✓ Identificar en toda la UBD una Persona por su Firma de forma Remota
  1. Escoger entre los tipos de análisis que ofrece el sistema, la opción: *Identificar*.
  2. Hacer clic en *Firmar*, y solicitar a la persona que haga su firma en la tarjeta SigLite, la firma se verá reflejada en la GUI (ver figura 8.2). Si se equivoca en el trazado de la firma, hacer clic nuevamente en *Firmar* para borrar la firma actual y comenzar una nueva captura.
  3. Al finalizar la firma hacer clic en *Identificar*. El logotipo del AFir (esquina inferior derecha) se vuelve intermitente al comenzar a transmitir datos capturados al PREFIRM En Línea.
  4. Después de un momento, se recibirán los resultados del análisis provenientes del Prefirm En Línea, indicando por medio de una viñeta en la parte derecha de la GUI, si la persona está autorizada o no por el sistema de seguridad.
  5. El logotipo del AFir vuelve a su estado normal.

- ✓ Verificar la identidad una Persona por su Firma de forma Remota
1. Escoger entre los tipos de análisis que ofrece el sistema, la opción: *Verificar*.
  2. Hacer clic en *Firmar*, y solicitar a la persona que haga su firma en la tarjeta SigLite, la firma se verá reflejada en la GUI (ver figura 8.2). Si se equivoca en el trazado de la firma, hacer clic nuevamente en *Firmar* para borrar la firma actual y comenzar una nueva captura.
  3. Al finalizar la firma hacer clic en *Verificar*. El logotipo del AFir (esquina inferior derecha) se vuelve intermitente al comenzar a transmitir datos capturados al PREFIRM En Línea.
  4. Después de un momento, se recibirán los resultados del análisis provenientes del Prefirm En Línea, indicando por medio de una viñeta en la parte derecha de la GUI, si la persona está autorizada o no por el sistema de seguridad.
  5. El logotipo del AFir vuelve a su estado normal.

# 10 APLICACIONES CON LA DLL

## 10.1 Introducción

En este capítulo se explica como se utilizó la DLL Prefirm 1.0 en las aplicaciones implementadas como demostración en este trabajo de graduación.

## 10.2 Implementación de Aplicaciones con la DLL Prefirm 1.0

La siguiente tabla muestra cuales funciones de la DLL Prefirm 1.0 fueron utilizadas en la implementación de cada una de las aplicaciones.

	AFir & UBD	IFir	VeriFirm	PREFIRM En Línea	AFir En Línea
Grafometría	√	√	√	√	
Aprender	√				
Grafoscopía	√	√	√	√	
Optimizar	√				
CadenaAcolumnas	√				
McadenasAcolumnas	√				

Tabla 10.1 Funciones de la DLL Prefirm 1.0 utilizadas en cada aplicación implementada

Como puede apreciarse la única aplicación que utiliza todas las funciones, tanto las principales como las complementarias, es el AFir. Esto se debe, a que es la única aplicación que realiza las tres tareas principales que desempeñan las funciones de la DLL.

Las tres tareas forman tres grupos de funciones, y éstas son:

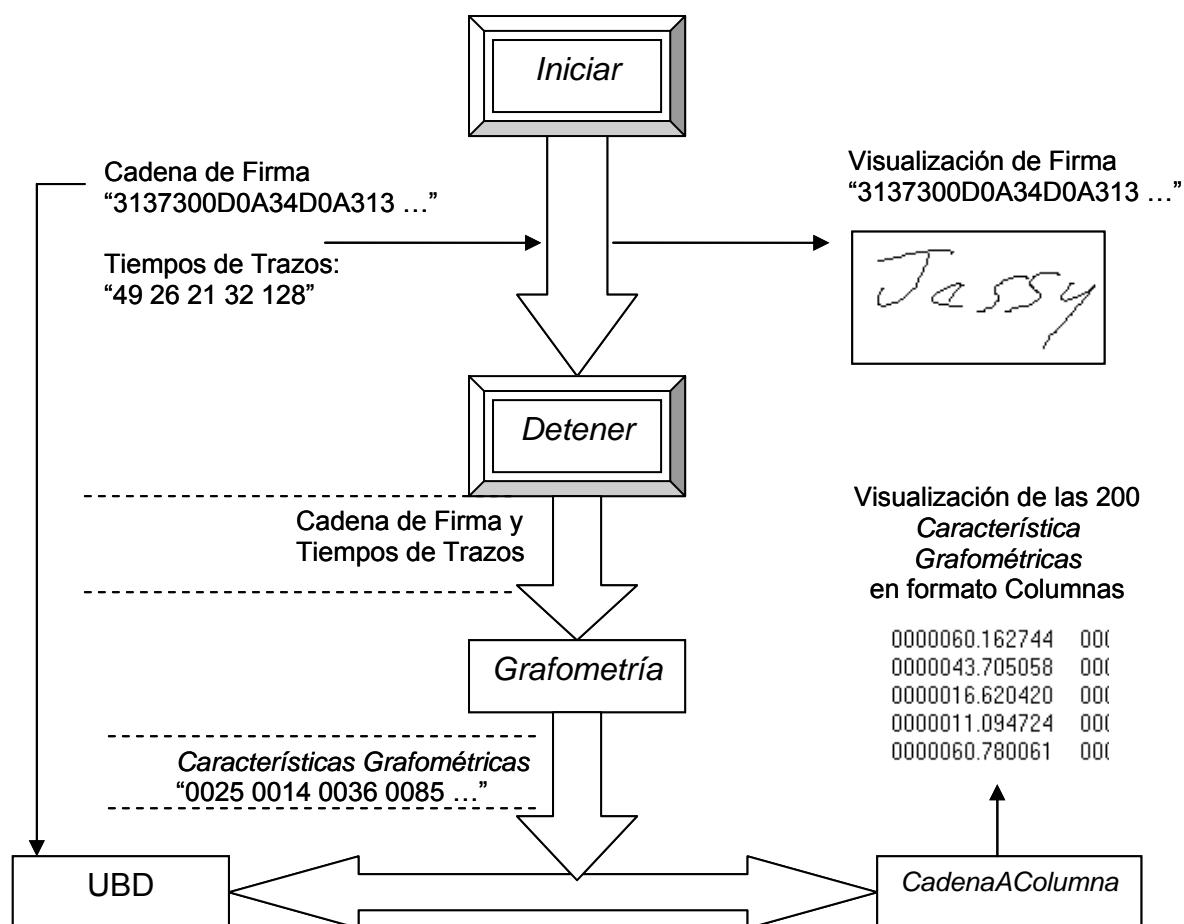
- Tarea 1: Configuración de Nuevos Usuarios. Funciones: *Aprender* y *Optimizar*.
- Tarea 2: Análisis de Firmas. Funciones: *Grafometría* y *Grafoscopía*.
- Tarea 3: Visualización de datos. Funciones: *CadenaAcolumnas* y *McadenasAcolumnas*.

Por lo tanto resulta sencillo entender porque el IFir, el VeriFirm y el PREFIRM En Línea, sólo utilizan las dos funciones señaladas. Esto se debe a que sólo se usan para el análisis de una firma dubitada ingresada al sistema, necesitando obtener únicamente las *Características Grafométricas* de ésta con la función *Grafometría* y realizar un estudio *Grafoscópico* con ella y los *Valores Aprendidos por el Sistema* (previamente obtenidos con el AFir).

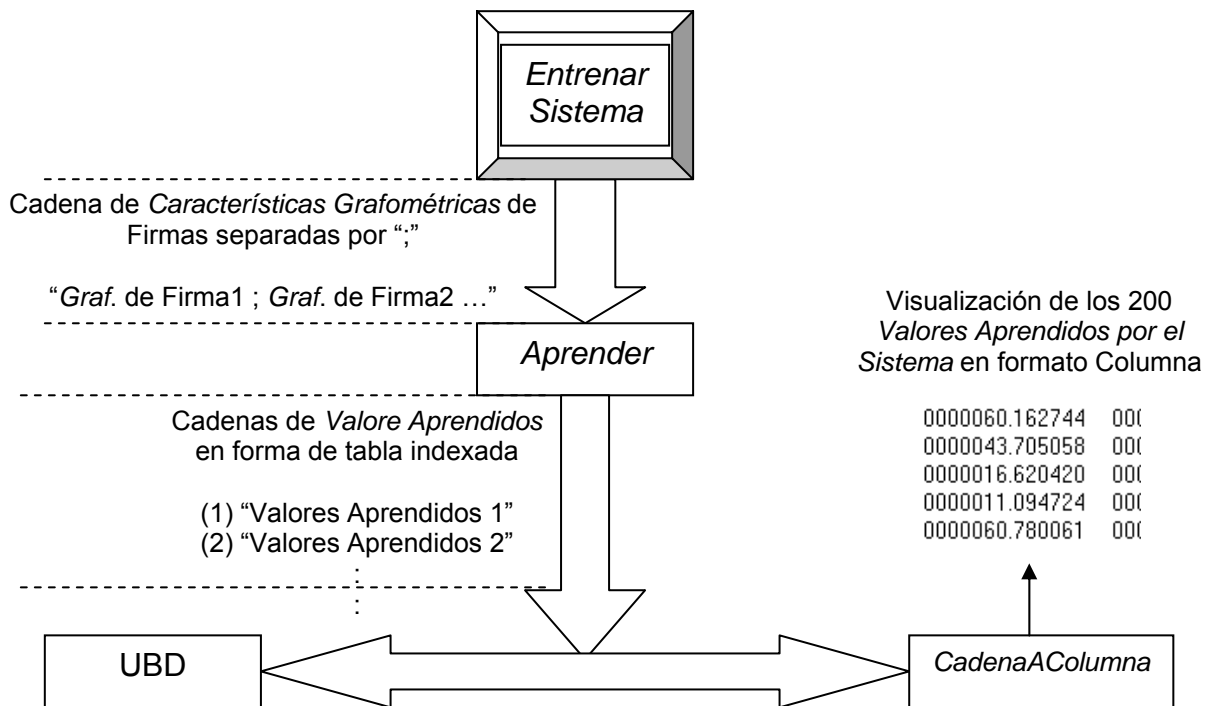
La ausencia de funciones por parte del AFir En Línea, es uno de los logros más sobresalientes de la solución propuesta, al garantizar que la base de datos y todo el procesamiento se llevará a cabo en un punto central de toda la red, volviendo al sistema más robusto y seguro al estar fuera del alcance de personas no autorizadas para manipularlas.

## 10.3 Algoritmos Básicos de Implementación de Aplicaciones con la DLL Prefirm 1.0

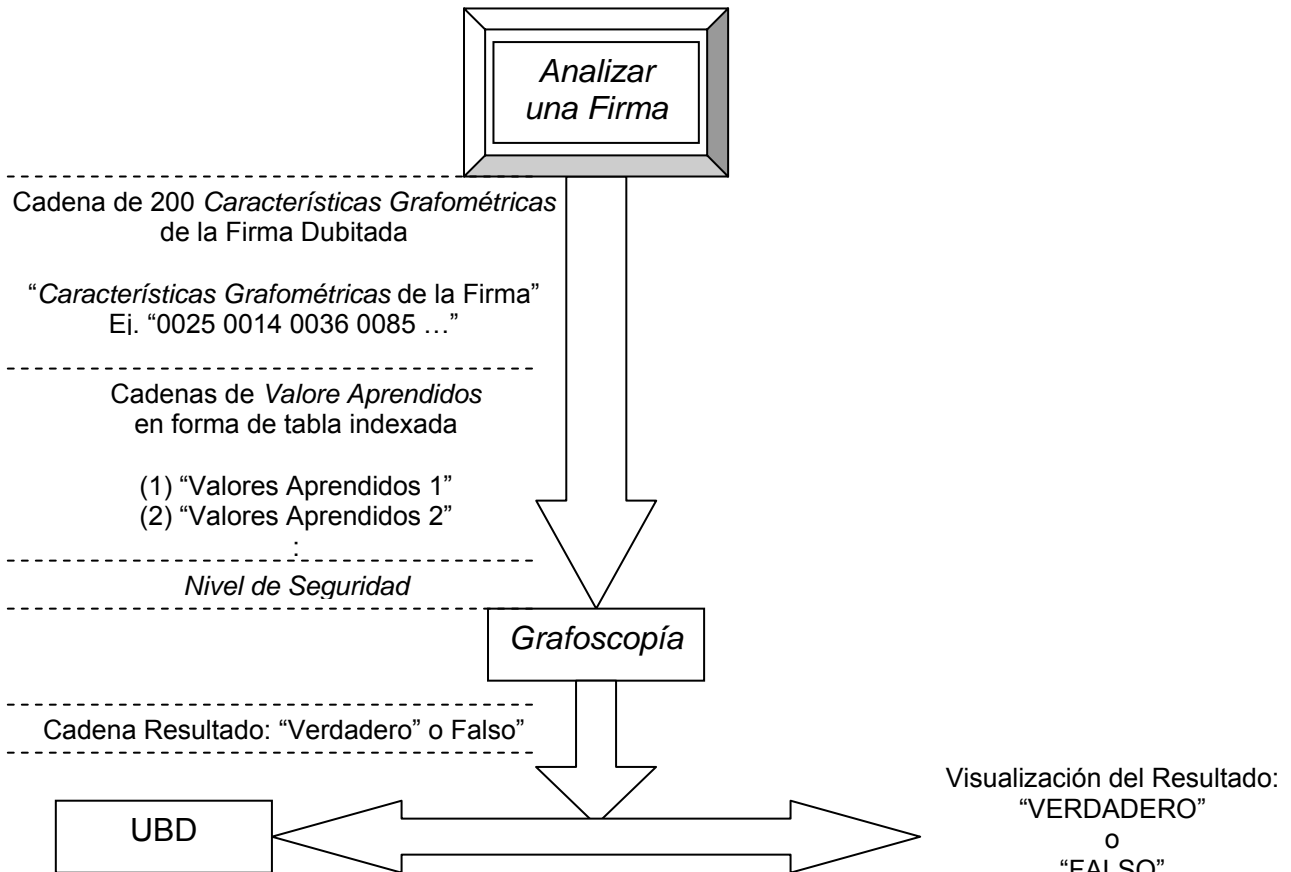
### 10.3.1 Algoritmo Básico para obtención de Características Grafométricas



### 10.3.2 Algoritmo Básico para obtención de Valores Aprendidos por el Sistema



### 10.3.3 Algoritmo Básico de Análisis de Firmas Dubitadas



# 11 CONCLUSIONES

- ✓ Se logró con éxito implementar un sistema para el reconocimiento de firmas manuscritas, con un nivel de reconocimiento efectivo superior al 90%, propuesto inicialmente.
- ✓ Es imprescindible contar tanto con parámetros online como offline, para un reconocimiento efectivo de las firmas manuscritas.
- ✓ Es importante destacar el papel crucial que jugó en la investigación y experimentación, la adecuada selección de la tarjeta de adquisición Topaz SigLite LCD, esto es, no sólo porque permitía ver la firma en su pantalla a la vez que se ejecutaba, sino que también contaba con el soporte necesario para desarrolladores, facilitando así, la implementación del software final más allá de convertirse en un obstáculo o una simple herramienta para el mismo.
- ✓ Con la selección adecuada de características grafométricas para el análisis de las firmas manuscritas, se logró implementar un sistema muy robusto, con una alta tolerancia a la rotación, traslación y escalado de las firmas, superando todas las expectativas iniciales, incluyendo la limitante propuesta de rotación de la firma no mayor de  $\pm 5^\circ$ .
- ✓ Se logró crear un sistema prototipo capaz de Verificar o Identificar un usuario sólo con su firma, demostrando la utilización de las funciones involucradas en cada caso, además de mostrar las funciones para el registro de nuevos usuarios y la configuración de sus datos para su verificación o identificación posterior.
- ✓ Se implementaron e integraron con éxito las funciones necesarias para un reconocimiento efectivo de firmas manuscritas, en una única Biblioteca de Enlace Dinámico (DLL, por sus siglas en inglés *Dinamic Link Library*) llamada PREFIRM 1.0
- ✓ Se demostró la utilización de las funciones de la DLL tanto para aplicaciones locales como remotas, cumpliendo así, los requerimientos establecidos por parte de la PNC (Policía Nacional Civil).



# 12 ANEXOS

## 12.1 HOJA DE ESPECIFICACIONES.

### 12.1.1 HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LA ePad Pos

#### ePad supports the following software applications:

- Microsoft® Word
- Microsoft® Outlook
- HTML / XML
- Microsoft® Excel
- Adobe® Acrobat®
- Custom Applications

#### EPAD POS E-SIGNATURE SOLUTIONS

**Fully Equipped For Retail Transactions  
and Other Receipt Signing Applications**

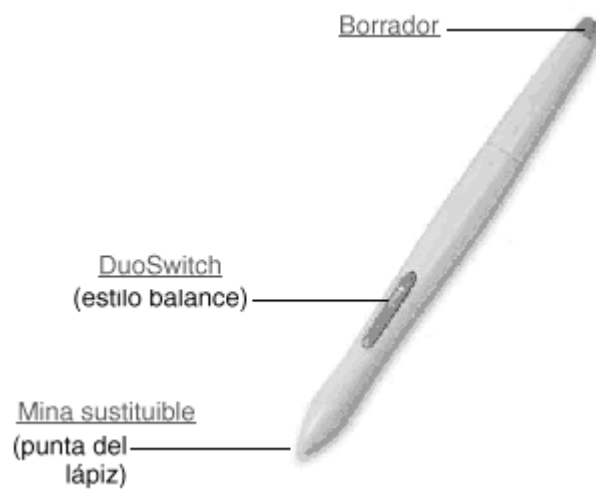
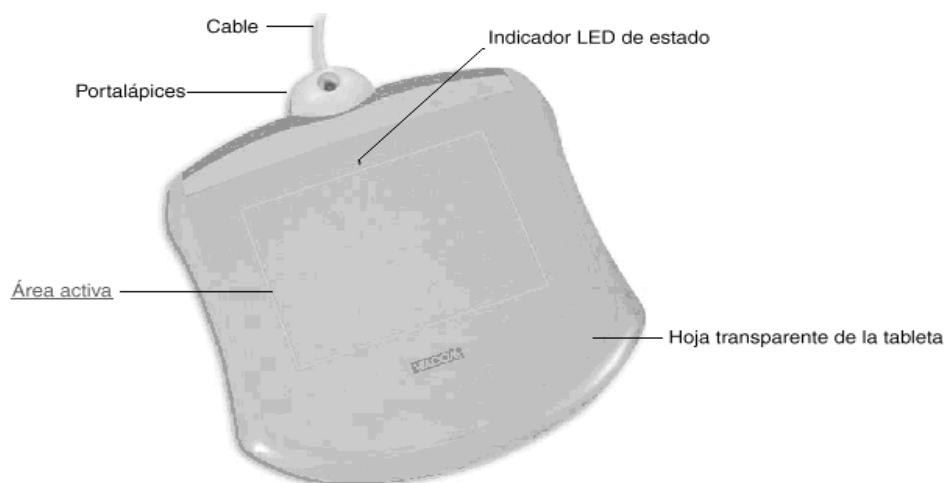
Touchpad	VersaPad™ Semi conductive
Actuator Type	Optimized for ball point pen tethered to the ePad or passive stylus
Report Rate	100 reports per second
Resolution	300 counts per inch
Pressure Sensitivity	128 levels of pressure measured on Z axis
Interface	Serial or USB
Dimensions	Actual: 140mm x 140mm x 16mm Signing area: 25.4mm x 55.1mm Weight: .263kg
Power	Self-powered from standard RS-232 or USB port of payment terminal or PC

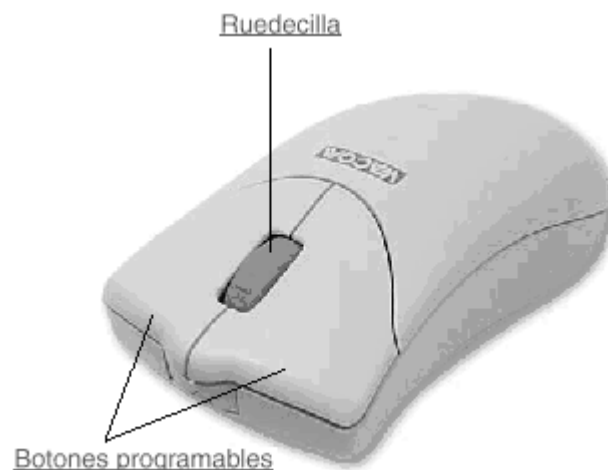
[Cost & Time Savings](#)  
[Process Improvement](#)  
[& Increased Security](#)

[Government Legislation](#)  
[Applications](#)  
[Customer Testimonials](#)

[Update Driver Software](#)  
[Select Signature Partnership Program](#)  
[PDF Brochure](#)

## 12.1.2 HOJA DE ESPECIFICACIONES DE LA GRAPHIRE





TABLETA GRAPHIRE (MODELO ET-405-U)	
Área activa (An. x F)	127.6 x 92.8mm
Dimensiones (An. x F x Alt)	208 x 214 x 9.3 mm
Longitud del cable	1.5m para la tableta USB
Peso	341 g para la tableta USB
Consumo de energía	0.2 vatios
Resolución de coordenadas	40 lpm
Precisión	+/- 0.5mm
Velocidad máxima de lectura	100 puntos por segundo
Interfaz de comunicaciones	USB
Conector	USB A
Requisitos de alimentación	5V CC 40mA, del puerto USB
Temperatura de Operación	De 5 a 40°C (de 41 a 104°F)
Temperatura de Almacenamiento	De -10 a +60°C (de 14 a 104°F)
Humedad relativa de operación	20% a 80% sin condensación
Humedad relativa de almacenamiento	20% a 90% sin condensación
Certificación	Clase B de la FCC
Conformidad	Clase B de la VCCI, CE

LÁPIZ GRAPHIRE (MODELO EP-1000E)	
Dimensiones (L x F)	145 x 12.5 mm
Niveles de presión	512 niveles
Distancia de la punta del lápiz	0.1 mm o menos
Distancia de la punta del borrador	0.1mm o menos
Peso	11g aproximadamente
Tipo de relleno de la punta	Poliacetato

RATÓN INALÁMBRICO GRAPHIRE (MODELO EC-100)	
Dimensiones (L x P x Alt)	125 x 65 x 39 mm
Peso	90 g, aproximadamente
Tipo de ruedecilla	Rotación continua, 24 "clicks" por giro

## 12.1.3 HOJA DE SPECIFICACIONES DE LA SigLite LCD

# SigLite™ LCD 1x5




Model T-L460

### *Signature capture pad with Interactive LCD display*

SigLite LCD 1x5 is an signature capture pad with interactive electronic display. The LCD can also be used to display text and graphics from the host computer and pen-tap hot spots that allow users to navigate between multiple screens and forms, inputting information or checking preferred options. The large signing area and small size of the LCD 1x5 make it a great tool for capturing signatures in any environment. SigLite LCD 1x5 features the added value of Topaz Systems' full line of SigPlus® software tools, applications, plug-ins, examples, and support.

<b>Sensor Type</b>	Physically-sensitive touchpad	<b>Bundled Software</b>  <b>Developer's Tools</b> <i>ActiveX</i> <i>Java and J2ME</i> <i>C++</i> <i>.NET</i> <i>Tablet PC</i> <i>Unix/Linux</i>  <b>Plug-Ins</b> <i>MS Word, Excel</i> <i>Adobe Acrobat</i>  <b>Applications and Utilities</b> <i>SigPlus Adjust</i> <i>SigTool Imager</i> <i>SignMeln</i>  <b>Verification</b> <i>SigValid</i> <i>SigCompare</i> <i>SigAnalyze</i>
<b>Pen Type</b>	Passive stylus	
<b>Dimensions</b>	6" x 3.8" x 0.70" 152 x 97 x 18mm	
<b>Signing Area</b>	4.4" x 1.3" 112 x 33mm	
<b>Data conversion rate</b>	377 points per second	
<b>Resolution</b>	410 true points per inch	
<b>Software Support</b>	Updates and support are provided free of charge	
<b>Authentication capability</b>	Forensic-quality .SIG data capable of examination and authentication with Topaz SigAnalyze™ software (US Patent 6,307,955)	
<b>Warranty</b>	1-year, with renewal option	
<b>© 2005 Topaz Systems, Inc.</b>		

650 Cochran Street Suite 6 Simi Valley, CA 93065  
phone 805 520 8282 fax 805 520 0867  
*specifications subject to change without notice*

The logo for TOPAZ SYSTEMS INC. features a stylized blue and yellow diamond shape to the left of the company name. The word "TOPAZ" is in a large, bold, blue sans-serif font, and "SYSTEMS INC." is in a smaller, blue sans-serif font below it.

## 12.2 Códigos en Visual Basic 6.0 de las Aplicaciones Implementadas

### 12.2.1 PREFIRM

```
Option Explicit
Dim BarraAlign As Integer
Dim frmName As String

Private Sub MDIForm_Load()

' *****
'   Mostrar Barras de Herramientas
' *****

'   Añadir el TB2 a la colección Child del CoolBar
'
'   Primero indicarle que el contenedor es el CoolBar1
Set TB1.Container = CoolBar1
'   Asignar este control a la propiedad Child de la banda en
cuestión
Set CoolBar1.Bands(1).Child = TB1
TB1.Width = (TB1.ButtonWidth * TB1.Buttons.Count)
'   Asignar la posición
'   Primero indicarle que el contenedor es el CoolBar1
Set TB2.Container = CoolBar1
'   Asignar este control a la propiedad Child de la banda en
cuestión
Set CoolBar1.Bands(2).Child = TB2
TB2.Width = (TB2.ButtonWidth * TB2.Buttons.Count)
TB1.Refresh
TB2.Refresh
'   Asignar la posición

CoolBar1.Bands(1).Visible = True
CoolBar1.Bands(2).Visible = True

End Sub

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)
'   Dim fso As New FileSystemObject, fldr As Folder, fsf As File   ' FormLoad
& Unload
End Sub

'
' *****' .....
' ..... Acciones de Menús .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub mnArcSalir_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub mnAyAcer_Click()
frmAcerca.Show vbModal
Unload frmAcerca
Set frmAcerca = Nothing
```

```

End Sub

'Private Sub mnVerBD_Click()
'    frmBD.Show
'End Sub

Private Sub mnVerAFir_Click()
    frmAFir.Show
'    frmBD.Hide
End Sub

Private Sub mnVerBHBEd_Click()
    BarraEdicion
End Sub

Private Sub mnMBBEd_Click()
    BarraEdicion
End Sub

Private Sub mnVerBHFMB_Click()
    FijarMoverBarras
End Sub

Private Sub mnMBFMB_Click()
    FijarMoverBarras
End Sub

Private Sub mnVerBHBES_Click()
    BarraEstándar
End Sub
Private Sub mnMBBES_Click()
    BarraEstándar
End Sub

*****'.....
.... Botones Barras de Barras .....
'////////////////////////////////////

Private Sub TB1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    Select Case Button.Key
        Case "Nuevo"
            ' Nuevo
            'frmBD.AgregarUsuario
            'frmBD.Show
        Case "Abrir"
            ' Abrir el documento
        Case "Guardar"
            Guardar
        Case "Salir"
            Unload Me
            '... etc.
        End Select
        'MsgBox "Has pulsado en el botón: " & Button.Key & " del TB1"
End Sub

Private Sub TB2_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)

' ActiveForm se refiere al formulario activo del formulario MDI.
If TypeOf ActiveForm.ActiveControl Is TextBox Then
    Select Case Button.Key
        Case "Cortar"
            ' Cortar.
            ' Copia el texto seleccionado al Portapapeles.
            Clipboard.SetText ActiveForm.ActiveControl.SelText
            ' Elimina el texto seleccionado.
            ActiveForm.ActiveControl.SelText = ""
        Case "Copiar"
            ' Copiar.

```

```

        ' Copia el texto seleccionado al Portapapeles.
        Clipboard.SetText ActiveForm.ActiveControl SelText
    Case "Pegar" ' Pegar.
        ' Lleva el texto del Portapapeles al cuadro de texto.
        ActiveForm.ActiveControl.SelText = Clipboard.GetText()
    'Case 3 ' Eliminar.
        ' Elimina el texto seleccionado.
        ' ActiveForm.ActiveControl.SelText = ""
    End Select
End If
End Sub

Private Sub TB3_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    Select Case Button.Key
    Case "Nuevo Usuario"
        'frmBD.AgregarUsuario
        'frmBD.Show
    Case "Eliminar Usuario"
        'frmBD.AgregarUsuario
        'frmBD.Show
    Case "AFir"
        frmAFir.Show
    Case "IFir"
        frmIFir.Show
    Case "VeriFirm"
        frmVeriFirm.Show
    End Select
    'MsgBox "Has pulsado en el botón: " & Button.Key & " del TB1"
End Sub

Private Sub Guardar()
    Dim fso As New FileSystemObject, fldr As Folder, fsf As File ' FormLoad &
    Unload
    Set fso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
    ' Verifica si existe la carpeta de trabajo
    If fso.FolderExists(App.Path + "\temp") Then
        ' Obtiene el objeto Drive.
        Set fldr = fso.GetFolder(App.Path + "\Temp")
        fldr.Attributes = Normal
        ' Prepara el archivo de base datos de trabajo
        Set fsf = fso.GetFile(App.Path + "\PrefirmDB.mdb")
        'Set fldr = fso.GetFolder(App.Path)
        fsf.Attributes = Normal
        'fsf.Name = "PrefirmDBc.mdb"
        fsf.Copy (fldr.Path + "\")
        'fsf.Name = "PrefirmDB.mdb"
        fsf.Attributes = Normal
        Set fsf = fso.GetFile(App.Path + "\temp\PrefirmDBc.mdb")
        fsf.Delete True
        Set fsf = fso.GetFile(App.Path + "\temp\PrefirmDB.mdb")
        fsf.Name = "PrefirmDBc.mdb"
        fsf.Attributes = ReadOnly + Hidden
        fldr.Attributes = Hidden + ReadOnly
        'Set fsf = fso.GetFile(App.Path + "PrefirmDB.mdb")
        'fsf.Delete True

    Else
        MsgBox ("Error en al Guardar, no existe carpeta creada")
    End
End If

End Sub

' *****
' ..... Manejo de Barras de Herramientas .....
' //////////////////////////////////////

```

```

Private Sub TB1_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    If Button = 2 Then
        PopupMenu mnMB
    End If
End Sub

Private Sub TB2_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
    If Button = 2 Then
        PopupMenu mnMB
    End If
End Sub

Private Sub BarraEdicion()
    If mnVerBHBEd.Checked = True Then
        CoolBar1.Bands(2).Visible = False
        mnVerBHBEd.Checked = False
        mnMBBEd.Checked = False
        If mnMBBEd.Checked = False Then
            CoolBar1.Visible = False
        End If
    Else
        CoolBar1.Visible = True
        CoolBar1.Bands(2).Visible = True
        mnVerBHBEd.Checked = True
        mnMBBEd.Checked = True
    End If
End Sub

Private Sub BarraEstándar()
    If mnVerBHBES.Checked = True Then
        CoolBar1.Bands(1).Visible = False
        mnVerBHBES.Checked = False
        mnMBBES.Checked = False
        If mnMBBEd.Checked = False Then
            CoolBar1.Visible = False
        End If
    Else
        CoolBar1.Visible = True
        CoolBar1.Bands(1).Visible = True
        mnVerBHBES.Checked = True
        mnMBBES.Checked = True
    End If
End Sub

Private Sub FijarMoverBarras()
    If mnVerBHFMB.Checked = True Then
        CoolBar1.DragMode = vbAutomatic
        mnVerBHFMB.Checked = False
        mnMBFMB.Checked = False
    Else
        CoolBar1.DragMode = vbManual
        mnVerBHFMB.Checked = True
        mnMBFMB.Checked = True
    End If
End Sub

' *****
' *****

' *****
' *****
..... Manejo de COOLBARS .....
'////////////////////
Private Sub MDIForm_DragDrop(Source As Control, X As Single, Y As Single)

```



```

frmName = Me.Name
If Source.Container.Name = frmName Then
    With CoolBar1
        Select Case BarraAlign
            Case 1
                .Align = vbAlignTop
                .Orientation = cc3OrientationHorizontal
            Case 2
                .Align = vbAlignRight
                .Orientation = cc3OrientationVertical
            Case 3
                .Align = vbAlignLeft
                .Orientation = cc3OrientationVertical
            Case 4
                .Align = vbAlignBottom
                .Orientation = cc3OrientationHorizontal
        End Select
    End With
    'StatBar.Style = sbrNormal
    'StatBar.Refresh
End If
End Sub

Private Sub MDIForm_DragOver(Source As Control, X As Single, Y As Single,
State As Integer)

frmName = Me.Name
If Source.Container.Name = frmName Then
    With CoolBar1
        If Y < (MdifmrPpial.Height * 0.2) And X > (0.2 *
MdifmrPpial.Width) And X < (MdifmrPpial.Width - 0.2 * MdifmrPpial.Width) Then
            BarraAlign = 1
            'StatBar.SimpleText = "Alineación: Arriba"
        ElseIf X < (0.2 * MdifmrPpial.Width) Then
            BarraAlign = 3
            'StatBar.SimpleText = "Alineación: Izquierda"
        ElseIf X > (MdifmrPpial.Width - 0.2 * MdifmrPpial.Width) Then
            BarraAlign = 2
            'StatBar.SimpleText = "Alineación: Derecha"
        ElseIf Y > (MdifmrPpial.Height - 0.3 * MdifmrPpial.Height) Then
            BarraAlign = 4
            'StatBar.SimpleText = "Alineación: Abajo"
        Else
            'StatBar.SimpleText = "Alineación: Ninguna"
            BarraAlign = 1
        End If
    End With
    'StatBar.Style = sbrSimple
    'StatBar.Refresh
End If
End Sub

```

## 12.2.2 Código del AFir

```

Dim fPrefirm As PREFIRM.PREFIRMclass

Option Explicit
Dim TblFir, TblPrb As Variant

' para convert y stop
Dim ixMomentosGraf As Integer          ' contador de # de conversiones

```

```

Dim i&
manejo de arrays y bucles

' para timer
Dim dvFirmsTpos(0 To 30) As Double ' array de tiempos de cada trazo
en la firma
Dim d_mseg, dFirmTpo As Double ' d_mseg: cont para medir cada 2mS
' dFirmTpo: tiempo total sig

' para el reconocimiento
Dim Caracteristicas, prbCaracs, columnas, columnas1, aprendido,
resultado As Variant
Dim NumFir As Integer ' controlan las imágenes de las firmas
mostradas
Dim strSig, sxFirmsTpos As String
Dim Nfir As Integer

Private Sub Form_Load()

' *****
' Configuración de la tarjeta adquisitora
' *****

' configura tarjeta
SigPlus1.LCDCaptureMode = 2 ' Sets mode so ink will not
disappear after a few seconds
SigPlus1.TabletLogicalXSize = 512
SigPlus1.TabletLogicalYSize = 128
SigPlus1.ImageXSize = 512
SigPlus1.ImageYSize = 128

' *****
' Inicialización de Varirables
' *****

'inicializa visualizaciones
' inicializa variables
txtClasiPrb.Text = ""
b_Stop.Enabled = False
ixMomentosGraf = 0
Timer1.Interval = 2
Timer1.Enabled = False
NumFir = 0

TblFir = DE1.rsTblPrefirm.Fields("TblIndubCads")
TblPrb = DE1.rsTblPrefirm.Fields("TblPrbCads")
frmImpExp.Visible = True
Frame1.Visible = False
Frame6.Enabled = False
lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
If Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text) > 0 Then
SigPlus1.SigString = TblFir(1)
Else
SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
SigPlus1.ClearTablet
End If
End Sub

Private Sub Form_Initialize()
' Create an instance of the COM object and set the MWArray flags.
' If this fails, exit from the form.
On Error GoTo exit_form
' Create the object.
Set fPrefirm = New PREFIRM.PREFIRMclass
' Force the input to be of type double.
fPrefirm.MWFlags.DataConversionFlags.CoerceNumericToType =
mwTypeDouble

```

```

        ' Set the AutoResizeOutput flag to True, so that you do not have to
specify
        ' the size of the output variable as returned by the COM object.
        fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.AutoResizeOutput = True
        ' Get the results in a Matrix format.
        fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.OutputArrayFormat =
mWArrayFormatMatrix
        Exit Sub
exit_form:
        ' Error handling routine. Since no object is created, display error '
        'message and unload the form.
        MsgBox ("Error: " & Err.Description)
        Unload Me
End Sub

Private Sub b_Stop_Click()

        SigPlus1.TabletState = 0                                ' Turns tablet off to
collect signature
        Timer1.Enabled = False
        frmImpExp.Visible = True

        If ixMomentosGraf <> 0 Then                                ' hay trazos? (FirmaHecha
reseteada en b_start)
                dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = dFirmTpo

                strSig = SigPlus1.SigString

                sxFirmsTpos = ""
                For i = 0 To ixMomentosGraf
                        If dvFirmsTpos(i) = 0 Then
                                MsgBox "Error de Hardware, Favor hacer de nuevo la Firma"
                                Exit Sub
                        End If
                        sxFirmsTpos = sxFirmsTpos & CStr(dvFirmsTpos(i)) & " "
                Next

                ' Check if the COM object was created properly.
                ' If not exit
                If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form

                If optFir.Item(0).Value Then
                        Dim caracteristica As Variant
                        lbxNumFir.Caption = CStr(Val(lbxNumFir.Caption) + 1)
                        NumFir = Val(lbxNumFir.Caption)
                        If NumFir < 2 Then
                                cmdFirAdelant.Enabled = False
                                cmdFirAtras.Enabled = False
                        Else
                                cmdFirAdelant.Enabled = False
                                cmdFirAtras.Enabled = True
                        End If
                        NuevoReg
                        TblFir(1) = strSig
                        TblFir.MoveLast
                        TblFir(3) = " "

                        'FirIndub(NumFir) = strSig
                        txW1.Text = ""

                        Call fPrefirm.grafometria(1, caracteristica, strSig, sxFirmsTpos)
                                ' If the result matrix is a scalar double, display it in the
first cell
                        If (VarType(caracteristica) = vbString) Then
                                'If Val(lbxNumFir.Caption) = 1 Then
                                        txtCadGrafIndub.Text = caracteristica

```

```

        TblFir(2) = caracteristica
        TblFir.MoveLast
        'Caracteristicas = caracteristica
    'Else
    '    txtCadGrafIndub.Text = txtCadGrafIndub.Text & ";" &
caracteristica
    'End If

    'Caracteristicas = txtCadGrafIndub.Text
    columnas = " "
    txW1.Text = "Características Grafométricas" + vbCrLf + vbCrLf
    If NumFir = 1 Then
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, caracteristica,
columnas)
        Caracteristicas = TblFir(2)
    Else
        'Call fPrefirm.mcadenasacolumnas(1, columnas1,
Caracteristicas)
        TblFir.MoveFirst
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, TblFir(2),
columnas)
        Caracteristicas = TblFir(2)
        For i = 2 To NumFir
            'Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas,
columnas1(i, 1), columnas)
            TblFir.MoveNext
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, TblFir(2),
columnas)
            Caracteristicas = Caracteristicas & ";" & TblFir(2)
        Next
    End If
    For i = 1 To 200
        txW1.Text = txW1.Text + columnas(i, 1) + vbCrLf
    Next
    TblFir.MoveLast
Else
    MsgBox ("No te funcionó")
    Exit Sub
End If

Else
    '
*****

Dim prbCarac As Variant
lbxNumPrb.Caption = CStr(Val(lbxNumPrb.Caption) + 1)
NumFir = Val(lbxNumPrb.Caption)
If NumFir < 2 Then
    cmdFirAdelant.Enabled = False
    cmdFirAtras.Enabled = False
Else
    cmdFirAdelant.Enabled = False
    cmdFirAtras.Enabled = True
End If
NuevoReg False
TblPrb(1) = strSig

'FirPrbas(NumFir) = strSig
txW0.Text = ""

Call fPrefirm.grafometria(1, prbCarac, strSig, sxFirmsTpos)
' If the result matrix is a scalar double, display it in the
first cell

If (VarType(prbCarac) = vbString) Then
    'If Val(lbxNumPrb.Caption) = 1 Then
    '    txtCadGrafPrb.Text = prbCarac
    TblPrb(2) = prbCarac

```

```

        'prbCaracs = prbCarac
    'Else
    '    txtCadGrafPrb.Text = txtCadGrafPrb.Text & ";" &
prbCarac
    'End If

    'prbCaracs = txtCadGrafPrb.Text
    columnas = " "
    txW0.Text = "Características Grafométricas" + vbCrLf + vbCrLf
    If NumFir = 1 Then
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, prbCarac,
columnas)
        prbCaracs = TblPrb(2)
    Else
        'Call fPrefirm.mcadenasacolumnas(1, columnas1, prbCaracs)
        TblPrb.MoveFirst
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, TblPrb(2),
columnas)
        prbCaracs = TblPrb(2)
        For i = 2 To NumFir
            TblPrb.MoveNext
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, TblPrb(2),
columnas)
            prbCaracs = prbCaracs & ";" & TblPrb(2)
        Next
    End If
    For i = 1 To 200
        txW0.Text = txW0.Text + columnas(i, 1) + vbCrLf
    Next
    TblPrb.MoveLast
Else
    MsgBox ("No te funcionó")
    Exit Sub
End If
End If

If optFir.Item(1).Value Then
    bttxFirTrue.Visible = True
    bttxFirFalse.Visible = True
    Frame1.Enabled = False
    Frame2.Enabled = False
    Frame3.Enabled = False
    Frame5.Enabled = False
    Frame6.Enabled = False
    Label6.Visible = True
    cmdBorrFirPrb.Enabled = True
Else
    Label7.Visible = True
    cmdBorrFir.Enabled = True
End If
clear_todo.Enabled = True
b_Stop.Enabled = False
'DE1.rsTblPrefirm.UpdateBatch adAffectAllChapters

Else
    MsgBox "Favor primero hacer click en 'iniciar', luego de hacer su
firma hacer click en 'detener' y finalmente hacer click en 'obtener vectores'
"
    End If
    frmImpExp.Visible = False
Exit Sub

exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

```

```

Private Sub cmdEntrenar_Click()
    ' Check if the COM object was created properly.
    ' If not exit
    If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
    txW2.Text = ""
    columnas = " "

    Call fPrefirm.aprender(1, aprendido, Caracteristicas)
    If (VarType(aprendido) = vbArray + vbVariant) Then
        'Call fPrefirm.mcadenasacolumnas(1, columnas1, aprendido)
        TblFir.MoveFirst
        For i = 1 To Val(lblxNumFir.Caption) - 1
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, aprendido(i, 1),
columnas)
            'If i = 1 Then
            'txtValAprend.Text = aprendido(i, 1)
            TblFir(3) = aprendido(i, 1)
            TblFir.MoveNext
            'Else
            '    txtValAprend.Text = txtValAprend.Text & ";" & aprendido(i, 1)
            'End If
        Next
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, aprendido(i, 1), columnas)
        TblFir(3) = aprendido(i, 1)
        'Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, aprendido(1, 1),
columnas)
        'Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, aprendido(2, 1),
columnas)
        ElseIf (VarType(aprendido) = vbString) Then
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, aprendido, columnas)
            'txtValAprend.Text = aprendido
            TblFir.MoveLast
            TblFir(3) = aprendido
            DE1.rsTblPrefirm.Update
        Else
            MsgBox ("No te funcionó 2")
            Exit Sub
        End If
        txW2.Text = txW2.Text + "Valores Aprendidos por el Sistema" + vbCrLf +
vbCrLf
        For i = 1 To 200
            txW2.Text = txW2.Text + columnas(i, 1) + vbCrLf
        Next
        Label7.Visible = False
        TblFir.MoveLast

    Exit Sub
exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

Private Sub cmdOptimizar_Click()
    ' Check if the COM object was created properly.
    ' If not exit
    If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
    Call fPrefirm.optimizar(1, resultado, aprendido, prbCaracs,
txtClasiPrb.Text, txMin.Text, txMax.Text, txIncr.Text)
    If (VarType(resultado) = vbArray + vbVariant) Then
        '    columnas = " "
        txW3.Text = "Buscando valor optimo de Seguridad" + vbCrLf + vbCrLf
        'Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, resultado, columnas)
        For i = 1 To UBound(resultado, 1)
            txW3.Text = txW3.Text + resultado(i, 1) + vbCrLf
        Next
        '    txtInfoOpt.Text = txW3.Text
    Else
        MsgBox ("No te funcionó 4")
    End If
End Sub

```

```

        Exit Sub
    End If

Exit Sub
exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

Private Sub cmdVerifIdent_Click()
Dim temp As Variant
    If (lbxNumPrb.Caption) > 0 Then
        ' Check if the COM object was created properly.
        ' If not exit
        If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
        temp = TblPrb.Bookmark
        TblPrb.MoveFirst
        prbCaracs = TblPrb(2)
        If TblPrb.RecordCount > 1 Then
            For i = 2 To TblPrb.RecordCount
                TblPrb.MoveNext
                prbCaracs = prbCaracs & ";" & TblPrb(2)
            Next
        End If
        TblPrb.Bookmark = temp
        If optFir.Item(1) And (Val(lbxNumPrb.Caption) > 1) Then
            'prbCaracs = txtCadGrafPrb.Text
            Call fPrefirm.mcadenasacolumnas(1, columnas1, prbCaracs)
            Call fPrefirm.grafoscopia(1, resultado, aprendido,
columnas1(NumFir, 1), txtNivSeg.Text)
            txW3.Text = vbCrLf + vbCrLf + "Resultado de la Verificación
en la Firma de Prueba # " + CStr(NumFir) + vbCrLf + vbCrLf
        ElseIf (Val(lbxNumPrb.Caption) > 1) Then
            'prbCaracs = txtCadGrafPrb.Text
            Call fPrefirm.mcadenasacolumnas(1, columnas1, prbCaracs)
            Call fPrefirm.grafoscopia(1, resultado, aprendido,
columnas1(Val(lbxNumPrb.Caption), 1), txtNivSeg.Text)
            txW3.Text = vbCrLf + vbCrLf + "Resultado de la Verificación
en la Firma de Prueba # " + lbxNumPrb.Caption + vbCrLf + vbCrLf
        Else
            Call fPrefirm.grafoscopia(1, resultado, aprendido, prbCaracs,
txtNivSeg.Text)
            txW3.Text = vbCrLf + vbCrLf + "Resultado de la Verificación" +
vbCrLf + vbCrLf
        End If
        If (VarType(resultado) = vbString) Then
            '        columnas = " "
            '        txW3.Text = vbCrLf + vbCrLf + "Resultado de la Prueba" +
vbCrLf + vbCrLf
            '        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, resultado,
columnas)
            'For i = 1 To 200
            '    txW3.Text = txW3.Text + resultado + vbCrLf
            'Next
        Else
            MsgBox ("No te funcionó 5")
            Exit Sub
        End If
    End If
,
Exit Sub
exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

' *****
' ..... Utilierías .....

```

```

'////////////////////////////////////
Private Sub cmdTrans_Click()
    If frmImpExp.Visible Then
        'cmdTrans.Caption = "Transferir Datos"
        Frame4.Enabled = True
        Frame5.Enabled = True
        Frame6.Enabled = True
        frmImpExp.Visible = False
        Frame1.Visible = True
    Else
        'cmdTrans.Caption = "Ocultar Transferir"
        Frame4.Enabled = False
        Frame5.Enabled = False
        Frame6.Enabled = False
        frmImpExp.Visible = True
        Frame1.Visible = False
    End If
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    ' Terminate the program when
    ' The user hits the ok button
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = False
End Sub

' *****
' *****
' *****

' ..... Eventos de SigPlus '
'////////////////////////////////////
Private Sub SigPlus1_PenDown()
    ' evento que se dispara al iniciar un trazo
    d_mseg = 0 ' inicializa el tiempo del
trazo
    Timer1.Enabled = True ' inicializa el conteo de
tiempo
    SigPlus1.SetEventEnableMask (2) ' activa evento penup
End Sub
'
Private Sub SigPlus1_PenUp()
    ' evento que se dispara al terminar un trazo
    Timer1.Enabled = False ' finaliza el conteo de tiempo
    dFirmTpo = dFirmTpo + d_mseg ' almacena el tiempo total
acumulado sig
    dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = d_mseg ' almacena el tiempo de trazo
    ixMomentosGraf = ixMomentosGraf + 1 ' incrementa contador de # de
trazos
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1) ' activa evento pendown
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    ' reloj de intervalo de tiempo de 2mS
    d_mseg = d_mseg + 1
End Sub

Private Sub b_Start_Click()
    ' inicia adquisición sig
    ' solicita catalogar sig anterior antes de continuar
    If bttxFirTrue.Visible = True Then
        MsgBox "Favor primero hacer click en 'V' o 'F'"
    Else
        cmdFirAdelant.Enabled = False
        cmdFirAtras.Enabled = False
    End If
End Sub

```



```

        ' configurando el tiempo
        ' d_mseg = 0
        dFirmTpo = 0                                ' resetea el tiempo total
sig
        'Timer1.Enabled = True
        For i = 0 To 25                             ' resetea/prepara la array
de tiempos
            dvFirmsTpos(i) = 0
        Next
        ixMomentosGraf = 0                          ' resetea contador
de trazos
        SigPlus1.ClearTablet                        ' resetea la tarjeta
        SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64        ' borrar contenido del lcd
        SigPlus1.TabletState = 1                    ' Turns tablet on to
collect signature
        SigPlus1.SetEventEnableMask (1)            ' activa evento pendown
        b_Stop.Enabled = True
    End If

```

End Sub

```

Private Sub finAfir_Click()
    ' Terminate the program when
    ' The user hits the ok button
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = False
    If frmImpExp.Visible Then
        'cmdTrans.Caption = "Transferir Datos"
        Frame4.Enabled = True
        Frame5.Enabled = True
        Frame6.Enabled = True
        frmImpExp.Visible = False
        Frame1.Visible = True
    Else
        'cmdTrans.Caption = "Ocultar Transferir"
        Frame4.Enabled = False
        Frame5.Enabled = False
        Frame6.Enabled = False
        frmImpExp.Visible = True
        Frame1.Visible = False
    End If
End Sub

```

```

' *****
' ..... Base de Datos .....
' //////////////////////////////////////

```

```

' *****
'   Controles y Visualizaciones de Bases de Datos
' *****

```

```

Private Sub lbxNumFir_Change()
    DE1.rsTblPrefirm.Fields("Cantidad de Firmas Indubitadas").Value =
    lbxNumFir.Caption
End Sub

```

```

Private Sub lbxNumPrb_Change()
    DE1.rsTblPrefirm.Fields("Cantidad de Firmas de Prueba").Value =
    lbxNumPrb.Caption
End Sub

```

```

' *****
'   Control de Ingreso de Parámetros de Optimización
' *****

```

```

Private Sub txtNivSeg_LostFocus()
    If IsNumeric(txtNivSeg.Text) = False Then

```

```

        MsgBox "Sólo admite números ", vbExclamation, "Error: Valor no
permitido"
        txtNivSeg.Text = "0.99"
    End If
    If Val(txtNivSeg.Text) <= 0 Or Val(txtNivSeg.Text) >= 1 Then
        MsgBox "El valor debe estar en el rango de 0 a 1 ", vbExclamation,
"Error: Valor no permitido"
        txtNivSeg.Text = "0.99"
    End If
    DEl.rsTblPrefirm.Fields("Nivel de Seguridad").Value = txtNivSeg.Text
End Sub

```

```

Private Sub txMax_LostFocus()
    If IsNumeric(txMax.Text) = False Then
        MsgBox "Sólo admite números ", vbExclamation, "Error: Valor no
permitido"
        txMax.Text = "0.99"
    End If
    If Val(txMax.Text) <= 0 Or Val(txMax.Text) >= 1 Then
        MsgBox "El valor debe estar en el rango de 0 a 1 ", vbExclamation,
"Error: Valor no permitido"
        txMax.Text = "0.99"
    End If
    If Val(txMax.Text) < Val(txMin.Text) Then
        MsgBox "El valor Máximo debe ser Mayor al Valor Mínimo ",
vbExclamation, "Error: Valor no permitido"
        txMax.Text = CStr(Val(txMin.Text) + Val(txMin.Text) +
Val(txIncr.Text))
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txMin_LostFocus()
    If IsNumeric(txMin.Text) = False Then
        MsgBox "Sólo admite números ", vbExclamation, "Error: Valor no
permitido"
        txMin.Text = "0.50"
    End If
    If Val(txMin.Text) <= 0 Or Val(txMin.Text) >= 1 Then
        MsgBox "El valor debe estar en el rango de 0 a 1 ", vbExclamation,
"Error: Valor no permitido"
        txMin.Text = "0.50"
    End If
    If Val(txMax.Text) < Val(txMin.Text) Then
        MsgBox "El valor Máximo debe ser Mayor al Valor Mínimo ",
vbExclamation, "Error: Valor no permitido"
        txMax.Text = CStr(Val(txMax.Text) - Val(txIncr.Text))
    End If
End Sub

```

```

Private Sub txIncr_LostFocus()
    If IsNumeric(txIncr.Text) = False Then
        MsgBox "Sólo admite números ", vbExclamation, "Error: Valor no
permitido"
        txIncr.Text = "0.01"
    End If
    If Val(txIncr.Text) <= 0 Or Val(txIncr.Text) >= 1 Then
        MsgBox "El valor debe estar en el rango de 0 a 1 ", vbExclamation,
"Error: Valor no permitido"
        txIncr.Text = "0.01"
    End If
End Sub

```

```

' *****
'   Clasificación de Firmas de Prueba
' *****

```

```

Private Sub txtClasiPrb_LostFocus()
    If (Val(lbxNumPrb.Caption) * 2) <> Len(txtClasiPrb.Text) Then MsgBox "El

```

```

vector de Clasificación de Firmas de Prueba ha perdido el formato." & vbCrLf _
        & "        Sólo debe existir un espacio después de cada
uno o cero ", vbExclamation, "Error: Valor no permitido"
End Sub
Private Sub bttxFirTrue_Click()
    txtClasiPrb.Text = txtClasiPrb.Text + "1 "
    TblPrb(3) = "1 "
    TblPrb.MoveLast
    bttxFirTrue.Visible = False
    bttxFirFalse.Visible = False
    Frame1.Enabled = True
    Frame2.Enabled = True
    Frame3.Enabled = True
    Frame5.Enabled = True
    Frame6.Enabled = True
    Label6.Visible = False
End Sub
Private Sub bttxFirFalse_Click()
    txtClasiPrb.Text = txtClasiPrb.Text + "0 "
    TblPrb(3) = "0 "
    TblPrb.MoveLast
    bttxFirTrue.Visible = False
    bttxFirFalse.Visible = False
    Frame1.Enabled = True
    Frame2.Enabled = True
    Frame3.Enabled = True
    Frame5.Enabled = True
    Frame6.Enabled = True
    Label6.Visible = False
End Sub

' *****
'   Clasificación de Firmas de Prueba
' *****

Private Sub optFir_Click(Index As Integer)
    cmdFirAdelant.Enabled = False
    cmdFirAtras.Enabled = False
    If optFir.Item(0).Value Then
        txtClasiPrb.Visible = False
        Labell1.Visible = False
        NumFir = Val(lbxNumFir.Caption)
        'SigPlus1.SigString = FirIndub(NumFir)
        If NumFir > 1 Then
            TblFir.MoveLast
            SigPlus1.SigString = TblFir(1)
            cmdFirAtras.Enabled = True
        End If
    Else
        txtClasiPrb.Visible = True
        Labell1.Visible = True
        NumFir = Val(lbxNumPrb.Caption)
        'SigPlus1.SigString = FirPrbas(NumFir)
        If NumFir > 1 Then
            TblPrb.MoveLast
            SigPlus1.SigString = TblPrb(1)
            cmdFirAtras.Enabled = True
        End If
    End If
End Sub

' *****
'   Administración de Usuarios
' *****

Private Sub cmdNuevoUs_click()
    ' Añadir un nuevo registro

```

```

DE1.rsTblPrefirm.AddNew
' Añadimos algún texto, para que no se pierda este registro
DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) = "(Nuevo)"
' Movemos al último registro para que los cambios se hagan permanentes
' y se muestre el nuevo registro
Randomize
DE1.rsTblPrefirm.Fields(0) = ((999999 - 10000 + 1) * Rnd + 10000)
DE1.rsTblPrefirm.Fields(4) = 0
DE1.rsTblPrefirm.Fields(5) = 0
DE1.rsTblPrefirm.Fields(2) = "(Nuevo)"
DE1.rsTblPrefirm.Fields(3) = 0.99
DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) = ""
DE1.rsTblPrefirm.MoveLast
lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
SigPlus1.ClearTablet
NumFir = 0
End Sub

Private Sub cmdBorrUs_Click()
Dim temp As Variant
' Comprobar que hay registros, porque si no hay, dará error
If (DE1.rsTblPrefirm.EOF Or DE1.rsTblPrefirm.BOF) Then
' Avisar de que no hay registros
MsgBox ("No se puede realizar esta acción")
ElseIf MsgBox("¿Está realmente seguro?" & vbCrLf & "Se borrará el registro de la Base de Datos y todo su contenido", vbYesNo + vbCritical, "ADVERTENCIA") = vbYes Then
' BorrTodasInd
' BorrTodasPrb
' temp = DE1.rsTblPrefirm.Bookmark
' BorrarTodoAFir
DE1.rsTblPrefirm.Bookmark = temp
DE1.rsTblPrefirm.Delete
DE1.rsTblPrefirm.UpdateBatch adAffectAllChapters
DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
' If TblFir.RecordCount > 0 Then TblFir.Update
' If TblPrb.RecordCount > 0 Then TblPrb.Update
lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
If Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text) > 0 Then
SigPlus1.SigString = TblFir(1)
Else
SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
SigPlus1.ClearTablet
End If
End If
NumFir = 0
End Sub

Private Sub cmdAvanz_Click()
DE1.rsTblPrefirm.MoveNext
If DE1.rsTblPrefirm.EOF Then DE1.rsTblPrefirm.MovePrevious
lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
If Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text) > 0 Then
SigPlus1.SigString = TblFir(1)
Else
SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
SigPlus1.ClearTablet
End If
End Sub

Private Sub cmdRetro_Click()
DE1.rsTblPrefirm.MovePrevious
If DE1.rsTblPrefirm.BOF Then DE1.rsTblPrefirm.MoveNext
lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
If Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text) > 0 Then
SigPlus1.SigString = TblFir(1)
Else

```

```

        SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
        SigPlus1.ClearTablet
    End If
End Sub

Private Sub cmdUltimo_Click()
    DE1.rsTblPrefirm.MoveLast
    lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
    If Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text) > 0 Then
        SigPlus1.SigString = TblFir(1)
    Else
        SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
        SigPlus1.ClearTablet
    End If
End Sub

Private Sub cmdPrimero_Click()
    DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
    lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
    If Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text) > 0 Then
        SigPlus1.SigString = TblFir(1)
    Else
        SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
        SigPlus1.ClearTablet
    End If
End Sub

' *****
'   Funciones de Registros
' *****

Private Sub NuevoReg(Optional ByVal Tabla As Boolean = True)
    Randomize
    If Tabla Then
        TblFir.AddNew
        TblFir(4) = (Rnd * Rnd * 1000)
        TblFir.MoveLast
    Else
        TblPrb.AddNew
        TblPrb(4) = (Rnd * Rnd * 1000)
        TblPrb.MoveLast
    End If
End Sub

Private Sub BorrarReg(Optional ByVal Tabla As Boolean = True)
    If Tabla Then
        ' Comprobar que hay registros, porque si no hay, dará error
        If (TblFir.EOF Or TblFir.BOF) Then
            ' Avisar de que no hay registros
            MsgBox ("No se puede realizar esta acción 2")
        Else
            ' If MsgBox("¿Está realmente seguro?" & vbCrLf & "Se borrará el
registro y todo su contenido", vbYesNo + vbCritical, "ADVERTENCIA") = vbYes
            Then
                TblFir.Delete
                TblFir.Update
                TblFir.MoveFirst
            End If
        Else
            ' Comprobar que hay registros, porque si no hay, dará error
            If (TblPrb.EOF Or TblPrb.BOF) Then
                ' Avisar de que no hay registros
                MsgBox ("No se puede realizar esta acción 2")
            Else
                ' If MsgBox("¿Está realmente seguro?" & vbCrLf & "Se borrará el
registro y todo su contenido", vbYesNo + vbCritical, "ADVERTENCIA") = vbYes
                Then
                    TblPrb.Delete
                    TblPrb.Update
                End If
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

```

        TblPrb.MoveFirst
    End If
End If
End Sub

' *****
'   Control de Presentación de la Imagen de la Firma
' *****

Private Sub cmdFirAdelant_Click()
    cmdFirAdelant.Enabled = True
    cmdFirAtras.Enabled = True
    NumFir = NumFir + 1
    If optFir.Item(0).Value Then
        If NumFir >= Val(lbxNumFir.Caption) Then
            cmdFirAdelant.Enabled = False
        End If
        If NumFir <= Val(lbxNumFir.Caption) Then TblFir.MoveNext
        SigPlus1.SigString = TblFir(1)
    Else
        If NumFir >= Val(lbxNumPrb.Caption) Then
            cmdFirAdelant.Enabled = False
        End If
        If NumFir <= Val(lbxNumPrb.Caption) Then TblPrb.MoveNext
        SigPlus1.SigString = TblPrb(1)
    End If
End Sub

Private Sub cmdFirAtras_Click()
    cmdFirAdelant.Enabled = True
    cmdFirAtras.Enabled = True
    If optFir.Item(0).Value Then
        If NumFir > 1 Then TblFir.MovePrevious
        SigPlus1.SigString = TblFir(1)
    Else
        If NumFir > 1 Then TblPrb.MovePrevious
        SigPlus1.SigString = TblPrb(1)
    End If
    NumFir = NumFir - 1
    If NumFir < 2 Then
        cmdFirAtras.Enabled = False
    End If
End Sub

' *****
'   Comandos para Borrar Firmas
' *****

Private Sub cmdBorrFirPrb_Click()
    If Val(lbxNumPrb.Caption) > 0 Then
        If MsgBox("¿Confirma Borrar Todas las Firmas de Prueba" & vbCrLf & "y sus Características Grafométricas?", vbOKCancel + vbExclamation, "Confirmar") = vbOK Then
            BorrTodasPrb
        End If
    End If
End Sub

Private Sub BorrTodasPrb()
    txW0.Text = ""
    lbxNumPrb.Caption = "0"
    txtClasiPrb.Text = ""
    TblPrb.MoveFirst
    If TblPrb.RecordCount > 0 Then
        For i = 1 To TblPrb.RecordCount
            BorrarReg False
        Next
    End If
End Sub

```

```

        If optFir.Item(1).Value Then
            cmdFirAdelant.Enabled = False
            cmdFirAtras.Enabled = False
            NumFir = 0
            SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
            SigPlus1.ClearTablet
        End If
        cmdBorrFirPrb.Enabled = False
    End Sub

    Private Sub cmdBorrFirIndub_Click()
        If Val(lbxNumFir.Caption) > 0 Then
            If MsgBox("¿Confirma Borrar Todas las Firmas Indubitadas" & vbCrLf & "y sus Características Grafométricas?", vbOKCancel + vbExclamation, "Confirmar") = vbOK Then
                BorrTodasInd
            End If
        End If
    End Sub

    Private Sub BorrTodasInd()
        txW1.Text = ""
        lbxNumFir.Caption = "0"
        TblFir.MoveFirst
        If TblFir.RecordCount > 0 Then
            For i = 1 To TblFir.RecordCount
                BorrarReg
            Next
        End If
        If optFir.Item(0).Value Then
            cmdFirAdelant.Enabled = False
            cmdFirAtras.Enabled = False
            NumFir = 0
            SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
            SigPlus1.ClearTablet
        End If
        cmdBorrFirIndub.Enabled = False
    End Sub

    Private Sub clear_todo_Click()
        If MsgBox("¿Está realmente seguro?" & vbCrLf & "Se borrarán todos los datos y cálculos en el AFir", vbYesNo + vbCritical, "ADVERTENCIA") = vbYes Then
            ' reinicia la adquisición de vectores/sig
            ' borra/resetea visualizaciones y datos
            BorrarTodoAFir
        End If
    End Sub

    Private Sub BorrarTodoAFir()
        dFirmTpo = 0 ' resetea el tiempo
        total sig
        ixMomentosGraf = 0 ' resetea contador de trazos
        For i = 0 To 25 ' resetea/prepara la array de tiempos
            dvFirmsTpos(i) = 0
        Next
        txW2.Text = "": txW3.Text = ""
        optFir.Item(0).Value = True
        If TblFir.RecordCount > 0 Then BorrTodasInd
        If TblPrb.RecordCount > 0 Then BorrTodasPrb
        clear_todo.Enabled = False
    End Sub

    ' *****
    ..... Funciones Especial .....
    ' //////////////////////////////////////

```

```

Private Sub cmdBorrFir_Click()

    If MsgBox("Confirma Borrar la Firma Mostrada", vbOKCancel + vbExclamation,
"Confirmar") = vbOK Then
        If optFir.Item(0).Value Then
            BorrarReg
            lbxNumFir.Caption = CStr(Val(lbxNumFir.Caption) - 1)
            CargarFirInd
            CargarValAprend
        Else
' *****
            BorrarReg False
            lbxNumPrb.Caption = CStr(Val(lbxNumPrb.Caption) - 1)
            CargarFirPrb
        End If
    End If
End Sub

Private Sub cmdCargarAFir_Click()
    CargarFirInd
' *****
    CargarValAprend
' *****
    CargarFirPrb
    optFir_Click (0)

    MsgBox "Importación Terminada", vbOKOnly, "Transferecia Hecha"
End Sub

Private Sub CargarFirInd()
Dim ntemp, stemp1, stemp2 As Variant
    NumFir = Val(txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text)
    If NumFir > 0 Then
        lbxNumFir.Caption = txtCantidaddeFirmasIndubitadas.Text
' *****
        columnas = " "
        TblFir.MoveFirst
        Caracteristicas = TblFir(2)
        txW1.Text = "Características Grafométricas" + vbCrLf + vbCrLf
        If NumFir = 1 Then
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, Caracteristicas,
columnas)
        Else
            'Call fPrefirm.mcadenasacolumnas(1, columnas1, Caracteristicas)
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, Caracteristicas,
columnas)
            For i = 2 To NumFir
                'Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, columnas1(i, 1),
columnas)
                TblFir.MoveNext
                Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, TblFir(2),
columnas)
                Caracteristicas = Caracteristicas & ";" & TblFir(2)
            Next
        End If
        For i = 1 To 200
            txW1.Text = txW1.Text + columnas(i, 1) + vbCrLf
        Next
        TblFir.MoveLast
        optFir_Click (0)
    Else
        ' MsgBox "No Existen Firmas Indubitadas para Importar", vbExclamation,
"Error en Importación"
        txW1.Text = ""
        lbxNumFir.Caption = "0"
        Caracteristicas = ""
        SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    End If
End Sub

```



```

        SigPlus1.ClearTablet
        'optFir_Click (0)
    End If
End Sub

Private Sub CargarValAprend()
Dim temparray As Variant, tempstring() As String
txtNivSeg.Text = txtNiveldeSeguridad.Text
If NumFir > 0 Then
    If TblFir(3) <> " " Then

'*****
        TblFir.MoveFirst
        columnas = " "
        If NumFir > 1 Then
            ReDim tempstring(1 To NumFir, 1 To 1)
            temparray = TblFir.GetRows(adGetRowsRest, adBookmarkFirst, 3)
            For i = 1 To Val(lbxNumFir.Caption) - 1
                tempstring(i, 1) = temparray(0, i - 1)
                Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, tempstring(i,
1), columnas)
            Next
            tempstring(i, 1) = temparray(0, i - 1)
            aprendido = tempstring
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, tempstring(i, 1),
columnas)
        ElseIf NumFir = 1 Then
            tempstring = TblFir(3)
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, tempstring,
columnas)
        End If
        txW2.Text = txW2.Text + "Valores tempstrings por el Sistema" +
vbCrLf + vbCrLf
        For i = 1 To 200
            txW2.Text = txW2.Text + columnas(i, 1) + vbCrLf
        Next
    Else
        ' MsgBox "No Existen Valores Aprendidos por el Sistema para Importar",
vbExclamation, "Error en Importación"
        txW2.Text = ""
        aprendido = ""
    End If
    Else
        txW2.Text = ""
        aprendido = ""
    End If
End Sub

Private Sub CargarFirPrb()
Dim NumPrbx As Integer
NumPrbx = Val(txtCantidaddeFirmasdePrueba.Text)
If NumPrbx > 0 Then
    lbxNumPrb.Caption = txtCantidaddeFirmasdePrueba.Text
    'prbCaracs = txtCadGrafPrb.Text

    columnas = " "
    txtClasiPrb.Text = ""
    TblPrb.MoveFirst
    prbCaracs = TblPrb(2)
    txtClasiPrb.Text = TblPrb(3)
    txW0.Text = "Características Grafométricas" + vbCrLf + vbCrLf
    If NumPrbx = 1 Then
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, prbCaracs, columnas)
    Else
        Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, prbCaracs, columnas)
        For i = 2 To NumPrbx
            TblPrb.MoveNext
            Call fPrefirm.cadenaacolumnas(1, columnas, TblPrb(2),

```

```

columnas)
        prbCaracs = prbCaracs & ";" & TblPrb(2)
        txtClasiPrb.Text = txtClasiPrb.Text & TblPrb(3)
    Next
End If
For i = 1 To 200
    txW0.Text = txW0.Text + columnas(i, 1) + vbCrLf
Next
TblPrb.MoveLast

Else
    ' MsgBox "No Existen Firmas de Prueba para Importar", vbExclamation,
"Error en Importación"
    txW0.Text = ""
    lbxNumPrb.Caption = "0"
    txtClasiPrb.Text = ""
    prbCaracs = ""
End If
End Sub

Private Sub txtNombre_LostFocus()
    lbxSigname.Caption = txtNombre.Text
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    If MsgBox("¿Confirma Eliminar el Informe de Resultados?", vbYesNo +
vbInformation, "CONFIRMACIÓN") = vbYes Then
        txtInformeResultadosdeIdentificaciónyVerificación.Text = ""
    End If
End Sub

```

## 12.2.3 Código del IFir

```

Dim fPrefirm As PREFIRM.PREFIRMclass
'*****
'..... Variables .....
'////////////////////////////////////

Option Explicit

' para características grafométricas
Dim TblFir As Variant
Dim strSig, sxFirmsTpos As String
Dim ixMomentosGraf As Integer      ' contador de # de conversiones
                                   ' ixMomentosGraf: # de trazos

' para medición del tiempo
Dim dvFirmsTpos(0 To 30) As Double ' array de tiempos de cada trazo
en la firma
Dim d_mseg, dFirmTpo As Double     ' d_mseg: cont para medir cada 2mS
                                   ' dFirmTpo: tiempo total sig

' para el reconocimiento
Dim prbCaracs, aprendido, resultado As Variant
Dim strResp() As String
Dim RespOK As Boolean

' para generales
Dim ii&, i&                        ' contadores de uso general
para manejo de arrays y bucles

```

```

' *****
' ..... Configuración Inicial .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub Form_Load()
    TblFirm = DE1.rsTblPrefirm.Fields("TblIndubCads")
    ' *****
    ' Configuración de la tarjeta adquisitora
    ' *****
    ' configura tarjeta
    SigPlus1.LCDCaptureMode = 2          ' Sets mode so ink will not
disappear after a few seconds
    SigPlus1.TabletLogicalXSize = 512
    SigPlus1.TabletLogicalYSize = 128
    SigPlus1.ImageXSize = 512
    SigPlus1.ImageYSize = 128

    ' *****
    ' Inicialización de Varirables
    ' *****
    ' inicializa visualizaciones
    ' inicializa variables
    cmdIdentFirm.Enabled = False
    ixMomentosGraf = 0
    Timer1.Interval = 2
    Timer1.Enabled = False
    RespOK = False
    'NumFirm = 0

    '
    TblFirm = DE1.rsTblPrefirm.Fields("TblIndubCads")
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.ClearTablet
    txtNombre.Text = "Nº" & vbTab & "Fecha" & vbTab & " Hora" & vbTab &
"Resultado" & vbTab & vbTab & "Nombre de Usuario" & vbCrLf & vbCrLf
End Sub

Private Sub Form_Initialize()
    ' Create an instance of the COM object and set the MWArray flags.
    ' If this fails, exit from the form.
    On Error GoTo exit_form
    ' Create the object.
    Set fPrefirm = New PREFIRM.PREFIRMclass
    ' Force the input to be of type double.
    fPrefirm.MWFlags.DataConversionFlags.CoerceNumericToType =
mwTypeDouble
    ' Set the AutoResizeOutput flag to True, so that you do not have to
specify
    ' the size of the output variable as returned by the COM object.
    fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.AutoResizeOutput = True
    ' Get the results in a Matrix format.
    fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.OutputArrayFormat =
mwArrayFormatMatrix
    Exit Sub
exit_form:
    ' Error handling routine. Since no object is created, display error '
    'message and unload the form.
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

'
' *****' .....
' ..... Reconocimiento .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub cmdIdentFirm_Click()

```

```

        SigPlus1.TabletState = 0                                ' Turns tablet off to
collect signature
        Timer1.Enabled = False

        If ixMomentosGraf <> 0 Then                                ' hay trazos? (FirmaHecha)
            dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = dFirmTpo
            strSig = SigPlus1.SigString
            sxFirmsTpos = ""
            For i = 0 To ixMomentosGraf
                If dvFirmsTpos(i) = 0 Then
                    MsgBox "Error de Hardware, Favor hacer de nuevo la Firma"
                    Exit Sub
                End If
                sxFirmsTpos = sxFirmsTpos & CStr(dvFirmsTpos(i)) & " "
            Next
            lbl1.Caption = "Favor Espere"
            txtNombre.Text = "N°" & vbTab & "Fecha" & vbTab & " Hora" & vbTab &
"Resultado" & vbTab & vbTab & "Nombre de Usuario" & vbCrLf & vbCrLf
            ' Check if the COM object was created properly.
            ' If not exit
            If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
            Call fPrefirm.grafometria(1, prbCaracs, strSig, sxFirmsTpos)
            ' If the result matrix is a scalar double, display it in the first
cell
            If (VarType(prbCaracs) = vbString) Then
                'TblPrb(2) = prbCarac
                If DE1.rsTblPrefirm.RecordCount > 0 Then
                    DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
                    ReDim strResp(1 To DE1.rsTblPrefirm.RecordCount, 1 To 2)
                    For ii = 1 To (DE1.rsTblPrefirm.RecordCount - 1)
                        ValAprendidosEnBaseDatos
                        DE1.rsTblPrefirm.MoveNext
                    Next
                    ValAprendidosEnBaseDatos
                    MostrarResp
                    RespOK = True
                End If
            Else
                MsgBox ("No te funcionó")
                Exit Sub
            End If
            cmdIdentFirm.Enabled = False
        Else
            MsgBox "Favor primero hacer click en 'iniciar', luego de hacer su
firma hacer click en 'detener' y finalmente hacer click en 'obtener vectores'
"
            End If
            lbl1.Caption = "Ingrese una Firma:"
        Exit Sub

exit_form:
        MsgBox ("Error: " & Err.Description)
        Unload Me
    End Sub

Private Sub ValAprendidosEnBaseDatos()
    TblFir.MoveFirst
    If TblFir.Fields(3).Value <> "" Then
        aprendido = TblFir(3)
        If TblFir.RecordCount > 1 Then
            For i = 2 To TblFir.RecordCount
                TblFir.MoveNext
                aprendido = aprendido & ";" & TblFir(3)
            Next
        End If
    End If

    VerifIdent

```

```

Else
    txtNombre.Text = txtNombre.Text & CStr(ii) & vbTab &
DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & "ERROR SISTEMA NO HA APRENDIO A RECONOCER
USUARIO" & vbCrLf
End If
End Sub

Private Sub VerifIdent()
    ' Check if the COM object was created properly.
    ' If not exit
    If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
    Call fPrefirm.grafoscopia(1, resultado, aprendido, prbCaracs,
DE1.rsTblPrefirm.Fields(3).Value)
    If (VarType(resultado) = vbString) Then
        If resultado = "Falso" Then
            'txtNombre.Text = txtNombre.Text & CStr(ii) & vbTab &
"Falsa" & vbTab & vbTab & DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & vbCrLf
            strResp(ii, 1) = "Falsa"
            strResp(ii, 2) = CStr(ii) & vbTab & Format(Date, "short
Date") & " " & Format(Time, "short Time") & vbTab & "FALSA" & vbTab & vbTab &
DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)

            Else
                'txtNombre.Text = txtNombre.Text & CStr(ii) & vbTab &
"VERDADERA" & vbTab & DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & vbCrLf
                strResp(ii, 1) = "Verdadera"
                strResp(ii, 2) = CStr(ii) & vbTab & Format(Date, "short
Date") & " " & Format(Time, "short Time") & vbTab & "VERDADERA" & vbTab &
DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)
            End If
        Else
            MsgBox ("No te funcionó 5")
            Exit Sub
        End If
    End Sub
Exit Sub
exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

'
*****'.....
..... Utilierías .....
'////////////////////////////////////

Private Sub cmdFirmar_Click()
    ' inicia adquisición sig
    ' solicita catalogar sig anterior antes de continuar
    ' configurando el tiempo
    ' d_mseg = 0
    txtNombre.Text = ""
    dFirmTpo = 0 ' resetea el tiempo total sig
    'Timer1.Enabled = True
    For i = 0 To 25 ' resetea/prepara la array de
tiempos
        dvFirmsTpos(i) = 0
    Next
    ixMomentosGraf = 0 ' resetea contador de trazos
    SigPlus1.ClearTablet ' resetea la tarjeta
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64 ' borrar contenido del lcd
    SigPlus1.TabletState = 1 ' Turns tablet on to collect
signature
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1) ' activa evento pendown
    cmdIdentFirm.Enabled = True
    RespOK = False
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    ' Terminate the program when
    ' The user hits the ok button
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = False
End Sub

Private Sub MostrarResp()
    Dim iii As Integer
    txtNombre.Text = "Nº" & vbTab & "Fecha" & vbTab & "    Hora" & vbTab &
"Resultado" & vbTab & vbTab & "Nombre de Usuario" & vbCrLf & vbCrLf
    For iii = 1 To DE1.rsTblPrefirm.RecordCount
        If Opt1(0).Value = True Or Opt1(1).Value = True Then
            If strResp(iii, 1) = "Verdadera" Then txtNombre.Text =
txtNombre.Text & strResp(iii, 2) & vbCrLf
            End If
            If Opt1(0).Value = True Or Opt1(2).Value = True Then
                If strResp(iii, 1) = "Falsa" Then txtNombre.Text = txtNombre.Text
& strResp(iii, 2) & vbCrLf
                End If
            End If
        Next
    End Sub

Private Sub Opt1_Click(Index As Integer)
    If RespOK Then MostrarResp
End Sub

'
'*****'.....
'..... SigPlus .....
'////////////////////////////////////

Private Sub SigPlus1_PenDown()
    ' evento que se dispara al iniciar un trazo
    d_mseg = 0 ' inicializa el tiempo del
trazo
    Timer1.Enabled = True ' inicializa el conteo de
tiempo
    SigPlus1.SetEventEnableMask (2) ' activa evento penup
End Sub
'
Private Sub SigPlus1_PenUp()
    ' evento que se dispara al terminar un trazo
    Timer1.Enabled = False ' finaliza el conteo de tiempo
    dFirmTpo = dFirmTpo + d_mseg ' almacena el tiempo total
acumulado sig
    dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = d_mseg ' almacena el tiempo de trazo
    ixMomentosGraf = ixMomentosGraf + 1 ' incrementa contador de # de
trazos
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1) ' activa evento pendown
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    ' reloj de intervalo de tiempo de 2mS
    d_mseg = d_mseg + 1
End Sub

```

## 12.2.4 Código del VeriFirm

```

Dim fPrefirm As PREFIRM.PREFIRMclass
'*****'
'..... Variables .....

```

```

'////////////////////////////////////
Option Explicit

' para características grafométricas
Dim TblFir As Variant
Dim strSig, sxFirmsTpos As String
Dim ixMomentosGraf As Integer      ' contador de # de conversiones
                                   ' ixMomentosGraf: # de trazos

' para medición del tiempo
Dim dvFirmsTpos(0 To 30) As Double ' array de tiempos de cada trazo
en la firma
Dim d_mseg, dFirmTpo As Double     ' d_mseg: cont para medir cada 2mS
                                   ' dFirmTpo: tiempo total sig

' para el reconocimiento
Dim prbCaracs, aprendido, resultado As Variant

' para generales
Dim ii&, i&                        ' contadores de uso general
para manejo de arrays y bucles

' *****
' ..... Configuración Inicial .....
' //////////////////////////////////

Private Sub Form_Load()

' *****
' Configuración de la tarjeta adquisitora
' *****
' configura tarjeta
SigPlus1.LCDCaptureMode = 2          ' Sets mode so ink will not
disappear after a few seconds
SigPlus1.TabletLogicalXSize = 512
SigPlus1.TabletLogicalYSize = 128
SigPlus1.ImageXSize = 512
SigPlus1.ImageYSize = 128

' *****
' Inicialización de Variables
' *****
' inicializa visualizaciones
' inicializa variables
cmdVeriFirm.Enabled = False
ixMomentosGraf = 0
Timer1.Interval = 2
Timer1.Enabled = False
lbl2.Visible = False
lbl3.Visible = False

TblFir = DE1.rsTblPrefirm.Fields("TblIndubCads")
SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
SigPlus1.ClearTablet

If DE1.rsTblPrefirm.RecordCount > 0 Then
    DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
    For i = 1 To (DE1.rsTblPrefirm.RecordCount - 1)
        cb1.AddItem DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)
        DE1.rsTblPrefirm.MoveNext
    Next
    cb1.AddItem DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)
    cb1.Text = cb1.List(0)
    DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
    If TblFir.RecordCount > 0 Then SigPlus1.SigString = TblFir(1)
Else
    MsgBox "No Existen Firmas en la Base de Datos"
    Unload Me

```

```

        End If
    End Sub

Private Sub Form_Initialize()
    ' Create an instance of the COM object and set the MWArray flags.
    ' If this fails, exit from the form.
    On Error GoTo exit_form
        ' Create the object.
        Set fPrefirm = New PREFIRM.PREFIRMclass
        ' Force the input to be of type double.
        fPrefirm.MWFlags.DataConversionFlags.CoerceNumericToType =
mwTypeDouble
        ' Set the AutoResizeOutput flag to True, so that you do not have to
specify
        ' the size of the output variable as returned by the COM object.
        fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.AutoResizeOutput = True
        ' Get the results in a Matrix format.
        fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.OutputArrayFormat =
mwArrayFormatMatrix
    Exit Sub
exit_form:
    ' Error handling routine. Since no object is created, display error '
    'message and unload the form.
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

' *****
' ..... Reconocimiento .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub cmdVeriFirm_Click()

    SigPlus1.TabletState = 0                ' Turns tablet off to
collect signature
    Timer1.Enabled = False

    If ixMomentosGraf <> 0 Then                ' hay trazos? (FirmaHecha)
        dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = dFirmTpo
        strSig = SigPlus1.SigString
        sxFirmsTpos = ""
        For i = 0 To ixMomentosGraf
            If dvFirmsTpos(i) = 0 Then
                MsgBox "Error de Hardware, Favor hacer de nuevo la Firma"
                Exit Sub
            End If
            sxFirmsTpos = sxFirmsTpos & CStr(dvFirmsTpos(i)) & " "
        Next
        lbl1.Caption = "Favor Espere"
        ' Check if the COM object was created properly.
        ' If not exit
        If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
        Call fPrefirm.grafometria(1, prbCaracs, strSig, sxFirmsTpos)
        ' If the result matrix is a scalar double, display it in the first
cell
        If (VarType(prbCaracs) = vbString) Then
            'TblPrb(2) = prbCarac
            If DE1.rsTblPrefirm.RecordCount > 0 Then
                '
                txtNombre.Text = "Nº" & vbTab & "Resultado" & vbTab &
"Nombre de Usuario" & vbCrLf & vbCrLf
                ValAprendidosEnBaseDatos
            End If
        Else
            MsgBox ("No te funcionó")
            Exit Sub
        End If
        cmdVeriFirm.Enabled = False
    End Sub

```



```

Else
    MsgBox "Favor primero hacer click en 'iniciar', luego de hacer su
firma hacer click en 'detener' y finalmente hacer click en 'obtener vectores'
"
    End If
    lbl1.Caption = "Ingrese una Firma:"
Exit Sub

exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

Private Sub ValAprendidosEnBaseDatos()
    TblFir.MoveFirst
    If TblFir(3) <> " " Then
        aprendido = TblFir(3)
        If TblFir.RecordCount > 1 Then
            For i = 2 To TblFir.RecordCount
                TblFir.MoveNext
                aprendido = aprendido & ";" & TblFir(3)
            Next
        End If

        VerifIdent

    Else
        MsgBox "ERROR SISTEMA NO HA APRENDIO A RECONOCER USUARIO", vbOKOnly +
vbCritical, Error
        End If
    End Sub

Private Sub VerifIdent()
    Dim temp As Variant
    ' Check if the COM object was created properly.
    ' If not exit
    If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
        Call fPrefirm.grafoscopia(1, resultado, aprendido, prbCaracs,
DE1.rsTblPrefirm.Fields(3).Value)
        If (VarType(resultado) = vbString) Then
            temp = DE1.rsTblPrefirm.Bookmark
            If resultado = "Falso" Then
                'lbl2.Caption = "FALSA"
                lbl2.Visible = True
                DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) = DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) &
" " & Format(Date, "short Date") & " " & Format(Time, "short Time") & " Nivel
de Seguridad: " & CStr(DE1.rsTblPrefirm.Fields(3)) & vbTab & "Resultado: " &
"Firma FALSA" & vbCrLf
            Else
                'lbl2.Caption = "AUTÉNTICA"
                lbl3.Visible = True
                DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) = DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) &
" " & Format(Date, "short Date") & " " & Format(Time, "short Time") & " Nivel
de Seguridad: " & CStr(DE1.rsTblPrefirm.Fields(3)) & vbTab & "Resultado: " &
"Firma VERDADERA" & vbCrLf
            End If
            DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
            DE1.rsTblPrefirm.Bookmark = temp
        Else
            MsgBox ("No te funcionó 5")
            Exit Sub
        End If
    End Sub

Exit Sub
exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

```

```

' ***** '
' ..... Utilierías ..... '
' ////////////////////////////////////// '
Private Sub cmdFirmar_Click()
    ' inicia adquisición sig
    ' solicita catalogar sig anterior antes de continuar
    ' configurando el tiempo
    ' d_mseg = 0
    dFirmTpo = 0
    'Timer1.Enabled = True
    For i = 0 To 25
        ' resetea el tiempo total sig
        ' resetea/prepara la array de
tiempos
        dvFirmsTpos(i) = 0
    Next
    ixMomentosGraf = 0
    SigPlus1.ClearTablet
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = 1
    ' resetea contador de trazos
    ' resetea la tarjeta
    ' borrar contenido del lcd
    ' Turns tablet on to collect
signature
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1)
    cmdVeriFirm.Enabled = True
    'lbl2.Caption = ""
    lbl2.Visible = False
    lbl3.Visible = False
    ' activa evento pendown
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    ' Terminate the program when
    ' The user hits the ok button
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = False
End Sub

' ***** '
' ..... SigPlus ..... '
' ////////////////////////////////////// '

Private Sub SigPlus1_PenDown()
    ' evento que se dispara al iniciar un trazo
    d_mseg = 0
    ' inicializa el tiempo del
trazo
    Timer1.Enabled = True
    ' inicializa el conteo de
tiempo
    SigPlus1.SetEventEnableMask (2)
    ' activa evento penup
End Sub

Private Sub SigPlus1_PenUp()
    ' evento que se dispara al terminar un trazo
    Timer1.Enabled = False
    dFirmTpo = dFirmTpo + d_mseg
    ' finaliza el conteo de tiempo
    ' almacena el tiempo total
acumulado sig
    dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = d_mseg
    ixMomentosGraf = ixMomentosGraf + 1
    ' almacena el tiempo de trazo
    ' incrementa contador de # de
trazos
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1)
    ' activa evento pendown
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    ' reloj de intervalo de tiempo de 2mS
    d_mseg = d_mseg + 1
End Sub

Private Sub cb1_Click()
    Dim temp As Integer
    If cb1.ListIndex <> -1 Then
        temp = cb1.ListIndex
    End If
End Sub

```

```

DE1.rsTblPrefirm.Move temp, adBookmarkFirst
If TblFir.RecordCount > 0 Then
    SigPlus1.SigString = TblFir(1)
Else
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = 1
End If
End If
End Sub

```

## 12.2.5 Código del PREFIRM En Línea

```

Dim fPrefirm As PREFIRM.PREFIRMclass
' *****
' ..... Variables .....
' //////////////////////////////////////
Option Explicit

' para características grafométricas
Dim TblFir As Variant
Dim strSig As String

' para el reconocimiento
Dim prbCaracs, aprendido, resultado As Variant
Dim RespOK As Boolean

' para generales
Dim ii&, i&                                     ' contadores de uso general
para manejo de arrays y bucles

' para comunicación serial
Dim ComEvReceive, Cont, Ncaracteres, Ntiempos As Integer
Dim Autorizacion As Boolean
Dim DatosSerie, DatosSerie2 As String
Dim Analisis As Variant

' *****
' ..... Configuración Inicial .....
' //////////////////////////////////////
Private Sub Form_Load()

' *****
' Configuración de Puerto Serie
' *****

MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.RThreshold = 10
ComEvReceive = 2
Cont = 0

TblFir = DE1.rsTblPrefirm.Fields("TblIndubCads")
'   SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
'   SigPlus1.ClearTablet
Text1.Text = "Fecha" & vbTab & "   Hora" & vbTab & vbTab & "Resultado" &
vbTab & "Nombre de Usuario" & vbCrLf & vbCrLf

If DE1.rsTblPrefirm.RecordCount > 0 Then
    DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
    For i = 1 To (DE1.rsTblPrefirm.RecordCount - 1)
        cb1.AddItem DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)
        DE1.rsTblPrefirm.MoveNext
    Next
    cb1.AddItem DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)
    cb1.Text = cb1.List(0)

```

```

        DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
    Else
        MsgBox "No Existen Firmas en la Base de Datos"
        Unload Me
    End If
    Timer1.Enabled = False
End Sub

Private Sub Form_Initialize()
    ' Create an instance of the COM object and set the MWArray flags.
    ' If this fails, exit from the form.
    On Error GoTo exit_form
    ' Create the object.
    Set fPrefirm = New PREFIRM.PREFIRMclass
    ' Force the input to be of type double.
    fPrefirm.MWFlags.DataConversionFlags.CoerceNumericToType =
mwTypeDouble
    ' Set the AutoResizeOutput flag to True, so that you do not have to
specify
    ' the size of the output variable as returned by the COM object.
    fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.AutoResizeOutput = True
    ' Get the results in a Matrix format.
    fPrefirm.MWFlags.ArrayFormatFlags.OutputArrayFormat =
mwArrayFormatMatrix
    Exit Sub
exit_form:
    ' Error handling routine. Since no object is created, display error '
    'message and unload the form.
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

' *****
' ..... Reconocimiento .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub Analizar()
    Dim temp As Variant

    ' Check if the COM object was created properly.
    ' If not exit
    If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
    Call fPrefirm.grafometria(1, prbCaracs, DatosSerie, DatosSerie2)
    ' If the result matrix is a scalar double, display it in the first
cell

    If (VarType(prbCaracs) = vbString) Then
        'TblPrb(2) = prbCarac
        If DE1.rsTblPrefirm.RecordCount > 0 Then
            Text1.Text = "Fecha" & vbTab & "      Hora" & vbTab & vbTab &
"Resultado" & vbTab & "Nombre de Usuario" & vbCrLf & vbCrLf
            Autorizacion = False
            If Analisis = "Id." Then
                DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
                For ii = 1 To (DE1.rsTblPrefirm.RecordCount - 1)
                    ValAprendidosEnBaseDatos
                    DE1.rsTblPrefirm.MoveNext
                Next
                ValAprendidosEnBaseDatos
                DE1.rsTblPrefirm.MoveLast
            ElseIf Analisis = "Ver" Then
                temp = DE1.rsTblPrefirm.Bookmark
                ValAprendidosEnBaseDatos
                DE1.rsTblPrefirm.MoveFirst
                DE1.rsTblPrefirm.Bookmark = temp
            End If
            If Autorizacion Then
                MSComm1.Output = "Verd"
            End If
        End If
    End If

```

```

        Else
            MSComm1.Output = "Fals"
        End If
        Timer1.Enabled = False
        ImgPrefirm.Visible = True
    End If
Else
    MsgBox ("No te funcionó")
    Exit Sub
End If
' cmdIdentFirm.Enabled = False

Exit Sub

exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

Private Sub ValAprendidosEnBaseDatos()
    TblFirm.MoveFirst
    If TblFirm.Fields(3).Value <> "" Then
        aprendido = TblFirm(3)
        If TblFirm.RecordCount > 1 Then
            For i = 2 To TblFirm.RecordCount
                TblFirm.MoveNext
                aprendido = aprendido & ";" & TblFirm(3)
            Next
        End If

        VerifIdent

    Else
        ' txtNombre.Text = txtNombre.Text & CStr(ii) & vbTab &
        DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & "ERROR SISTEMA NO HA APRENDIO A RECONOCER
        USUARIO" & vbCrLf
        End If
    End Sub

Private Sub VerifIdent()
    ' Check if the COM object was created properly.
    ' If not exit
    If fPrefirm Is Nothing Then GoTo exit_form
    Call fPrefirm.grafoscopia(1, resultado, aprendido, prbCaracs,
    DE1.rsTblPrefirm.Fields(3).Value)
    If (VarType(resultado) = vbString) Then
        If resultado = "Falso" Then
            'txtNombre.Text = txtNombre.Text & CStr(ii) & vbTab &
            "Falsa" & vbTab & vbTab & DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & vbCrLf
            'strResp(ii, 2) = CStr(ii) & vbTab & "Falsa" & vbTab &
            vbTab & DE1.rsTblPrefirm.Fields(1)
            Text1.Text = Text1.Text & Format(Date, "short Date") &
            " " & Format(Time, "short Time") & vbTab & vbTab & "FALSA" & vbTab & vbTab &
            DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & vbCrLf
            DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) =
            DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) & " " & Format(Date, "short Date") & " " &
            Format(Time, "short Time") & " Nivel de Seguridad: " &
            CStr(DE1.rsTblPrefirm.Fields(3)) & vbTab & "Resultado: " & "Firma FALSA" &
            vbCrLf
        Else
            'txtNombre.Text = txtNombre.Text & CStr(ii) & vbTab &
            "VERDADERA" & vbTab & DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & vbCrLf
            Autorizacion = True
            Text1.Text = Text1.Text & Format(Date, "short Date") &
            " " & Format(Time, "short Time") & vbTab & vbTab & "VERDADERA" & vbTab &
            DE1.rsTblPrefirm.Fields(1) & vbCrLf
            DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) = DE1.rsTblPrefirm.Fields(6) &
            " " & Format(Date, "short Date") & " " & Format(Time, "short Time") & " Nivel

```

```

de Seguridad: " & CStr(DE1.rsTblPrefirm.Fields(3)) & vbTab & "Resultado: " &
"Firma VERDADERA" & vbCrLf
        End If
    Else
        MsgBox ("No te funcionó 5")
        Exit Sub
    End If
Exit Sub
exit_form:
    MsgBox ("Error: " & Err.Description)
    Unload Me
End Sub

' *****
' ..... Utilierías .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub

Private Sub cb1_Click()
    Dim temp As Integer
    If cb1.ListIndex <> -1 Then
        temp = cb1.ListIndex
        DE1.rsTblPrefirm.Move temp, adBookmarkFirst
    End If
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, Y
As Single)
    YCCSysTrayMenu frmPREFIRM_EnLinea, x, mnPF
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    YCCSysTrayMinimizar frmPREFIRM_EnLinea, "PREFIRM (en linea)", False
End Sub

Private Sub mnPFCerrar_Click()
    Unload Me
End Sub

' *****
' ..... Puerto Serie .....
' //////////////////////////////////////
Private Sub MSComm1_OnComm()
    Dim temp As Variant
    If MSComm1.CommEvent = ComEvReceive Then
        If Cont = 0 Then
            MSComm1.InputLen = 3
            temp = MSComm1.Input
            If temp = "Id." Or temp = "Ver" Then
                Timer1.Enabled = True
                Analisis = temp
                MSComm1.InputLen = 2
                temp = MSComm1.Input
                Ntiempos = Val(temp)
                MSComm1.InputLen = 5
                temp = MSComm1.Input
                Ncaracteres = Val(temp)

                MSComm1.RThreshold = Ntiempos
                'MSComm1.InputLen = 0
                DatosSerie = ""
                DatosSerie2 = ""
                Cont = 1
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

```

        End If
    ElseIf Cont = 1 Then
        MSComm1.InputLen = Ntiempos
        temp = MSComm1.Input
        DatosSerie2 = temp
        If Ncaracteres > 500 Then
            MSComm1.RThreshold = 500
            Cont = 2
        Else
            MSComm1.RThreshold = Ncaracteres
            Cont = 3
        End If
    ElseIf Cont = 2 Then
        MSComm1.InputLen = 500
        temp = MSComm1.Input
        DatosSerie = DatosSerie & temp
        Ncaracteres = Ncaracteres - 500
        If Ncaracteres > 500 Then
            MSComm1.RThreshold = 500
        Else
            MSComm1.RThreshold = Ncaracteres
            Cont = 3
        End If
    ElseIf Cont = 3 Then
        MSComm1.InputLen = Ncaracteres
        temp = MSComm1.Input
        DatosSerie = DatosSerie & temp
        Cont = 0
        Analizar
        MSComm1.RThreshold = 10
    End If
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    If ImgPrefirm.Visible Then
        ImgPrefirm.Visible = False
    Else
        ImgPrefirm.Visible = True
    End If
End Sub

```

## 12.2.6 Código del AFir En Línea

```

' *****
' ..... Variables .....
' //////////////////////////////////////
Option Explicit

' para características grafométricas
Dim TblFir As Variant
Dim strSig, sxFirmsTpos As String
Dim ixMomentosGraf As Integer ' contador de # de conversiones
                                ' ixMomentosGraf: # de trazos

' para medición del tiempo
Dim dvFirmsTpos(0 To 30) As Double ' array de tiempos de cada trazo
en la firma
Dim d_mseg, dFirmTpo As Double ' d_mseg: cont para medir cada 2mS
                                ' dFirmTpo: tiempo total sig

' para el reconocimiento
'Dim prbCaracs, aprendido, resultado As Variant

' para generales

```

```

        Dim ii&, i&                                ' contadores de uso general
para manejo de arrays y bucles

    ' para comunicación serial
        Dim ComEvReceive As Integer

' *****
' ..... Configuración Inicial .....
' //////////////////////////////////////
Private Sub Form_Load()

' *****
' Configuración de la tarjeta adquisitora
' *****
    ' configura tarjeta
        SigPlus1.LCDCaptureMode = 2                ' Sets mode so ink will not
disappear after a few seconds
        SigPlus1.TabletLogicalXSize = 512
        SigPlus1.TabletLogicalYSize = 128
        SigPlus1.ImageXSize = 512
        SigPlus1.ImageYSize = 128

' *****
' Configuración de Puerto Serie
' *****
        MSComm1.PortOpen = True
        MSComm1.RThreshold = 4
        ComEvReceive = 2

' *****
' Inicialización de Varirables
' *****
    ' inicializa visualizaciones
    ' inicializa variables
    cmdVeriFirm.Enabled = False
    ixMomentosGraf = 0
    Timer1.Interval = 2
    Timer1.Enabled = False
    lbl2.Visible = False
    lbl3.Visible = False

    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.ClearTablet
    Timer2.Enabled = False

End Sub

' *****
' ..... Reconocimiento .....
' //////////////////////////////////////

Private Sub cmdVeriFirm_Click()
Dim Grafometria As Variant, Cont As Integer

    SigPlus1.TabletState = 0                ' Turns tablet off to
collect signature
    Timer1.Enabled = False

    If ixMomentosGraf <> 0 Then                ' hay trazos? (FirmaHecha)
        dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = dFirmTpo
        strSig = SigPlus1.SigString
        sxFirmsTpos = ""
        For i = 0 To ixMomentosGraf
            If dvFirmsTpos(i) = 0 Then
                MsgBox "Error de Hardware, Favor hacer de nuevo la Firma"
            End If
        Next i
    End If
End Sub

```



```

        Exit Sub
    End If
    sxFirmsTpos = sxFirmsTpos & CStr(dvFirmsTpos(i)) & " "
Next
lbl1.Caption = "Favor Espere"
Timer2.Enabled = True
cmdVeriFirm.Enabled = False
cmdFirmar.Enabled = False

If Opt1(0) Then
    Grafometria = "Ver"
Else
    Grafometria = "Id."
End If
Grafometria = Grafometria & Format(CStr(Len(sxFirmsTpos)), "00")
Grafometria = Grafometria & Format(CStr(Len(strSig)), "00000")
Grafometria = Grafometria & sxFirmsTpos
MSComm1.Output = Grafometria
'MSComm1.Output = strSig
Cont = 1
Grafometria = Mid(strSig, Cont, 500)
Cont = Cont + 500
While Grafometria <> ""
    While MSComm1.OutBufferCount > 0
        DoEvents
    Wend
    MSComm1.Output = Grafometria
    Grafometria = Mid(strSig, Cont, 500)
    Cont = Cont + 500
Wend
'MSComm1.Output = vbCrLf
Else
    MsgBox "Favor primero hacer click en 'iniciar', luego de hacer su
firma hacer click en 'detener' y finalmente hacer click en 'obtener vectores'
"
End If
'    lbl1.Caption = "Ingrese una Firma:"

End Sub

' *****
' ..... Utilierías .....
' //////////////////////////////////////
Private Sub cmdFirmar_Click()
    ' inicia adquisición sig
    ' solicita catalogar sig anterior antes de continuar
    ' configurando el tiempo
    ' d_mseg = 0
    dFirmTpo = 0
    'Timer1.Enabled = True
    For i = 0 To 25
        ' resetea el tiempo total sig
        ' resetea/prepara la array de
tiempos
        dvFirmsTpos(i) = 0
    Next
    ixMomentosGraf = 0
    SigPlus1.ClearTablet
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = 1
    ' resetea contador de trazos
    ' resetea la tarjeta
    ' borrar contenido del lcd
    ' Turns tablet on to collect
signature
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1)
    cmdVeriFirm.Enabled = True
    'lbl2.Caption = ""
    lbl2.Visible = False
    lbl3.Visible = False
    Opt1(0).Enabled = False
    Opt1(1).Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub Opt1_Click(Index As Integer)
    If Opt1(0).Value Then cmdVeriFirm.Caption = "Verificar"
    If Opt1(1).Value Then cmdVeriFirm.Caption = "Identificar"
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    ' Terminate the program when
    ' The user hits the ok button
    SigPlus1.LCDRefresh 0, 0, 0, 240, 64
    SigPlus1.TabletState = False
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub

' *****
' ..... SigPlus .....
' //////////////////////////////////////
Private Sub SigPlus1_PenDown()
    ' evento que se dispara al iniciar un trazo
    d_mseg = 0 ' inicializa el tiempo del
trazo
    Timer1.Enabled = True ' inicializa el conteo de
tiempo
    SigPlus1.SetEventEnableMask (2) ' activa evento penup
End Sub
'
Private Sub SigPlus1_PenUp()
    ' evento que se dispara al terminar un trazo
    Timer1.Enabled = False ' finaliza el conteo de tiempo
    dFirmTpo = dFirmTpo + d_mseg ' almacena el tiempo total
acumulado sig
    dvFirmsTpos(ixMomentosGraf) = d_mseg ' almacena el tiempo de trazo
    ixMomentosGraf = ixMomentosGraf + 1 ' incrementa contador de # de
trazos
    SigPlus1.SetEventEnableMask (1) ' activa evento pendown
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    ' reloj de intervalo de tiempo de 2mS
    d_mseg = d_mseg + 1
End Sub

' *****
' ..... Puerto Serie .....
' //////////////////////////////////////
Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim temp As Variant
    If MSComm1.CommEvent = ComEvReceive Then
        MSComm1.InputLen = 0
        temp = MSComm1.Input

        If temp = "Verd" Then
            lbl3.Visible = True
            lbl1.Caption = "Ingrese una Firma:"
            cmdVeriFirm.Enabled = False
            cmdFirmar.Enabled = True
            Opt1(0).Enabled = True
            Opt1(1).Enabled = True
            Timer2.Enabled = False
            ImgAFir.Visible = True
        ElseIf temp = "Fals" Then
            lbl2.Visible = True
            lbl1.Caption = "Ingrese una Firma:"
            cmdVeriFirm.Enabled = False
            cmdFirmar.Enabled = True
            Opt1(0).Enabled = True

```

```
        Opt1(1).Enabled = True
        Timer2.Enabled = False
        ImgAFir.Visible = True
    End If
End If
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
    If ImgAFir.Visible Then
        ImgAFir.Visible = False
    Else
        ImgAFir.Visible = True
    End If
End Sub
```

# 13 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diario de Hoy, “Estafa a Puño y Letra”, Vértice, Domingo 15 de mayo de 2005, Págs. 25 ~ 28
- [2] Hilera José R. y Martínez Víctor, “Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, Modelos y Aplicaciones” Editorial Addison-Wesley 1995
- [3] James Freeman / David Skapura. “Redes Neuronales. Algoritmos, Aplicaciones y Técnicas de Programación. Editorial Addison-Wesley 1993
- [4] Efrén Gómez y Franz Meneses. “Sistema de Reconocimiento de Notas Musicales para Flauta Dulce Soprano” Tesis año 2004
- [5] Eduardo Rivera, Francisco Rodríguez y Jonathan Rodríguez. “Reconocimiento de Patrones Cardíacos Utilizando Redes Neuronales” Documento de Tesis año 2,000
- [6] Chen C. “Fuzzy Logia and Neural Network Handbook”. McGraw Hill. 1996
- [7] <http://www.topazsystems.com/software/sigplushelp/index.htm>, “Topaz Systems”, última visita: mayo 2005
- [8] <http://www.taurusstudio.net/research/phd/downloadpdf.htm>, Jerry’s Taurus Studio, Ph.D.Thesis, “Rotation Invariant Classification of 3D Surface Texture Using Photometric Stereo”, Cap. 2, año 2003. Última visita: mayo 2005
- [9] <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/Research/MatlabFns/> , Matlab Functions for Computer Vision and Image Analysis, de P. Kovesi. Última visita: mayo 2005
- [10] [http://www.elguille.info/vb/cursos\\_vb/basico/indice.htm](http://www.elguille.info/vb/cursos_vb/basico/indice.htm), Curso Básico de Visual Basic, El Guille. Última visita: mayo 2005.
- [11] <http://adam.imir.agh.edu.pl/dydakt/neur/FAQ/FAQ.html#questions>, Preguntas frecuentes sobre redes neuronales. Última visita: mayor 2005.
- [12] Jessie M. y Héctor R. H, “Reconocimiento de Firmas Manuscritas con Inteligencia Artificial”, Instituto Politécnico de México, Tesis 2003.
- [13] <http://www.neotec.com.pa/ComoPorque/biometricos/BioIntro.asp>, Introducción a la Biometría. Última visita: abril 2005
- [14] <http://www.monografias.com/trabajos16/grafoscopia/grafoscopia.shtml>, Grafoscopia. Monografías. Última visita abril 2005
- [15] [www.grafologia.bz/appcc/pdfs/alvarez\\_firma.pdf](http://www.grafologia.bz/appcc/pdfs/alvarez_firma.pdf), Grafometría, Francisco Álvarez. Última visita: enero 2005

- [16] <http://grafologiauniversitaria.com/TEMA%201.htm>, Grafometría. Última visita: enero 2005
- [17] <http://ohm.utp.edu.co/paginas/docencia/neuronales/main2.htm>, Tutorial sobre redes neuronales. Última visita: abril: 2005
- [18] <http://www.wacom.com/graphire/index.cfm>, Página web de los productos Wacom. Última visita: enero: 2005
- [19] <http://interlinkelec.com>, epadbrouchure2003.pdf, Página web de productos interlink. Última visita: enero 2005
- [20] <http://topazsystems.com>, Página web de productos. Última visita: abril 2005
- [21] <http://www.grafotecnia.com/peritoscaligrafos.htm>, Asociación de Peritos Grafólogos. Última visita: enero 2005
- [22] <http://www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/oct1999/mokrzyck.htm>, VSC2000 de foster & freeman. Última visita: enero 2005
- [23] <http://www.instisec.com/publico/verarticulo.asp?id=48>, Artículo: "Verificación automática de firmas manuscritas", Miguel A. Ferrer B. Última visita: febrero 2005
- [24] <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/Research/MatlabFns/PhaseCongruency/Docs/convexpl.html>, Explicación de Log-Gabor por P. Kovési. Última visita: febrero 2005