



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

“Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto”

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: TEMI Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN: Procesamiento digital de señales e imágenes.

AUTOR: Amanda Elizabeth Naranjo Villacis

PROFESOR REVISOR: Ing. Julio Cuji

Ambato – Ecuador

Julio 2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “APLICACIÓN DE DSP’S PARA LA TRANSCRIPCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS A TEXTO” de la señorita Amanda Elizabeth Naranjo Villacis, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones , de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe de investigación reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio 2014

EL TUTOR

Ing. Julio Cuji

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado “APLICACIÓN DE DSP’S PARA LA TRANSCRIPCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS A TEXTO” es absolutamente original, auténtico y personal en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicas que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio 2014

Amanda Elizabeth Naranjo Villacis

CC.: 180476688-7

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “APLICACIÓN DE DSP’S PARA LA TRANSCRIPCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS A TEXTO” presentado por la señorita Amanda Elizabeth Naranjo Villacis de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

.....
Ing. Msc. Vicente Morales L.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Marco Jurado
DOCENTE CALIFICADOR

.....
Ing. Carlos Serra
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios por guiarme por el sendero y el camino del bien.

A mis padres por su abnegada dedicación, amor, por ser más que mis padres mis amigos, que con su apoyo incondicional, paciencia, entrega y confianza han hecho de mi la persona que hoy en día soy.

A mis hermanos por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A mi novio y Amigos que han sido un pilar fundamental, por sus ánimos impartidos que me han ayudado a cristalizar mis metas y objetivos.

Amanda Elizabeth Naranjo Villacis

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme todas sus bendiciones y permitirme realizar esta investigación.

A todas las personas que me brindaron su apoyo durante toda mi carrera, amigos, compañeros.

Al gran equipo humano que conforman la Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial sobre todo al Ing. Julio Cuji gran persona y excelente Maestro.

Gracias a mis padres Aníbal, Esther. A mi familia por todo el apoyo que me brindaron durante toda esta etapa.

Amanda Elizabeth Naranjo Villacis

INDICE

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| <i>Aprobación del tutor</i> | <i>ii</i> |
| <i>Autoría</i> | <i>iii</i> |
| <i>Aprobación de la comisión calificadora</i> | <i>iv</i> |
| <i>Dedicatoria</i> | <i>v</i> |
| <i>Agradecimiento</i> | <i>vii</i> |
| <i>Indice</i> | <i>viii</i> |
| <i>Indice de Figuras</i> | <i>xiii</i> |
| <i>Indice de Tablas</i> | <i>xix</i> |
| <i>Resumen</i> | <i>xx</i> |
| <i>Introducción</i> | <i>xxii</i> |
| <i>Capítulo I</i> | <i>1</i> |
| <i>El Problema de Investigación</i> | <i>1</i> |
| <i>1.1. Tema</i> | <i>1</i> |
| <i>1.2. Planteamiento del problema</i> | <i>1</i> |
| <i>1.3. Delimitación</i> | <i>2</i> |
| <i>1.4. Justificación</i> | <i>3</i> |
| <i>1.5. Objetivos</i> | <i>4</i> |
| <i>1.5.1. General</i> | <i>4</i> |
| <i>1.5.2. Específicos</i> | <i>4</i> |
| <i>Capítulo II</i> | <i>5</i> |
| <i>Fundamentación Teórica</i> | <i>5</i> |
| <i>2.1. Antecedentes investigativos:</i> | <i>5</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>2.2. Marco teórico</i> | <i>7</i> |
| <i>2.2.1. Introducción al lenguaje de señas.....</i> | <i>7</i> |
| <i>2.2.2. Dactilología</i> | <i>8</i> |
| <i>2.2.3. Técnicas de ejecución de la dactilología</i> | <i>10</i> |
| <i>2.2.4. Clasificación del lenguaje de señas.....</i> | <i>11</i> |
| <i>2.2.5. Visión artificial.....</i> | <i>12</i> |
| <i>Elementos de un sistema de vision artificial.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Iluminación:.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Sensor de imagen</i> | <i>15</i> |
| <i>Targetas de captura o adquisición de imágenes:.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Aspectos importantes en la tarjeta capturadora:</i> | <i>17</i> |
| <i>Algoritmos de análisis de imagen.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Computadora o módulo de proceso:.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Sistema de respuesta en tiempo real.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Etapas de un sistema de visión artificial.....</i> | <i>19</i> |
| <i>Configuración informática de un sistema de visión artificial.....</i> | <i>20</i> |
| <i>2.2.6. Procesamiento digital de imágenes</i> | <i>21</i> |
| <i>2.2.7. Imagen.....</i> | <i>21</i> |
| <i>2.2.8. Imagen digital</i> | <i>22</i> |
| <i>2.2.9. Tipos de imágenes</i> | <i>23</i> |
| <i>Espacio RGB.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Espacio CMY.....</i> | <i>24</i> |
| <i>Espacio YIQ</i> | <i>24</i> |
| <i>Modo escala de grises</i> | <i>25</i> |
| <i>Imágenes binarias.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Histograma de una imagen digital.....</i> | <i>27</i> |
| <i>2.2.10. Pixel.....</i> | <i>29</i> |
| <i>2.2.11. Identificación de imágenes</i> | <i>29</i> |

| | |
|--|----|
| 2.2.12. Filtro | 30 |
| 2.2.13. Filtro digital..... | 30 |
| 2.2.14. Filtros en el dominio espacial..... | 30 |
| Metodo umbral Filtros Lineales:..... | 31 |
| Filtro pasa altos: | 33 |
| Filtro pasa bajos: | 34 |
| Filtro de mediana..... | 35 |
| 2.2.15. Filtros en el dominio de la frecuencia: | 36 |
| Fitro pasa bajos: | 36 |
| Filtro pasa alto:..... | 36 |
| Filtro Pasa banda..... | 37 |
| 2.2.16. Concepto de segmentación de imágenes | 37 |
| Discontinuidad;..... | 37 |
| Similaridad;..... | 37 |
| Conectividad ;..... | 37 |
| 2.2.17. Segmentación de imágenes..... | 38 |
| 2.2.18. Técnicas de segmentación de imágenes:..... | 39 |
| Crecimiento y adelgazamiento de regiones..... | 39 |
| Agrupamiento: | 39 |
| Detección de bordes | 39 |
| 2.2.19. Método Umbral (Umbralización) | 41 |
| Métodos basados en la forma del histograma: | 42 |
| Métodos basados en la entropía: | 43 |
| Métodos basados en los atributos de la imagen: | 43 |
| Métodos basados en características locales: | 43 |
| 2.2.20. Manipulacion de imagen binaria:..... | 43 |
| Dilatación y Erosión | 43 |
| Apertura y Cierre | 44 |

| | |
|--|----|
| 2.2.21. Interpretación estereométrica..... | 45 |
| 2.2.22. Aplicaciones de procesamiento digital de imágenes..... | 46 |
| Radar:..... | 46 |
| Medicina:..... | 46 |
| Oceanografía..... | 47 |
| Astronomía..... | 47 |
| Radioastronomía..... | 48 |
| Telefonía..... | 48 |
| Sismología..... | 49 |
| Procesamiento de Imágenes:..... | 49 |
| 2.3. Propuesta de solución..... | 50 |
| Capítulo III..... | 51 |
| Metodología..... | 51 |
| 3.1. Modalidad de la investigación..... | 51 |
| 3.1.1. Bibliográfica..... | 51 |
| 3.1.2. Campo..... | 51 |
| 3.1.3. Modalidades especiales..... | 52 |
| 3.4. Recolección de informacion..... | 52 |
| 3.5. Procesamiento y análisis de datos..... | 52 |
| 3.6. Desarrollo del proyecto..... | 52 |
| Capítulo IV..... | 54 |
| Propuesta..... | 54 |
| 4.1. Fundamentación..... | 54 |
| 4.2. Ambiente controlado..... | 54 |
| 4.2.1. Ambiente controlado por efectos de iluminación..... | 55 |
| 4.2.2. Ambiente controlado por contraste..... | 56 |
| 4.3. Iluminación..... | 56 |
| 4.4. La cámara..... | 59 |

| | |
|---|----|
| <i>4.4.1. Cámara digital y analógica:</i> | 59 |
| <i>CCD (charge couple device – dispositivo de carga acoplada)</i> | 60 |
| <i>CMOS (complementary metal oxide semiconductor - semiconductor complementario del óxido de metal)</i> | 61 |
| <i>4.5. Cámara seleccionada para la aplicación</i> | 62 |
| <i>4.5.1.- 6 Led cámara web con micrófono</i> | 62 |
| <i>4.6. Computadora utilizada para la aplicación</i> | 64 |
| <i>Características:</i> | 64 |
| <i>4.7. Fondo</i> | 65 |
| <i>4.8. Hardware implementado</i> | 66 |
| <i>4.9. Software realizado mediante labview</i> | 67 |
| <i>4.9.1. Desarrollo de la pantalla principal</i> | 68 |
| <i>4.9.2. Traductor</i> | 68 |
| <i>Adquisición:</i> | 69 |
| <i>Detección de la mano para el procesamiento digital de imágenes.</i> | 69 |
| <i>Mejoramiento de Contraste, Brillo y Cambio a Escala de Grises</i> | 74 |
| <i>Objeto de Interés Recortado</i> | 75 |
| <i>ROI (Objetos de Interés en una Imagen)</i> | 76 |
| <i>4.9.3. Visión Assistant</i> | 77 |
| <i>Ventana de Referencia:</i> | 79 |
| <i>Relación de Zoom:</i> | 79 |
| <i>Tamaño de la imagen</i> | 80 |
| <i>Ventana Script</i> | 80 |
| <i>Ventana de funciones para el procesamiento</i> | 81 |
| <i>Imagen</i> | 81 |
| <i>Color</i> | 82 |
| <i>Escala de grises</i> | 82 |
| <i>Binarización</i> | 83 |
| <i>Machine Visión</i> | 83 |

| | |
|--|-----|
| <i>Identificación</i> | 83 |
| <i>Ventana de Procesamiento</i> | 83 |
| <i>4.9.4. Descripción de la base de datos</i> | 83 |
| <i>Creación de un Nuevo Archivo de Clasificación (ROI)</i> | 83 |
| <i>Distancia Euclidean:</i> | 87 |
| <i>Distancia Suma:</i> | 87 |
| <i>Distancia Máxima:</i> | 88 |
| <i>Selección de una nueva clase</i> | 90 |
| <i>Añadir Muestra</i> | 91 |
| <i>Clasificación</i> | 93 |
| <i>Guardar Archivo de Clasificación</i> | 94 |
| <i>Base de Datos</i> | 95 |
| <i>4.9.5. Entrenador</i> | 98 |
| <i>Capítulo V</i> | 109 |
| <i>Conclusiones y Recomendaciones</i> | 109 |
| <i>5.1. Conclusiones</i> | 109 |
| <i>5.2. Recomendaciones</i> | 111 |
| <i>Bibliografía o Referencias</i> | 112 |
| <i>Glosario de Terminos</i> | 116 |
| <i>Anexos</i> | 118 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Fig 2.1.- Alfabeto de Señas Ecuatoriano</i> | <i>7</i> |
| <i>Fig 2.2.- Sistema Dactilológico.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Fig 2.3.- Posición del Brazo (Dactilología).....</i> | <i>9</i> |
| <i>Fig 2.4.- Representación de letras dobles frecuentes</i> | <i>11</i> |
| <i>Fig 2.5.- Elementos de un sistema de visión artificial.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Fig 2.6.- Representación de la información de la escena.....</i> | <i>14</i> |
| <i>Fig 2.7.- Representación de la información de la escena.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Fig 2.8.- Funcionamiento del Sensor de Imagen</i> | <i>16</i> |
| <i>Fig 2.9.- Tarjeta de Captura</i> | <i>17</i> |
| <i>Fig 2.10.- Elementos de un sistema de visión artificial.....</i> | <i>19</i> |
| <i>Fig 2.11.- Diagrama de bloques de las etapas típicas en un sistema de visión artificial</i> | <i>19</i> |
| <i>Fig 2.12.- Matriz de una imagen digital.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Fig 2.13.- Estructura de colores en la visión humana</i> | <i>22</i> |
| <i>Fig 2.14.- Modelo RGB.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Fig 2.15.- Modelo CMY</i> | <i>24</i> |
| <i>Fig 2.16.- Modelo YIQ</i> | <i>25</i> |
| <i>Fig 2.17.- Tipos de imágenes digitales : (a)RGB; (b) Escala de Grises; (c)Binaria</i> | <i>26</i> |
| <i>Fig 2.18.- Ejemplo de imagen binaria.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Fig 2.19.- Histograma de una imagen Digital</i> | <i>26</i> |
| <i>Fig 2.20.- Ejemplo de Histograma de una imagen en 3 partes</i> | <i>28</i> |
| <i>Fig 2.21.- Representación gráfica de pixel</i> | <i>29</i> |
| <i>Fig 2.22.- Ejemplo de resultado del filtrado espacial lineal.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Fig 2.23.- Ejemplo de máscara pasa alto común.....</i> | <i>33</i> |
| <i>Fig 2.24.- Ejemplo de resultado final de la aplicación de un filtro pasa alto en una imagen.</i> | <i>34</i> |
| <i>Fig 2.25.- Ejemplo de filtro pasa bajo</i> | <i>34</i> |
| <i>Fig 2.26.- Patrones de vecindad usados en el fitro de la mediana.....</i> | <i>35</i> |

| | |
|---|-----------|
| <i>Fig 2.27.- Resultado del procesamiento del filtro de mediana</i> | <i>35</i> |
| <i>Fig 2.28.- Etapas del procesamiento de imágenes en el dominio de la frecuencia</i> | <i>35</i> |
| <i>Fig 2.29.-Ilustración del efecto de volumen parcial: (a) Imagen Ideal ; (b) Imagen adquirida</i> | <i>38</i> |
| <i>Fig 2.30.-Deteccion de bordes de una imagen</i> | <i>41</i> |
| <i>Fig 2.31.-Lenna a 256 niveles de gris b) lenna con un umbral bajo; c) con umbral alto; d) con umbral intermedio.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Fig 2.32.-Operación de erosión</i> | <i>44</i> |
| <i>Fig 2.33.-Ejemplo de dilatación de una imagen</i> | <i>44</i> |
| <i>Fig 2.34-Ejemplo de apertura de una imagen</i> | <i>45</i> |
| <i>Fig 2.35-Ejemplo de apertura de una imagen</i> | <i>45</i> |
| <i>Fig 2.36.- Aplicación de DSP: Radar.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Fig 2.37.- Aplicación de DSP: Medicina</i> | <i>46</i> |
| <i>Fig 2.38.- Aplicación de DSP: Oceanografía</i> | <i>47</i> |
| <i>Fig 2.39.- Aplicación de DSP: Astronomía.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Fig 2.40.- Aplicación de DSP: Radioastronomía.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Fig 2.41.- Aplicación de DSP: Telefonía</i> | <i>48</i> |
| <i>Fig 2.42.- Aplicación de DSP: Sismología.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Fig 2.43.- Aplicación de DSP: Procesamiento de Imágenes.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Fig 2.44.- Ambiente controlado por efectos de iluminación</i> | <i>55</i> |
| <i>Fig 2.45.- Ambiente controlado por contraste</i> | <i>56</i> |
| <i>Fig 2.46.- Foco Ahorrador</i> | <i>58</i> |
| <i>Fig 2.47.- Lámpara de Escritorio Eléctrica</i> | <i>58</i> |
| <i>Fig 2.48.- Estructura interna del sensor CCD.....</i> | <i>61</i> |
| <i>Fig 2.49.- Estructura interna del sensor CMOS.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Fig 2.50.- 6 LED webcam</i> | <i>63</i> |
| <i>Fig 2.51.- Computadora Toshiba Satellite L635.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Fig 2.52.- Ejemplo de fondo color negro mate</i> | <i>66</i> |
| <i>Fig 2.53.- Elementos del hardware</i> | <i>66</i> |

| | |
|--|-----------|
| <i>Fig 2.54.- Ambiente de trabajo</i> | <i>67</i> |
| <i>Fig 2.55.- Posición de la maño para realizar señas.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Fig 2.56.- Pantalla principal del Proyecto</i> | <i>67</i> |
| <i>Fig 2.57.- Configuración de la cámara 6 LED cámara web con micrófono.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Fig 2.58.- Lenguaje Dactilológico de números.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Fig 2.59.- Lenguaje Dactilológico del Alfabeto</i> | <i>74</i> |
| <i>Fig 2.60.- Ejemplo de la imagen de la mano de 8 bits en LabVIEW.....</i> | <i>74</i> |
| <i>Fig 2.61.- Ejemplo de la imagen de la mano recortada de 8 bits en LabVIEW</i> | <i>74</i> |
| <i>Fig 2.62.- Imagen original sin detección de bordes.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Fig 2.63.- Imagen de la mano con detección de bordes</i> | <i>77</i> |
| <i>Fig 2.64.- Portada de Vission Assistant</i> | <i>78</i> |
| <i>Fig 2.65.- Portada de Visión Assistant</i> | <i>79</i> |
| <i>Fig 2.66.- Ejemplo del tamaño de imagen</i> | <i>80</i> |
| <i>Fig 2.67.- Ejemplo de la ventana Script de la imagen original.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Fig 2.68.- Ejemplo de la ventana Script de la imagen en escala de grises</i> | <i>81</i> |
| <i>Fig 2.69.- Menú de la paleta de color.....</i> | <i>82</i> |
| <i>Fig 2.70.- Creación de un nuevo Archivo</i> | <i>84</i> |
| <i>Fig 2.71.- Configuración de parámetros de imagen.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Fig 2.72.- Selección del área de Interés</i> | <i>85</i> |
| <i>Fig 2.73.- Imagen brillante con fondo negro</i> | <i>86</i> |
| <i>Fig 2.74.- Configuración de parámetros de la imagen.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Fig 2.75.- Configuración de parámetros de distancia</i> | <i>87</i> |
| <i>Fig 2.76.- Ejemplo de Add Class</i> | <i>91</i> |
| <i>Fig 2.77.- Ejemplo de Add Sample</i> | <i>92</i> |
| <i>Fig 2.78.- Número de muestras</i> | <i>93</i> |
| <i>Fig 2.79.- Fase de Entrenamiento.....</i> | <i>94</i> |
| <i>Fig 2.80.- Opción para Guardar Archivo de Clasificación</i> | <i>95</i> |
| <i>Fig 2.81.- Base de Datos</i> | <i>96</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Fig 2.82.- Opciones para editar Base de Datos.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Fig 2.83.- Sistema dactilológico con su traducción.....</i> | <i>98</i> |
| <i>Fig 2.84.- Introducción al Entrenador.....</i> | <i>99</i> |
| <i>Fig 2.85- Detección del carácter correcto.....</i> | <i>100</i> |
| <i>Fig 2.86- Detección del carácter incorrecto.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Fig 2.87- Cámara captando la letra Y.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Fig 2.88- Cámara captando la letra R.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Fig 2.89- Cámara captando la letra D.....</i> | <i>103</i> |
| <i>Fig 2.90- Cámara captando la letra O.....</i> | <i>103</i> |
| <i>Fig 2.91- Letra Incorrecta.....</i> | <i>104</i> |
| <i>Fig 2.92- Corrección del texto teclado.....</i> | <i>104</i> |
| <i>Fig 2.93- Palabra teclado corregida.....</i> | <i>105</i> |
| <i>Fig 2.94- Cámara captando la letra P.....</i> | <i>106</i> |
| <i>Fig 2.95- Cámara captando la letra E.....</i> | <i>106</i> |
| <i>Fig 2.96- Palabra incorrecta.....</i> | <i>107</i> |
| <i>Fig 2.97- Corrección de la palabra perro.....</i> | <i>107</i> |
| <i>Fig 2.98- Texto Corregido pulsando la ventana corregir.....</i> | <i>108</i> |
| <i>Fig 2.99- Texto Corregido.....</i> | <i>108</i> |
| <i>Fig A.1.- 6 LED webcam.....</i> | <i>118</i> |
| <i>Fig A.2.- Foco Ahorrador.....</i> | <i>119</i> |
| <i>Fig A.3.- Lámpara de Escritorio Eléctrica.....</i> | <i>119</i> |
| <i>Fig A.4.- Computadora Toshiba Satellite L635.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Fig A.5.- Ejemplo de fondo color negro mate.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Fig A.6.- Pantalla principal del Proyecto.....</i> | <i>121</i> |
| <i>Fig A.7.- Configuración de la cámara 6 LED cámara web con micrófono.....</i> | <i>122</i> |
| <i>Fig A.8.- Ejemplo de la imagen de la mano de 8 bits en LabVIEW.....</i> | <i>122</i> |
| <i>Fig A.9.- Ejemplo de la imagen de la mano recortada de 8 bits en LabVIEW.....</i> | <i>123</i> |
| <i>Fig A.10.- Imagen original sin detección de bordes.....</i> | <i>123</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Fig A.11.- Creación de un nuevo Archivo</i> | <i>124</i> |
| <i>Fig A.12.- Configuración de parámetros de imagen</i> | <i>124</i> |
| <i>Fig A.13.- Selección del área de Interés</i> | <i>125</i> |
| <i>Fig A.14.- Imagen brillante con fondo negro.....</i> | <i>126</i> |
| <i>Fig A.15.- Configuración de parámetros de imagen</i> | <i>126</i> |
| <i>Fig A.16.- Configuración de parámetros de imagen</i> | <i>127</i> |
| <i>Fig A.17.- Configuración de parámetros de distancia</i> | <i>127</i> |
| <i>Fig A.18.- Ejemplo de Add Class.....</i> | <i>128</i> |
| <i>Fig A.19.- Ejemplo de Add Sample</i> | <i>128</i> |
| <i>Fig A.20.- Número de muestras.....</i> | <i>129</i> |
| <i>Fig A.21.- Fase de Entrenamiento</i> | <i>130</i> |
| <i>Fig A.22.- Opción para Guardar Archivo de Clasificación</i> | <i>131</i> |
| <i>Fig A.23.- Base de Datos</i> | <i>131</i> |
| <i>Fig B.1.- Creación del espacio de Memoria.....</i> | <i>132</i> |
| <i>Fig B.2.- Adquisición de imagen RGB 32 bits</i> | <i>132</i> |
| <i>Fig B.3.- Etapa de Procesamiento de una Imagen.....</i> | <i>133</i> |
| <i>Fig B.4.- Etapa de Clasificación de la imagen</i> | <i>134</i> |
| <i>Fig B.5.- Etapa de Clasificación de la imagen</i> | <i>135</i> |
| <i>Fig B.6.- Etapa de Armado del texto</i> | <i>135</i> |
| <i>Fig B.7.- SubVI: lectura de la letra Z.</i> | <i>136</i> |
| <i>Fig B.8.- Punto alto detectado en la imagen.....</i> | <i>136</i> |
| <i>Fig B.9.- Función Sample Compression.....</i> | <i>137</i> |
| <i>Fig B.10.- Transformación de una señal Digital.....</i> | <i>137</i> |
| <i>Fig B.11.- Ejemplo de ejes de valoración de Pixeles</i> | <i>138</i> |
| <i>Fig B.12.- Programación utilizando subvi LeerZ.....</i> | <i>138</i> |
| <i>Fig B.13.- Etapa de comprensión de los Datos</i> | <i>139</i> |
| <i>Fig B.14.- Conversión análogo- Digital de los Datos</i> | <i>139</i> |
| <i>Fig B.15.- Ventana de Adquisición del traductor</i> | <i>140</i> |

| | |
|---|------------|
| <i>Fig B.15.- Ventana principal del Traductor</i> | <i>140</i> |
| <i>Fig C.1.- Verificación de un solo carácter ingresado en la casilla en “carácter a visualizar”.</i> | <i>141</i> |
| <i>Fig C.2.- Ajuste de Umbral del Entrenador.....</i> | <i>142</i> |
| <i>Fig C.3.- Ajuste de Umbral del Entrenador errónea</i> | <i>143</i> |
| <i>Fig C.4.- Información de la cámara Utilizada.....</i> | <i>143</i> |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 2.1.-Operaciones de computadora o módulo de proceso:</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 2.2.- Mascara del operador de Sobel.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabla 2.3.- Mascara de operador Prewitt.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabla 2.4.- Características de un led de alta luminosidad</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 2.5.- K-Vecino más cercano (Índices de Aciertos)</i> | <i>88</i> |
| <i>Tabla 2.6.-Vecino más Cercano (índice de Aciertos)</i> | <i>89</i> |
| <i>Tabla 2.7.- Distancia Mínima.....</i> | <i>90</i> |

RESUMEN

En el Ecuador existen gran cantidad de personas con deficiencias auditivas, por lo cual el proyecto fue desarrollado para las personas sordomudas que de alguna manera se sienten excluidas de la sociedad y mediante la ayuda del software puedan comunicarse no solo con sus familiares, sino también con el resto de personas que desconocen el lenguaje dactilológico.

Para ayudar a mejorar el nivel de vida de las personas sordomudas se diseñó un sistema Traductor de lenguaje de señas a texto, que se enfoca principalmente en traducir la señas y números que realizan la personas con deficiencias auditivas y transformarlas a texto para que aquellas personas que desconocen este lenguaje puedan comunicarse.

El proyecto también ofrece un entrenador, el cual cuenta con el abecedario y los números para que aquellas personas que desconocen el lenguaje de señas puedan realizar un aprendizaje adecuado.

Basado en el procesamiento digital de imágenes en visión artificial, se reconoce el alfabeto dactilológico ingresado para luego transformarlo a texto, considerando que no existe error en el programa debido a que reconoce cada una de las señas realizadas.

Los resultados tienen significado social debido a que el proyecto se desarrolló pensando en las personas con deficiencias auditivas, para que de alguna manera puedan comunicarse con la sociedad en cualquier momento y en cualquier lugar, un ejemplo básico de implementación sería en bancos los cuales aún no cuentan con la tecnología capaz para comunicarse con personas sordomudas sin tener que depender de externos.

ABSTRACT

In Ecuador there are plenty of people with hearing loss, for which the project was developed for deaf and dumb people who somehow feel excluded from society and through the help of the software can communicate not only with family, but also with other people that not know the language dactilologico.

To help improve the living standards of people deaf and dumb system “Traductor de language de Señas a Texto”, which focuses primarily on translating signs and numbers that made the hearing impaired and is designed to transform text to those who know this language they can communicate.

The project also offers a trainer, which count with the alphabet and numbers for people that not Know the sign language can perform appropriate learning.

Based on digital image processing in artificial vision, recognizes the alphabet dactilologico admitted then transforms to text, whereas there is no error in the program because it recognizes perfectly each of the signs carried.

The findings have social significance because the project was developed considering the people with hearing impairments, for that somehow may communicate with society anytime and anywhere, a basic implementation example is a banks which does not yet have the technology to communicate with deaf and mute people without having to rely on outside.

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se implementa un sistema de traducción de lenguaje de señas de manos a texto utilizando procesamiento digital de imágenes.

Se basa fundamentalmente en traducir el alfabeto dactilológico ingresado mediante las señas de las manos, para convertirlo en texto, el sistema también consta de un módulo entrenador que permite a las personas que desconocen el lenguaje de señas aprenderlo, ya que de esta manera se podrán comunicar con las personas sordomudas.

El procesamiento digital de imágenes mediante visión artificial tiene como objetivo analizar las imágenes que no son perceptibles en su forma original, siendo un factor de ayuda para que las personas sordomudas puedan comunicarse con las personas que desconocen dicho lenguaje.

En el primer capítulo del proyecto se describe la atención a las personas con discapacidad como uno de los problemas sociales, por ser de baja cobertura y deficiente calidad, asentada básicamente en las acciones del sector privado y en algunas instituciones del sector público.

En el segundo capítulo se hace una introducción al lenguaje de señas, conceptos básicos de visión artificial, ambientes controlados para visión artificial, los algoritmos usados para el desarrollo del lenguaje gráfico, también se explica los filtros y la segmentación de la imagen para obtener su forma original.

En el tercer capítulo se analiza las modalidades de investigación adecuadas para el proyecto, y describe de manera rápida el proceso que se lleva a cabo para obtener el resultado final del proyecto.

En el cuarto capítulo se explica el desarrollo de la base de datos que contienen la información de cada una de las señas de las manos, y el procesamiento digital de cada una de las señas, también se define el ambiente controlado para visión artificial.

En el quinto capítulo una vez terminado el proyecto se redacta las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1.TEMA DE INVESTIGACIÓN

“Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La atención a las personas con discapacidad en el Ecuador se presenta como uno de los problemas sociales, por ser de baja cobertura y deficiente calidad, asentada básicamente en las acciones del sector privado y en algunas instituciones del sector público que ha asumido su responsabilidad desde hace unas dos décadas. En efecto, por falta de iniciativa de padres de familia y organizaciones privadas y especialmente por los costos excesivos no se ha desarrollado un software para uso exclusivo de sordomudos.

En la Provincia de Tungurahua existen alrededor de 1.000 personas con discapacidad auditiva en el último censo realizado en el año 2010 por la Misión Manuela Espejo. La comunidad sorda hace 26 años, teniendo la necesidad de agruparse, funda la asociación de personas sordas a nivel Provincial que en la actualidad está formada por 53 socios activos y 40 independientes. Como no se ha dado importancia a esta forma de comunicación no existe en la provincia una

universidad que cuente con la tecnología necesaria para la enseñanza de lenguaje de señas tanto a profesores como alumnos impidiendo de esta manera el avance y desarrollo en el mundo de la comunicación.

En el cantón Ambato está ubicado el Instituto “Dr. Camilo Gallegos”, que actualmente está conformado por 14 docentes oyentes, 1 profesora con discapacidad auditiva y 50 estudiantes. Esta institución se creó pensando en los familiares de los niños, niñas y adolescentes sordos, que no se preocupan en aprender la lengua de señas para poder comunicarse y ayudar en el refuerzo de las actividades académicas, pero debido a la inestabilidad económica el instituto no cuenta con un software que permita la comunicación de las personas sordomudas con el mundo exterior, dando como resultado un caos familiar ya que no pueden entender el mensaje de sus hijos, los mismos se ven frustrados y buscan compañía de personas que pueden comunicarse con su propio idioma en este caso la comunidad sorda, ya que estando con oyentes se aburren y no comprenden lo que hablan.

1.3. DELIMITACIÓN

➤ **ÁREA ACADÉMICA**

Comunicaciones

➤ **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tecnologías de Comunicación

➤ **SUBLINEA:**

Procesamiento Digital de Señales e Imágenes

Delimitación Espacial:

➤ **Lugar:**

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

Delimitación Temporal:

- Se desarrolló en 6 meses a partir de su aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El interés por la realización del proyecto es debido a la autoeducación en la lengua de señas, además de la investigación y desarrollo de un software informático que permita la comunicación con las personas, con deficiencias auditivas para que de alguna manera no se sientan excluidas de la sociedad.

Se considera importante la realización de este proyecto investigativo porque la aplicación de un software de comunicación informático de la lengua de señas ayudará a personas con discapacidad auditiva a comunicarse con el medio y la sociedad.

El siguiente proyecto llegará a tener un impacto social debido a que su principal objetivo es ayudar a las personas sordomudas a comunicarse no solamente con el mundo exterior, sino también con sus familiares, desarrollando eficientemente potencialidades y destrezas y de esta manera lograr aprendizajes significativos los mismos que les permitirán desenvolverse en una sociedad que crece a pasos agigantados de la mano con el avance tecnológico de un mundo en un constante cambio y transformación.

Este proyecto será factible implementarlo debido a que la realización del mismo no tendrá un costo excesivo y además el proyecto se podrá aplicar en instituciones o lugares que tengan una computadora con cámara web, por esta razón se puede aplicar esta propuesta e ir relacionando la utilización del software de señas en el proceso de aprendizaje de estudiantes, docentes, familiares y la sociedad.

Comprendiendo que la comunicación en las personas sordas es la lengua de señas que es la lengua madre del deficiente auditivo y por tanto es la herramienta fundamental y el camino para alcanzar una comunicación significativa y que para poner en práctica se debe usar técnicas

activas del aprendizaje para desarrollar eficientemente la lengua de señas. De esta manera los principales beneficiarios serían las personas sordomudas así como sus familias, logrando así la integración de las familias en el Buen Vivir.

Este trabajo, puede contribuir con el área social proporcionando una herramienta específica que les permite una mayor fiabilidad y mejor visualización de las señas de personas con deficiencias auditivas.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General

Desarrollar una Aplicación de DSP's para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto.

1.5.2. Específicos

- Analizar el código de señales para la efectiva comunicación con personas sordomudas.
- Definir el alcance de las señales más utilizadas en la comunicación.
- Implantar el software aplicativo con técnicas de Procesamiento Digital de Señales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS:

En la Escuela Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Computación, Electrónica, Física e Innovación reposa la tesis de Perla Artemisa Escalante Crespo (México a 14 de Diciembre del 2006). “Transcriptor de Lenguaje de Señas a Texto.

El proyecto fue orientado hacia los familiares y amigos de personas sordas, así como a personas interesadas en aprender este idioma, e instruirlos en el comienzo de la adquisición de un nuevo lenguaje. Se captura en video digital, la señal de la que se desea saber el significado y una vez analizado, despliega el resultado en pantalla. El tipo de patrones que reconoce son simples letras del abecedario manual español. Aunque no reconoce todas, ya que existe una limitante en el proyecto, no reconoce aquellas con exceso de movimiento.

En el Instituto Politécnico Nacional de México, Carrera de Telecomunicaciones del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT), reposa la investigación de Nayeli Alicia Rodríguez Cortés, Héctor Antonio Regalado Torres, Erick Roberto Marín Mondragón y David

Márquez Hernández (México 10 de Julio de 2010). “Guante Especial para mejorar enseñanza-aprendizaje de niños con problemas de audición”

Desarrollaron un guante especial que busca ofrecer una alternativa para mejorar la comunicación entre sordomudos. Esta tecnología consta de una computadora y un guante con 16 sensores, está concebido para la traducción del lenguaje dactilológico en el que cada posición de la mano presenta una letra del alfabeto. El guante posee una conexión con la computadora, así que mientras se realizan los movimientos de la mano con el guante en la pantalla aparecen las letras correspondientes a dicho movimiento. Así se forman consecutivamente palabras completas.

Por otro lado, en la Expo Ciencia 2005 llevada a cabo del 6 a 9 de abril se publicaron varios proyectos dentro del área de ciencias médicas, las cuales sirven de sondeo a nivel nacional para saber el desarrollo de la tecnología para ayudar a integrar a las personas con capacidades diferentes.

Uno de los proyectos es el llamado “Software Didáctico de Lenguaje de Señas de nivel Básico (SOFLES), sus autores son César Bonilla Rivera, Genaro Galindo Cortés, Moisés Moreno Carmona del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) de Chignahuapan, Puebla. Este proyecto desarrollo un software didáctico, capaz de proporcionar ayuda a gente con discapacidad auditiva. Su finalidad es facilitar la comunicación entre personas sordomudas por medio del lenguaje de señas y aprovechar la tecnología que existe para ayudar a personas con discapacidad auditiva y a las personas que los rodean.

Mientras que el año pasado, Microsoft a través del concurso Internacional Imagine Cut Grants Programs, reconoció a cinco estudiantes de la Escuela Politécnica de Chimborazo (Espoch) por crear un software para personas con discapacidad, considerando que existe 278 millones de personas entre niños adultos el 7 % de la población mundial sufren algún grado de deficiencia auditiva, por estas razones el proyecto se enfoca en ayudar a las personas con deficiencias auditivas a comunicarse con la sociedad.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La comunicación entre sordomudos es una transmisión de información a través de mensajes, que partiendo de un código y contextos comunes y usando estrategias adecuadas alcanza el efecto de hacerlos partícipes. Es por esto que el lenguaje de señas es un medio de expresión y comunicación para personas que sufren de deficiencias auditivas.

Actualmente en el Ecuador existe una gran cantidad de personas que padecen alguna discapacidad sea esta: visual, auditiva, física o varias de ellas a la vez.

Según (CONADIS) Consejo Nacional de Discapacidades, se puede señalar que en el país existen aproximadamente: 213.000 personas con discapacidad por deficiencias auditivas y en la provincia de Tungurahua existen 1067 mujeres, 988 hombres, 143 menores de edad con deficiencias auditivas.[1]

2.2.1. INTRODUCCIÓN AL LENGUAJE DE SEÑAS

El lenguaje de señas, lenguaje dactilológico o también llamado lengua de signos es una forma de expresar no solo a través del cuerpo, y de los gestos, sino también usando principalmente las manos con el fin de comunicarse las personas sordomudas sin la necesidad de un sistema de signos vocales.

En la figura 2.1 se muestra las letras con mínima dificultad de realizarlas en el alfabeto de Señas Ecuatoriano.

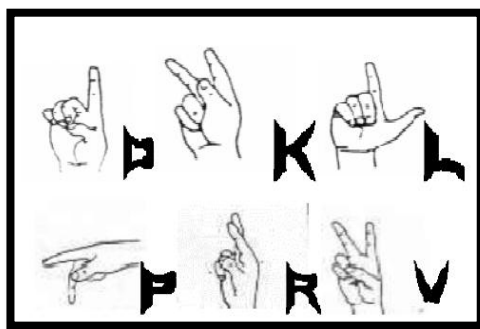


Fig 2.1.- Alfabeto de Señas Ecuatoriano

Fuente:http://www.sitiodesordos.com.ar/alfabeto_ecua.htm

En términos formales “la dactilología proviene del griego “daklitos”, dedos, y “logia”, ciencia, que significa “ciencia de los dedos”, es un sistema de comunicación que utiliza distintas posiciones de la mano en la cual cada forma concreta representa una letra. A través de la dactilología se puede transmitir, a la persona sorda, cualquier palabra que se desee comunicar, por complicada que ésta sea.

Existen varios tipos de lenguaje de signos, varían dependiendo del país, estado, provincia e incluso ciudad, por lo que no existe un lenguaje de señas universal.

El alfabeto manual está compuesto por 27 letras, mediante las cuales, es posible conformar cualquier palabra; sin embargo, en muchas ocasiones es necesaria la ayuda de la mímica, para explicar, con mayor detalle, el significado de la palabra deletreada. [2]

2.2.2. DACTILOLOGÍA

Es la representación gestual de las letras del alfabeto. Es utilizada sobre todo para el deletreo de ciudades, conceptos nuevos, direcciones, palabras que no tienen signo asignado y nombres propios cuando se habla de una persona desconocida.

En la comunidad sorda cada persona tiene un signo propio que se refiere a alguna particularidad personal que lo identifica. Normalmente, la dactilología se usa como apoyo de otros sistemas de comunicación y no como sistema único, ya que es de elaboración lenta y requiere un gran esfuerzo atencional, como se muestra en la figura 2.2 del Sistema Dactilológico.

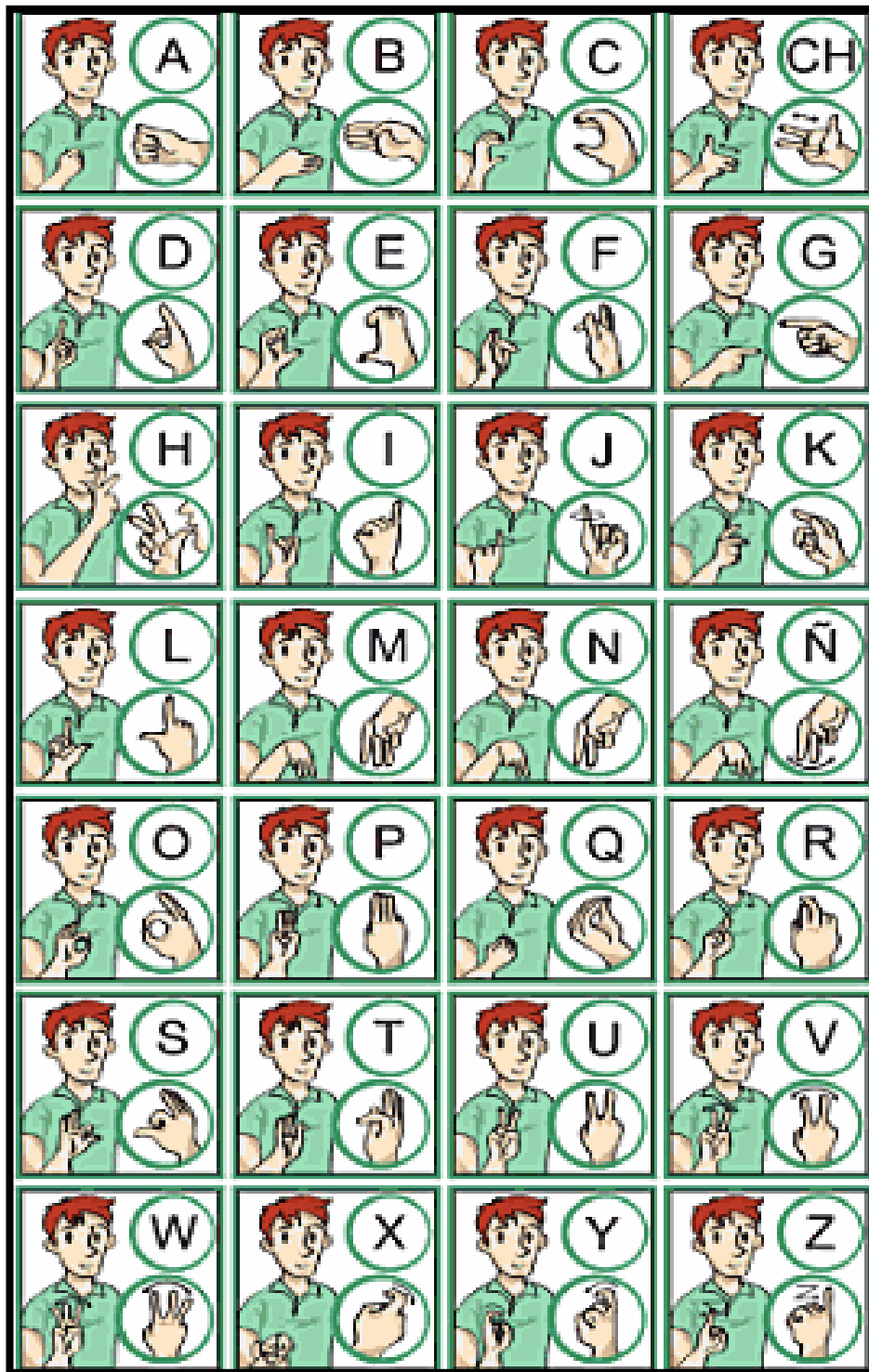


Fig 2.2.- Sistema Dactilológico

Fuente: Sendra Andrés, Atención y Apoyo Psicosocial Domiciliaria, España: 2010,p. 123

2.2.3. TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE LA DACTILOLOGÍA

La dactilología debe ser ejecutada con la mano más hábil de la persona, es decir, si se es diestro debe utilizarse la mano derecha, si es zurdo, la izquierda; cuando se es ambidiestro, debe seleccionarse sólo una de las manos, de lo contrario, se confundiría a los receptores.

El brazo debe colocarse cómodamente, sin realizar ningún esfuerzo adicional, poniendo la mano a la altura de la boca, con el objeto de que el movimiento de los labios ayude a la interpretación de lo que se desea transmitir como se muestra en la figura 2.3:

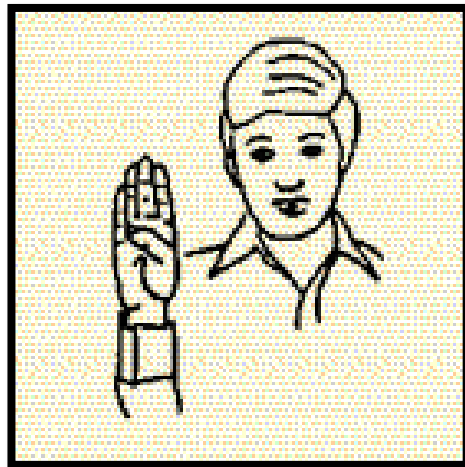


Fig 2.3.-Posicion del brazo (Dactilología)

Fuente: Sendra Andrés, Atención y Apoyo Psicosocial Domiciliaria, España: 2010,p. 125

La ejecución de cada una de las letras del abecedario manual es particular; no hay una regla que especifique que la palma de la mano siempre va hacia el frente, hacia un lado ó hacia atrás.

Las letras que forman una palabra, deben ser ejecutadas en forma progresiva y continua, evitando pausas prolongadas y movimientos no relacionados con el mensaje como rascarse la cabeza o sacudir la mano, pues esto distorsiona la información.

Entre cada palabra debe intercalarse un corto espacio de tiempo, que permita identificar el término de la palabra precedente y el inicio de la siguiente.

En el caso de que la última letra de una palabra coincida con la primera letra de la siguiente, es conveniente hacer un movimiento corto hacia un lado o al frente.

Las letras dobles más frecuentes en nuestro idioma se ejecutan haciendo un movimiento corto en línea recta hacia la derecha, como es el caso de la figura 2.4:[3]

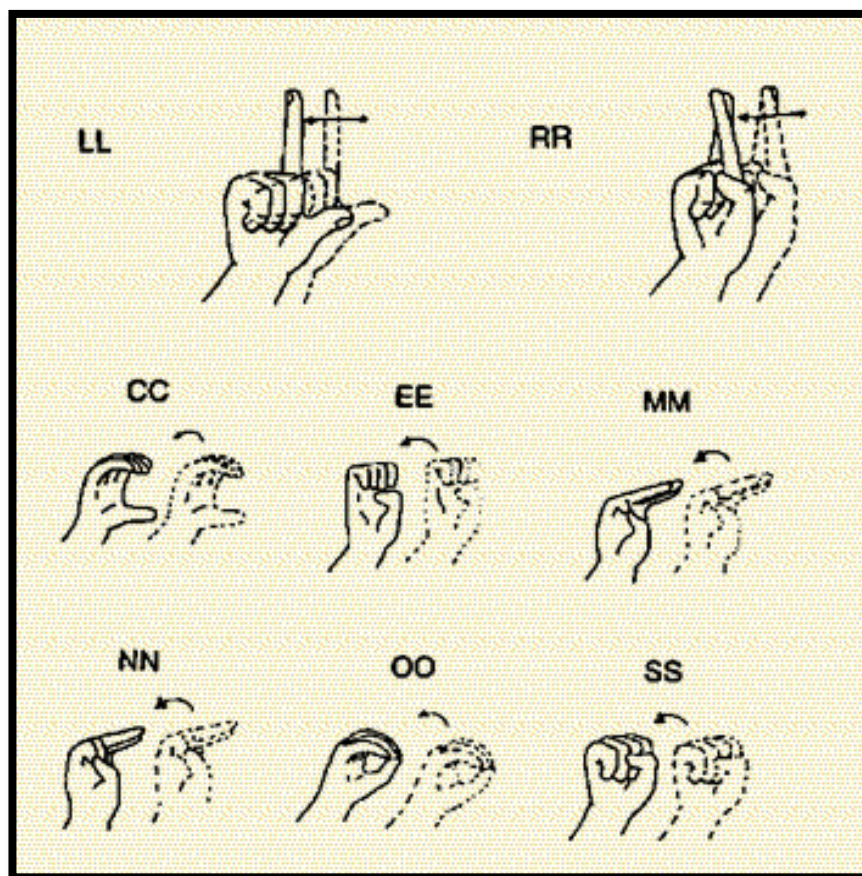


Fig 2.4.- Representación de letras dobles frecuentes

Fuente: Sendra Andrés, Atención y Apoyo Psicosocial Domiciliaria, España: 2010,p. 125

2.2.4. CLASIFICACIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS

El lenguaje de señas universal fue creado posteriormente con la finalidad de ampliar los recursos necesarios existentes de la lengua. El lenguaje de señas universal se clasifica en 4 aspectos básicos siendo éstos:

❖ **Sistema Manual:**

Es el conjunto de señales o formas de expresión lingüística mediante la utilización de una o ambas manos.

❖ **Sistema gestual - expresivo**

Es el conjunto de señales mediante el empleo de expresiones faciales o partes del rostro como: la boca, ojos, y lengua.

❖ **Sistema corporal**

Es el modo de comunicación o expresión lingüística a través del uso de diversas partes del cuerpo como: los pies, los hombros, el tronco, y el cuello exceptuando las manos y las distintas partes de la cara.

❖ **Sistema de implementación de objetos**

Es la forma de lenguaje caracterizada por el uso de ciertos objetos u herramientas con el objetivo de disponer de un vocabulario mucho más exacto, definido amplio y a la vez simplificado. [4]

2.2.5. VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial puede definirse como los procesos de obtención, caracterización e interpretación de información de imágenes tomadas de un mundo tridimensional. [5]

Como disciplina científica la visión artificial se relaciona con la teoría de construcción de sistemas artificiales que obtienen información a través de imágenes y tiene como propósito programar un computador para que pueda interpretar la información que contiene una imagen.

✓ ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL

En los sistemas de visión artificial, el éxito de las fases de preprocesamiento y análisis dependen altamente de la calidad de la información en las imágenes y esta calidad depende de varios elementos mostrados en la figura 2.5 tales como:

- La iluminación
- Sensor de Imagen
- Tarjetas de captura o adquisición de imágenes
- Algoritmos de análisis de imagen
- Computadora o módulo de proceso
- Sistema de respuesta en tiempo real

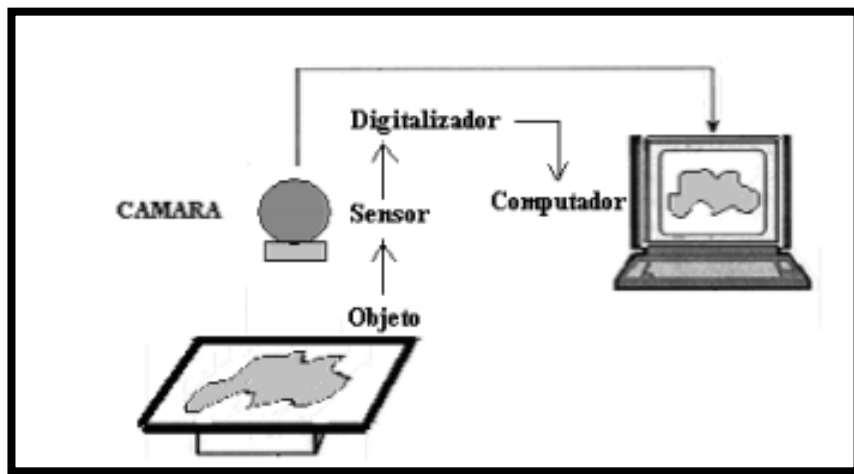


Fig 2.5.- Elementos de un sistema de visión artificial

Fuente: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>

a) ILUMINACIÓN:

Es un aspecto de vital importancia ya que debe proporcionar condiciones de iluminación uniformes e independientes del entorno, facilitando la extracción de los rasgos de imágenes de interés para una determinada aplicación.

El sistema de iluminación debe cumplir ciertas características que influye directamente sobre las prestaciones del sistema de visión.

Con condiciones de iluminación inestable o variable, ocasionaría un preprocesamiento muy costoso y complejo de la imagen, puesto que la imagen no es más que la representación de la información de la luz.

Por lo tanto la imagen al ser una representación de la información de la escena como se muestra en la figura 2.6 estará en función de:

- Las fuentes de luz
- Las características de la superficie(reflexión, rugosidad)
- Las relaciones espaciales (distancia y ángulos) entre sensores, superficies y fuentes.

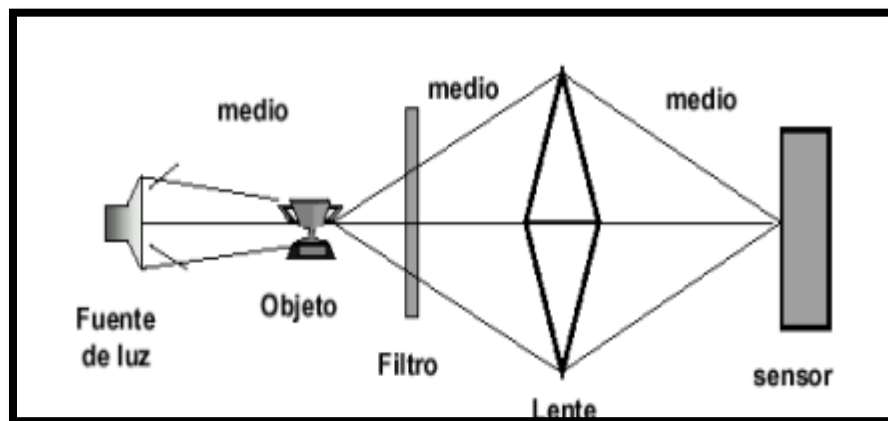


Fig 2.6.-Representación de la información de la escena

Fuente: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>

Los rayos de luz, en su trayectoria desde la fuente hasta la cámara, son alterados de diferentes formas por los objetos de la escena, de manera que la luz medida por la cámara en un punto de la misma, es representada por el valor del pixel.

El espectro resultante de un sistema de visión debe tener en cuenta las características de la fuente de luz, del medio atenuante, de la óptica del sistema y de la respuesta del sistema sensorial.

Un observador percibe una serie de sensaciones que le permiten reconocer y distinguir los objetos y al contrario, el ambiente es privado de luz, el observador deja de percibir las sensaciones que le permiten distinguir y reconocer objetos.

En la figura 2.7 se puede apreciar los diferentes tipos de iluminación utilizados en la captura de una imagen de un sistema de visión, se usan los siguientes tipos de iluminación:

- Frontal(difusa o direccional) que es la que enfatiza características en superficies planas (deformidades,hoyos,arcas,rayas)
- Retroiluminación (difusa o direccional), es la que se obtiene directamente una imagen en blanco y negro.
- Estructurada, apropiada para medir distorsiones en patrones y obtener las características de un objeto 3D.[6]

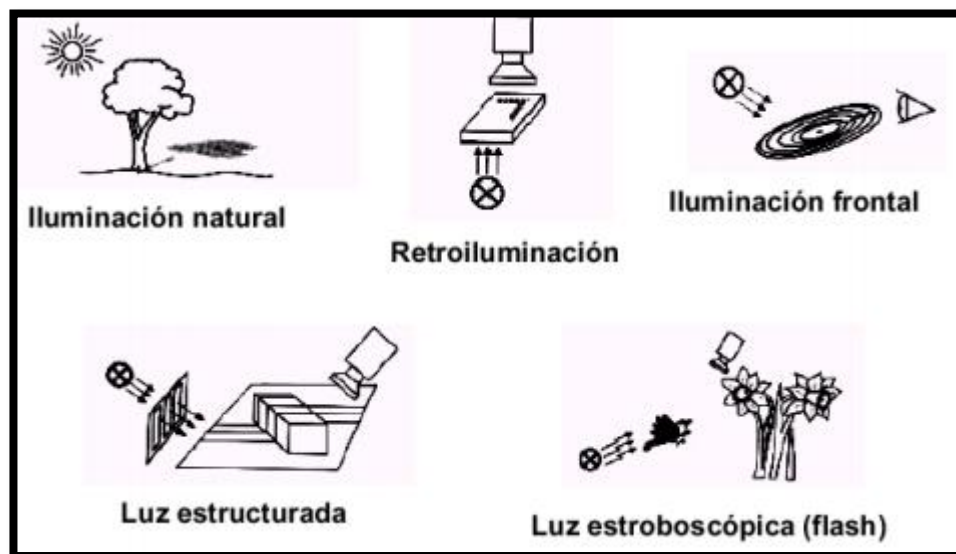


Fig 2.7.- Representación de la información de la escena

Fuente: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>

b) SENSOR DE IMAGEN

Los sensores que se usan en visión artificial son las cámaras en estado sólido. En la actualidad, existen dos tipos de sensores, el CCD y el CMOS. Este último es el más

usado en las cámaras réflex, mientras que el sensor CCD se encuentra más en las cámaras compactas.

De forma rectangular, el sensor de imágenes CCD (dispositivo de carga acoplada), funciona con el mismo principio que la película fotográfica, transforma la luz en imagen. El sensor está constituido por células fotovoltaicas que miden la intensidad de la luz y su color. Esta intensidad luminosa luego se transforma en corriente eléctrica.

Cada punto del sensor, que compone una parte de un píxel, registra la intensidad luminosa para producir una imagen, mostrado en la figura 2.8 funcionamiento de sensor de Imagen.[7]

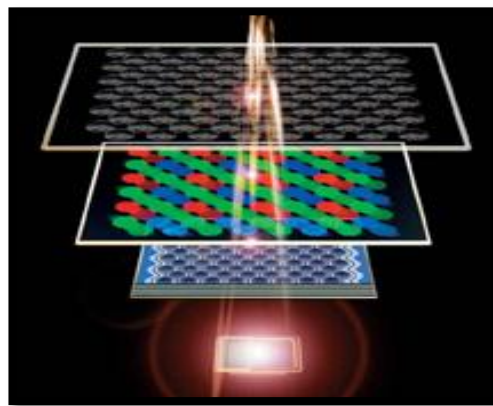


Fig 2.8.- Funcionamiento del Sensor de Imagen

Fuente: <http://static.commentcamarche.net/ww.net/faq/images/p6YJmREnuJC8DynX-s-.png>

c) TARGETAS DE CAPTURA O ADQUISICIÓN DE IMÁGENES:

Es la interfaz entre el sensor y la computadora o módulo de proceso que permite disponer de la información capturada por el sensor de imagen.

La tarjeta de captura mostrada en la figura 2.9 es considerada como una tarjeta de expansión de capacidades, que son las encargadas de transferir la imagen desde la cámara a la memoria de la computadora, para así poder ser editado y manipulado según las necesidades del usuario.

La tarjeta capturadora de video mostrada en la figura, se inserta dentro de las ranuras de expansión ó "Slots" integradas en la tarjeta principal ("Motherboard") .

Los principales aspectos que se debe tener en cuenta en una tarjeta de adquisición son: velocidad de transmisión, el formato de datos, profundidad del pixel, capacidad de captura por disparo. [8]



Fig 2.9.- Tarjeta de Captura

Fuente: Tarjeta capturadora de video, Pinnacle®, modelo Studio Movieboard, HD. RCA, FireWire.

✓ **ASPECTOS IMPORTANTES EN LA TARJETA CAPTURADORA:**

Los aspectos importantes en la tarjeta capturadora son: Velocidad de transmisión, el formato de los datos, la profundidad de pixel, la capacidad de captura por disparo, la capacidad de preprocesado de la imagen, la velocidad de transferencia de la imagen de la memoria de la tarjeta a la memoria de la computadora, el reset asíncrono o la capacidad de controlar parámetro de la cámara en tiempo real.

En cuanto a la capacidad de proceso de las tarjetas, actualmente solo existe la posibilidad de incorporar un Procesador Digital de Señal (DSP), que permite realizar determinados algoritmos de análisis de imagen en la propia memoria de la tarjeta, acelerando la implementación de los algoritmos de visión.[9]

d) ALGORITMOS DE ANÁLISIS DE IMAGEN

Es la parte inteligente del sistema. Su función consiste en aplicar las diferentes transformaciones, filtros que sean necesarios para la extracción de información de imágenes adquiridas, para que se tomen las decisiones para las que fue diseñado.

e) COMPUTADORA O MÓDULO DE PROCESO:

Es el sistema que analiza las imágenes recibidas por el sensor para extraer información de interés en cada uno de los casos implementando y ejecutando los algoritmos diseñados para la obtención de los objetivos.

Es el encargado de recibir y analizar, mediante los algoritmos adecuados, las imágenes a la velocidad necesaria para poder interactuar con el entorno en tiempo real.

Los altos requerimientos computacionales de esta tecnología no se pueden especificar de una forma genérica. Un ejemplo demostrativo de estos requerimientos es el del reconocimiento automático de matrículas mediante una cámara de 8 bits y una resolución de 640x480 (307.200 píxeles).

En la aplicación de la tabla 2.1 se necesita una etapa de filtrado, una binarización que convierta una imagen de 256 niveles de gris a solo 2, una de segmentación que aisle cada carácter de la matrícula y una clasificación. [10]

La Tabla 2.1.-Operaciones de computadora o módulo de proceso:

| | Comparaciones | Sumas y restas | Multiplicaciones | Divisiones | Op. en coma flotante | Total |
|----------------------|---------------|----------------|------------------|------------|----------------------|-----------|
| Filtrado | 0 | 2.457.600 | 0 | 307.200 | 0 | 2.764.800 |
| Binarización | 307.200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 307.200 |
| Segmentación | 1.229.310 | 1.510 | 0 | 1.000 | 0 | 1.231.820 |
| Clasificación | 0 | 3.304 | 129.857 | 0 | 417 | 133.578 |
| Total | 1.536.510 | 2.462.414 | 129.857 | 308.200 | 417 | 4.437.398 |

Fuente:Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial

f) SISTEMA DE RESPUESTA EN TIEMPO REAL

Con la información extraída, los sistemas de visión artificial pueden tomar decisiones que afecten al sistema productivo con el fin de mejorar la calidad global de producción.

En la figura 2.10 muestra los elementos de un sistema en tiempo real, para la obtención de un sistema de producción.

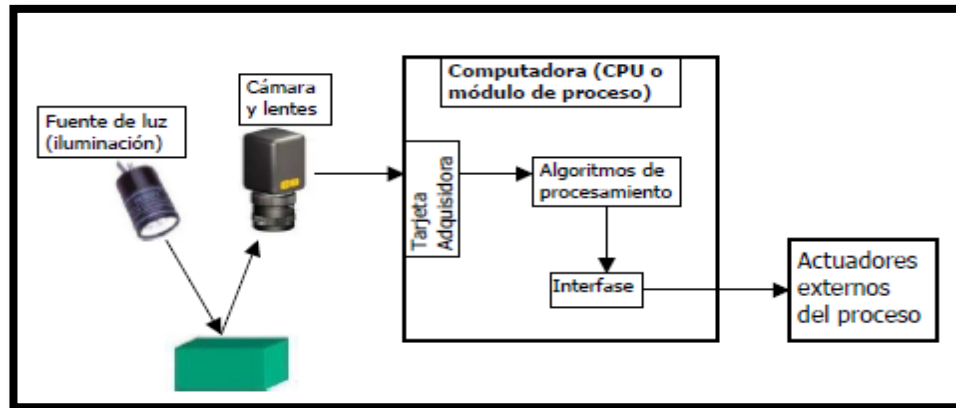


Fig 2.10.- elementos de un sistema de visión artificial

Fuente: Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial

✓ ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

El ser humano captura la luz a través de los ojos, y que esta información circula a través del nervio óptico hasta el cerebro donde se procesa.

Existen razones para creer que el primer paso de este procesado consiste en encontrar elementos más simples en los que descomponer la imagen (como segmentos y arcos). Después el cerebro interpreta la escena y por ultimo actúa en consecuencia.

La visión artificial, es un intento de reproducir este comportamiento define tradicionalmente cuatro fases principales:

- La primera fase, es puramente sensorial, consiste en la **captura o adquisición** de las imágenes digitales mediante algún tipo de sensor.
- La segunda etapa consiste en el **tratamiento digital de imágenes**, con objeto de facilitar las etapas posteriores. En esta etapa de procesamiento previo es donde, mediante filtros y transformaciones geométricas, se eliminan partes inestables de la imagen o se realzan partes interesantes de la misma.

- La siguiente fase se conoce como la **segmentación**, y consiste en aislar los elementos que interesan de una escena para comprenderla
- Por último se llega a la etapa de **reconocimiento o clasificación**: En ella se pretende distinguir los objetos segmentados, gracias al análisis de ciertas características que se establecen previamente para diferenciarlos.

Estas cuatro fases mostradas en la figura 2.11 no se siguen siempre de manera secuencial, sino que en ocasiones deben realimentarse.

Así, es normal volver a la etapa de segmentación si falla la etapa de reconocimiento, o a la de preproceso, o incluso a la de captura, cuando falla alguna de las siguientes.

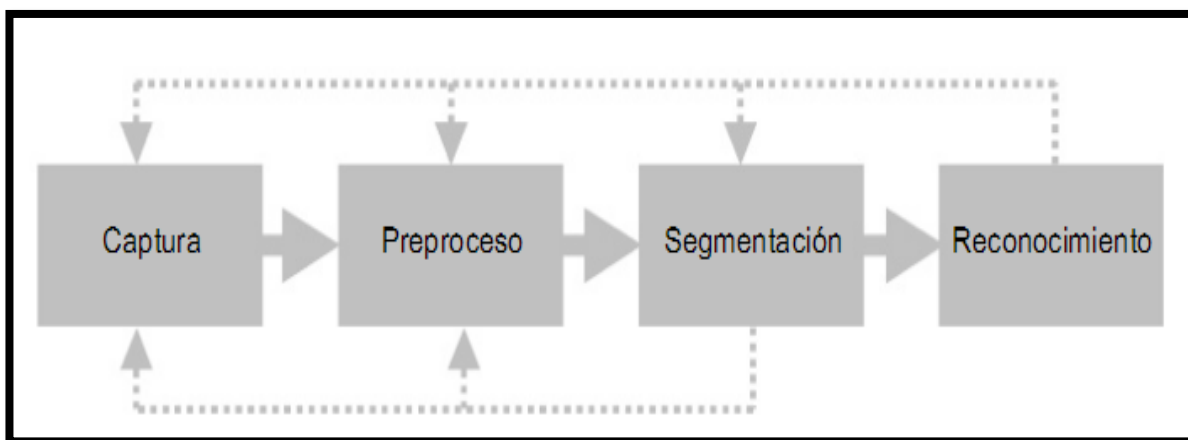


Fig 2.11.- Diagrama de bloques de las etapas típicas en un sistema de visión artificial.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/21458936/10/Etapas-de-un-sistema-de-vision-artificial>

✓ CONFIGURACIÓN INFORMÁTICA DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Aunque se pueden proponer configuraciones muy avanzadas, por ejemplo incluyendo hardware específico para acelerar ciertas operaciones, los elementos imprescindibles son:

- Un **sensor óptico** para captar la imagen: Una cámara de vídeo, una cámara fotográfica, una cámara digital, un escáner, uniéndole un conversor analógico-digital cuando sea preciso.
- Un **computador** que almacene las imágenes y que ejecute los algoritmos de preprocesado, segmentación y reconocimiento de la misma. [11]

2.2.6. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

El procesamiento digital de imágenes es una rama de la electrónica que tiene dos aplicaciones principalmente: mejorar la información descrita en una imagen para la percepción humana y procesar la imagen para su almacenamiento, transmisión y representación para la percepción de máquinas autónomas.

Cuando se habla de procesamiento digital de imágenes, se hace referencia generalmente, al procesamiento de imágenes bidimensionales mediante un computador digital. El conjunto de elementos, software y hardware, que procesan la señal visual se denomina Sistema de Procesamiento Digital de Imágenes.

La “imagen real” pasa por una serie de transformaciones que van desde la adquisición hasta la visualización, pasando por etapas tales como almacenamiento, procesamiento etc.[12]

2.2.7. IMAGEN

La imagen es una pintura, una fotografía o cualquier otra forma de representación visual de un objeto o escena, cuya proyección de mundo de tres dimensiones es convertida a dos dimensiones (plano de la imagen), para luego transformarle en una imagen digital.

2.2.8. IMAGEN DIGITAL

La imagen digital es una matriz bidimensional de números reales o complejos representados por un número finito de bits, como se muestra en la figura 2.11:

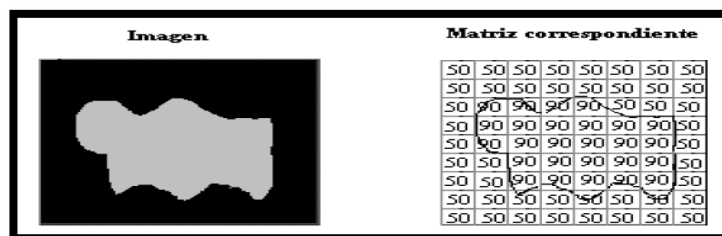


Fig 2.12.- Matriz de una imagen digital.

Fuente:<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>

La imagen a digitalizarse se compondrá de elementos llamados pixeles, que son pequeñas áreas a la cual se le asigna un único número que llevara la información de la imagen.

Un pixel puede ser muy pequeño en unidades de mm o muy grande en cm, el tamaño del área física representada por dicho pixel es llamada resolución espacial del pixel.[13]

Debido a la estructura de la visión humana la imagen en color puede ser representada como una combinación de tres colores básicos: Rojo (R), Verde (G) y Azul(B), que es llamado RGB .

La combinación de estos elementos puede producir casi cualquier color de espectro visible que son más de 16 millones de colores, según se muestra en la siguiente figura 2.12:

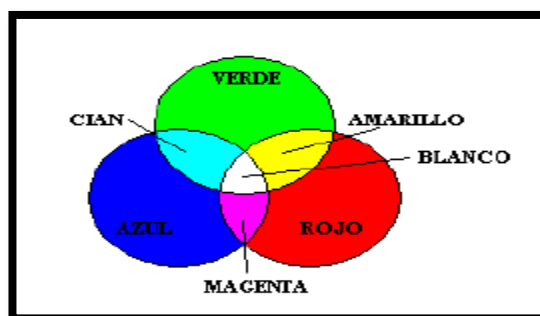


Fig 2.13.- Estructura de colores en la visión humana

Fuente:<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>

Por lo tanto digitalmente una imagen en color puede ser modelada como una imagen monocroma de tres bandas correspondiendo cada una de ellas a un color, si nuestro sistema está basado en una cuantificación de ocho bit, cada uno de los colores tendrá una gama de 0 a 255 niveles de intensidad.

2.2.9. TIPOS DE IMÁGENES

a) Espacio RGB

Las imágenes del modelo de color RGB consisten en tres planos de imagen independientes, uno por cada color primario. Cuando llegan a un monitor RGB, estas tres imágenes se combinan en la pantalla fosforescente para producir una imagen en color compuesta. De forma alternativa, la mayoría de las cámaras de color empleadas para la adquisición de imágenes digitales utilizan el formato RGB, lo que por sí solo hace de éste un modelo importante en el procesamiento de imágenes.

En el modelo RGB cada color aparece en sus componentes espectrales primarias: rojo, verde y azul. Este modelo está basado en el sistema de coordenadas cartesianas.

El subespacio de color de interés es el tetraedro mostrado en la Figura 2.13, en el cual los valores RGB están en tres vértices; cian, magenta y amarillo se sitúan en otros tres vértices, el negro corresponde al origen y el blanco se sitúa en el vértice más alejado del origen.

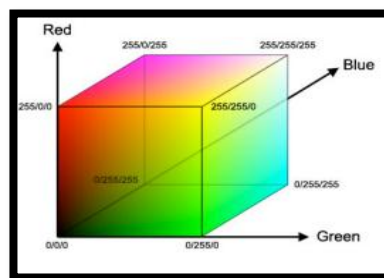


Fig 2.14.- Modelo RGB

Fuente:<http://bibing.us.es/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>

b) Espacio CMY

Cian (C), magenta (M) y amarillo (Y) son los colores secundarios de la luz, o bien los colores primarios de los pigmentos. Se denominan sustractivos ya que se utilizan como filtros para sustraer colores de la luz blanca.

La mayoría de los dispositivos que depositan pigmentos coloreados sobre papel, tales como impresoras y fotocopiadoras en color, necesitan una entrada CMY o bien una conversión interna de RGB a CMY.

El sistema coordinado es el mismo que en modelo RGB pero donde había negro ahora existe blanco y viceversa mostrado en la figura 2.15:[14]

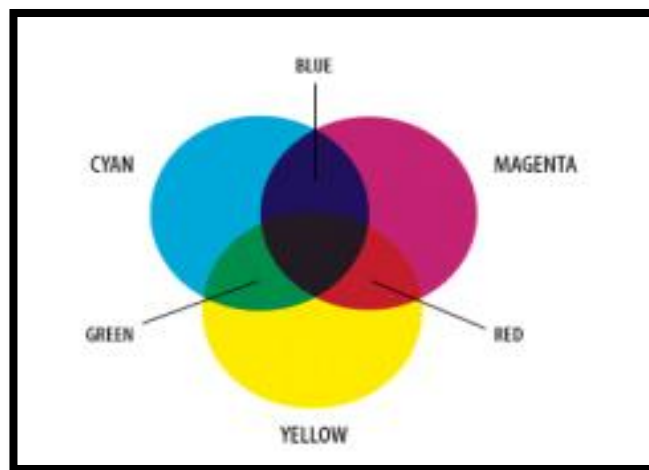


Fig 2.15.- Modelo CMY

Fuente:<http://bibing.us.es/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>

c) Espacio YIQ

El modelo YIQ se utiliza en las emisiones comerciales de televisión. Básicamente el YIQ es una recodificación del RGB utilizada por su eficacia en la transmisión y para mantener la compatibilidad con los estándares de televisión en blanco y negro. La componente Y del sistema.

YIQ, proporciona toda la información de vídeo que necesita un sistema de televisión monocromático.

El modelo YIQ mostrado en la figura 2.16 fue diseñado para aprovechar la mayor sensibilidad del sistema visual humano a los cambios de la saturación. Así los estándares YIQ emplean más bits para representar la Y y menos para representar la I o Q.

Además de tratarse de un estándar ampliamente difundido, la ventaja principal del modelo YIQ en el procesamiento de imágenes es que la luminancia (Y) y la información del color (I y Q) están desacopladas, así la importancia de este desacoplamiento radica en que la componente de luminancia de una imagen puede procesarse sin afectar a su contenido cromático.

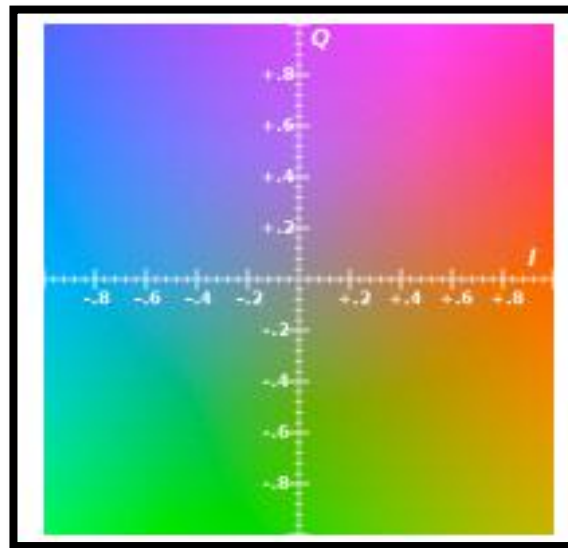


Fig 2.16.- Modelo YIQ

Fuente:<http://bibing.us.es/11875/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>

d) Modo escala de grises

Las imágenes en modo escala de grises mostrada en la figura 2.17 no tienen información de color, de forma que sólo cuentan con un canal: el negro.

Este único canal podrá tener una gama de 256 tonos de gris (0-255), de ahí el nombre de escala de grises.

La cantidad de negro también puede expresarse en porcentajes 0-100%. Por ejemplo: K25 (black = 25%). Actualmente es el modo usado para todas las imágenes en blanco y negro, tanto para imprimir como para visualizar en pantalla.[15]

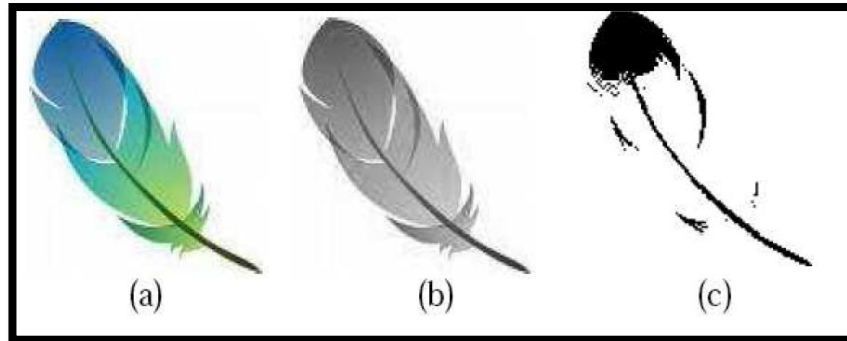


Fig 2.17.- Tipos de imágenes digitales : (a)RGB; (b) Escala de Grises; (c)Binaria

Fuente:<http://bibing.us.es/11875/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>

e) Imágenes binarias

En una imagen binaria, cada pixel asume un valor discreto: esencialmente dichos valores corresponden a 0 o 1, encendido o apagado. Una imagen binaria se almacena en un arreglo de pixeles 1s o 0s. En la figura 2.18 se muestra una imagen binaria.[16]

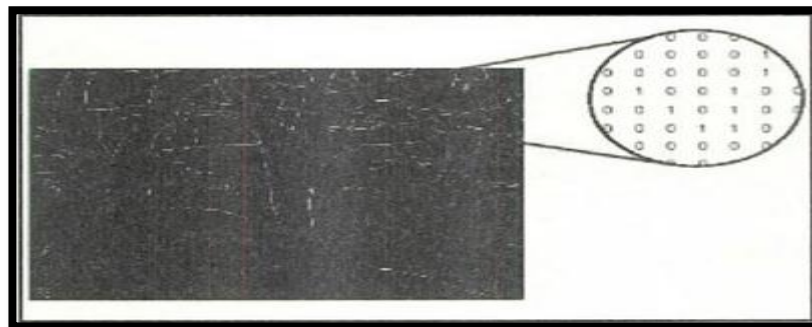


Fig 2.18.- ejemplo de imagen binaria

Fuente:fundamentos de procesamiento de imágenes, pag 129

f) Histograma de una imagen digital

El histograma es la representación objetiva de la toma en cuanto a luminosidad y exposición se refiere. Esto corresponde a la distribución de valores de intensidad en los píxeles para la imagen (niveles de gris) o en una porción de la misma.

El histograma es la representación gráfica de los datos contenidos en una imagen digital en relación brillo. El histograma muestra cómo se distribuyen los píxeles a lo largo de la curva de luminosidad. La mayoría de las cámaras digitales, ya sean “Point & Shoot” o “DSLR” cuentan con la función de histograma que puede verse en tiempo real o inmediatamente de que se captura la imagen.

Para entender lo que representa el histograma se considera el ejemplo de la figura 2.19:

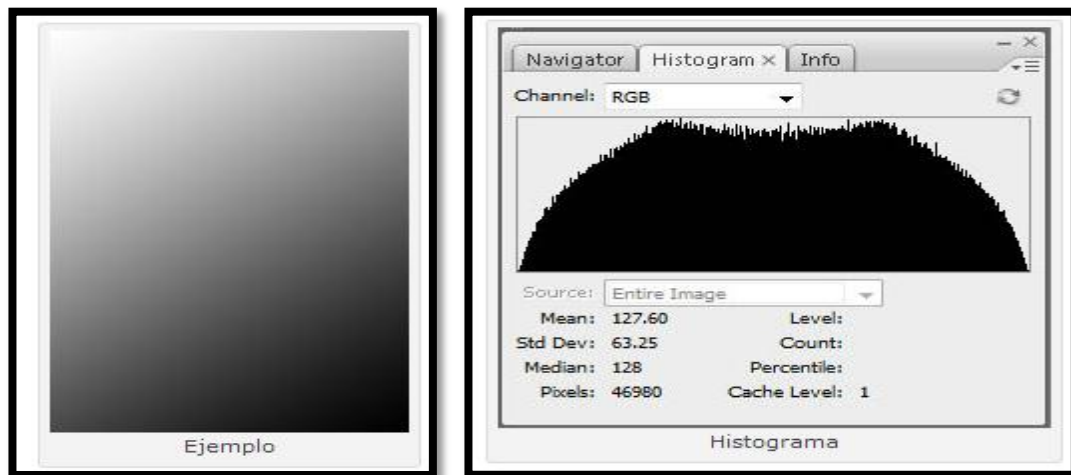


Fig 2.19.-Ejemplo de Histograma de una imagen

Fuente:<http://www.fotografiaesencial.com/blog/2010/02/25/que-es-el-histograma/>

La imagen de la izquierda representa una progresión de luminosidad que empieza en la esquina superior izquierda con el punto con mayor brillo (blanco) y conforme se dirige hacia la esquina inferior derecha el valor de la luminosidad va decayendo hasta llegar al punto más oscuro (negro), pasando por toda la escala de tonalidades de grises.

La imagen de la derecha muestra el histograma del ejemplo. El eje “X” representa la luminosidad, así como el eje “Y” el número de píxeles de la imagen. Si analizamos la gráfica de izquierda a derecha, los primeros valores representan las sombras o píxeles con poca luminosidad. Conforme nos movemos hacia la derecha de la gráfica, el valor de la luminosidad en el eje “X” se va incrementando hasta llegar al punto más iluminado.

Para mayor facilidad es recomendable dividir la gráfica en tres partes mostrada en la fig 2.20:

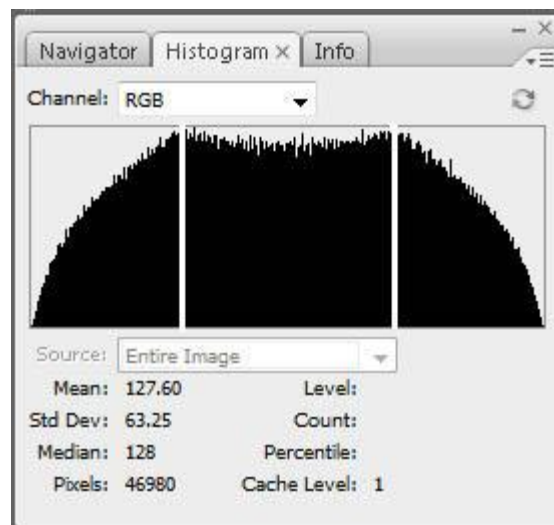


Fig 2.20.- Ejemplo de Histograma de una imagen en 3 partes

Fuente: <http://www.fotografiaesencial.com/blog/2010/02/25/que-es-el-histograma/>

El primer tercio (de izquierda a derecha son las sombras o píxeles con baja luminosidad. El segundo tercio representa todos los píxeles con luminosidad media. El último tercio representa los píxeles con mayor brillo hasta llegar al blanco.

En la mayoría de los casos, los valores en el primer tercio (sombras) darán profundidad a la imagen. Los valores en el segundo tercio (tonos medios) son la información de la escena de la imagen. Los valores en el último tercio proporcionan detalle y relieve.

El histograma es una valoración objetiva de la imagen. En algunas ocasiones, dependiendo de las condiciones de luz, una imagen puede verse muy bien en la pantalla de la cámara y cuando,

pasamos a la computadora resulta que la imagen está oscura o sobre-expuesta. Analizar el histograma permite ser críticos con el resultado sin que nos engañe la vista.[17]

2.2.10.PIXEL

El píxel (del inglés pictureelement, o sea, elemento de la imagen) es la menor unidad en la que se descompone una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de video o un gráfico. Al ampliar fuertemente una imagen digital (zoom), por ejemplo en la pantalla de un ordenador, pueden observarse los píxeles que componen la imagen. Los píxeles aparecen como pequeños cuadrados en color, en blanco o en negro, o en matices de gris. Las imágenes se forman como una matriz rectangular de píxeles, donde cada píxel forma un punto diminuto en la imagen total, mostrada en la fig 2.21:

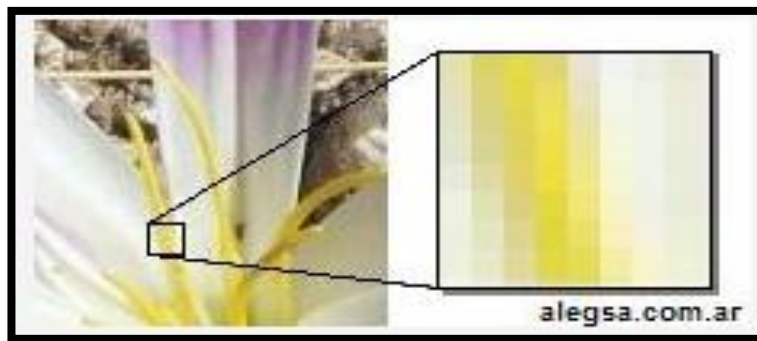


Fig 2.21.- Representación gráfica de pixel

Fuente: <http://www.alegsa.com.ar/Diccionario/Imagen/44>

2.2.11. IDENTIFICACIÓN DE IMÁGENES

Tiene como propósito el mejoramiento de una imagen, es decir eliminar el ruido, atenuar imperfecciones, mejorar el contraste (luminosidad) y el realce de característica, a través de filtros aplicados a la imagen.

El procesamiento puede ser realizado por computadores de uso general o por procesadores especialmente concebidos para este tipo de procesos de imágenes.

En esta etapa se considera la conversión de la imagen para llevar al cabo el procesamiento. Generalmente se trabaja con imágenes es escala de grises de 8 0 16 bits de profundidad. Estas operaciones se las puede resumir de la siguiente manera:

- Mejoramiento de la relación de señal – ruido (denoising).
- Atenuación de imperfecciones en la adquisición debido a la función de transferencia del sistema de captación de imágenes (desconvolución).
- Mejora del contraste o de optimización de la distribución de intensidad.
- Realce de características específicas, como por ejemplo los bordes de la imagen.

Los filtros que se utilizan son de dos tipos: filtros en el dominio espacial y filtros en el dominio de la frecuencia.

3.1.1. FILTRO

Se emplea en procesado de señales para eliminar partes no deseadas de la misma, tales como ruido o solo permitir el paso de cierto rango de frecuencia.

2.2.12. FILTRO DIGITAL

Es un filtro que opera sobre señales digitales. Es una operación matemática que toma una secuencia de números (la señal de entrada) y la modifica produciendo otra secuencia de números (la señal de salida) con el objetivo de resaltar o atenuar ciertas características.[18]

2.2.13. FILTROS EN EL DOMINIO ESPACIAL

Los filtros en el dominio espacial se aplican directamente sobre los pixeles de una imagen. Toman información de cada uno de los pixeles próximos al pixel objetivo que está siendo analizado, para recolectar información importante y aplicar el filtro a dicho pixel, de esta manera se consigue el mejoramiento de la imagen.

Básicamente el proceso de filtrado consiste en realizar una serie de operaciones sobre cada uno de los píxeles que componen la imagen.

✓ **FILTROS LINEALES:**

Estos filtros se usan para suavizar, transformar y remover el ruido en una imagen en escala de grises, cambiando el valor de un píxel en base a un algoritmo que usa los valores de los píxeles próximos.

Es decir, el filtro lineal se caracteriza por el hecho de que el resultado de cada píxel se obtiene como combinación lineal de sus vecinos. El algoritmo utilizado se basa en una matriz de Kernell o máscara en donde cada elemento de la matriz es un coeficiente. Esta máscara se mueve por toda la imagen para que se aplique a todos los píxeles.

Cada máscara tiene ciertos valores, no se debe confundir estos valores con intensidades de píxeles, pues son más bien los coeficientes de la máscara.

El proceso consiste en convolucionar la máscara con la imagen: Se debe aplicar la máscara centrada en el píxel (i , j), y luego actualizar este valor según la operación de convolución, luego mover la máscara al píxel vecino y repetir la operación.

La entrada será una imagen en escala de grises y la salida será la imagen modificada en escala de grises.

“El resultado del filtrado espacial lineal mostrada en la fig 2.22 en un píxel es la suma de los productos de los coeficientes de la máscara por los valores de los píxeles del vecindario” el resultado de un filtrado espacial lineal aplicado a un píxel es:

$$P_{i,j} = \frac{\sum (K_{a,b} \times P_{a,b})}{N}$$

Donde:

“a” esta entre $i-1$ y $i+1$.

“b” esta entre $j-1$ y $j+1$.

“N” es el factor de normalización que toma el valor mayor entre 1 y $\sum K_{a,b}$.[19]

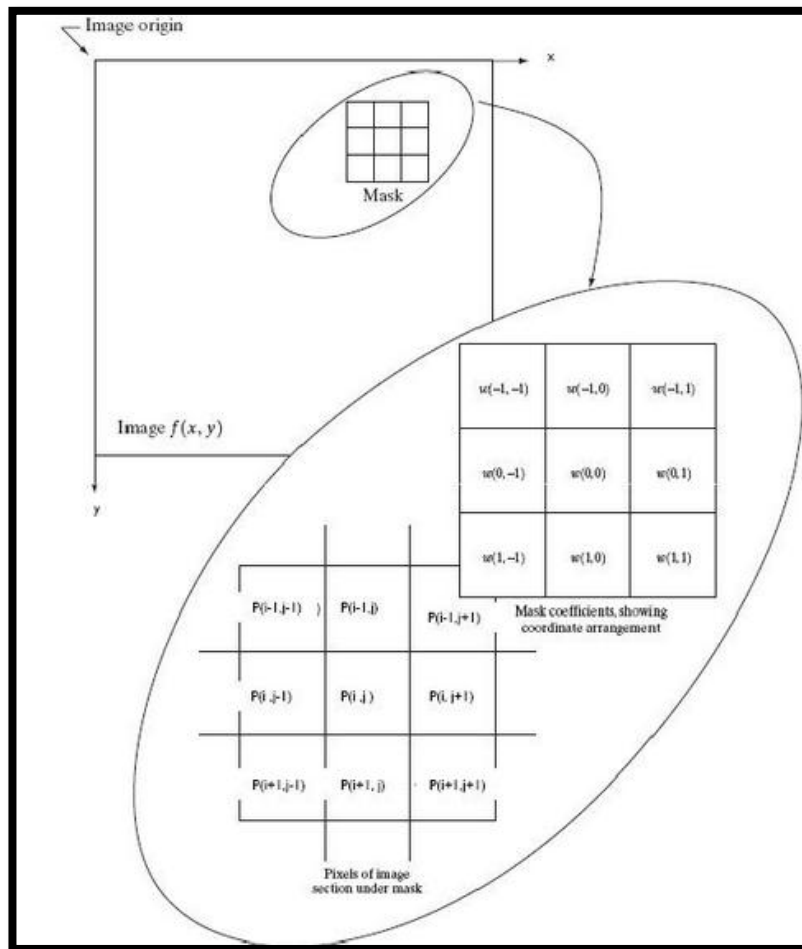


Fig 2.22.- Ejemplo de resultado del filtrado espacial lineal

Fuente: <http://kernelinformatico.blogspot.com/2009/07/filtrado-espacial.html>

Los filtros lineales se clasifican en:

a) Filtro pasa altos:

Este tipo de filtros pretende aislar los componentes de alta frecuencia de una imagen. El filtro pasa alto tiene un efecto opuesto al filtro pasa bajos, acentúa los componentes de alta frecuencia espacial.

Una máscara de paso alto muy común mostrada en la fig 2.23, de dimensiones 3x3, es aquella que contiene un 9 en la posición centro y -1 en las posiciones que lo rodean, es decir:

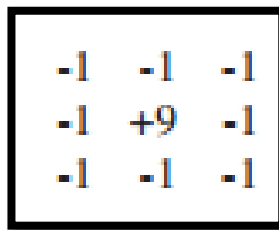


Fig 2.23.- Ejemplo de máscara pasa alto común

Fuente: <http://kernelinformatico.blogspot.com/2009/07/filtrado-espacial.html>

La suma de los coeficientes es 1 y los coeficientes más pequeños rodean al coeficiente del centro que es positivo y el más grande. Esta disposición de los coeficientes indica que el pixel central del grupo de pixeles de entrada que se procesan aporta una alta influencia, mientras que los pixeles que lo rodean actúan oponiéndose a el.

Si el pixel central posee un valor de brillo muy diferente al de sus vecinos inmediatos, entonces el efecto de estos últimos es depreciable y el valor de salida es una versión acentuada del valor original del pixel del centro.

Esa diferencia indica una marcada transición en los niveles de gris, mostrando la presencia de componentes de altas frecuencias.

Por consiguiente, Al aplicar el filtro Paso alto sobre una imagen, por ejemplo la de la figura 2.24, ésta se convierte prácticamente a un tono gris (aunque con pequeñas zonas de color (según valor del radio aplicado) y sobre ella quedan marcados los bordes de las transiciones bruscas de luminosidad.[20]



Fig 2.24.- Ejemplo de resultado final de la aplicación de un filtro pasa alto en una imagen

Fuente: <http://www.aet.org.es/revistas/revista17/AET17-04.pdf>

b) Filtro pasa bajos:

Tienen por objeto suavizar los contrastes espaciales en una imagen. Un filtro espacial de pasa bajo mostrado en la fig 2.25 tiene por efecto dejar pasar o mantener intocables los componentes de baja frecuencia espacial de una imagen. Los componentes de alta frecuencia están acentuados o virtualmente ausentes en la imagen de salida.

Este filtro se aplica a una región de una imagen donde cada pixel de núcleo tiene el mismo valor de brillo.[21]



Fig 2.25.- Ejemplo de filtro pasa bajo

Fuente: <http://www.aet.org.es/revistas/revista17/AET17-04.pdf>

c) Filtro de mediana

El problema de los filtros de mediana suelen introducir un efecto denominado “blurring” (o emborronamiento) que hace perder parte de la nitidez de la imagen original. El filtro de mediana obtiene el nuevo valor del pixel sustituyéndolo por la mediana de los vecinos de la ventana.

La mediana se obtiene tomando un conjunto de pixeles de la vecindad, ordenándolos por su nivel de gris y tomando el valor central como se muestra en la figura 2.26:

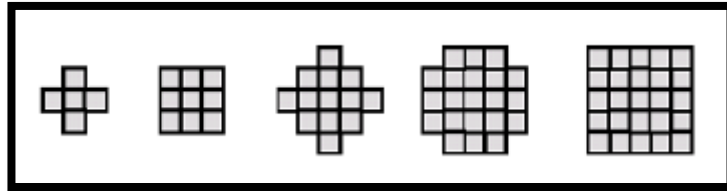


Fig 2.26.- Patrones de vecindad usados en el filtro de la mediana

Fuente: <httpdspace.ups.edu.ec/bitstream/1234567892203/Capitulo%202.pdf>

En la figura 2.27 se puede apreciar el resultado que se obtiene al realizar el filtro de mediana de una imagen:



Fig 2.27.- Resultado del procesamiento del filtro de mediana

Fuente: <httpdspace.ups.edu.ec/bitstream/1234567892203/Capitulo%202.pdf>

2.2.14. FILTROS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA:

Una imagen se puede filtrar en el dominio de la frecuencia o en el dominio del espacio.

Los filtros en el dominio de la frecuencia se usan, principalmente, para eliminar altas o bajas frecuencias de la imagen, lo que se traduce en suavizar la imagen, o bien, realzar o detectar bordes.

Estos filtros que trabajan en el dominio de la frecuencia se aplican sobre la Transformada de Fourier de la imagen, por lo cual esta se modifica mediante el teorema de convolución.

En la fig 2.28 se muestra las etapas del procesamiento de imágenes en el dominio de la frecuencia para la obtención de una imagen filtrada.

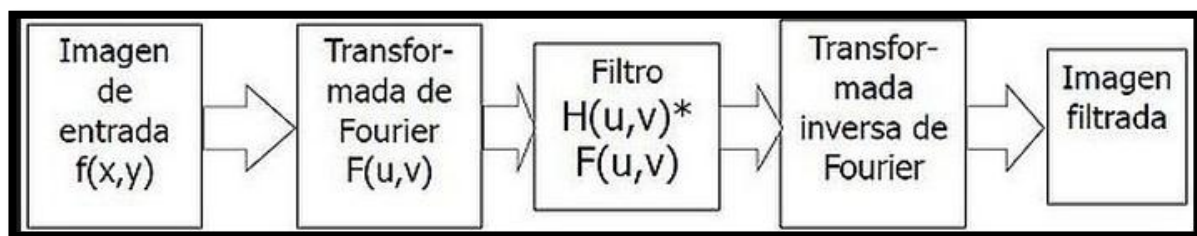


Fig 2.28.- Etapas del procesamiento de imágenes en el dominio de la frecuencia

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Procesamiento_digital_de_imagenes

Los filtros en el Dominio de la Frecuencia se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Filtro pasa bajos:** son filtros que se encargan de filtrar altas frecuencias que equivalen a cambios bruscos de intensidad, es decir elimina el ruido y permiten el paso de señales de baja frecuencia y eliminan las señales de alta frecuencia.
- Filtro pasa alto:** permiten el paso de señales de alta frecuencia y eliminan las señales de baja frecuencia, se encuentran en los bordes de la imagen, por lo que es usado para la detección de bordes además que refuerza el contraste de la imagen.

- c) **Filtro Pasa banda:** permiten el paso de un rango de frecuencias seleccionadas por el diseñador del circuito, es decir filtra frecuencias muy altas o muy bajas.[22]

2.2.15. CONCEPTO DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

La segmentación de una imagen consiste en la división o partición de la imagen en varias zonas o regiones homogéneas y disjuntas a partir de su contorno, su conectividad, o en términos de un conjunto de características de los píxeles de la imagen que permitan discriminar unas regiones de otras. Los tonos de gris, la textura, los momentos, la magnitud del gradiente, la dirección de los bordes, las modas de los tonos de gris en ventanas 3x3, 7x7 y 15x15, etc., son características a utilizar para la segmentación.

La operación de segmentación trata de distinguir si un píxel pertenece, o no, a un objeto de interés y, por lo tanto, produce una imagen binaria. Todavía no hay una teoría unificada de la segmentación de imágenes, solamente se dispone de un conjunto de algoritmos.

Los algoritmos de segmentación de imágenes monocromáticas se basan en alguna de las tres propiedades siguientes:

- a) **Discontinuidad;** En los tonos gris de los píxeles de un entorno, permite detectar puntos aislados, líneas y aristas (bordes).

Realiza la división de una imagen en objetos teniendo en cuenta cambios bruscos de niveles de gris.

Las principales áreas de interés dentro de esta categoría son:

- Detección de puntos aislados en una imagen
- Detección de líneas en una imagen
- Elección de bordes en una imagen

- b) **Similaridad:** Particiona una imagen en regiones que son similares de acuerdo a un conjunto de criterios predefinidos.

- c) **Conectividad:** Los píxeles desempeña un papel importante en la segmentación de imágenes.

Recordando que una región D se dice conexa o conectada si para cada par de píxeles de la región existe un camino formado por píxeles de D que los conecta. Un camino de píxeles es una secuencia de píxeles adyacentes (que pertenecen a su entorno inmediato).[23]

2.2.16. SEGMENTACIÓN SUAVE DE IMÁGENES

Las segmentaciones que permiten que las regiones o clases se superpongan son llamadas segmentaciones suaves. Las segmentaciones suaves son importantes en el tratamiento de imágenes médicas debido a los efectos de volumen parcial, donde múltiples tejidos contribuyen a un solo píxel o voxel, resultando en una mezcla de intensidades en las fronteras. La Figura 2.29 muestra como el proceso de muestreo puede resultar en efectos de volumen parcial, creando ambigüedades en la definición de la estructura. En la Figura b, es difícil determinar de manera precisa la frontera entre los dos objetos.

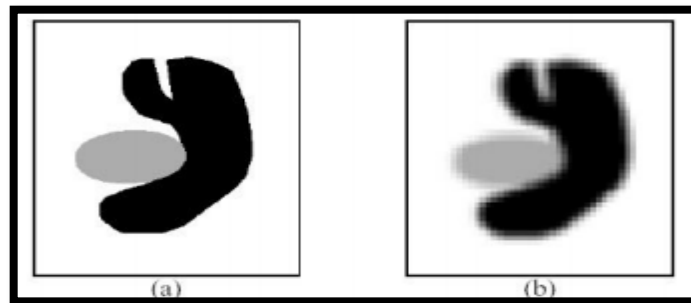


Fig 2.29.-Ilustración del efecto de volumen parcial: (a) Imagen Ideal ; (b) Imagen adquirida

Fuente: <http://lcg.ciens.ucv.ve/~ernesto/nds/CotoND200305.pdf>

Una segmentación dura obliga a tomar una decisión en cuanto a si el píxel está dentro o fuera del objeto. Las segmentaciones suaves, por otro lado, retienen mayor información de la imagen original permitiendo ambigüedad en la localización de las fronteras de los objetos.[24]

2.2.17. TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES:

a) Crecimiento y adelgazamiento de regiones

Se trata de encontrar regiones homogéneas hasta que dejan de cumplir el criterio de homogeneidad.

b) Agrupamiento:

Busca datos que puedan ser agrupados en algún dominio: dominio espacial, espacio de color, espacio de características.

c) Detección de bordes

Los bordes de una imagen digital se pueden definir como transiciones entre dos regiones de niveles de gris significativamente distintos. Suministran una valiosa información sobre las fronteras de los objetos y puede ser utilizada para segmentar la imagen, reconocer objetos, etc.[25]

La detección de bordes es la técnica más frecuentemente utilizada, ya que en la mayoría de las aplicaciones no es útil encontrar puntos y línea.

– Detección de bordes: Operador de SOBEL

Calcular el operador gradiente en el eje x e y, es equivalente a aplicar sobre la imagen las siguientes máscaras, conocidas como operador de Sobel mostrada en la tabla 2.2:

Tabla 2.2.- Mascara del operador de Sobel

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Fuente: <https://space.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2203/Capitulo%202.pdf>

La detección se realiza con un ángulo de 90 grados sobre la dirección que aparentemente tiene el borde. Enfatiza el pixel central de la máscara (lo multiplica por 2).

Los operadores de Sobel son rápidos y efectivos. Sin embargo, no proporcionan el valor real de gradiente, sino una imagen sobre la que se pueden realizar cálculos referentes al contorno.

Este método da relieve al contraste (marca bordes) entre regiones homogéneas, al mismo tiempo que produce un adelgazamiento.

– **Detección de bordes: Operador de Prewitt**

Similar al de Sobel con diferentes coeficientes (c=1). Las máscaras del operador de Prewitt se muestran en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3.- Mascara de operador Prewitt

$$\mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Fuente: <http://space.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2203/Capitulo%202.pdf>

No se enfatiza el pixel central de la máscara. La detección se realiza con un ángulo de 90 grados, sobre la dirección que aparentemente tiene el borde, en la figura 2.30, se tiene el procesamiento en la obtención de bordes utilizando dos diferentes métodos como son el de Canny figura (b) y el método Prewitt (c). [26]

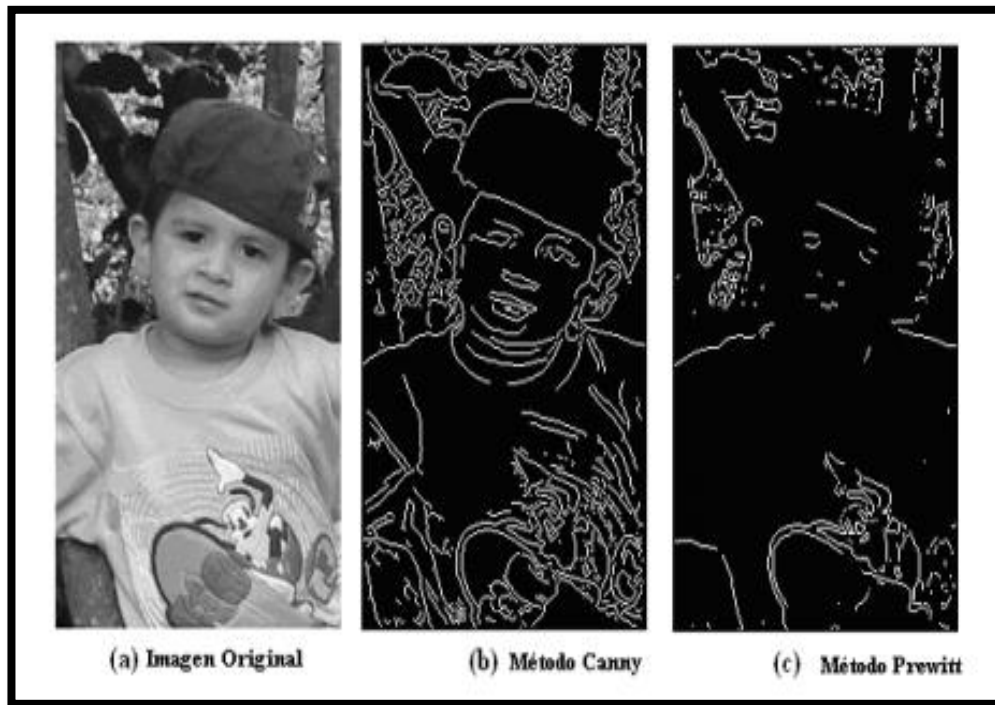


Fig 2.30.-deteccion de bordes de una imagen

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/3/Capitulo%202.pdf>

2.2.18. METODO UMBRAL (umbralización)

La umbralización es uno de los más importantes métodos de segmentación de imágenes digitales.

Las técnicas de umbralización buscan obtener un valor de umbral que permite binarizar a la imagen separando adecuadamente en fondo (background) y el objeto a separar (foreground).

En la figura 2.31 se muestra la imagen de umbralización:



Fig 2.31.-Lenna a 256 niveles de gris b) lenna con un umbral bajo; c) con umbral alto; d) con umbral intermedio

Fuente: http://www.lpi.tel.uva.es/ing_ond_1/trabajos_03_04/sonificacion/cabroa_archivos/umbralizacion.html

Existen numerosas técnicas de umbralización, desarrolladas, ampliadas y modificadas por diversos autores pero, no hay un método general que se aplique a todas las imágenes y que nos brinde una umbralización perfecta. Generalmente, esto varía dependiendo de la imagen y de otros factores.

Las técnicas de umbralización de acuerdo a la información que emplean y el modo en que la procesan. “Esta categorización fue propuesta por Sezgin y Sankur(2004)”: se clasifican en:

- a) **Métodos basados en la forma del histograma:** Esta clasificación abarca las diferentes propiedades de un histograma, como por ejemplo los picos, valles y curvaturas. Básicamente los dos picos más altos y su valle son buscados para usar la envolvente convexa de un histograma, o su curvatura.

- b) **Métodos basados en la entropía:** Usan la entropía de los niveles de gris en una imagen. La máxima entropía es interpretada como la máxima información transferida y es el umbral óptimo a elegir.

- c) **Métodos basados en los atributos de la imagen:** Consisten en técnicas que seleccionan un valor de umbral basado en atributos que buscan una medida de similitud entre la imagen original y la imagen binarizada. Estos atributos pueden ser: bordes, formas, momentos de niveles de gris, conectividad, textura o estabilidad de los objetos segmentados. Los autores que estudiaron estos métodos son Tsai, Hertz and Schafer, Murthy y Pal.

- d) **Métodos basados en características locales:** adaptan el umbral en cada píxel en función de las características locales de la imagen tales como rango, varianza, parámetros de superficie. El umbral $T(i,j)$ es en función de sus coordenadas, los píxeles del objeto y fondo son indicados por la variable $B(i,j)$. Nakagawa y Rosenfeld, Deravi and Pal fueron los primeros en usar estos métodos.[27]

2.2.19. MANIPULACION DE IMAGEN BINARIA:

a) DILATACIÓN Y EROSIÓN

Se denominan erosión y dilatación a dos operaciones complementarias que se realizan sobre las imágenes binarias y que consiste respectivamente, en la eliminación o el incremento de una fila de píxeles alrededor de un objeto.

De manera simple podemos considerar los objetos formados por anillos de píxeles. La operación de erosión mostrada en la fig. 2.32 consiste en la eliminación de los píxeles del anillo superficial de un objeto es decir es la operación que reduce el tamaño de los blobs dentro de una imagen.

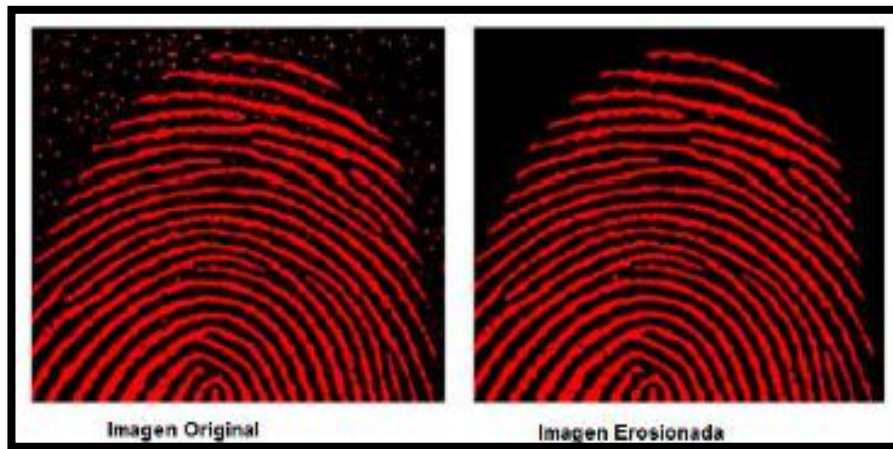


Fig 2.32.-Operación de erosión

Fuente: Técnicas de análisis de imagen, pág. 157

Del mismo modo se entiende la dilatación como la incorporación de una fila marginal de pixeles a los objetos de una imagen binaria.

Al dilatar una imagen lo que se logra es aumentar el tamaño de los objetos contenidos en esta. La dilatación mostrada en el ejemplo de la fig 2.33 es una operación que aumenta capas a los objetos o blobs aun los que tengan agujeros.

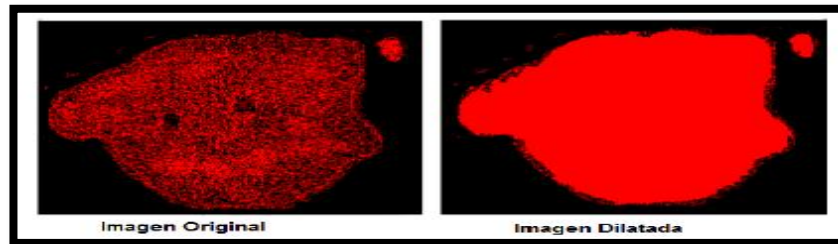


Fig 2.33.-ejemplo de dilatación de una imagen

Fuente: Técnicas de análisis de imagen, pág. 157

b) APERTURA Y CIERRE

Las operaciones de erosión y dilatación pueden combinarse con el fin de restaurar, en lo posible, las adiciones o disminuciones de los pixeles periféricos tras la correspondiente operación contraria.

La apertura consiste en realizar en una imagen una erosión y después una dilatación. La erosión no es la inversa a la dilatación por tal motivo la imagen resultante no es la original. Esta operación se usa para descomponer objetos en elementos mas simples, eliminar salientes estrechos, separar objetos que no están demasiados pegados y aumentar los agujeros de los objetos como se muestra en la imagen 2.34.

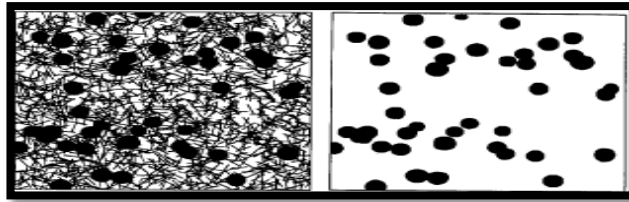


Fig. 2.34-ejemplo de apertura de una imagen

Fuente: Técnicas de análisis de imagen, pág. 158

El cierre hace exactamente lo contrario que la apertura, primero realiza la dilatación y después la erosión. Esta operación suaviza los contornos de los objetos y remueve agujeros; pero la desventaja es que la operación no elimina partículas pequeñas y salientes de las imágenes mostradas en la fig. 2.35.[28]



Fig 2.35-ejemplo de cierre de una imagen

Fuente: Técnicas de análisis de imagen, pag 158

2.2.20. INTERPRETACIÓN ESTEREOMÉTRICA

Es una etapa la distribución de tamaños con dos dimensiones para ser transformada en una distribución de los tamaños volumétricos o tridimensionales.

2.2.21. APLICACIONES DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

En las últimas décadas se ha producido una migración cada vez mayor desde el procesamiento análogo hacia el procesamiento digital. Al mismo tiempo se han sugerido diferentes aplicaciones, que nunca existieron en el mundo análogo. Aquí se mencionan algunas de las aplicaciones de PDI:[29]

- ❖ **RADAR:** Medición de distancias y de la velocidad de los contactos.

En la figura 2.36 se muestra la aplicación de DSP para la Compresión del pulso, lo que permite incrementar la longitud de los pulsos para aumentar el alcance, manteniendo la resolución en distancia.

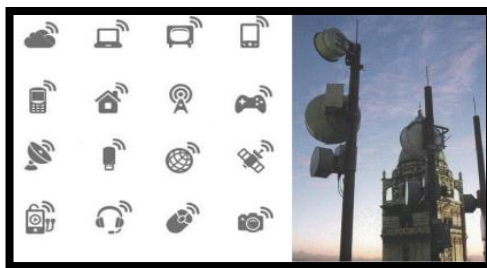


Fig 2.36.- Aplicación de DSP: Radar

Fuente: Matías Zañartu, Ph.D. -Universidad Técnica Federico Santa María

- ❖ **MEDICINA:** Reducción de Ruido y diagnóstico automático de electrocardiogramas y electroencefalogramas, formación de imágenes en tomografía axial computarizada, resonancia magnética Nuclear y ecografía (ultrasonido), mostrada en la figura 2.37:

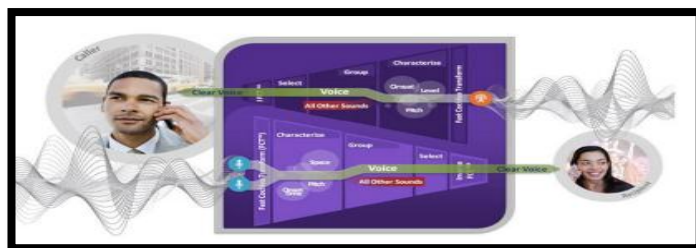


Fig 2.37.- Aplicación de DSP: Medicina

Fuente: Matías Zañartu, Ph.D. -Universidad Técnica Federico Santa María

- ❖ **OCEANOGRAFÍA:** alerta temprana de maremotos o tsunamis cuando se propagan en el océano abierto, en base a las características de esas ondas que las diferencian de las olas y de las mareas, análisis armónico y predicción de mareas, medición de la energía de las olas con el objeto de dimensionar muelles y otras estructuras sumergidas. En la figura 2.38 se muestra un ejemplo de oceanografía la cual realiza una predicción de tsunamis:



Fig 2.38.- Aplicación de DSP: Oceanografía
Fuente: <http://www.ciencia1.com/seccion.asp?id=2413>

- ❖ **ASTRONOMIA:** Detección de planetas en estrellas lejanas, en base al movimiento oscilatorio que inducen a las estrellas alrededor de las cuales orbitan mostrada en la figura 2.39:



Fig 2.39.- Aplicación de DSP: Astronomía
Fuente: http://www.uach.mx/extension_y_difusion/2010/08/24/curso_basico_de_astronomia/

- ❖ **RADIOASTRONOMÍA:** Búsqueda de patrones en las señales recibidas por los radiotelescopios, para detectar inteligencia extraterrestre (SETI) mostrada en la fig 2.40:



Fig 2.40.- Aplicación de DSP: Radioastronomía

Fuente:<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/10/07/ciencia/1254911450.html>

- ❖ **TELEFONÍA:** Conmutación (plantas telefónicas), decodificación de discado por tonos (DTMF), módem, teléfonos satelitales ect.

En la fig. 2.41 se muestra un ejemplo de telefonía:



Fig 2.41.- Aplicación de DSP: Telefonía

Fuente:<http://html.rincondelvago.com/competencia-de-servicios-de-telefonía-celular.html>

- ❖ **SISMOLOGÍA:** localización de hipocentros de sismos, búsqueda de minerales y de petróleo de ecos subterráneos generados por pequeñas explosiones.

En la fig. 2.42 se muestra la imagen del sismo, considerada como una aplicación de DSP:

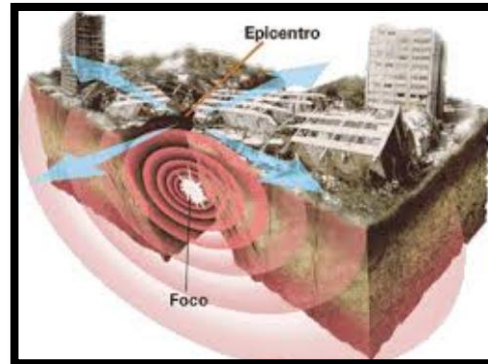


Fig 2.42.- Aplicación de DSP: Sismología

Fuente:<http://sismologiaeducativa.blogspot.com/2010/06/nuevo-centro-sismologico.html>

- ❖ **PROCESAMIENTO DE IMÁGENES:** mejora del brillo, contraste, colorido y nitidez, restauración de imágenes borrosas debido al movimiento de la cámara o de elemento fotográfico, comprensión de la información.

En la fig 2.43 se muestra una imagen de detección de huellas y rostros mediante una cámara para su respectivo procesamiento.

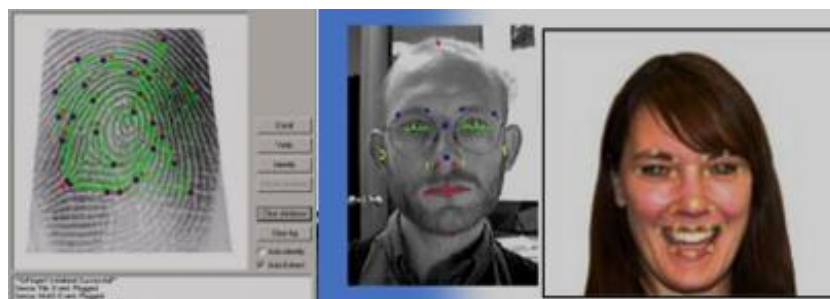


Fig 2.43.- Aplicación de DSP: Procesamiento de Imágenes

Fuente: Matías Zañartu, Ph.D. -Universidad Técnica Federico Santa María

2.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El diseño de la “Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto” permitió mejorar la comunicación entre sordomudos y personas que desconocen el lenguaje de Señas, sustentándose en la aplicación de conocimientos teóricos y técnicos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. BIBLIOGRÁFICA

Esta investigación permitió profundizar, detectar, ampliar los conocimientos y conceptos básicos de Investigación, tecnologías y software utilizados; para mejorar la comunicación entre la comunidad sordomuda, considerando criterios de autores relacionados con el tema a tratarse, y realizando adquisición de datos en los procesos y programación realizada.

3.1.2. CAMPO

Se tomó la información presentada acerca de la cantidad de personas que sufren deficiencias auditivas en el cantón Ambato, considerando las necesidades de cada uno de ellos, en el requerimiento de un software que sirva como transductor del lenguaje de señas a texto.

La investigación se basó en una orientación de estudio, en el lugar donde existe la necesidad de investigación.

3.1.3. MODALIDADES ESPECIALES

Se realizaron pruebas que permitieron demostrar que el proyecto es eficiente y factible, se tuvo contacto directo con el problema y se implementó un software didáctico que mejoro y brindo una comunicación eficiente entre la comunidad sordomuda y la sociedad.

3.4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la investigación acerca de la “Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto” se tuvo contacto directo con el problema, realizando la observación del tema a investigarse e interactuando con personas sordomudas.

Además se realizó investigación de campo acerca de las medidas de comportamiento de las personas sordomudas, y se basó en la información de internet y libros.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el desarrollo del proyecto se realizó la recopilación de datos, basándose en la investigación en libros e internet para de esta manera fomentar el aprendizaje adecuado del lenguaje dactilológico y comunicarnos con las personas sordomudas.

Una vez analizados e interpretados los datos recopilados de la investigación, basándose en el Procesamiento Digital de Imágenes se desarrolló un software aplicativo para la transcripción de Lenguaje de Señas a Texto para personas Sordomudas, que a más de ser un aporte a la tecnología, brindará ayuda a los familiares, amigos y al mundo exterior a entender el lenguaje de señas de las personas con deficiencias auditivas.

3.6. DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto fue desarrollado de la siguiente manera:

1. Análisis de cada una de las señas utilizada por los sordomudos.
2. Analizar el código de señales para la efectiva comunicación con personas sordomudas.

3. Definición de la importancia de las señales más utilizadas en la comunicación de personas sordomudas.
4. Interpretación de las señales más utilizadas en la comunicación con las personas sordomudas.
5. Procesamiento de cada una de las señas de comunicación de las personas sordomudas.
6. Verificación si cada una señas utilizadas por las personas sordomudas es correcta.
7. Desarrollo del software aplicativo con técnicas de Procesamiento Digital de Señales.
8. Análisis de Resultados y Conclusiones
9. Elaboración del Informe Final

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1. FUNDAMENTACIÓN

Para realizar el procesamiento digital de imágenes se debe seguir un proceso exhaustivo, por el cual en la propuesta se explica de manera detallada el ambiente controlado por contraste debido a que posee dos luminarias tanto de una lámpara de escritorio, como de la propia iluminación de la habitación considerando que de esta manera elimina la mayor parte las sombras existentes que pueden afectar a la imagen.

Además describe el hardware y software utilizados, considerando y aprovechando las herramientas al alcance de nuestras manos.

Para procesar cada una de las imagen existe un control directo de visión asistan llamado Vision and Motion en el cual una vez tomada la imagen de 32 bits debe ser transformada a una de 8 bit (en escala de grises), una vez mejorado el contraste y el brillo de la imagen, se añade una clase y muestra para obtener la base de datos.

4.2. AMBIENTE CONTROLADO

Controla los elementos de la línea base de un proyecto, para así poder modificarlos, manteniendo la consistencia original.

Además mejora el desempeño de un sistema de visión artificial, de esta manera controla diversos factores que afectarían al sistema.

Los factores que pueden afectar al sistema pueden ser:

- Efectos de iluminación
- Lentes de cámara
- Efectos externos de la imagen que confundan el sistema.

4.2.1. AMBIENTE CONTROLADO POR EFECTOS DE ILUMINACIÓN

La Cámara de Ambiente Controlado es un lugar aislado donde se puede controlar las siguientes variables temperatura, iluminación, etc. Pudiendo controlar estas variables, se abre las puertas por primera vez, al estudio controlado y estandarizado de la superficie ocular.

Un ambiente controlado por iluminación se logra con una caja, en el interior es de color blanco y el fondo en el cual va ubicada la mano es de color oscuro o negro. Para iluminar la caja se usan luminarias detrás de la cámara.[30] En la figura 2.43 se muestra un ejemplo de ambiente controlado por efectos de iluminación:

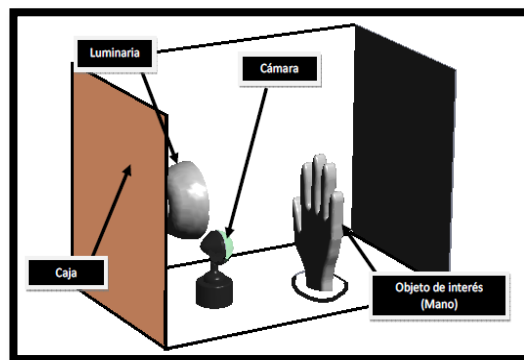


Fig 2.44.- Ambiente controlado por efectos de iluminación

Fuente: <http://www.visionimasd.es/html/es/05.html>

4.2.2. AMBIENTE CONTROLADO POR CONTRASTE

El ambiente controlado necesita una buena iluminación y al fondo un color que realce el color del objeto, es decir de color oscuro o negro.

En el ambiente controlado por contraste utiliza dos luminarias, la primera debe ser del techo del cuarto y la segunda debe estar ubicada detrás de la cámara.

La iluminación secundaria se usa para eliminar sombras como se muestra en la figura 2.44:

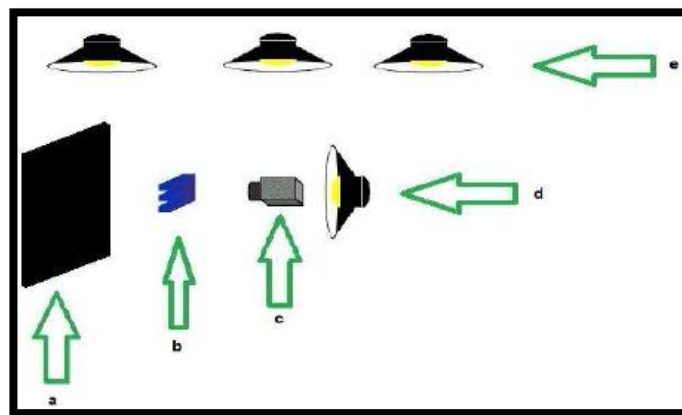


Fig 2.45.- Ambiente controlado por contraste

Fuente: Escuela Politécnica Nacional-Quito , junio 2011

Una vez analizados cada uno de los ambientes controlados se deduce que el ambiente controlado por contraste ayudaría al desarrollo del proyecto debido a que está formado por dos luminarias, una propia del lugar de trabajo y la de la lámpara de escritorio, a más de poseer un espacio amplio de trabajo, mientras que el ambiente controlado por efectos de iluminación consta de un espacio reducido de trabajo, en el cual va a resultar difícil realizar las señas mediante el movimiento de la mano.

4.3. ILUMINACIÓN

Se optó por el ambiente controlado por contraste por la facilidad de realizar las imágenes, y la flexibilidad que brinda para transportar el hardware de un sitio a otro para su presentación.

La iluminación consiste en una lámpara ubicada detrás de la cámara, se pueden utilizar tres tipos de fuentes que son: leds de alta luminosidad, lámpara fluorescente y lámpara incandescente.

- **Leds de alta luminosidad:** mucho más complejos, poseen una mayor capacidad de disipación de calor debido a sus características constructivas, lo que los permite soportar mayor corriente, proporcionando mayor flujo luminoso.[31]

En la Tabla 2.4 se presentan las características de un led de alta luminosidad para su respectiva utilización.

Tabla 2.4.- Características de un led de alta luminosidad

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Tensión de funcionamiento (V_f) | 3 V |
| Corriente de funcionamiento (I_f) | 350 mA |
| Potencia LED | 1 W |
| Eficacia luminica | 25 Lm/W |

Fuente: Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior

- **Lámpara fluorescente:** es una lámpara de baja presión, contiene en su interior vapor de mercurio.

Está compuesta por un tubo de vidrio que en el interior contiene una sustancia fluorescente.

Este tubo consta de dos extremos, en el un extremo se encuentra un filamento y en el otro extremo se encuentra un electrodo sensor.

- **Lámpara Incandescente:** es un dispositivo que produce luz por efecto de Joule es decir es una energía calorífica generada por la circulación de la corriente eléctrica a través de un filamento metálico.

✓ ILUMINACIÓN SELECCIONADA PARA LA APLICACIÓN

Hoy en día es muy común encontrar en el mercado focos ahorradores de bajo precio y una lámpara de escritorio eléctrica, es por esta razón que se selecciona para la aplicación elementos al alcance del usuario.

La luminaria general está formado por una boquilla, un foco ahorrador que funciona a 110 Vac, proporcionando un flujo luminoso a igual que los focos tradicionales, pero con un mínimo consumo de energía como se muestra en la fig. 2.46:



Fig 2.46.- Foco Ahorrador

Fuente: Obras web, por: Ivet Rodriguez

La luminaria secundaria está formada por una lámpara de escritorio eléctrica considerada como lámpara incandescente mostrada en la fig. 2.47, que funciona a 110 Vac y 60 Hz., diseñados para aportar luz artificial y evitar el deslumbramiento detrás de la cámara al momento de realizar las señas. En la siguiente figura se muestra el tipo de luminaria utilizada:



Fig 2.47.- Lámpara de Escritorio Eléctrica

Fuente: https://es.123rf.com/photo_6251013_la-imagen-de-lamparas-electricas-escritorio-de-color-y-portatiles.html

4.4. LA CÁMARA

Para trabajar en un ambiente de visión artificial se debe considerar diferentes cámaras especializadas, pero para la aplicación se escogió una cámara sencilla que se puede encontrar en el mercado a un bajo precio.

4.4.1. CÁMARA DIGITAL Y ANALÓGICA:

Es un dispositivo electrónico que captura y almacena fotografías, permitiendo transmitir datos directamente a la tarjeta de adquisición.

Las cámaras digitales modernas son multifuncionales y contienen dispositivos que graban sonido y video, además de fotografías. En este tipo de cámara se debe considerar si el cable de conexión es apantallado para de esta manera evitar que el ruido externo dañe la calidad de la imagen capturada.

La cámara digital funciona de una manera similar a la cámara analógica, el cambio se diferencia en el almacenamiento de luz que entra por la lente.

En la cámara analógica, el almacenamiento de luz lo realiza en un rollo de película fotosensible, en la digital lo hace en un microchip de células fotosensibles microscópicas llamado Fotosensor CCD.

La información que recibe el microchip se almacena en la memoria interna de la cámara o de la tarjeta de memoria, de este modo se vacía el fotosensor y queda preparado para la captura de una nueva imagen.[32]

- Las características principales de las cámaras son las siguientes:
- **Resolución (Mpx):** número de puntos o píxeles que el sensor es capaz de capturar y permitir distinguir los detalles más pequeños de una imagen. Se mide en millones de puntos o megapíxeles.

- **Zoom analógico (nx):** combinación de lentes que permite ampliar la escena de forma analógica y no por interpolación.
- **Sensibilidad (ISO):** determina lo sensible que es a la luz el fotosensor. Cuanto mayor es la sensibilidad, menor cantidad de luz necesita para realizar la captura.
- **Grabación en Video:** Pueden grabar videos en HD.
- **Módulo GPS:** localiza gráficamente la fotografía realizada.
- **Sensores de Actividad:** con los diferentes sensores ultrasónicos pueden detectar rostros, para enfocar todos los objetos de una fotografía, o incluso sonrisas, para realizar la toma en el momento justo.

Para fabricar los sensores utilizados en las cámaras digitales se describe las siguientes tecnologías:

– **CCD (CHARGE COUPLE DEVICE – DISPOSITIVO DE CARGA ACOPLADA)**

Tiene una gran sensibilidad a la luz, convierte las cargas de las celdas de la matriz en voltajes y entrega una señal analógica en la salida, para luego ser digitalizada por la cámara.

La señal eléctrica es acumulada en cada una de las celdas (píxeles), la carga eléctrica va a depender de la cantidad de luz que incida sobre el píxel, mientras mayor cantidad de luz incida en el píxel, mayor será la carga.

Los CCD a igual que los CMOS se producen electrones de manera proporcional a la luz que reciben.

La diferencia se enfoca en que el sensor CCD los electrones son transportados hacia adelante por los fotositos y convertidos en corriente eléctrica fuera de ellos, mientras que en un CMOS los electrones son convertidos en tensión eléctrica en el propio fotosito por medio de transistores.[33]

En la siguiente figura 2.48 se puede observar la estructura y el funcionamiento de un sensor CCD:

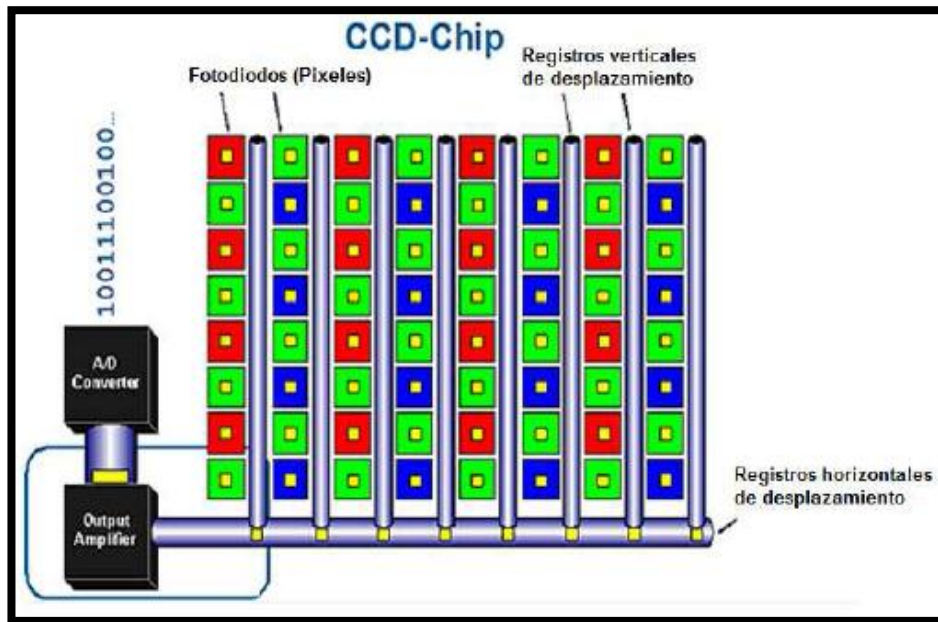


Fig 2.48.- Estructura interna del sensor CCD

Fuente: <http://www.xatakafoto.com/camaras/sensores-con-tecnologia-ccd-vs-cmos>

– **CMOS (COMPLEMENTARY METAL OXIDE SEMICONDUCTOR - SEMICONDUCTOR COMPLEMENTARIO DEL ÓXIDO DE METAL)**

Cada celda es independiente, es decir la digitalización de los píxeles se realiza internamente en los transistores que lleva cada celda, es por esta razón que es menos sensible a la luz y de menos costo, como se muestra en la fig.2.49.

Los sensores CMOS si existe poca luz se comportan mucho mejor. Esto se debe a que los amplificadores de la señal se encuentran en la propia celda, por lo que existe menor consumo de alimentación.

La velocidad del sensor CMOS es superior al CCD debido a que el procesado se realiza dentro del propio sensor. Por lo cual se utilizan en cámaras de alta velocidad de hasta 1000 fotogramas por segundo.[34]

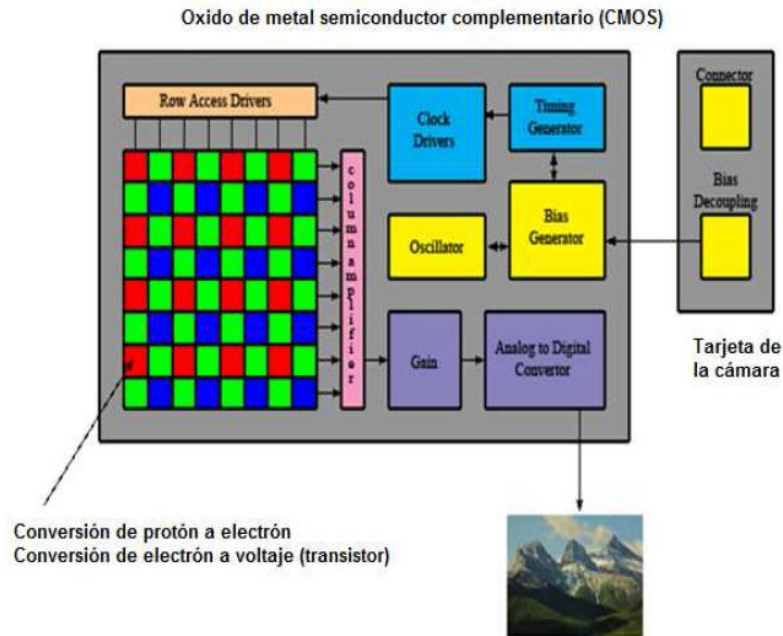


Fig 2.49.- Estructura interna del sensor CMOS

Fuente: <http://www.xatakafoto.com/camaras/sensores-con-tecnologia-ccd-vs-cmos>

4.5. CÁMARA SELECCIONADA PARA LA APLICACIÓN

Existen en el mercado WebCam de diferentes precios y especializadas para realizar el procesamiento digital de Imágenes, pero la desventaja es que estas cámaras especializadas para visión artificial sobrepasan el valor de los \$3000, mientras que para el proyecto se escogió la cámara web 6 LED con micrófono debido a que es económica, se puede encontrar en el mercado fácilmente, es verdad que exige un mayor procesamiento de imágenes pero la cámara cuenta con la suficiente iluminación debido a los leds que posee, además tiene una resolución alta de 620 x480 , que será suficiente para la realización del proyecto.

4.5.1.- 6 LED cámara web con micrófono

LabVIEW 2009 consta de una librería completa para leer cámaras USB e imágenes en plano RGB.

Para la aplicación se escogió una cámara de 30 megapíxeles, la cual se adapta al área de trabajo para realizar el procesamiento de cada una de las señas para personas sordomudas.

Tomando en cuenta estos parámetros se optó por una cámara “6 LED cámara web con micrófono” mostrada en la fig. 2.50, la cual consta de las siguientes características:



Fig 2.50.-6 LED webcam

Fuente: <http://astrobeano.blogspot.com/2012/03/6-led-webcam-with-microphone.html>

- Cámara digital USB
- La sección de plata en la parte superior, es un botón para tomar una instantánea si su software es compatible con ella.
- El cable es de 120cm (4 pies), los últimos 15 cm (6 pulgadas) de los cuales se bifurcó para los conectores de 3,5 mm USB y micrófono separados:
- Está formado por seis Led, controlados por un regulador de intensidad.
- Rango de enfoque: 1,3 megapíxeles CMOS sensor de la cámara digital
- Hasta 5.0 mega píxeles de resolución de captura de la ventana con el apoyo
- Formato video: 24 bits RGB
- Cámara apoya la rotación de 180 grados
- Velocidad de cuadros: (640 x 480) 30 f / s, (1280 x 960) 10 -15 f / s
- Funciona muy bien con Skype, MSN, YAHOO, etc
- Vendor ID: 0x1e4e (EtronTechnology, Inc.)

- Versión: 1.01
- Velocidad: hasta 480 Mb / s
- Fabricante: Etron Technology, Inc.
- Actual disponible (mA): 500
- Requerido Corriente (mA): 100[35]

4.6. COMPUTADORA UTILIZADA PARA LA APLICACIÓN

Toshiba es una marca japonesa que consta de las características necesarias para trabajar en un ambiente agradable con LabVIEW 2009, reconocida no solo por su línea completa de equipos sino también cuentan con excelente reputación en cuanto a calidad y confiabilidad, para la aplicación se puede utilizar una computadora de escritorio, o una computadora portátil con un mínimo de 3 de RAM debido a que Labview con su librería Vission Assistant son pesadas y ocupan mayor cantidad de Memoria.

La computadora mostrada en la figura 2.51 consta de las características necesarias para realizar la aplicación, a más que es propiedad del usuario.



Fig 2.51.- Computadora Toshiba Satellite L635

Fuente: Laptop Information

CARACTERISTICAS:

- **Fabricante:** TOSHIBA
- **Modelo:** Satellite L635

- **Procesador:** Intel Core i3 350M (2267 MHz)
- **RAM:** 3 GB DDR3 (1066 MHz)
- **Pantalla:** 14.0" (1366x768)
- **Batería:** 6 celdas
- **Almacenamiento:** HDD 320 GB (5400 rpm)
- **Sistema Operativo:** 64 bits.

Tarjeta de Video:

- Intel GMA HD (Integrada)

Especificaciones secundarias

- **Peso:** 2300 g.
- **Dimensiones:** 340 x 232 x 37 mm.
- **Unidad óptica:** DVD±RW
- **Puertos de video:** VGA

Accesorios

- **WiFi:** Genérica (802.11 b/g/n)
- **Chipset:** Intel HM55
- **Puertos USB:** 2
- **Webcam:** 1,3 MP
- **LAN:** 10 / 100
- **Lector de tarjetas:** 5-en-1

4.7. FONDO

El fondo utilizado para el proyecto fue de color negro mate debido a que no genera brillo en la superficie y realza la imagen que va a ser captada por la cámara.

En la figura 2.52 se muestra el fondo utilizado para la aplicación, negro mate:



Fig 2.52.- Ejemplo de fondo color negro mate

Fuente: Lenguaje de Señas Americano (ASL)

4.8. HARDWARE IMPLEMENTADO

El hardware está diseñado de la forma más sencilla posible, con el objetivo de que la “Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto” posea un rendimiento adecuado, cumpliendo con las características de visión artificial.

La iluminación es importante en el sistema, consta de un foco ahorrador y de una lámpara de escritorio eléctrica.

La cámara “6 LED cámara web con micrófono” está conectada a la computadora mediante un puerto USB, para luego ser captada y procesada cada una de las imágenes.

En la figura 2.53 se puede observar el hardware implementado para el sistema:

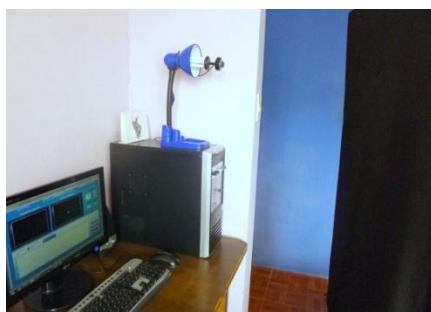


Fig 2.53.- Elementos del hardware

Fuente: Investigador

En la figura 2.54 se puede observar el ambiente de trabajo:



Fig 2.54.- Ambiente de trabajo
Fuente: Investigador

En la figura 2.55 se puede observar la posición de la mano para realizar las señas en lenguaje dactilológico:



Fig 2.55.- Posición de la maño para realizar señas
Fuente: Investigador

4.9. SOFTWARE REALIZADO MEDIANTE LABVIEW

En el proyecto se utilizó LabVIEW ya que con su enfoque moderno sirve para diseñar, generar prototipos y desplegar sistemas embebidos etc, y mediante las librerías de Visión Assistant se enfoca al procesamiento de cada una de las señas del alfabeto dactilológico debido a que constituye un revolucionario sistema de programación grafica amigable con el usuario y posee una aplicación para el reconocimiento de imágenes mediante la adaptación de cámaras con puerto USB.

4.9.1. DESARROLLO DE LA PANTALLA PRINCIPAL

La “Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto” se encuentra formada por una pantalla principal que consta de un menú de opciones dividido en las siguientes etapas: Traductor, Entrenador, Configuraciones, Salir.

La pantalla principal consta de información básica: Nombre de la Universidad, Nombre de la Facultad, Título, Autor, Tutor. Además un sistema que sirve de entrenador, el cual facilitara el aprendizaje para el lenguaje dactilológico, un traductor el cual procesa cada letra del alfabeto y número ingresado para formar la palabra correcta, una ventana de configuraciones, la cual almacena cada parte del programa y la opción salir. En la figura 2.56 se observa la pantalla principal que contiene información del proyecto:



Fig 2.56.- Pantalla principal del Proyecto

Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

4.9.2. TRADUCTOR

Se encarga de tomar cada una de las señas del lenguaje dactilológico que forma la mano, mediante la cámara “6 LED cámara web con micrófono” y de esta manera la traduce a texto

para comunicarse con las personas que desconocen el lenguaje de una manera fácil y sin necesidad de realizar un aprendizaje del lenguaje utilizado por personas sordomudas.

- **Adquisición:**

En la etapa de adquisición de imágenes se basa principalmente en configurar la cámara mostrada en la figura 2.57, desactivando la función de auto contraste para de esta manera poder eliminar el ruido que afecta a la aplicación.

Se debe seleccionar el dispositivo de entrada, configurando nombre de la interfaz, nombre del proveedor, datos que se obtienen al momento de conectar la cámara mediante puerto USB a la computadora TOSHIBA.

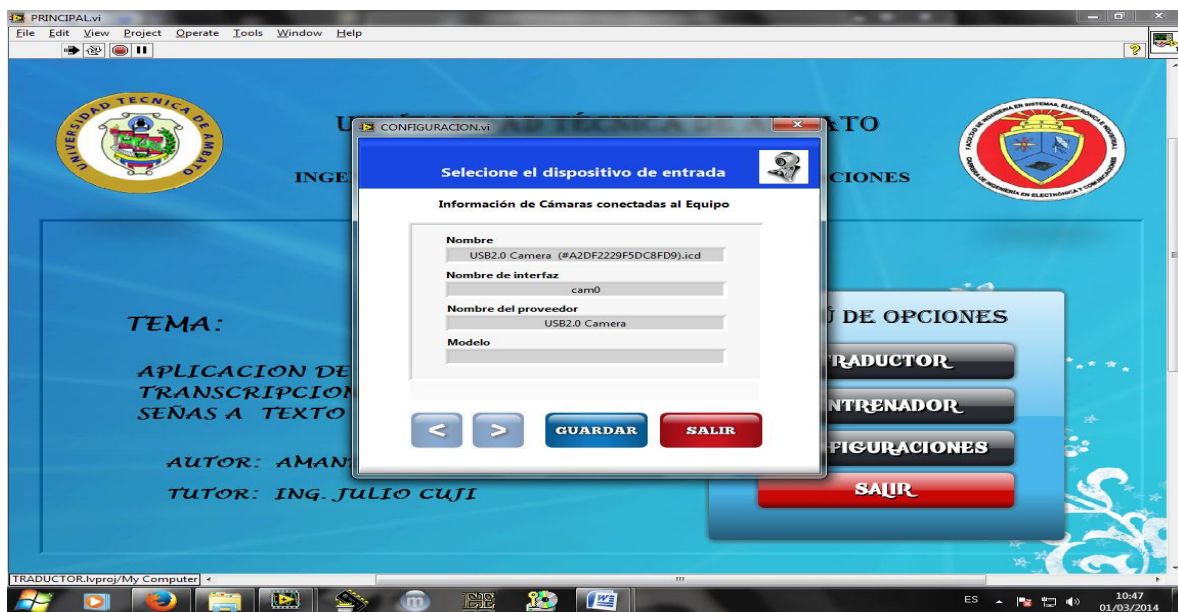


Fig 2.57.- Configuración de la cámara 6 LED cámara web con micrófono

Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

- **Detección de la mano para el procesamiento digital de imágenes.**

Una vez configurado la cámara, se proceden a tomar fotografías del abecedario y números en lenguaje dactilológico.

El alfabeto y números son signados para personas sordas, las muestras se deben tomar varias veces para lograr un promedio en la clasificación, debido a que mientras más muestras existan, menos probabilidad de error existe.

En la siguiente figura 2.58 y 2.59 se pueden diferenciar cada una de las formas de la mano que representan el lenguaje dactilológico:

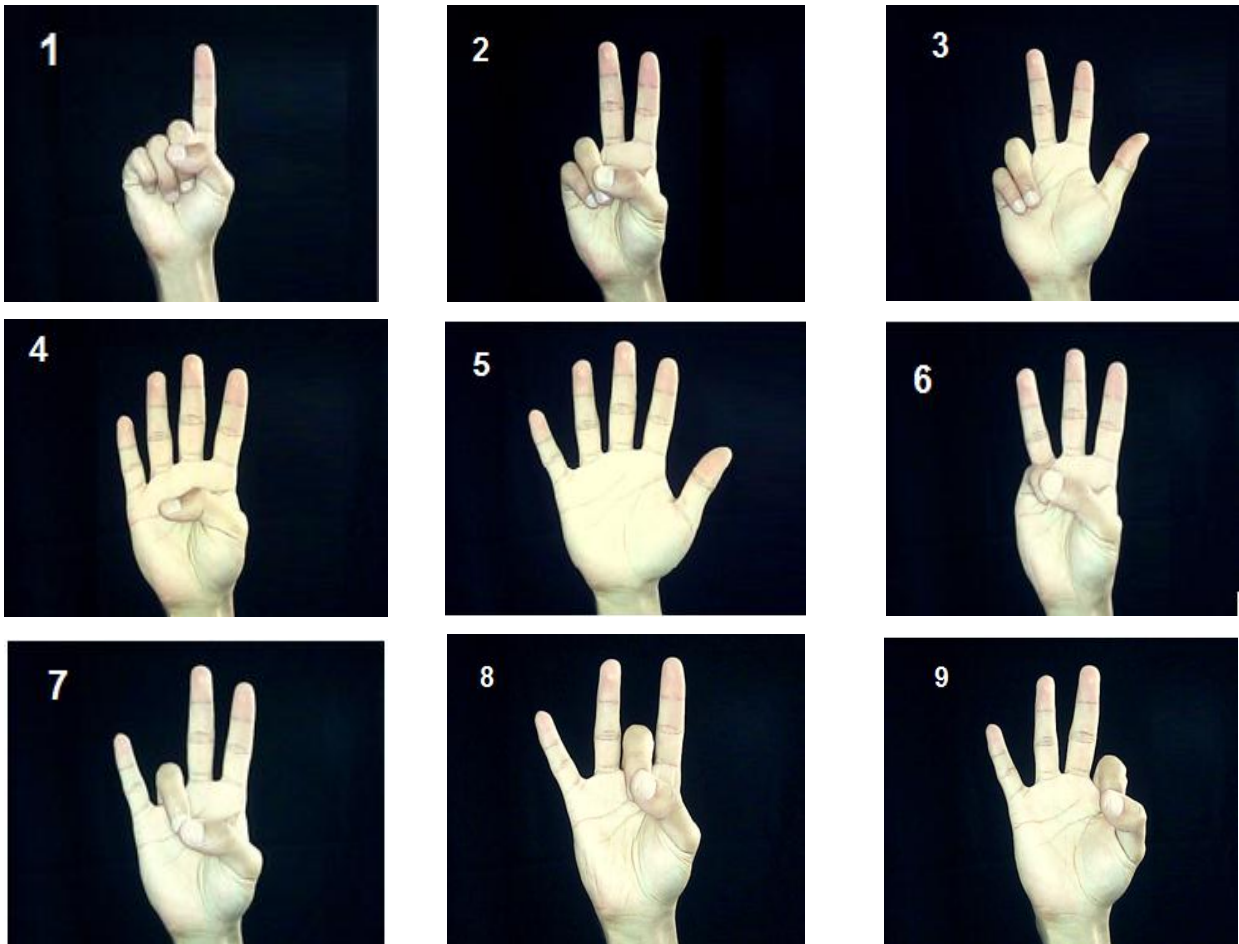
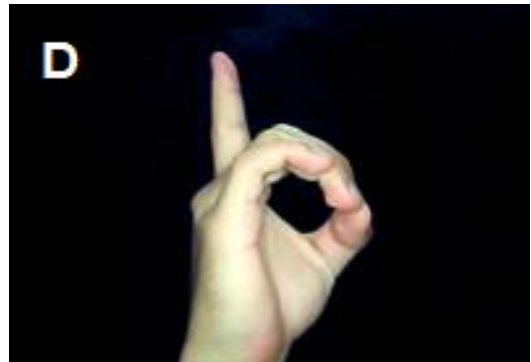
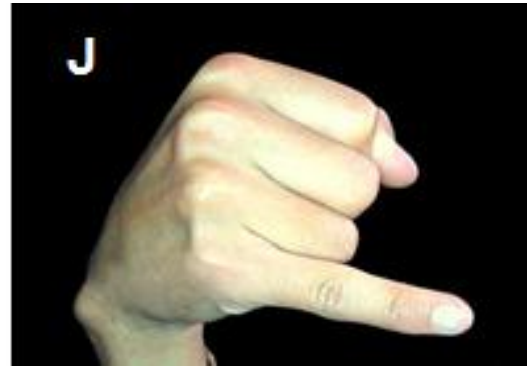
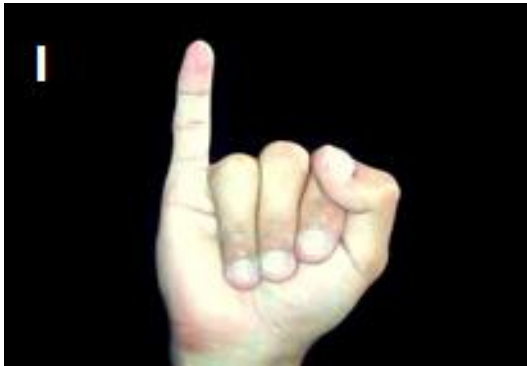


Fig 2.58.- Lenguaje Dactilológico de números
Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

Alfabeto





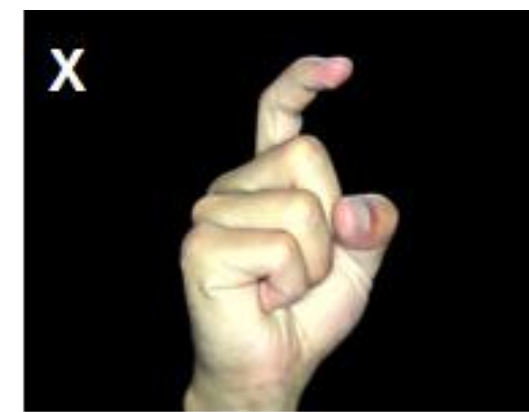
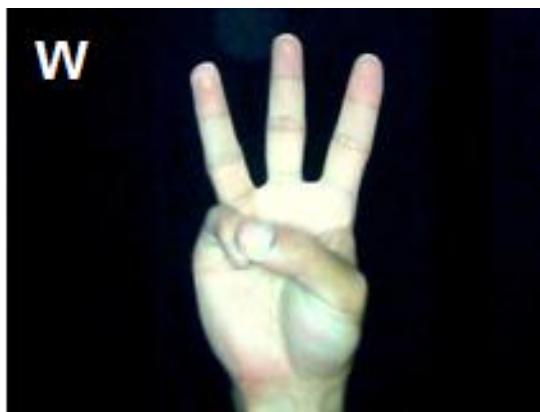
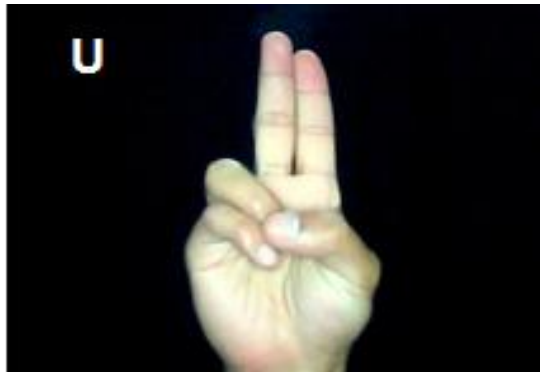




Fig 2.59.- Lenguaje Dactilológico del Alfabeto
Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

- **Mejoramiento de Contraste, Brillo y Cambio a Escala de Grises**

Se adquiere la Imagen real la cual es una imagen a color (32 bits), se realiza una conversión a escala de grises (imagen de 8 bits) con la función “ExtractSingleColorPlane.VI” y los píxeles de la imagen pasan a tener un valor entre 0 y 255, debido a que las funciones de procesamiento de imagen de labview solamente aceptan imágenes de 8 bits. En la figura 2.60 se muestra un ejemplo de la imagen de la mano de 8 bits.

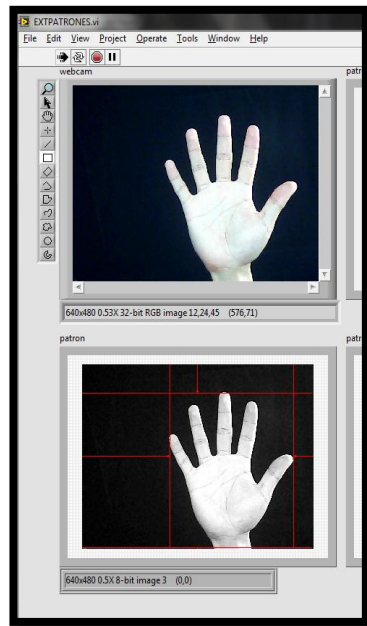


Fig 2.60.- ejemplo de la imagen de la mano de 8 bits en LabVIEW.

Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

- **Objeto de Interés Recortado**

Una vez realizado el Mejoramiento de Contraste, Brillo y Cambio a Escala de Grises se seleccionan los puntos más sobresalientes de la mano y se hace un recorte de imagen para trabajar solamente con el objeto de interés.

Para recortar la imagen se usa detección de bordes en orientación derecha – izquierda y superior e inferior con el propósito de encontrar flancos de subida y bajada.

En la figura 2.61 se muestra un ejemplo de la imagen de la mano recortada de 8 bits.

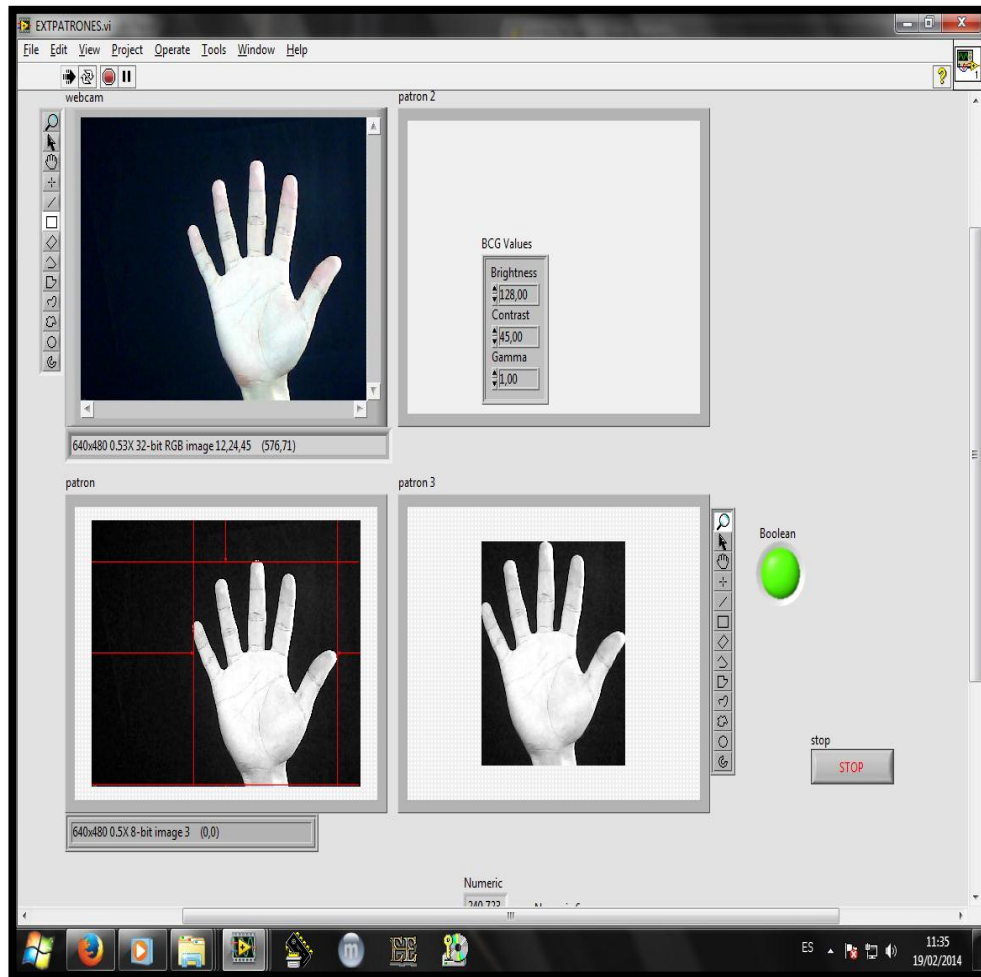


Fig 2.61.- Ejemplo de la imagen de la mano recortada de 8 bits en LabVIEW.
Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

- **ROI (Objetos de Interés en una Imagen)**

Una vez detectados los bordes en la imagen, se obtienen los puntos máximos de la misma, se procede a recortar el objeto de interés del resto de fondo de color negro, para que dicho objeto sea enviado al proceso de clasificación.

En la figura 2.62 se muestra la imagen original sin detección de bordes.

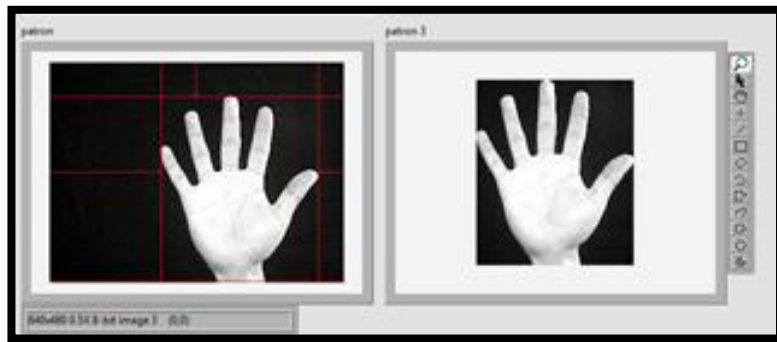


Fig 2.62.- Imagen original sin detección de bordes
Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

En la siguiente figura 2.63 se muestra un ejemplo de la mano con detección de bordes, en la cual cada punto rojo muestra los puntos más sobresalientes de la imagen.



Fig 2.63.- Imagen de la mano con detección de bordes
Fuente: LabView. Elaborado por el Investigador

4.9.3. VISIÓN ASSISTANT

Es una interfaz de software y guía a través de la creación de imágenes de procesamiento y aplicaciones de visión artificial.

Visión Assistant es una herramienta para la creación de prototipos y pruebas de procesamiento de imágenes. Para crear prototipos de una aplicación de procesamiento de imágenes, la estructura se basa en algoritmos con la característica de scripting Visión

Assistant. La característica de scripting registra cada paso del algoritmo de procesamiento. [36]

La pantalla principal de NI Vision Assistant se muestra en la figura 2.64:



Fig 2.64.- Portada de Vission Assistant
Fuente:engineering.purdue.edu

La ventana principal de Visión Assistant en la cual realiza el procesamiento digital de imágenes consta de las siguientes partes mostrada en la figura 2.65:

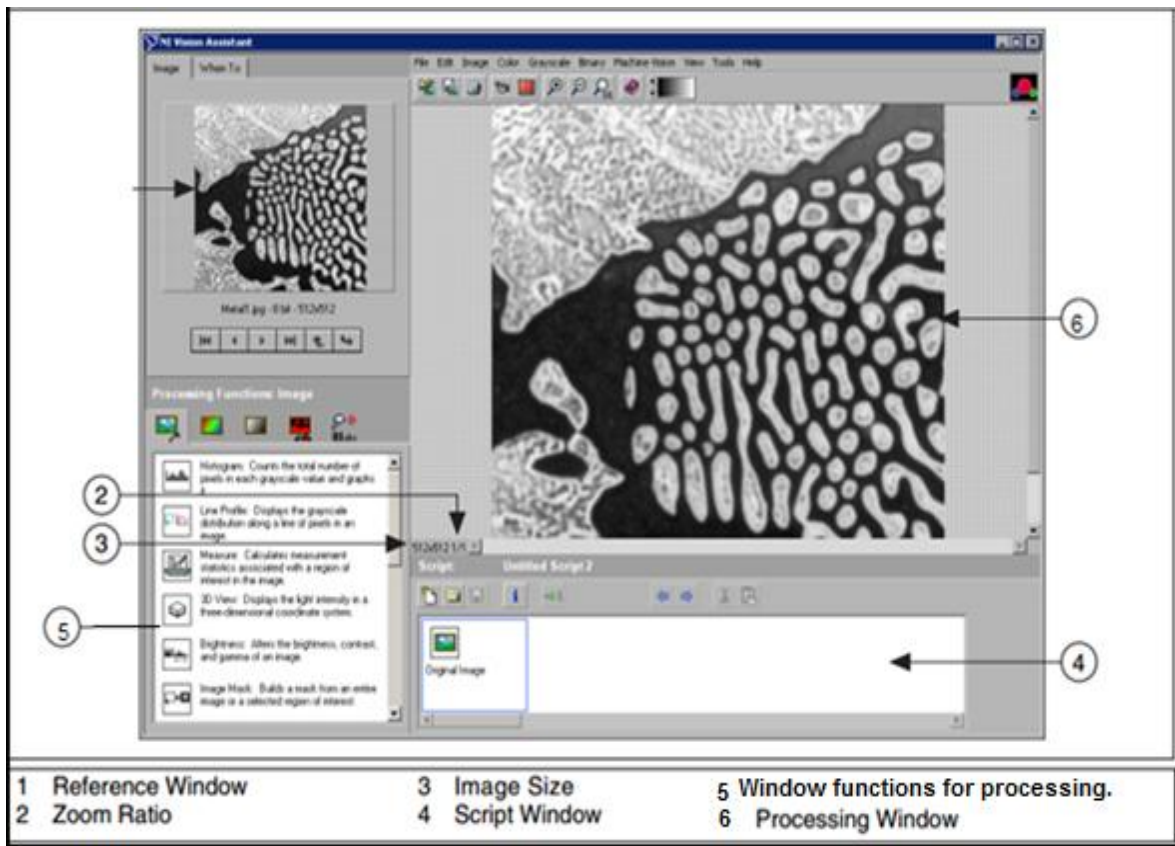


Fig 2.65.- Portada de VisiónAssistant

Fuente:engineering.purdue.edu

✓ **Ventana de Referencia:**

Es aquella en la cual se visualiza la imagen original de color RGB de 32 Bits para ser posteriormente ser procesada.

✓ **Relación de Zoom:**

Permite realizar ampliaciones o reducciones de la imagen adquirida, la cual va a ser procesada mediante Visión Artificial.

✓ **Tamaño de la imagen**

Un tamaño de imagen se define con las dimensiones en píxeles de la matriz o cuadrícula. Si una imagen está formada por una matriz de 800 columnas por 500 filas, tiene entonces un tamaño de 800 x 500 píxeles. [37]

En este caso se muestra un ejemplo en la fig. 2.66, de una matriz de 323x470 píxeles.

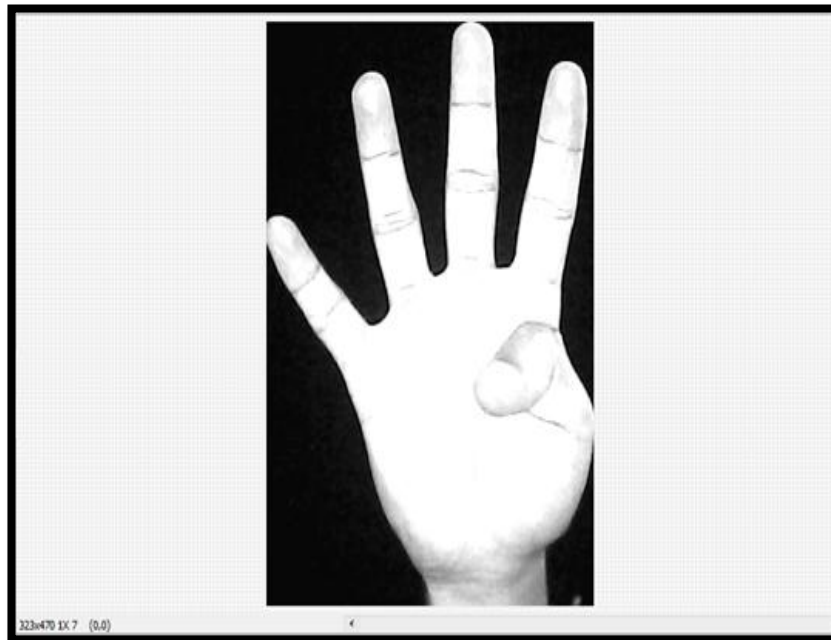


Fig 2.66.- Ejemplo del tamaño de imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ **Ventana Script**

Registra secuencialmente los pasos realizados para llegar a obtener un algoritmo, en este caso se muestra la imagen original de entrada.

Los bloques irán apareciendo de acuerdo a como si se estuviera trabajando en el diagrama de bloque de Labview.

En la figura 2.67 se muestra el algoritmo de la imagen de entrada:

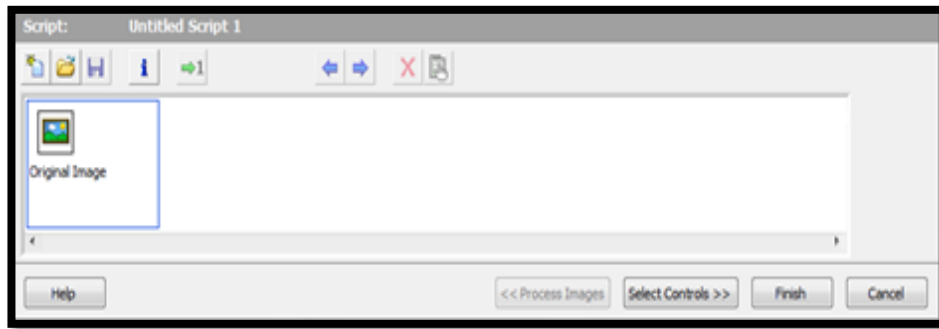


Fig 2.67.- Ejemplo de la ventana Script de la imagen original

Fuente: Labview Visión Assistant

Para realizar el procesamiento de la imagen de entrada original a escala de grises en la ventana Script se utiliza el algoritmo Color Plane Extraction, mostrada en la figura 2.68:

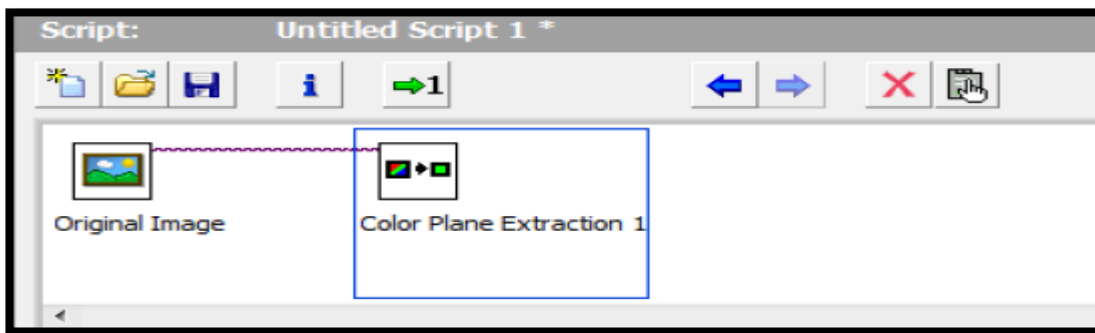


Fig 2.68.- Ejemplo de la ventana Script de la imagen en escala de grises

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ **Ventana de funciones para el procesamiento**

La ventana consta de las siguientes herramientas: Imagen, color, Escala de Grises, Binarización, Machine Visión e Identificación, utilizadas para el procesamiento Digital de imágenes.

- **Imagen**

Determina las propiedades de una imagen, de la cuales se tiene el histograma, brillo, escala de grises. Etc.

- **Color**

Las opciones de esta paleta permiten realizar operaciones entre imágenes tales como: suma, resta, multiplicación y división, extracción de planos, clasificación de color etc.

Para realizar la conversión de una imagen original de 32 bits a escala de grises se utiliza la función Color Plane Extraction y se selecciona la opción “Intensity”.

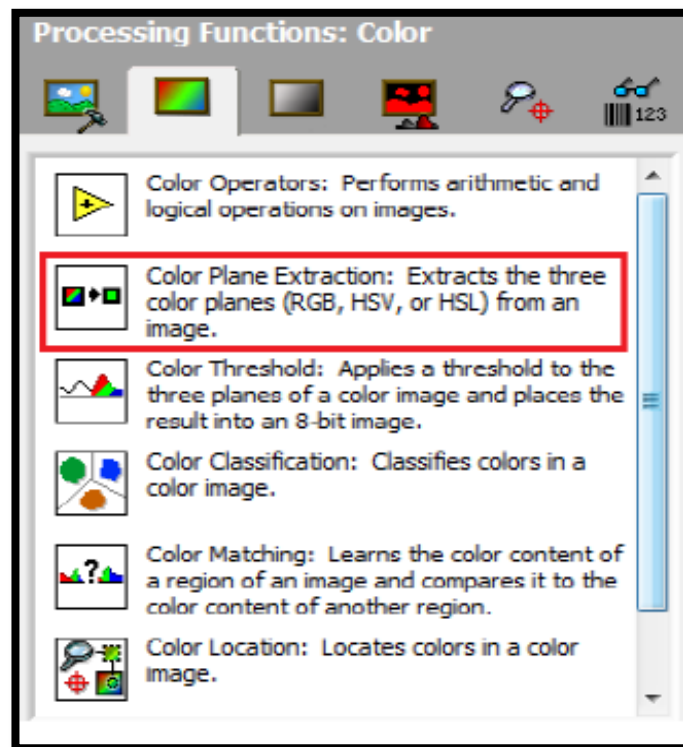


Fig 2.69.- Menú de la paleta de color

Fuente: Labview Visión Assistan

- **Escala de grises**

La paleta consta de las siguientes opciones: mejorar el brillo y contraste con la función Lookup Table, además de aplicar filtros especiales como: Sobel, Prewitt, Gaussianos y filtros en el dominio de la frecuencia.

- **Binarización**

La binarización se trata de asignar el valor de 1L a las áreas claras y 0L a las áreas oscuras de la imagen, para resaltar el área de interés

- **Machine Visión**

Realiza la detección de bordes, distancia de los bordes, buscar una forma geométrica a la imagen etc.

- **Identificación**

La opción importante de esta paleta es “Particle Classification” que significa generar una clasificación de partículas (región continua de píxeles no nulos en una imagen), para desarrollar la base de datos que servirá para la clasificación e identificación del lenguaje dactilológico.

- ✓ **Ventana de Procesamiento**

Visualiza la imagen final, luego de ser sometida al procesamiento digital de imágenes utilizando Visión Artificial.

4.9.4. DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS

Para la generación de la base de datos se toma la imagen original de cada una de las señas del lenguaje dactilológico y se la transforma a escala de grises y se crea una “Particle Classification” descrita en el paso que se encuentra en la ventana de funciones para el procesamiento.

- **Creación de un Nuevo Archivo de Clasificación (ROI)**

Para la creación de un nuevo archivo se selecciona la región de interés de la imagen (ROI), para ser procesada y convertida en una imagen nueva, enfatizándose solamente en el área de interés.

Para obtener la nueva imagen procesada se selecciona la opción “New Classifier File” como se observa en la figura 2.70:

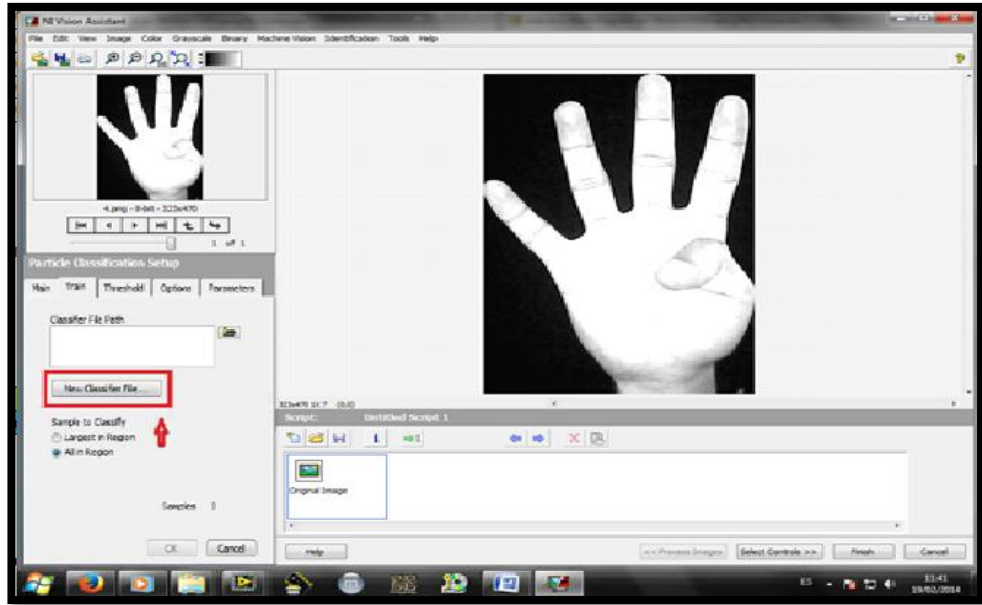


Fig 2.70.- Creación de un nuevo Archivo

Fuente: Labview Visión Assistant

- En la ventana “NI ParticleClassification Training Interface” se va a generar vectores característicos y en la pestaña “Preprocessing” se configura los parámetros de la imagen generados por la opción Threshold, si la imagen se desea brillante, oscura o gris mostrada en la figura 2.71:



Fig 2.71.- configuración de parámetros de imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

- El fondo negro logra que la imagen contraste, y las señas se deben considerar brillantes para realizar un reconocimiento perfecto, para lo cual se selecciona el área de interés mostrada en la figura 2.72.

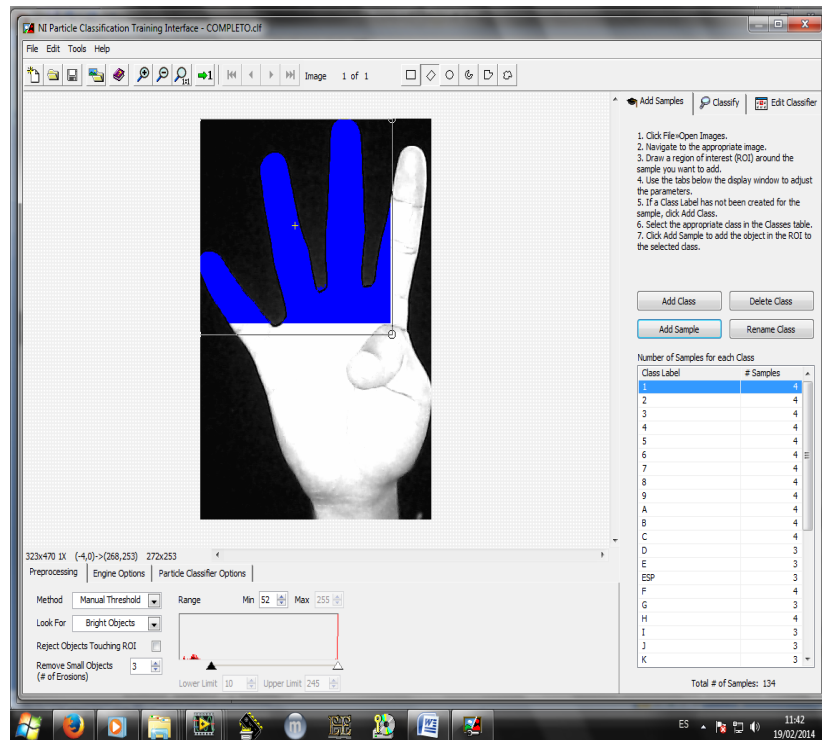


Fig 2.72.- Selección del área de Interés

Fuente: Labview Visión Assistant

Se selecciona solamente los objetos brillantes en este caso la mano ya que contrasta con el fondo negro y por medio de esto se va a realizar la selección de la letra correspondiente a la seña que ejecuta el usuario como se muestra en la figura 2.73:

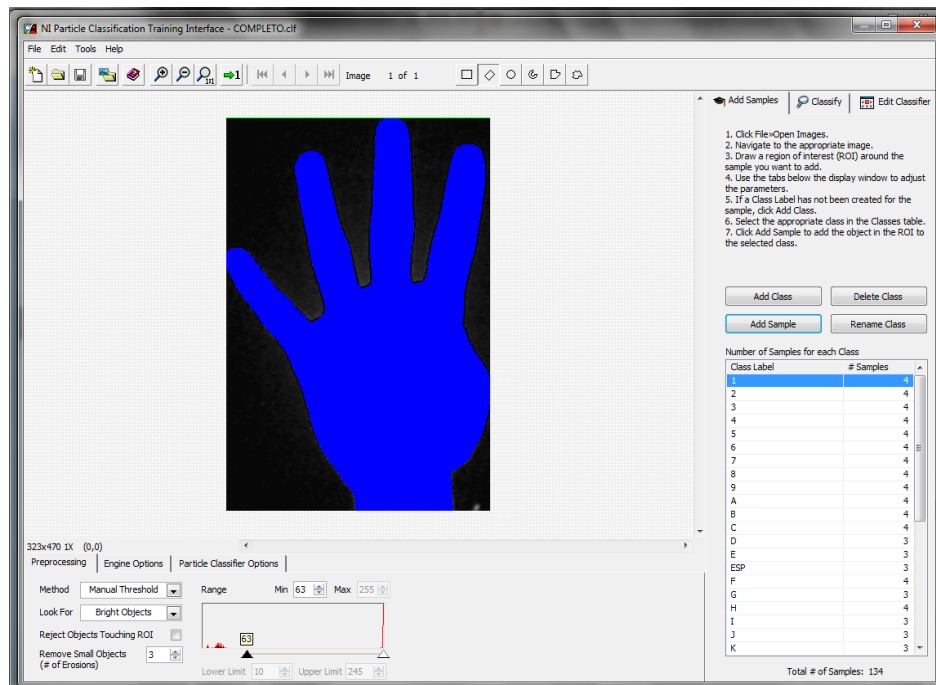


Fig 2.73.- Imagen brillante con fondo negro

Fuente: Labview Visión Assistant

- En la pestaña “Engine Options” como se muestra en la fig. 2.74, se encuentran los métodos para realizar la clasificación: Nearest Neighbor (Vecino más cercano), K-Nearest Neighbor (K-Vecino más cercano) y Minimum Mean Distance (Distancia Mínima de Media).

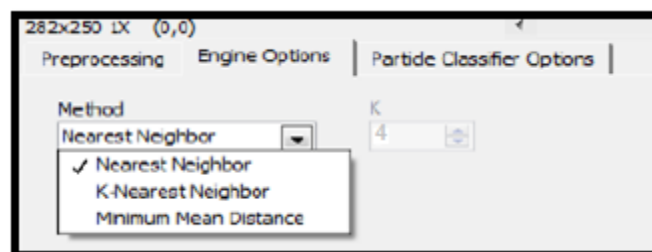


Fig 2.74.- Configuración de parámetros de imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

Para que la base de datos tenga mayor exactitud se maneja $k=4$ muestras para cada señal que van a ser almacenadas y se escogió como método “K- Vecino más cercano” basada en la investigación realizada en la escuela “Politécnica Nacional por Chiguano Rodríguez Edwin

Fabian” que dice: los métodos sum, max y euclidean “se basan en un sistema de votación el cual toma k muestras más cercanas y en base al mayor número de coincidencias asigna una clase”.

En la pestaña “Preprocessing” se presenta tres métodos para calcular la distancia entre la muestra a ser clasificadas y las muestras de las bases de datos, las cuales son: “Euclidean”, “Sum”, “Máximo” presentados en la figura 2.75:

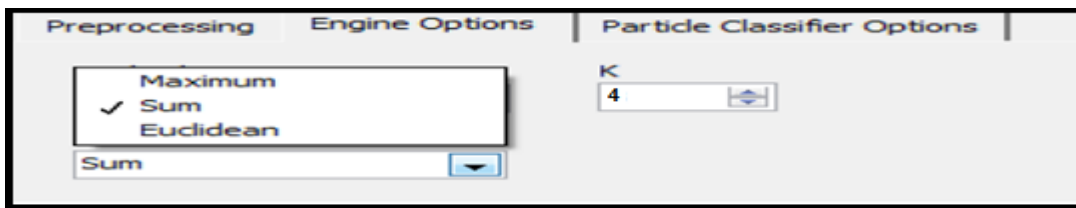


Fig 2.75.- Configuración de parámetros de distancia

Fuente: Labview Visión Assistant

Para realizar cada uno de los cálculos se utilizan las siguientes formulas:

- **Distancia Euclidean:** Generalmente equivale a la distancia entre dos puntos, la distancia corresponde a los segmentos de recta que los une.

En procesamiento digital de imágenes se considera Distancia Euclidean cuando se desea clasificar muestras con pequeñas variaciones en la clase. La Distancia Euclidean se calcula con la siguiente ecuación:

$$d(X, Y) = \sqrt{\sum_{t=1}^n (X_t - Y_t)^2} \text{ ecuación (1)}$$

- **Distancia Suma:** usada en clasificación de procesos, se refiere al promedio y se selecciona por default en Visión Assistant.

La distancia suma se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d(X, Y) = \sum_{t=1}^n |X_t - Y_t| \text{ ecuación (2)}$$

- **Distancia Máxima:** es usada para clasificar muestras con variaciones pequeñas entre clases.

La distancia Máxima se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d(X, Y) = \max_t |X_t - Y_t| \text{ecuación (3)}$$

Para corroborar que la mejor opción es la distancia Suma debido a que viene por Default en Visión Asisstant se toma la investigación realizada en la Escuela “Politécnica Nacional por Chiguano Rodríguez Edwin Fabian”. Se basan en tres métodos de cálculo de distancia que son: Euclidean, Maximum, Sum obtenidos de la siguiente manera:

En la tabla 2.5 el método de clasificación K-Vecino Cercano se observa que la base de datos da una clasificación correcta de letras, sin confusión entre letras, considerando que el cálculo de la distancia escogida es suma con un promedio de 937,50.

Tabla 2.5.- K-Vecino más cercano (Índices de Aciertos)

| K-Vecino más Cercano (índices de acierto) | | | | |
|---|-----------|---------|---------|--------|
| Letra | Euclidean | Maximum | Sum | Total |
| A | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| B | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| C | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| D | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| E | 500,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| F | 1000,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| G | 1000,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| H | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| I | 1000,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| K | 500,00 | 500,00 | 500,00 | 500,05 |
| L | 500,00 | 1000,00 | 500,00 | 749,94 |
| M | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| N | 500,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| O | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| P | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| Q | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| R | 1000,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| S | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| T | 1000,00 | 0,00 | 500,00 | 300,03 |
| U | 1000,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| V | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| W | 500,00 | 500,00 | 1000,00 | 749,94 |
| X | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| Y | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 | 749,94 |
| PROMEDIO | 895,83 | 791,67 | 937,50 | 720,78 |

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (Investigación)

En la tabla 2.6 los resultados de clasificación son bajos debido a que letras como la H no se reconocen perfectamente, pero la distancia suma es la más idónea con un promedio de 423,92.

Tabla 2.6.-Vecino más Cercano (índice de Aciertos)

| Vecino Más Cercano (índices de acierto) | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Letra | Euclidean | Maximum | Sum | Total |
| A | 604,00 | 550,13 | 526,84 | 601,76 |
| B | 855,71 | 823,98 | 860,57 | 750,06 |
| C | 52,69 | 52,18 | 98,87 | 249,24 |
| D | 489,19 | 440,60 | 470,37 | 469,24 |
| E | 508,69 | 365,40 | 609,29 | 610,36 |
| F | 416,67 | 467,71 | 364,71 | 407,39 |
| G | 587,43 | 515,33 | 627,48 | 627,46 |
| H | No reconoce | | | |
| I | 610,71 | 580,19 | 727,20 | 717,61 |
| K | 18,11 | 151,17 | 227,86 | 250,30 |
| L | 148,07 | 340,64 | 140,32 | 249,66 |
| M | 492,50 | 554,09 | 434,60 | 545,19 |
| N | 480,95 | 412,22 | 508,30 | 487,49 |
| O | 855,89 | 908,00 | 809,38 | 749,08 |
| P | 456,14 | 387,83 | 541,65 | 498,36 |
| Q | 311,73 | 51,44 | 225,43 | 250,20 |
| R | 503,76 | 602,23 | 523,99 | 599,85 |
| S | 300,91 | 304,04 | 247,94 | 298,74 |
| T | 386,02 | 481,19 | 448,22 | 434,74 |
| U | 150,48 | 159,87 | 82,12 | 249,61 |
| V | 288,11 | 379,66 | 167,56 | 301,98 |
| W | 335,57 | 164,60 | 484,35 | 332,73 |
| X | 300,48 | 72,40 | 419,93 | 349,26 |
| Y | 177,98 | 203,94 | 203,26 | 250,69 |
| PROMEDIO | 405,73 | 389,95 | 423,92 | 447,00 |

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (Investigación)

En la tabla 2.7 la distancia mínima como método de clasificación asigna la clase correctamente a cada una de las letras pero el índice de acierto es muy bajo, considerando que el método suma tiene un promedio de 322.36.

Tabla 2.7.- Distancia Mínima

| Distancia Minima (indices de acierto) | | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Letra | Euclidean | Maximum | Sum | Total |
| A | 596,13 | 611,14 | 597,03 | 609,54 |
| B | 88,69 | 26,12 | 15,80 | 252,39 |
| C | 469,51 | 544,74 | 461,47 | 513,03 |
| D | 248,35 | 149,64 | 156,80 | 250,16 |
| E | 446,16 | 462,25 | 404,50 | 439,16 |
| F | 508,74 | 341,87 | 513,64 | 518,57 |
| G | 323,62 | 387,96 | 315,52 | 332,52 |
| H | 34,43 | 10,04 | 64,58 | 251,32 |
| I | 844,50 | 831,69 | 849,62 | 749,94 |
| K | 173,91 | 57,55 | 233,78 | 249,94 |
| L | 230,65 | 32,56 | 346,46 | 249,67 |
| M | 241,11 | 152,49 | 256,71 | 250,30 |
| N | 59,56 | 46,66 | 10,68 | 249,63 |
| O | 48,10 | 351,08 | 84,12 | 249,63 |
| P | 602,23 | 716,16 | 506,27 | 706,65 |
| Q | 534,70 | 459,46 | 539,70 | 538,75 |
| R | 175,81 | 272,74 | 22,27 | 251,71 |
| S | 382,70 | 337,67 | 344,22 | 350,67 |
| T | 103,30 | 33,55 | 130,63 | 251,10 |
| U | 652,45 | 576,97 | 689,22 | 682,32 |
| V | 187,54 | 130,18 | 395,62 | 250,10 |
| W | 425,08 | 306,66 | 415,18 | 418,54 |
| X | 223,01 | 307,18 | 36,18 | 249,22 |
| Y | 331,74 | 214,78 | 346,75 | 333,57 |
| PROMEDIO | 330,50 | 306,71 | 322,36 | 383,27 |

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (Investigación)

Se concluye que el método que mejor se adapta para el procesamiento digital de imágenes es el K-vecino Cercano porque a más de presentarse por default, muestra menor cantidad de error entre letras, reconociendo a cada una de ellas sin confundirlas, con altos porcentajes de acierto.

- **Selección de una nueva clase**

Para añadir una clase se considera la opción Add Class la cual añade un nombre a la imagen procesada.

En la figura 2.76 se muestra los números y las letras asignadas a una nueva clase:

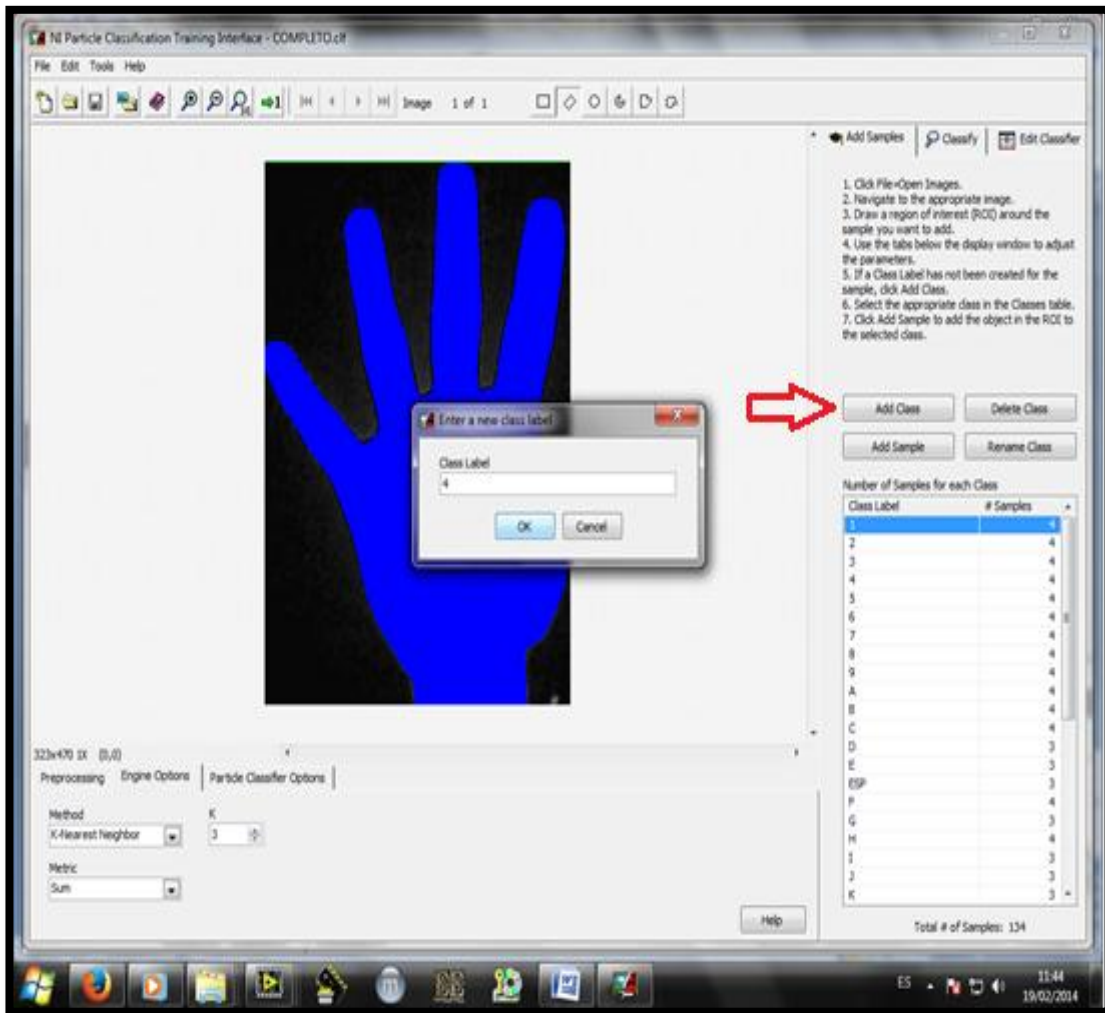


Fig 2.76.- Ejemplo de AddClass

Fuente: Labview Visión Assistant

- **Añadir Muestra**

Para añadir las muestras se debe seleccionar “Add Sample”, se abre la imagen procesada, seleccionar el método, k, y se añade a la opción añadir muestra.

En la figura 2.77 se añade la muestra a cada clase:

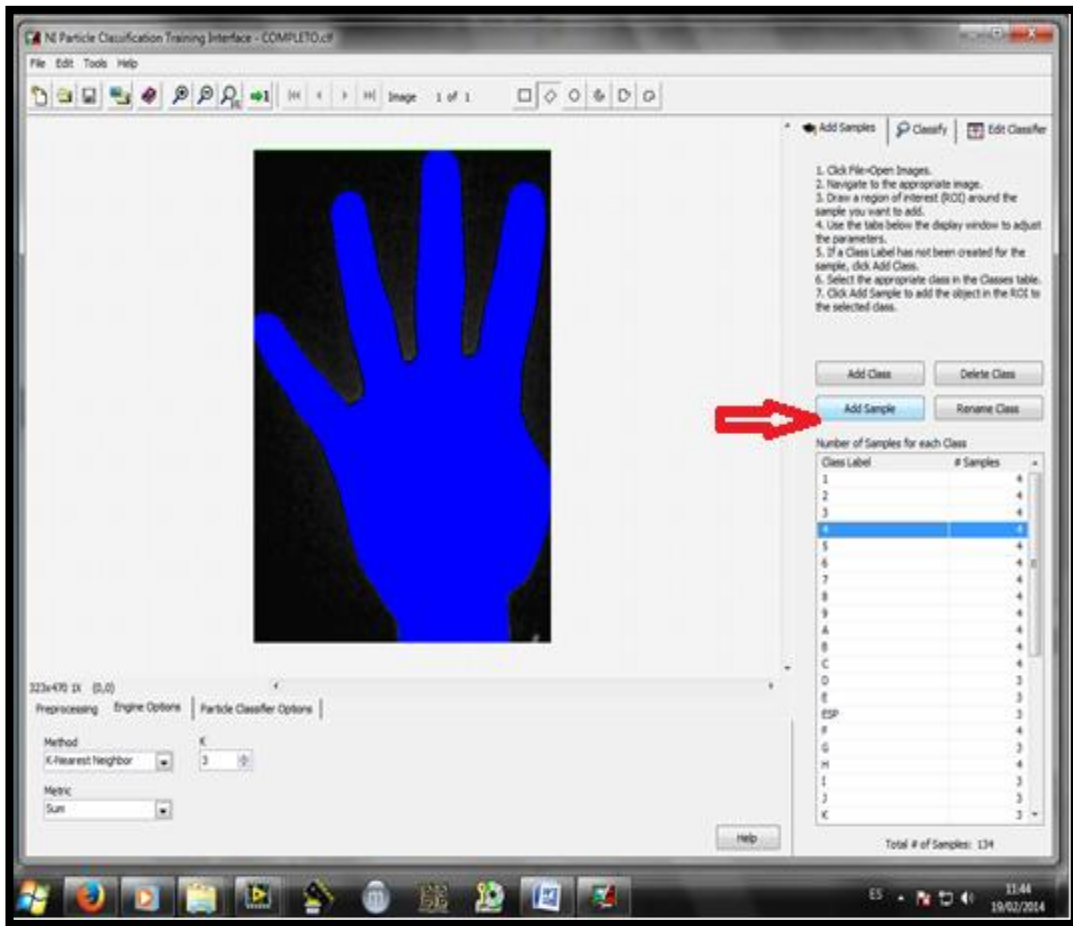


Fig 2.77.- Ejemplo de AddSample

Fuente: Labview Visión Assistant

Se van añadiendo cada una de las muestras a su respectiva clase, en este caso esta muestra tomada se añade a la clase 4, es decir que se va añadiendo diferentes muestras de la misma seña del lenguaje dactilológico la cual sería la clase 1,2 3 hasta llegar a cuatro muestras.

En la figura 2.78 se observa el número de muestras por cada clase:

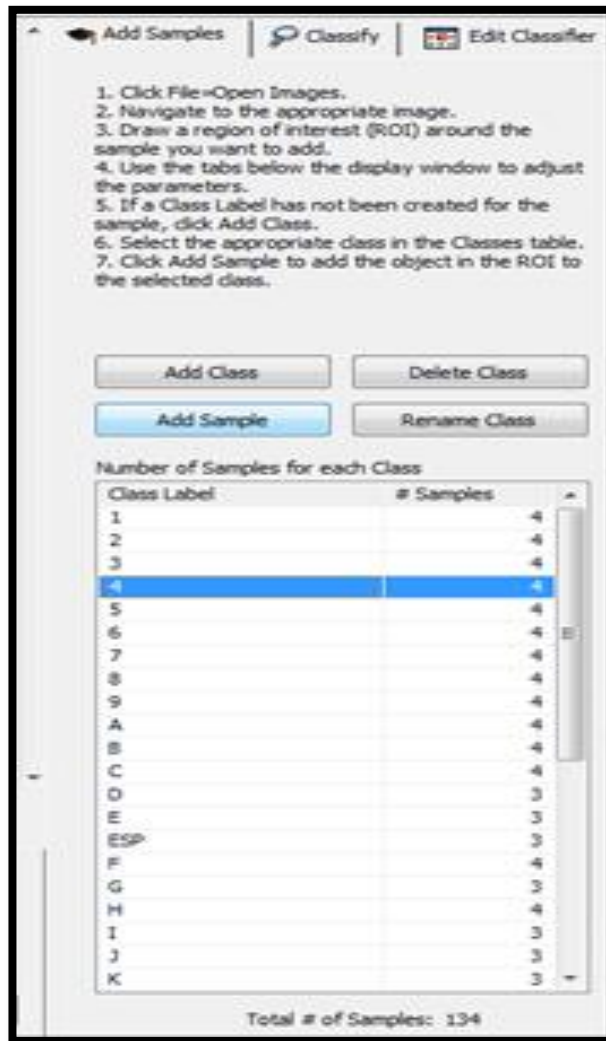


Fig 2.78.- Número de muestras

Fuente: Labview Visión Assistant

- **Clasificación**

En la opción classify se debe dar clic en train classifier para entrenar la base de datos, es decir para que esté en condiciones de detectar y clasificar cada una de las señas y posteriormente asignar el carácter correspondiente.

Para entrenar la base de datos se debe realizarlo con métodos de clasificación iguales.

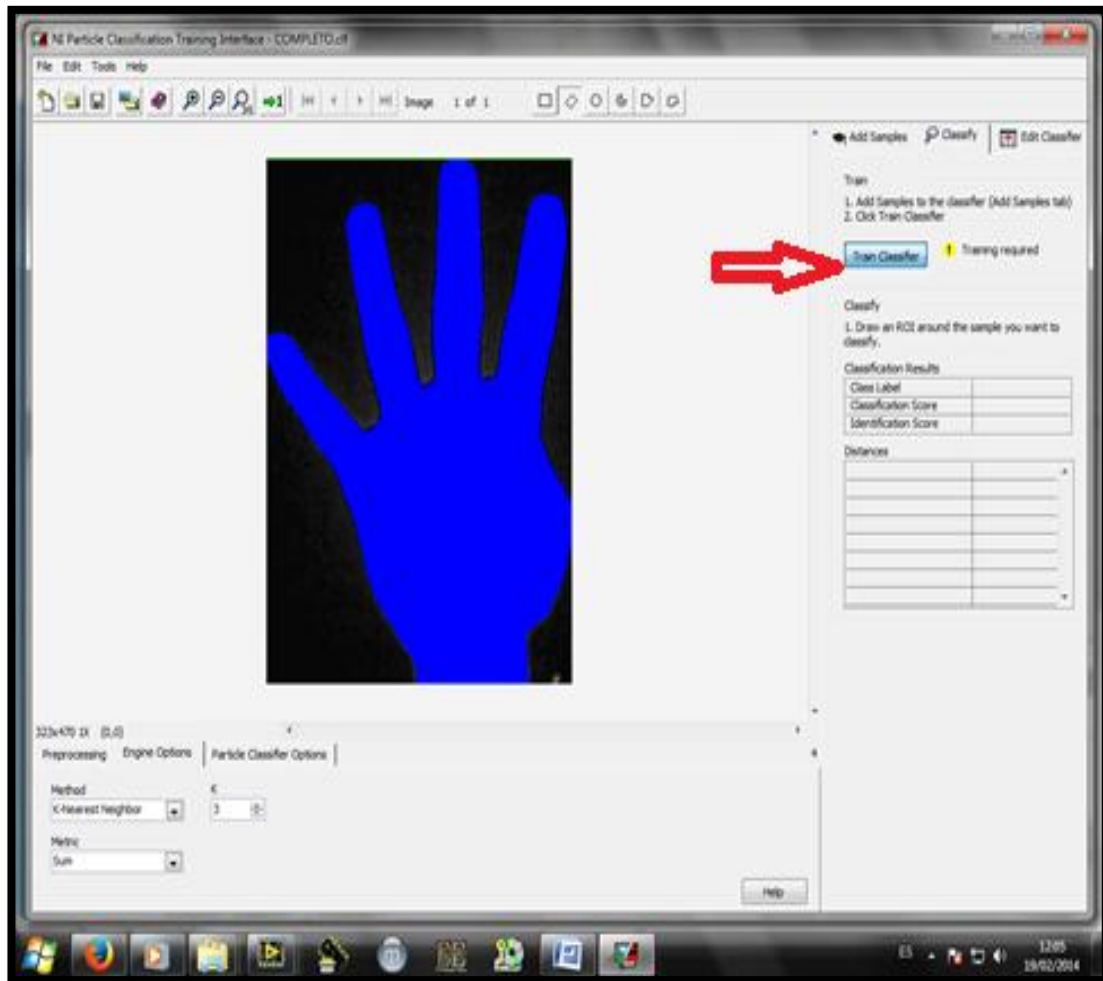


Fig 2.79.- Fase de Entrenamiento

Fuente: Labview Visión Assistant

- **Guardar Archivo de Clasificación**

El archivo de configuración se guarda en formato (.clf), debe ser guardado en el mismo lugar en el cual se encuentran las fotos usadas para la creación del archivo.

En la figura 2.80 se muestra la creación de un archivo por diferente método y con las mismas muestras, simplemente es necesario cambiar el método en la opción Engine Options, sin volver a cargar cada una de las fotos, se debe entrenar y nuevamente guardar el proceso.

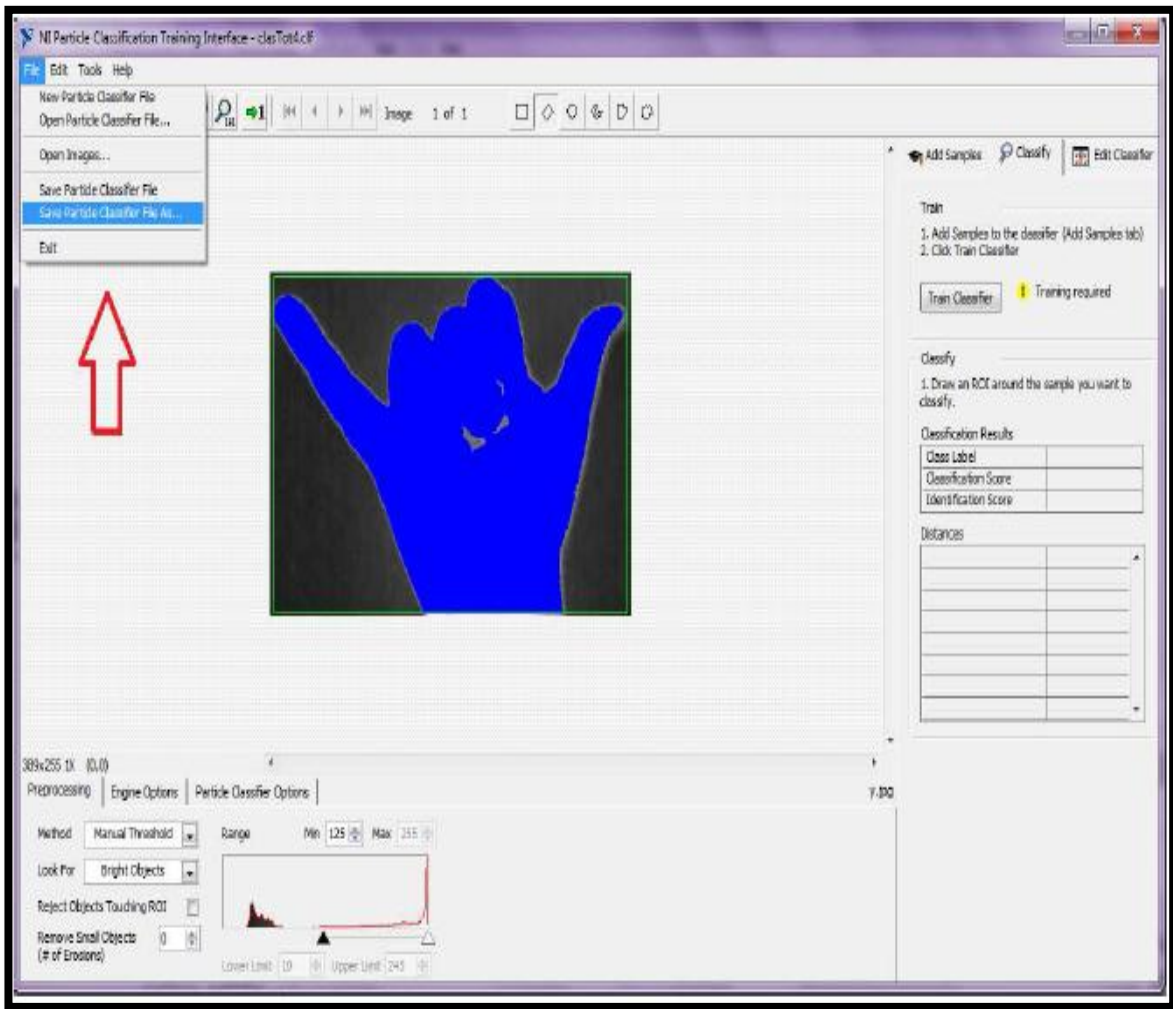


Fig 2.80.- Opción para Guardar Archivo de Clasificación

Fuente: Labview Visión Assistant

- **Base de Datos**

Las imágenes que constan en la base de datos se muestra en la siguiente figura 2.81 , para cada una de las muestras hay cuatro clases es decir, para cada una de las señas es necesario tomar varias muestras con diferentes tamaños de manos para que la base de datos tenga mayor exactitud al momento de realizar la traducción de señas a texto.

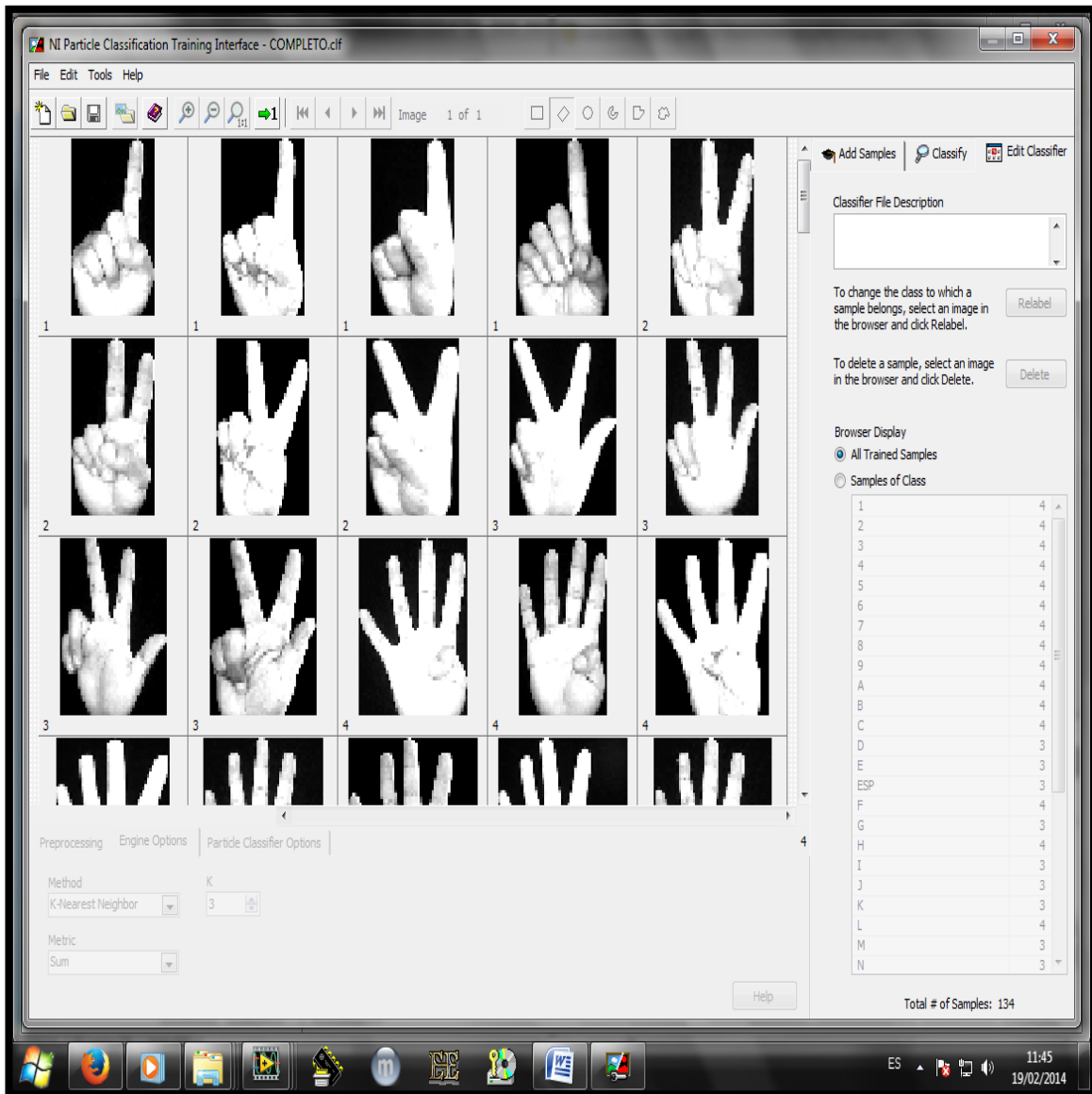


Fig 2.81.- Base de Datos
Fuente: Labview Visión Assistant

- En la opción Edit Classifier, se puede visualizar la base datos mostrada en la fig. 2.82, las muestras y sus respectivas clases. Además se puede borrar la muestra o cambiarle a diferentes clases con las opciones Relabel (Reetiquetar) y Delet (Borrar).

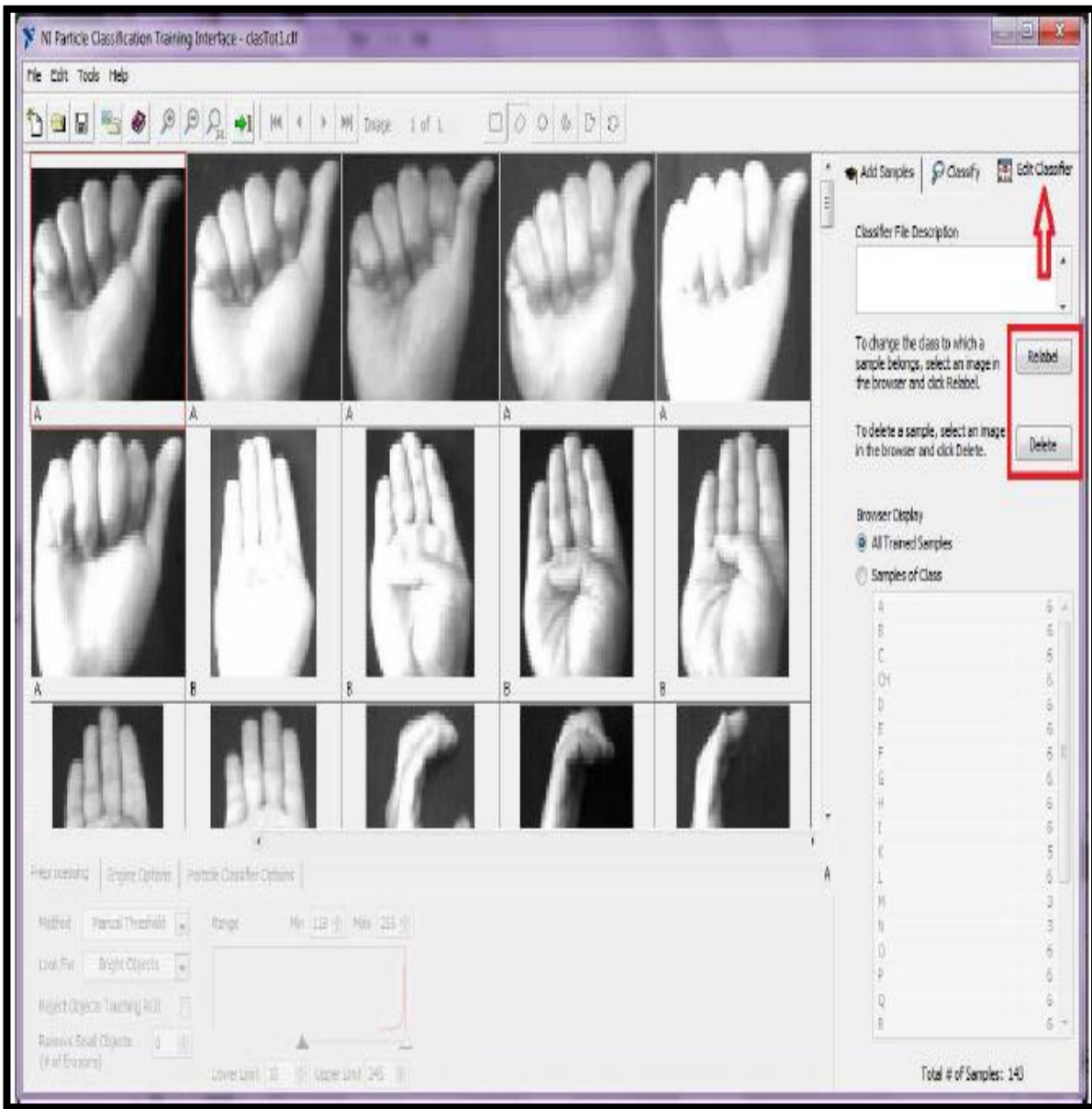


Fig 2.82.- Opciones para editar Base de Datos

Fuente: Labview Visión Assistant

- Una vez procesada cada una de las imágenes del alfabeto dactilológico y los números se realiza el código de clasificación de palabras mostrada en la figura 2.83:

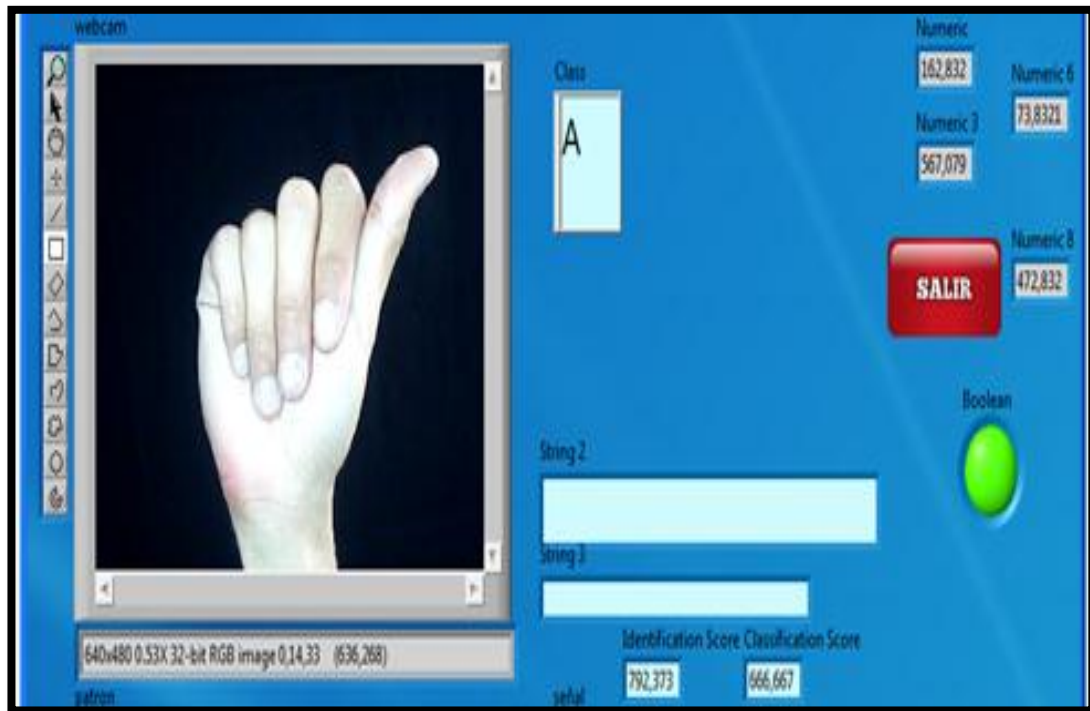


Fig 2.83.- Sistema dactilológico con su traducción

Fuente: Labview Visión Assistant

4.9.4. ENTRENADOR

El entrenador fue basado en la implementación del traductor de lenguaje de señas a texto, en un proceso de paso de información a través de mensajes, significativos entre fuentes y destinatarios en interacción, que partiendo de un código y contextos comunes y usando estrategias adecuadas alcanza el efecto de hacerlos partícipes de sus respectivas intenciones y/o estado.

Esta sección se realizó con el propósito de permitir al usuario, conocer la forma correcta de realizar el lenguaje de señas que el programa acepta.

En la pestaña del entrenador se realiza la adquisición y procesamiento de la imagen con la misma programación utilizada para el traductor, que consta de dos indicadores gráficos:

- Muestra: Visualiza el patrón correspondiente del carácter que el usuario digita.
- Adquisición en tiempo real: Visualiza la imagen obtenida y procesada en tiempo real.

Para que el usuario pueda utilizar correctamente esta etapa primeramente debe digitar el carácter que desea conocer o a su vez presionar el botón “Espacio en blanco” para asignar el patrón correspondiente a un espacio en blanco textual, a continuación deberá dar clic en el botón visualizar para generar la muestra correspondiente al carácter seleccionado como se muestra en la fig. 2.84:

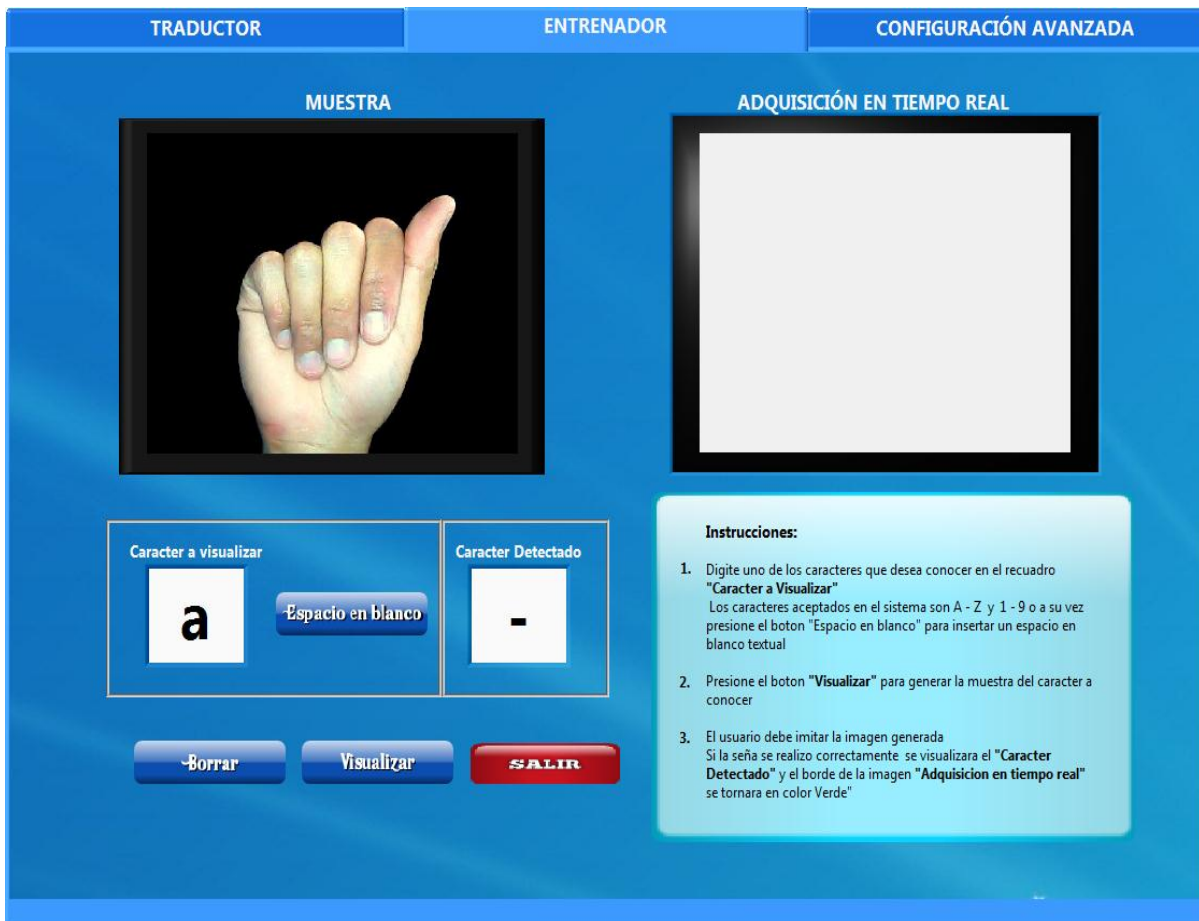


Fig 2.84.- Introducción al Entrenador

Fuente: Labview Visión Assistant

Si el usuario ejecuta correctamente el gesto frente a la cámara el borde del indicador gráfico “Adquisición en tiempo real” se tornará en color verde y a su vez la casilla “Carácter detectado” mostrara la letra correspondiente como una simple verificación mostrado en las figuras 2.85 y 2.86:

Gesto ejecutado correctamente

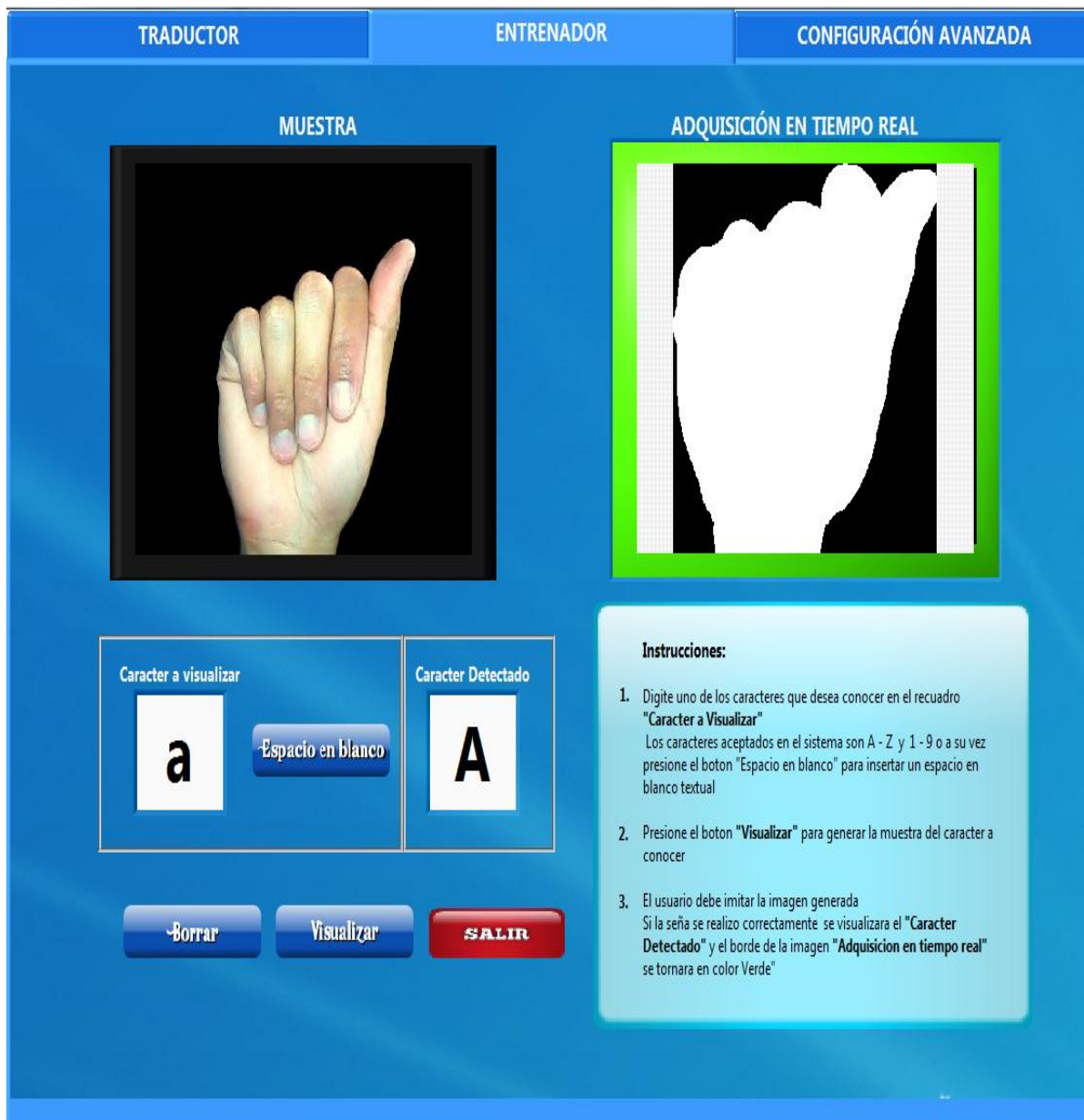


Fig 2.85- Detección del carácter correcto

Fuente: Labview Visión Assistant

Gesto ejecutado incorrectamente



Fig 2.86- Detección del carácter incorrecto
Fuente: Labview Visión Assistant

➤ PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

PRUEBA 1

La cámara capta al usuario escribiendo el texto “proyecto traductor”, en la ventana de imagen procesada se muestra la letra Y de la figura 2.87.

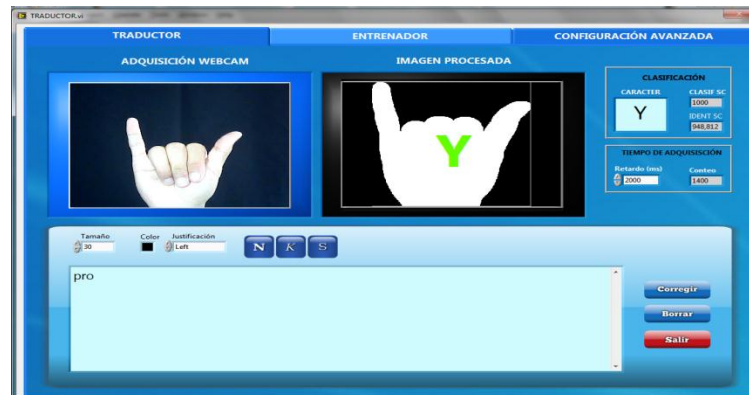


Fig 2.87- Cámara captando la letra Y

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ “Proyecto traductor” escrito correctamente.

En la ventana de imagen procesada se muestra la letra R en color rojo, formando la palabra proyecto traductor de la figura 2.88.



Fig 2.88- Cámara captando la letra R

Fuente: Labview Visión Assistant

PRUEBA 2

- Usuario escribiendo el texto “teclado”.

En la ventana de imagen procesada se muestra la letra D, formando la palabra teclad de la figura 2.89 y en la fig 2.90 muestra la palabra con un error.

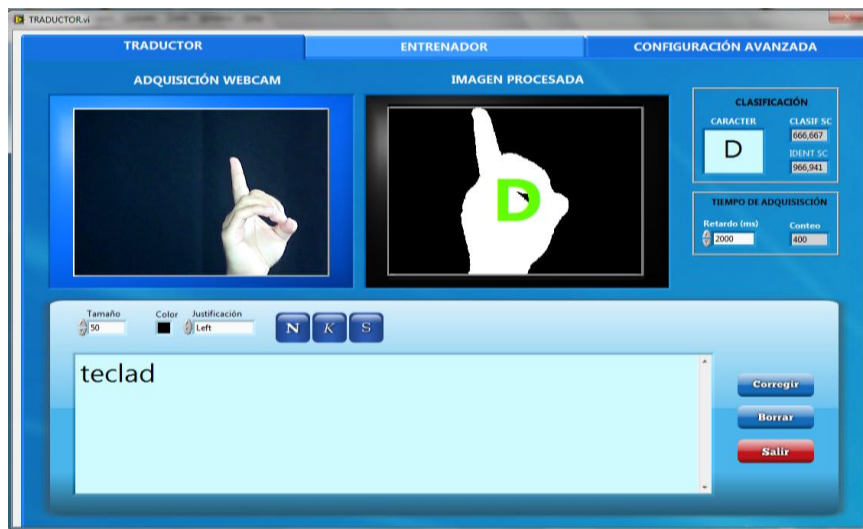


Fig 2.89- Cámara captando la letra D

Fuente: Labview Visión Assistant

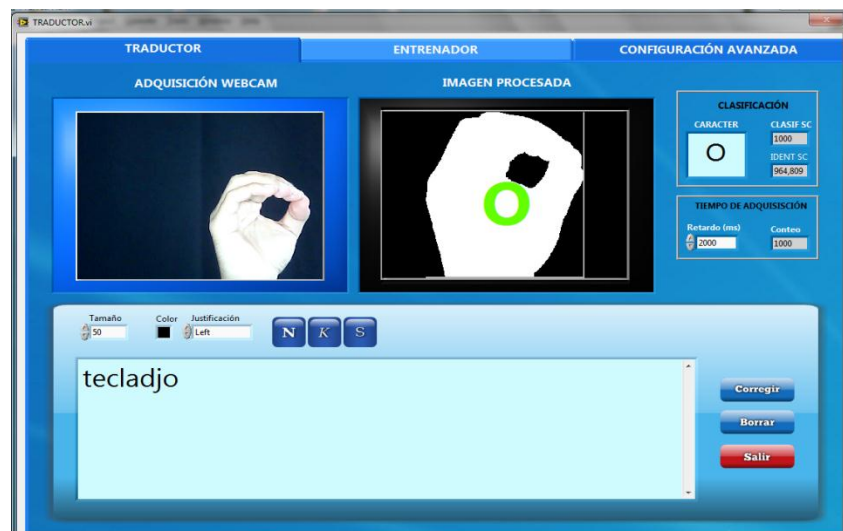


Fig 2.90- Cámara captando la letra O

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ “teclado” escrito incorrectamente:

En la figura 2.91 muestra la palabra teclado con un error, al hacer clic en la pestaña corregir, la fig. 2.92 muestra el texto corregido.

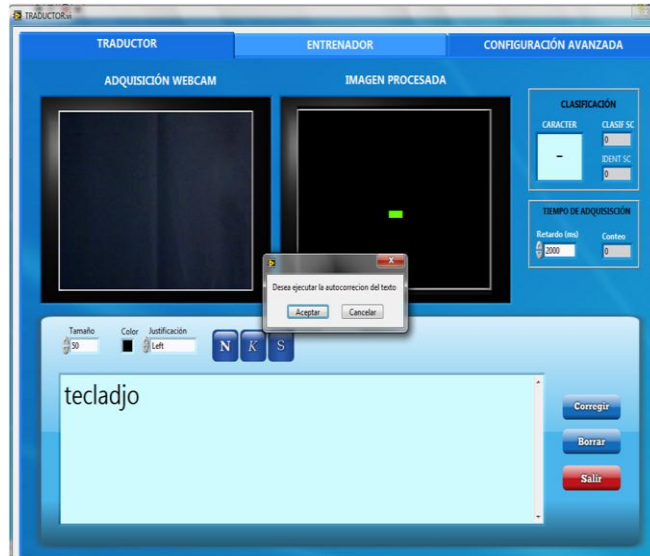


Fig 2.91- Letra Incorrecta
Fuente: Labview Visión Assistant

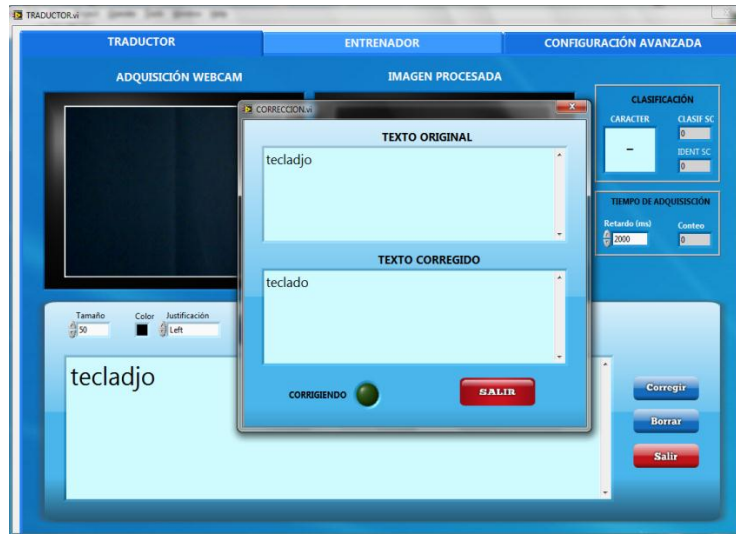


Fig 2.92- Corrección del texto teclado
Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ Opción de autocorrección: Corrige el texto en la ventana principal del traductor como se muestra en la fig. 2.93.

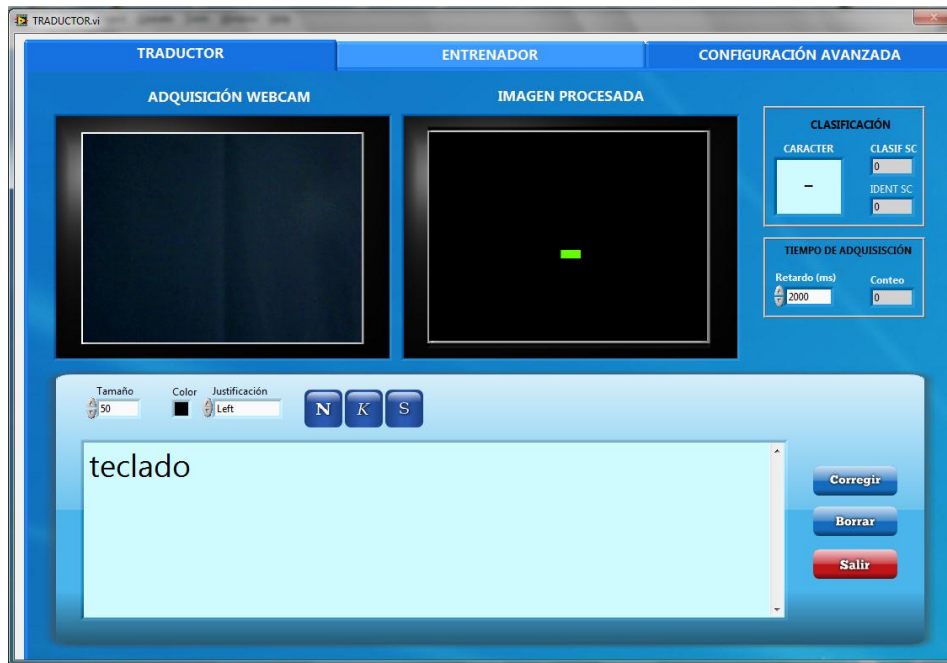


Fig 2.93- palabra teclado corregida

Fuente: Labview Visión Assistant

PRUEBA 3

✓ La cámara capta al usuario escribiendo el texto “perro”:

En la imagen 2.94 se muestra en la pantalla la letra P.

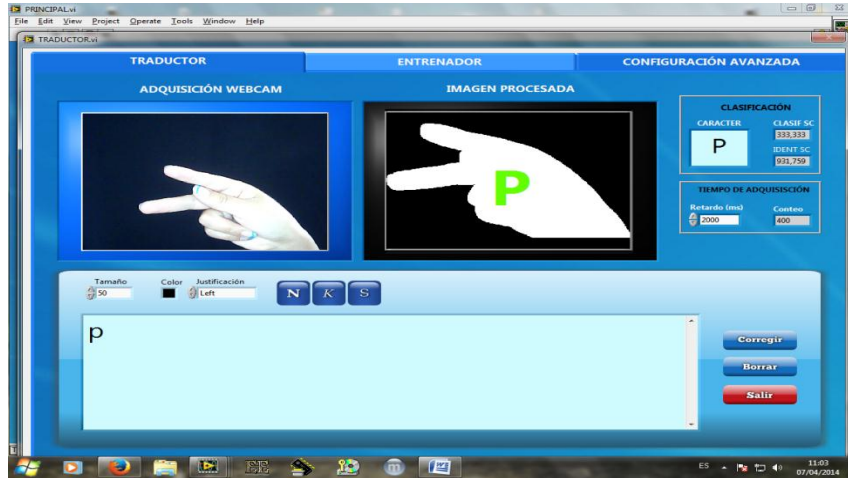


Fig 2.94- Cámara captando la letra P

Fuente: Labview Visión Assistant

En la imagen 2.95 se muestra en la pantalla la letra E para formar la palabra perro.

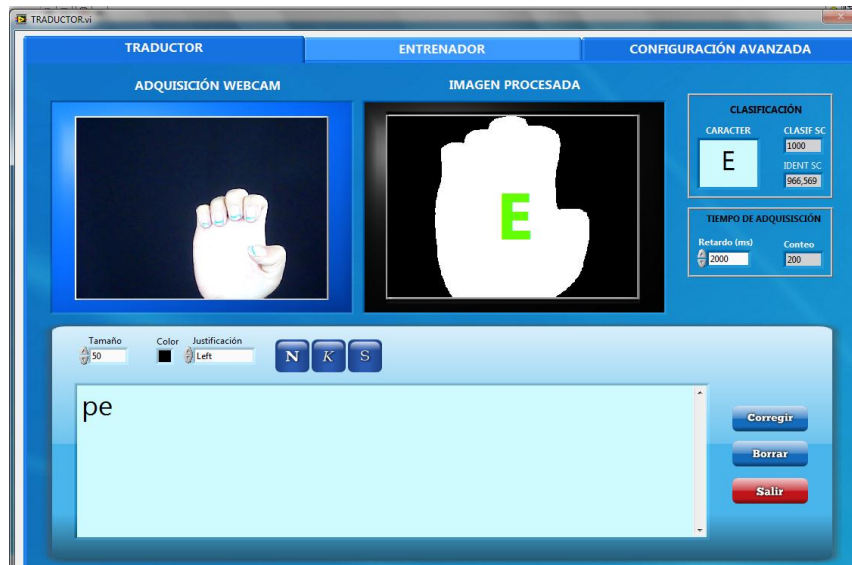


Fig 2.95- Cámara captando la letra E

Fuente: Labview Visión Assistant

En la imagen 2.96 se muestra en la pantalla del texto la palabra perro, la cual tiene un error al estar con doble o.

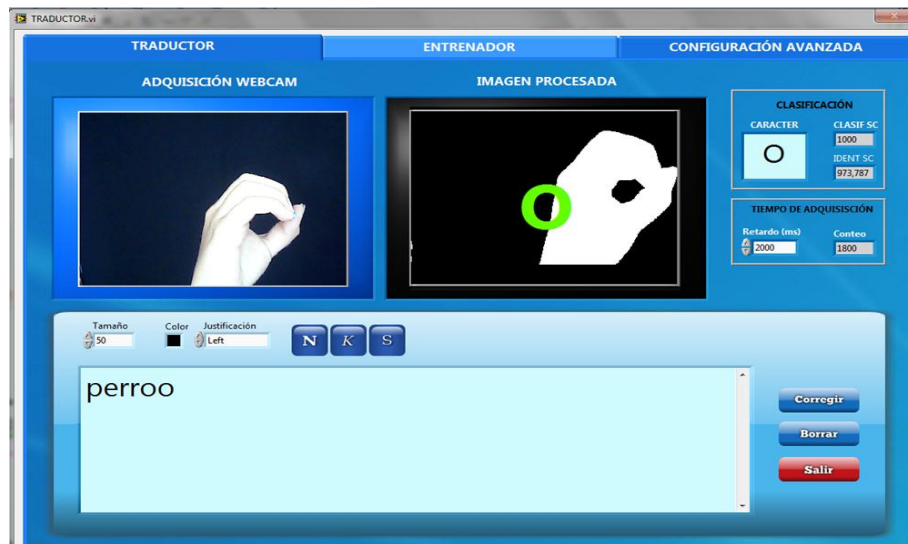


Fig 2.96- palabra incorrecta
Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ Si el texto está escrito incorrectamente, se pulsa la opción corregir como se muestra en la imagen 2.97:

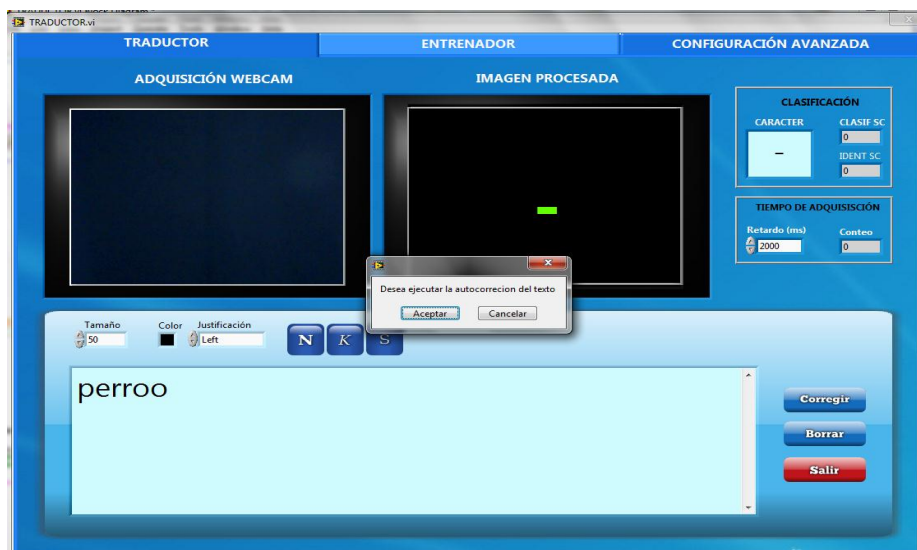


Fig 2.97- corrección de la palabra perro
Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ Se visualiza el cuadro de corrección, con la palabra corregida mostrada en la fig. 2.98.

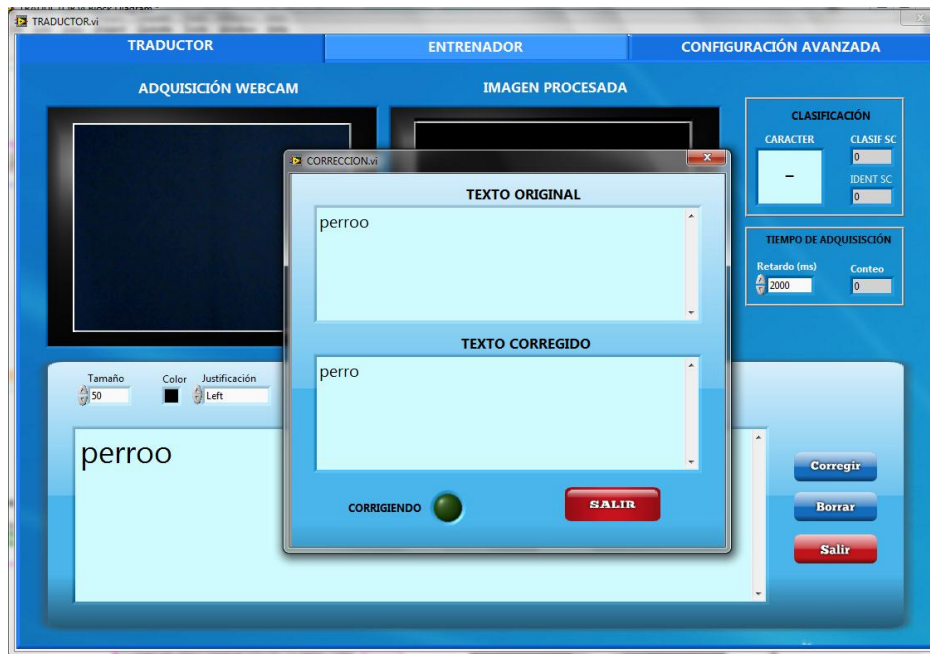


Fig 2.98- texto Corregido pulsando la ventana corregir.

Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ En la fig. 2.99 se muestra el texto corregido en la ventana principal del traductor:

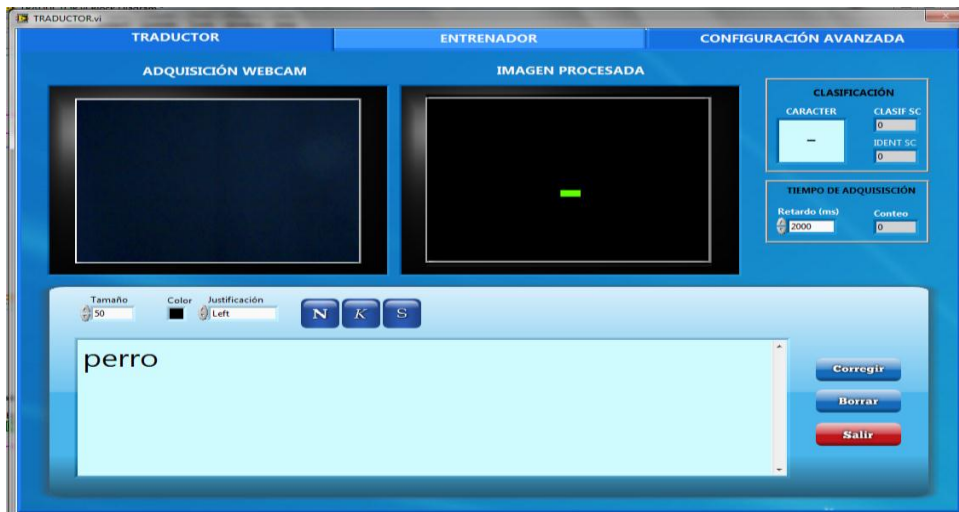


Fig 2.99- texto Corregido

Fuente: Labview Visión Assistant

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se analizó el código de señales considerando que los gestos del lenguaje dactilológico deben estar perfectamente definidos en el momento de reconocimiento de la cámara, para evitar confusión entre letras.
- La orientación de este proyecto para personas con discapacidad auditiva, es la de introducirlos a su lenguaje natural con un método estructurado, para hacerles personas independientes.
- Las señas más utilizadas en el lenguaje dactilológico son de la A a la Z considerando que palabras como la m, n, r, tienen un cierto grado de confusión en el programa.
- Se desarrolló un software aplicativo que hace énfasis en el aprendizaje del lenguaje de señas, con técnicas de procesamiento digital de imágenes en lo cual el usuario debe ser capaz de coordinar la inclinación, rotación y movimiento para aprender con mayor facilidad los símbolos.

- Se desarrolló la Aplicación de DSP's para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto con apoyo de la plataforma de LabView, en lo cual el proyecto sirve a las personas sordomudas y a las personas q no saben el lenguaje y por ende, no pueden lograr la comunicación efectiva con ellas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debe autoeducarse en el lenguaje dactilológico para lograr la efectiva comunicación específicamente con la sociedad sordomuda, esbozando las señas de manera correcta.
- Para desarrollar e aprendizaje del lenguaje dactilológico se recomienda investigar cada una de las señas ecuatorianas y practicarlo con personas sordomudas.
- Para el funcionamiento adecuado del proyecto cada seña del lenguaje dactilológico debe ser esbozada correctamente, para que el grado de confusión entre letras sea mínimo.
- El procesamiento digital de imágenes es considerado un proceso complicado en visión artificial, para lo cual las imágenes captadas no deben poseer ruido y para esto se recomienda que la imagen deben ser procesadas con un fondo oscuro de preferencia de color negro .
- Para el desarrollo del proyecto se recomienda utilizar Vision Assistant ya que es un software que forma parte de las librerías de Labview, permite realizar programas sencillos y amigables para la interacción con el usuario.

BIBLIOGRAFÍA O REFERENCIAS

- [1] R. f. Martin, «Sordomudos Comunicación,» Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sordomudos-Comunicacion/4206259.html>. [Último acceso: enero 2014].
- [2] anónimo, «Introduccion tesis,» [En línea]. Available: http://elies.rediris.es/elies28/pdfs/Introduccion_Tesis.pdf. [Último acceso: febrero 2014].
- [3] A. Sendra, Atención y Apoyo Psicosocial Domiciliario, España: Vigo, 2010.
- [4] Anonimo, «Lenguaje de Señas (Completo),» apuntes y monografías, [En línea]. Available: <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/4948408/Curso-Lenguaje-de-senas-Completo.html>. [Último acceso: enero 2014].
- [5] F. d. S. Quiles, Computadores paralelos y Evaluación, cuenca: Cuenca, 1996.
- [6] N. Chiguano, «Tesis,» junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>. [Último acceso: 2014].
- [7] C. Vialfa, «Sensor de Imagenes,» marzo 2014. [En línea]. Available: <http://es.kioskea.net/faq/7691-el-sensor-de-imagenes>. [Último acceso: enero 2014].
- [8] Anónimo, «Captura de Video,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.informaticamoderna.com/Tarjetas>. [Último acceso: 2014].
- [9] I. Herrero, «Aspectos de un Sistema de Vision Artificial,» Octubre 2005. [En línea]. Available: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Aspectos%20de%20un%20Proyecto%20de%20Visi%C3%B3n%20Artificial.pdf>. [Último acceso: enero 2014].

- [10] I.Herrero, «Visión Artificial,» Octubre 2005. [En línea]. Available: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Aspectos%20de%20un%20Proyecto%20de%20Visi%C3%B3n%20Artificial.pdf>. [Último acceso: enero 2014].
- [11] F. L. velez, «Sistemas de Visión Artificial,» 2003. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/21458936/10/Etapas-de-un-sistema-de-vision-artificial>. [Último acceso: 2014].
- [12] Anónimo, «Vision Artificial,» [En línea]. Available: <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/2/Capitulo%201.pdf>. [Último acceso: febrero 2014].
- [13] «Espacios de Color,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11875/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>. [Último acceso: Marzo 2014].
- [14] S. Folch, Hablamos de Comunicación Multimedia, España, 2010.
- [15] J. Elizondo, FUNDAMENTOS DEL PROCESAMIENTO DE IMAGENES, Aventure Works, 2005.
- [16] O. Corona, «Histograma y como se Utiliza,» 25 Febrero 2005. [En línea]. Available: <http://www.fotografiaesencial.com/blog/2010/02/25/que-es-el-histograma/>. [Último acceso: 2014].
- [17] F. Mora, Adquisición, Analisis, Procesamiento e Interpretación, Venezuela, 1995.
- [18] S. Julius, «Introduccion a loa filtros Digitales,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/electivas/dsp/presentaciones/clase10.pdf>. [Último acceso: 2014].

- [19] K. Informatico, «Informatica,» 4 julio 2009. [En línea]. Available: <http://kernelinformatico.blogspot.com/2009/07/filtrado-espacial.html>. [Último acceso: 2014].
- [20] S. M. Aldalur, *Realce de Imagenes*, Argentina, 2002.
- [21] M. s. M. Aldalur, «Realce de Imagenes,» *teledetección*, vol. I, p. 33, 2002.
- [22] R. J. Muñoz Marco, *Metodologia e Instrumentación, Manual de Laboratorio*, Costa Rica: costa rica 2004.
- [23] Anónimo, «Segmentación de Imágenes,» [En línea]. Available: http://www.lcc.uma.es/~munozp/documentos/procesamiento_de_imagenes/temas/pi_cap6.pdf.
- [24] E. Coto, «Método de Segmentación de Imágenes Médicas,» Venezuela, 2003.
- [25] U. d. Jaen, «Detección de bordes de una imagen,» Jaen, 2005/2006.
- [26] Anonimo, «Operaciones con Imagenes,» [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/3/Capitulo%202.pdf>. [Último acceso: 2014].
- [27] J. Moller, «Asociación Argentina de Mecanica Computacional,» 1 Noviembre 2001. [En línea]. Available: <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/3951/3868>. [Último acceso: 2014].
- [28] J. W. M. A. S. Moller, «Asociacion Argentina de Mecanica Computacional,» 1 Noviembre 2001. [En línea]. Available: <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/3951/3868>. [Último acceso: 2014].

- [29] Anónimo, «Segmentación Binaria,» [En línea]. Available: <http://www.ija.csic.es/gt/tele/TUTORIAL%20A.I/segmentacion/binaria.htm>. [Último acceso: febrero 2014].
- [30] M. Debiles, «Vision I +D,» IOBA, 1 enero 2006. [En línea]. Available: <http://www.visionimasd.es/html/es/05.html>. [Último acceso: 19 02 2014].
- [31] M. R. Moreno, Reglamento de Eficiencia Energetica en Instalaciones de Alumbrado Exterior, España: COPYRIGHT Ediciones, 2009.
- [32] Andres, «Camara Digital,» 28 1 2014. [En línea]. Available: <http://andes92.wordpress.com/camara-digital-caracteristicas-de-camaras-digitales/>. [Último acceso: 28 2 2014].
- [33] J. L. M. Perea, La Imagen Fotográfica, Madrid (pinto): Akal. S.A., 2007.
- [34] M. Covington, Astrofotografía con cámaras réflex digitales, España: Cófás S.A., 2007.
- [35] G. Pedro, «Astro-Beano,» Raspberry Pi, 13 03 2012. [En línea]. Available: <http://astrobeano.blogspot.com/2012/03/6-led-webcam-with-microphone.html>. [Último acceso: 28 02 2014].
- [36] Anónimo, «IMAQ NI VISION ASSISTANT TUTORIAL,» *National Instruments*, vol. I, nº 10, p. 2, 2004.
- [37] H. Rodríguez, «curso Gigital,» 1 enero 2006. [En línea]. Available: http://www.hugorodriguez.com/cursos/curso-idigital_02.htm. [Último acceso: 2 marzo 2014].
- [38] Anónimo, «Fotografía Digital,» vol. III, nº 30, pp. 85-113, 2014.

GLOSARIO DE TERMINOS

- **DACTILOLOGÍA:** La dactilología es la representación manual de cada una de las letras que componen el alfabeto. A través de ella la personal sorda puede transmitir cualquier palabra que desee comunicar, por complicada que ésta sea. El deletreo manual es usado en combinación con el lenguaje de signos para sustantivos, nombres propios y palabras poco usuales para las cuales no existe un ideograma.
- **PIXEL:** Un píxel es la menor unidad en color que forma parte de una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico. El píxel es la abreviatura de Picture Element, y se puede observar al ampliar una imagen digital. Los píxeles aparecen como pequeños cuadrados o rectángulos en color, en blanco y negro o en matices de gris.
- **ALGORITMO:** es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad. En la vida cotidiana, se emplean algoritmos frecuentemente para resolver problemas.
- **CONVOLUCIÓN:** es un operador matemático que transforma dos funciones f y g en una tercera función que en cierto sentido representa la magnitud en la que se superponen f y una versión trasladada e invertida de g .
- **DISJUNTOS:** Dos conjuntos son disjuntos si no tienen ningún elemento en común.
- **MONOCROMÁTICAS:** tiene un solo color que está encendido o apagado o también que tiene tonos intermedios, por lo que tiene la misma ambigüedad que blanco y negro. Para una imagen el término monocromo es esencialmente blanco y negro, pero a veces

se prefiere el término monocromo para indicar que puede ser en realidad «blanco y verde», «verde y negro», etc.

- **SEGMENTACIÓN:** La segmentación en el campo de la visión artificial es el proceso de dividir una imagen digital en varias partes (grupos de píxeles) u objetos. El objetivo de la segmentación es simplificar y/o cambiar la representación de una imagen en otra más significativa y más fácil de analizar. La segmentación se usa tanto para localizar objetos como para encontrar los límites de estos dentro de una imagen.
- **ENTROPÍA:** es una magnitud física que, mediante cálculo, permite determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo
- **FOTOSITOS:** cada fotosito equivale a un pixel. Su tamaño depende de la densidad de integración del chip sensor, y/o del tamaño del sensor.

ANEXOS Y APÉNDICES

ANEXO A

TUTORIAL DE APLICACIÓN DE DSP'S PARA LA TRANSCRIPCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS A TEXTO

INTRODUCCION

El hardware está diseñado de forma más sencilla posible, con el objetivo de que el proyecto titulado “Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto” posea de un rendimiento adecuado y además sirva de autoaprendizaje para las personas que deseen practicar y aprender el lenguaje de señas.

CÁMARA SELECCIONA PARA LA APLICACIÓN

En la aplicación se escogió una cámara de 30 megapíxeles llamada “6 LED cámara web con micrófono” , la cual se adapta al área de trabajo para realizar el procesamiento de cada una de las señas para personas sordomudas.



Fig A.1.- 6 LED webcam

Fuente: <http://astrobeano.blogspot.com/2012/03/6-led-webcam-with-microphone.html>

ILUMINACIÓN

La luminaria general está formado por una boquilla, un foco ahorrador que funciona a 110 Vac , proporcionando un flujo luminoso a igual que los focos tradicionales, pero con un mínimo consumo de energía.



Fig A.2.- Foco Ahorrador

Fuente: Obras web, por: Ivet Rodriguez

La luminaria secundaria está formada por una lámpara de escritorio eléctrica que funciona a 110 Vac y 60 Hz. , diseñados para aportar luz artificial y evitar el deslumbramiento detrás de la cámara al momento de realizar las señas.



Fig A.3.- Lámpara de Escritorio Eléctrica

Fuente: https://es.123rf.com/photo_6251013_la-imagen-de-lamparas-electricas-escritorio-de-color-y-portatiles.html

COMPUTADORA

Se utilizó una computadora marca Toshiba i3 de 3Gb de RAM que consta de las características necesarias para trabajar en un ambiente agradable con LabVIEW 2009, reconocida no solo por sus línea completa de equipos sino también cuentan con excelente reputación en cuanto a calidad y confiabilidad.



Fig A.4.- Computadora Toshiba Satellite L635

Fuente: Laptop Information

FONDO DEL SISTEMA DE HARDWARE

El fondo utilizada fue de color negro mate debido a que es el adecuado para no genere brillo al momento de realizar la adquisición de imágenes por medio de la cámara.



Fig A.5.-Ejemplo de fondo color negro mate

Fuente: Lenguaje de Señas Americano (ASL)

SOFTWARE REALIZADO EN LABVIEW

La “Aplicación de DSP’s para la Transcripción de Lenguaje de Señas a Texto” se encuentra formada por una pantalla principal el cual consta de un menú de opciones dividido en las siguientes etapas: Traductor, Entrenador, Configuraciones, Salir.



Fig A.6.-Pantalla principal del Proyecto

Fuente: Labview Visión Assistant

DISEÑO DEL TRADUCTOR

➤ ADQUISICIÓN

En esta etapa de adquisición de imágenes se basa principalmente en configurar la cámara, eliminando la función de auto contraste para eliminar el ruido que afecta a la aplicación.

Se debe seleccionar el dispositivo de entrada, configurando el nombre, nombre de la interfaz, nombre del proveedor, datos que se obtienen al momento de conectar la cámara mediante puerto USB a la computadora TOSHIBA.

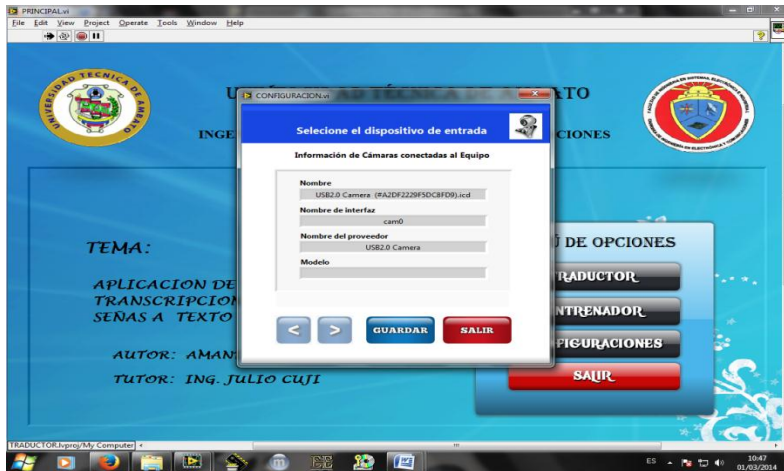


Fig A.7.- Configuración de la cámara 6 LED cámara web con micrófono

Fuente: Labview Visión Assistant

➤ **DETECCIÓN DE LA IMAGEN- MEJORAMIENTO DEL CONTRASTE**

Se adquiere la Imagen real la cual es una imagen a color (32 bits), se realiza una conversión a escala de grises (imagen de 8 bits) con la función “ExtractSingleColorPlane.VI” y los pixeles de la imagen pasan a tener un valor de entre 0 y 255, debido a que las funciones de procesamiento de imagen de labview solamente aceptan imágenes de 8 bits.



Fig A.8.- ejemplo de la imagen de la mano de 8 bits en LabVIEW.

Fuente: Labview Visión Assistant

➤ OBJETO DE INTERÉS RECORTADO

Una vez detectada la imagen y el Mejoramiento de Contraste, Brillo y Cambio a Escala de Grises se seleccionan los puntos más sobresalientes de la mano y se hace un recorte de imagen para trabajar solamente con el objeto de interés.

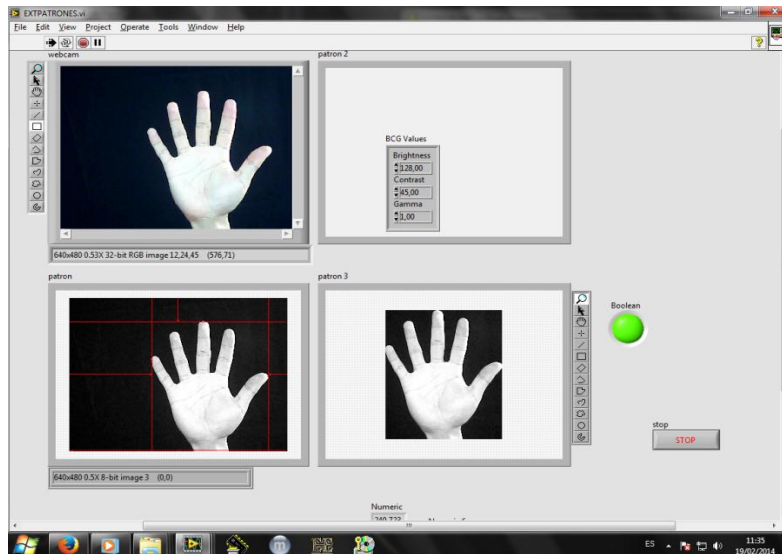


Fig A.9.- ejemplo de la imagen de la mano recortada de 8 bits en LabVIEW.

Fuente: Labview Visión Assistant

➤ SELECCIÓN DEL ROI (OBJETO DE INTERÉS DE LA IMAGEN)

Una vez detectados los bordes en la imagen, se obtienen los puntos máximos de la misma, se procede a recortar el objeto de interés del resto de fondo de color negro, para que dicho objeto sea enviado al proceso de clasificación.

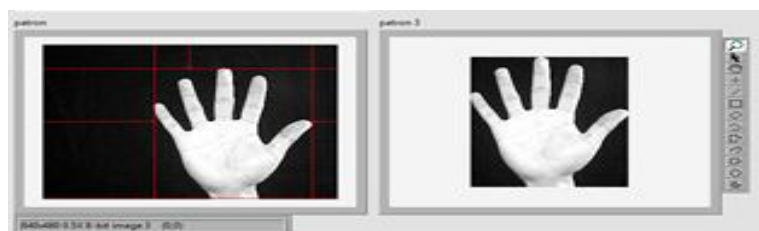


Fig A.10.- imagen original sin detección de bordes

Fuente: Labview Visión Assistant

CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

➤ CREACIÓN DE UN NUEVO ARCHIVO (ROI)

Para la creación de un nuevo archivo se selecciona la región de interés de la imagen (ROI), para ser procesada y convertida en una imagen nueva, enfatizándose solamente en el área de interés. Para obtener la nueva imagen procesada se selecciona la opción “New Classifier File”.

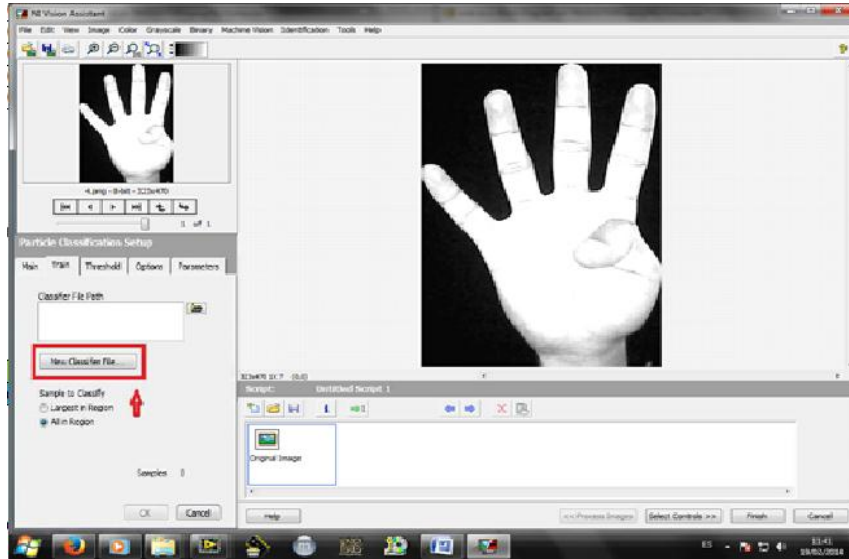


Fig A.11.- creación de un nuevo Archivo

Fuente: Labview Visión Assistant

- En la ventana “NI ParticleClassification Training Interface” va a generar vectores característicos y en la pestaña “Preprocessing” se configura los parámetros de la imagen generados por la opción Threshold, si a la imagen se desea brillante, oscura o gris.

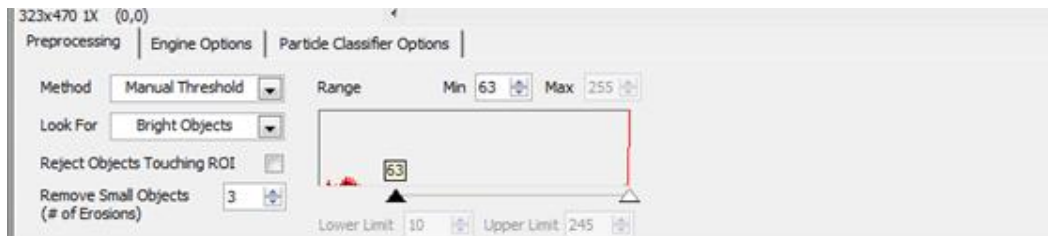


Fig A.12.- configuración de parámetros de imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

- El fondo negro logra que la imagen contraste, y las señas se deben considerar brillantes para realizar un reconocimiento perfecto, para lo cual se selecciona el área de interés.

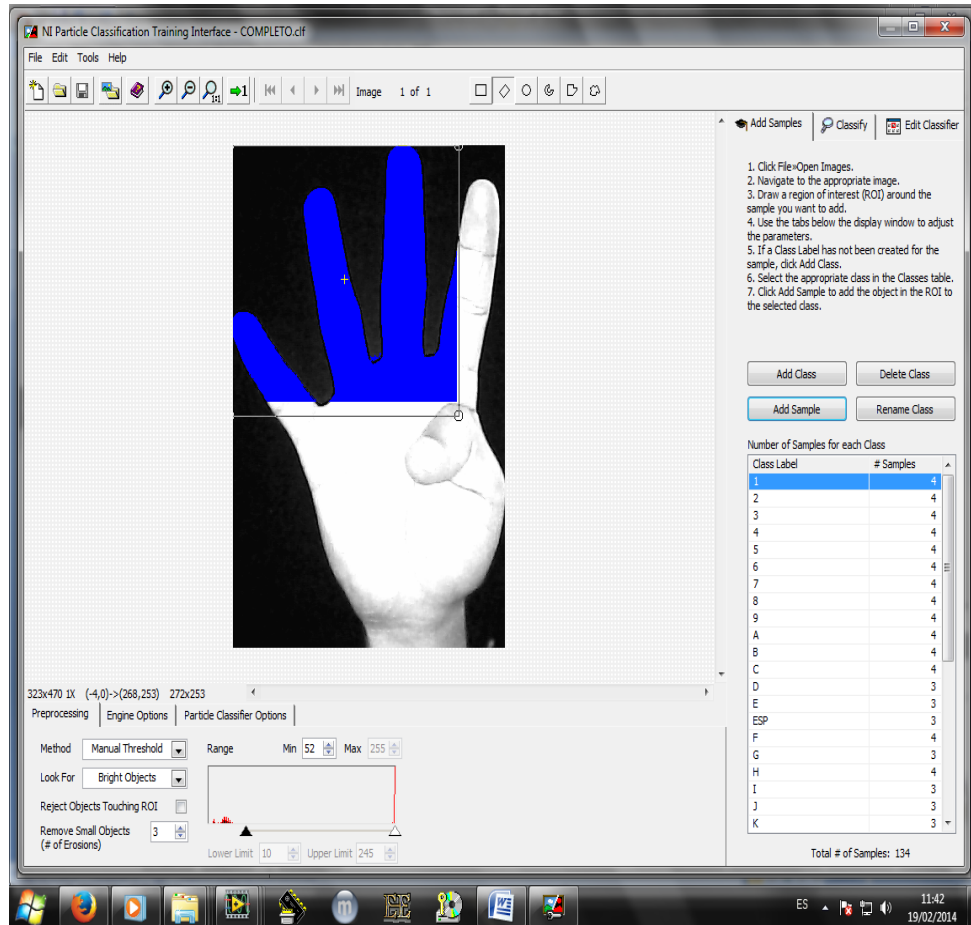


Fig A.13.-Selección del área de Interés

Fuente: Labview Visión Assistant

Se selecciona solamente los objetos brillantes en este caso la mano ya que contrasta con el fondo negro y por medio de esto se va a realizar la selección de la letra correspondiente a la seña que ejecuta el usuario.

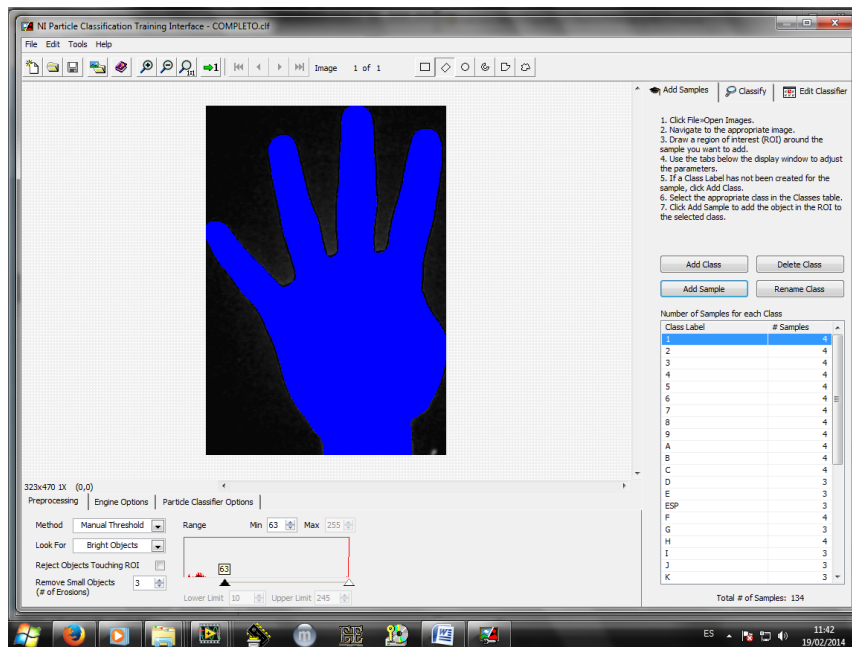


Fig A.14.- Imagen brillante con fondo negro

Fuente: Labview Visión Assistant

- En la pestaña “EngineOptions”, Method se encuentran los métodos para realizar la clasificación: NearestNeighbor (Vecino más cercano), K-NearestNeighbor (K-Vecino más cercano) y Minimum Mean Distance (Distancia Mínima de Media).

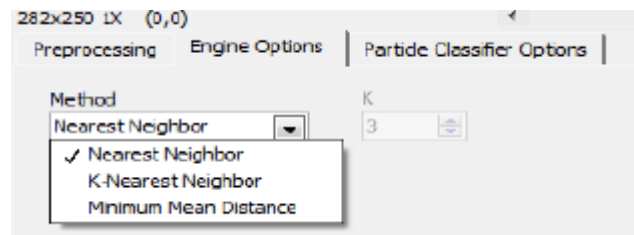


Fig A.15.- configuración de parámetros de imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

- Para que la base de datos tenga mayor exactitud se maneja $k=4$ muestras para cada señal que van a ser almacenadas y se escogió como método “K- Vecino más cercano” debido a que es el método que mejor se adapta para el procesamiento digital de

imágenes, porque a más de presentarse por default, muestra menor cantidad de error entre letras, reconociendo a cada una de ellas sin confundirlas, con altos porcentajes de acierto.

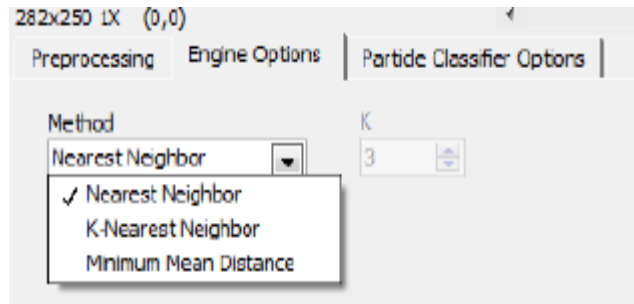


Fig A.16-configuración de parámetros de imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

- En la pestaña “Preprocessing” se presenta tres métodos para calcular la distancia entre la muestra a ser clasificadas y las muestras de las bases de datos, las cuales son: “Euclidean”, “Sum”, “Maximum”.

Se escojio la distancia SUMA esusada en clasificación de procesos, se refiere al promedio y se selecciona por default en VisionAssistant.

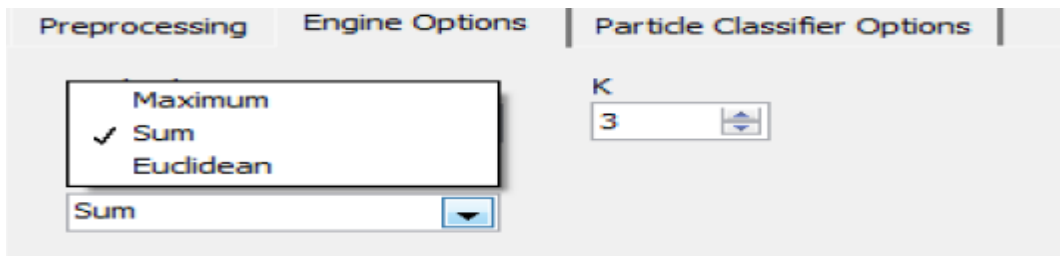


Fig A.17.- configuración de parámetros de distancia

Fuente: Labview Visión Assistant

➤ SELECCIÓN DE UNA NUEVA CLASE

Para añadir una clase se considera la opción Add Class la cual añade un nombre a la imagen procesada.

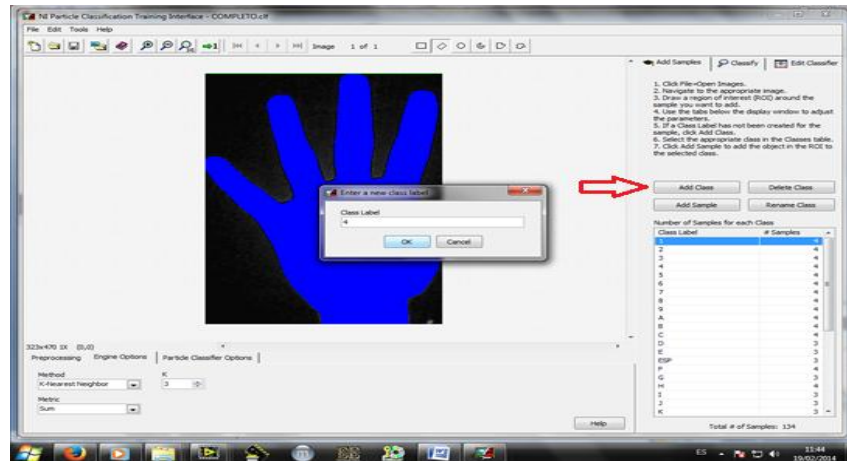


Fig A.18.- ejemplo de Add Class

Fuente: Labview Visión Assistant

➤ AÑADIR MUESTRA

Para añadir las muestras se debe seleccionar “AddSample”, se abre la imagen procesada, seleccionar el método, k, y se añade a la opción añadir muestra.

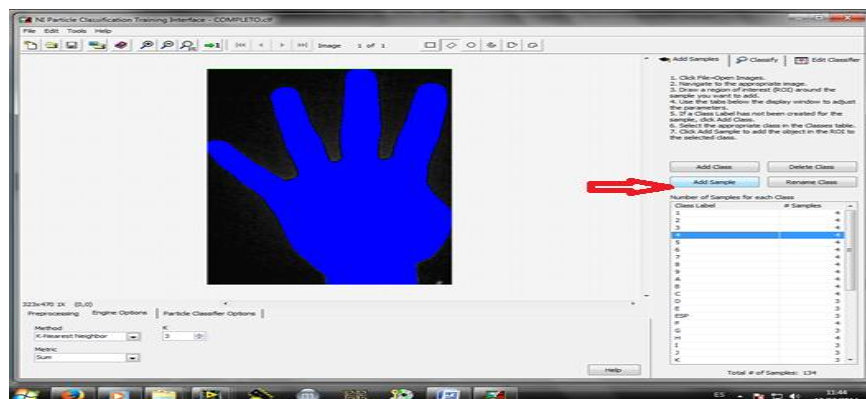


Fig A.19.- ejemplo de Add Sample

Fuente: Labview Visión Assistant

Se van añadiendo cada una de las muestras a su respectiva clase, en este caso esta muestra tomada se añade a la clase 4.

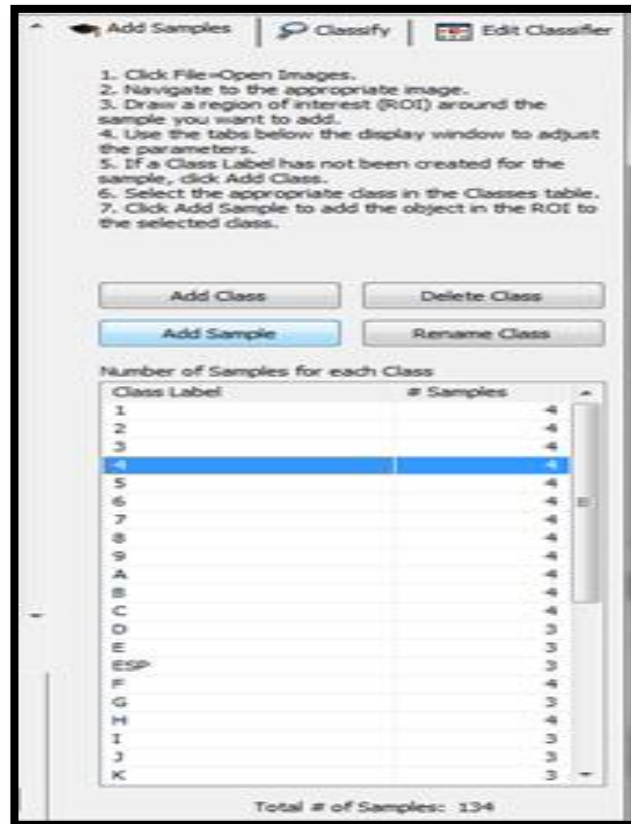


Fig A.20.- Número de muestras

Fuente: Labview Visión Assistant

• CLASIFICACIÓN

En la opción classify se debe dar clic en trainclassifier para entrenar la base de datos, es decir para que esté en condiciones de detectar y clasificar cada una de las señas y posteriormente asignar el carácter correspondiente.

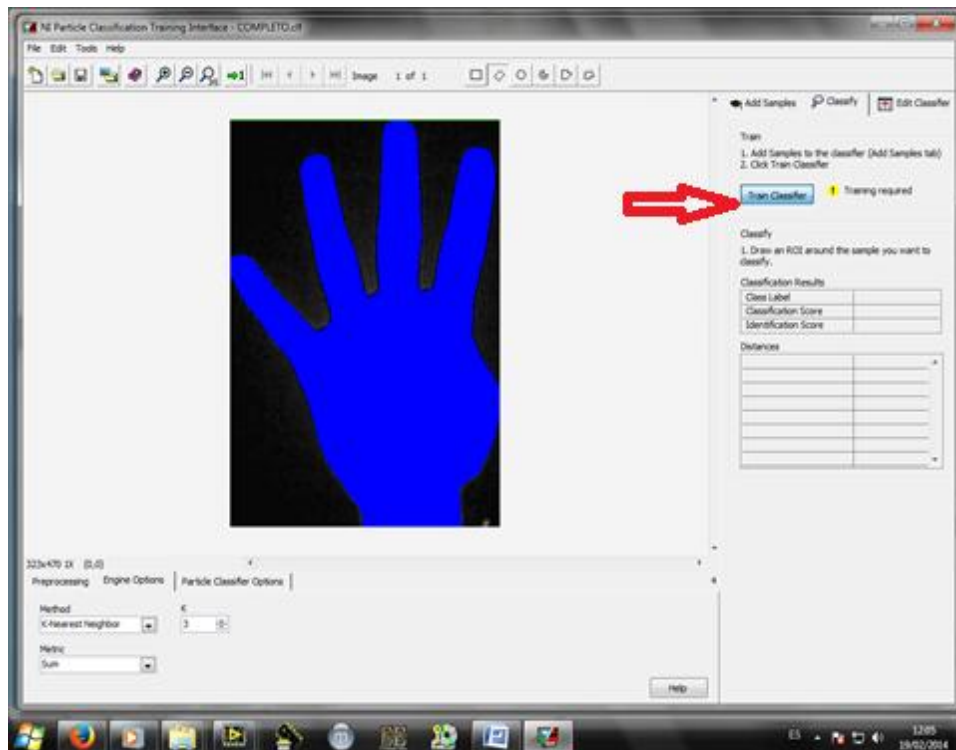


Fig A.21.-Fase de Entrenamiento
Fuente: Labview Visión Assistant

➤ **GUARDAR ARCHIVO DE CLASIFICACIÓN**

El archivo de configuración se guarda en formato (.clf), debe ser guardado en el mismo lugar en el cual se encuentran las fotos usadas para la creación del archivo.

En la figura se muestra la creación de un archivo por diferente método y con las mismas muestras, simplemente es necesario cambiar el método en la opción Engine Options, sin volver a cargar cada una de las fotos, se debe entrenar y nuevamente guardar el proceso.

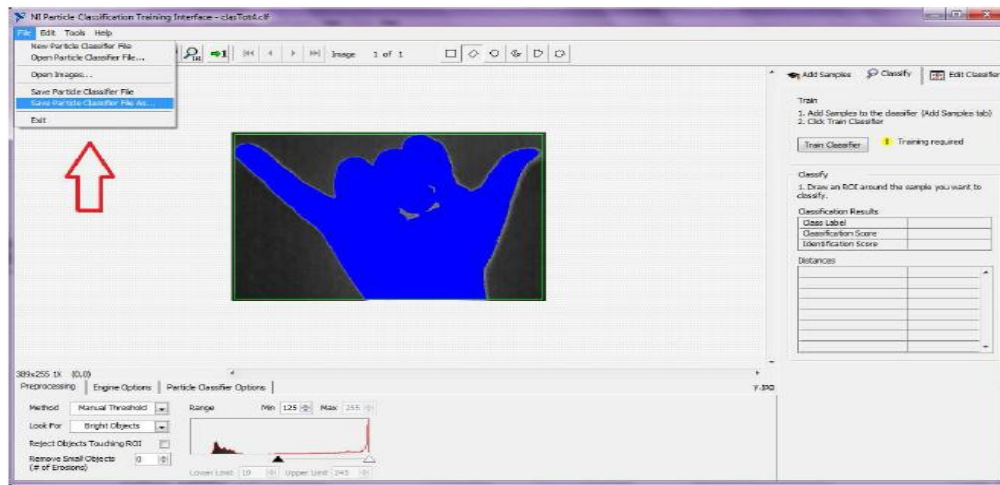


Fig A.22.- Opción para Guardar Archivo de Clasificación

Fuente: Labview Visión Assistant

➤ **BASE DE DATOS**

Las imágenes que constan en la base de datos se muestra en la siguiente figura, para cada una de las muestras hay cuatro clases es decir, para cada una de las señas es necesario tomar varias muestras con diferentes tamaños de manos para que la base de datos tenga mayor exactitud al momento de realizar la traducción de señas a texto.

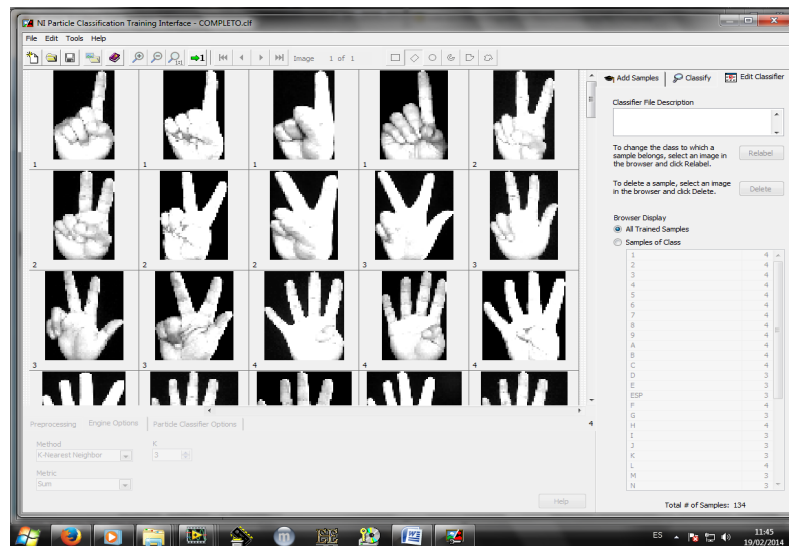


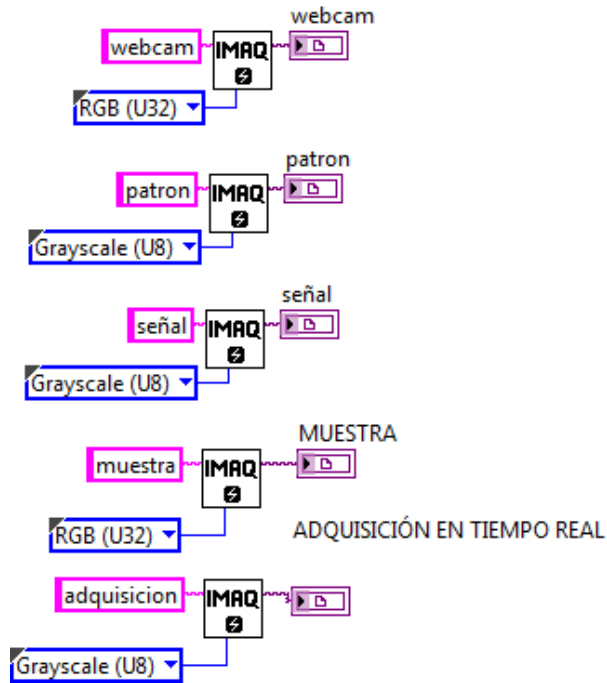
Fig A.23.- Base de Datos

Fuente: Labview Visión Assistant

ANEXO B

DISEÑO DEL TRADUCTOR

- ✓ Creación de un espacio de memoria para cada una de las imágenes a visualizar.



FigB.1.-Creación del espacio de Memoria
Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ Etapa de adquisición de imagen RGB 32 bits (color)



Fig B.2.-Adquisición de imagen RGB 32 bits
Fuente: Labview Visión Assistant

✓ Etapa de Procesamiento de la imagen

La imagen adquirida en color se transforma en una imagen de 8 bits (escala de grises), a continuación se hace un mejoramiento del brillo y contraste de la imagen para eliminar las sombras que pueden afectar la detección.

Luego se procede a binarizar la imagen, es decir, se obtiene una imagen en blanco y negro a la cual se procederá a mejorar su morfología mediante la dilatación de la imagen, se utiliza la función de ecualización para mejorar la calidad de la imagen.

Finalmente en la imagen obtenida se busca los puntos más sobresalientes de la mano y se extrae las coordenadas para formar el área de interés (ROI), finalmente se recorta la imagen por los puntos que conforman el ROI.

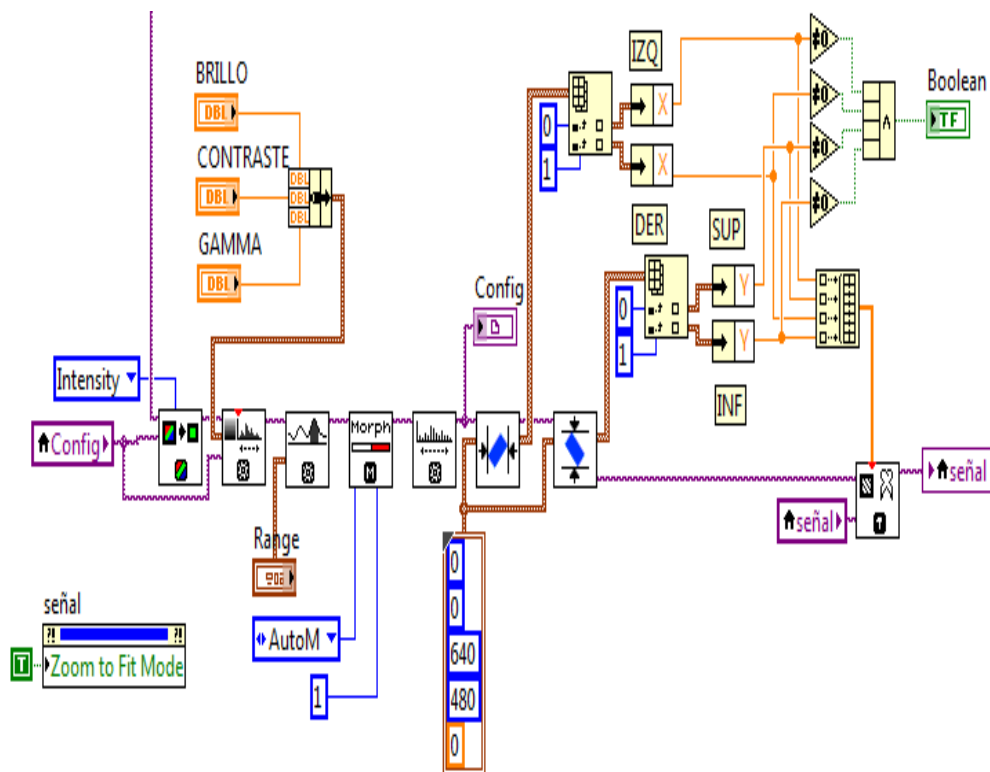


Fig B.3.-Etapa de Procesamiento de una Imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ **Etapas de clasificación de la imagen**

Una vez procesada la imagen se procede a realizar el archivo de clasificación mediante visión assistant, para ello es necesario tomar varias muestras que serán almacenadas en una base de datos.

Una vez creada la base de datos para el presente propósito se procede a inicializar el clasificador de partículas, para hacer la lectura de cada una de las muestras utilizamos la función `imaxclasify`, que es la encargada de comparar la imagen adquirida por la webcam con un conjunto de **k** imágenes más aproximadas almacenadas en la base de datos, mientras más parecida sea la imagen a una de las muestras esta función arrojará valores de clasificación más altos (scores) y el carácter correspondiente.

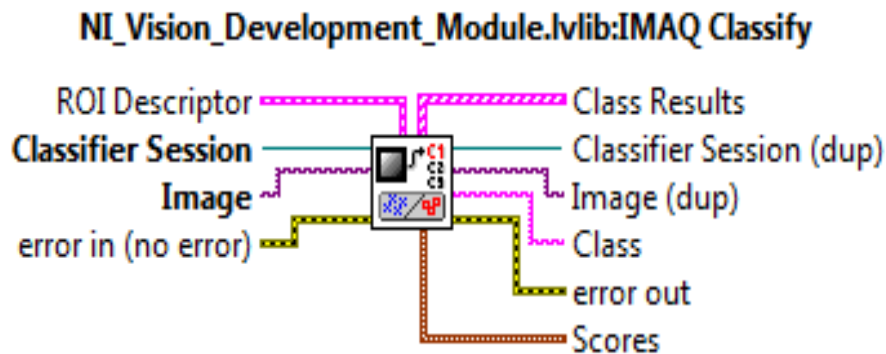


Fig B.4.-Etapas de Clasificación de la imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

Para tener la certeza de que se ha realizado correctamente las señas se tomó como referencia un valor de 900 en el valor de identificación (ident score)

Para disminuir la posibilidad de una traducción errónea se vio la necesidad de implementar un retardo de tiempo controlado por el usuario en base a la habilidad del mismo para realizar cada una de las señas.

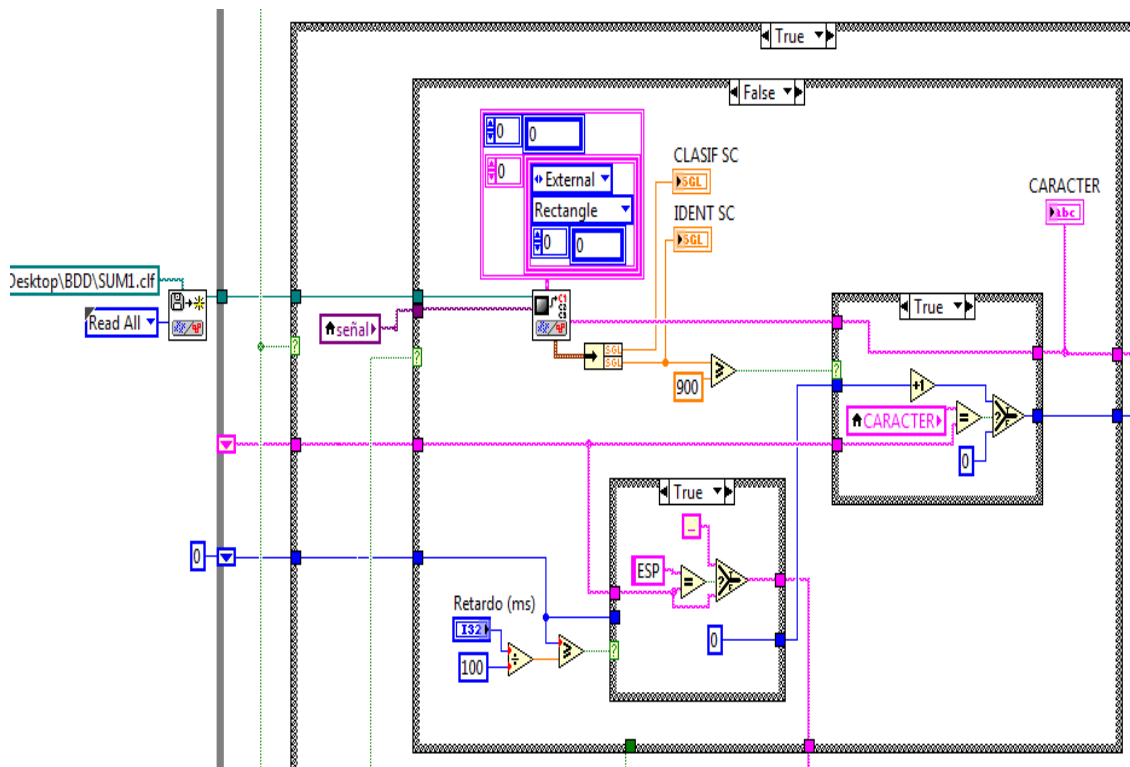


Fig B.5.-Etapa de Clasificación de la imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ **Etapa de armado del texto**

Posteriormente se procede a concatenar el carácter que arroja la función para armar el texto correspondiente, para ello es necesario hacer uso de un shiftregister para mantener temporalmente el texto que se va formando.

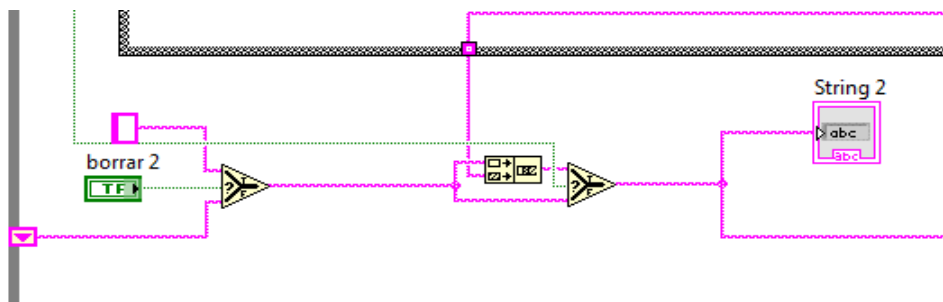


Fig B.6.- Etapa de Armado del texto

Fuente: Labview Visión Assistant

En el caso de que el usuario quiera empezar una nueva traducción puede dar clic en el botón “borrar” para eliminar el texto del recuadro.

Para la lectura de la letra Z que en este caso requiere de un movimiento en zigzag se vio la necesidad de desarrollar un subVI que permita leer los movimientos de la mano y que a su vez cumplan con ciertas condiciones para evitar una falsa lectura.

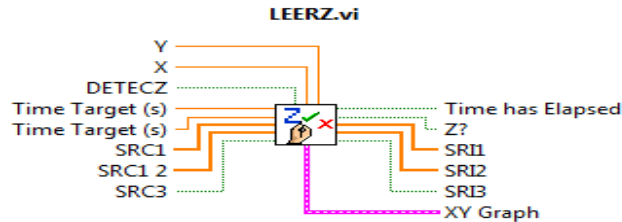


Fig B.7.-SubVI: lectura de la letra Z.

Fuente: Labview Visión Assistant

El subvi desarrollado recoge los valores (x,y) del punto más alto detectado en la etapa de recorte de la imagen. Al desplazar la mano frente a la cámara, los valores de (x,y) de este punto van a variar dependiendo del valor del pixel en el que se encuentra

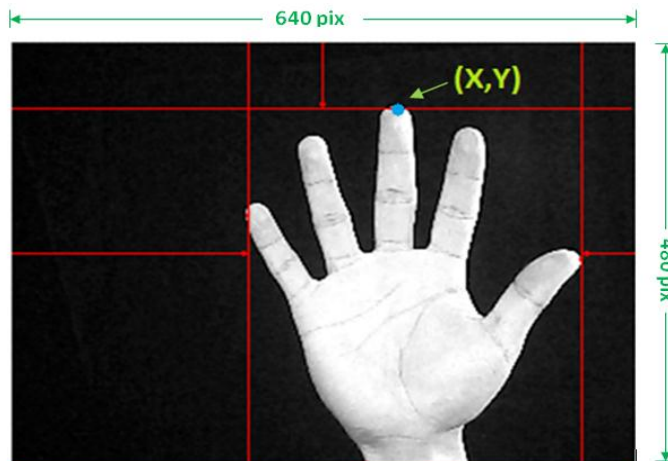


Fig B.8.- Punto alto detectado en la imagen

Fuente: Labview Visión Assistant

Los valores recolectados de (x , y) son almacenados en vectores independientes que posteriormente serán analizados como una señal análoga, para obtener un menor número de muestras se utiliza la función “simple compression”, que en este caso utiliza un factor de compresión de 4 a 1 y como método de reducción toma la media estadística obtenida de la señal.

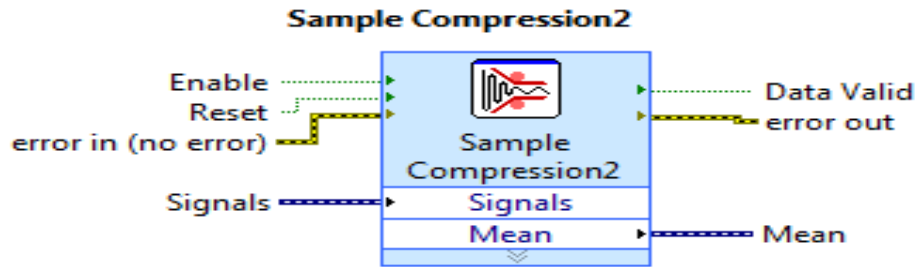


Fig B.9.- Función SampleCompression

Fuente: Labview Visión Assistant

Esta señal obtenida se transforma a una señal digital mediante la función “Convertanalogto digital” para el caso del eje horizontal si el valor supera los 320 pixeles la función lo tomara como 1 lógico si es menor se tomara como 0 lógico, para el caso del eje vertical se considera como 1 lógico todos los valores que superan los 240 pixeles y como 0 lógico los que se encuentran bajo este límite como se observa en el gráfico.

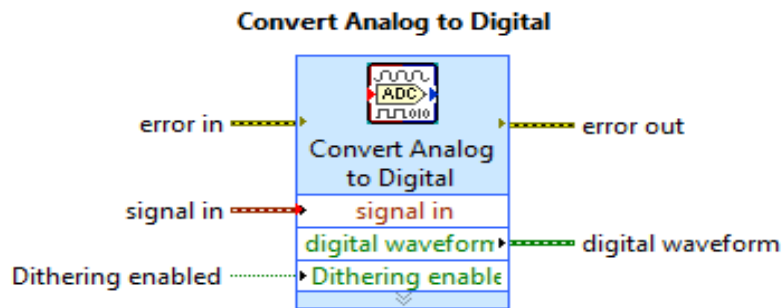


Fig B.10.- Transformación de una señal Digital

Fuente: Labview Visión Assistant

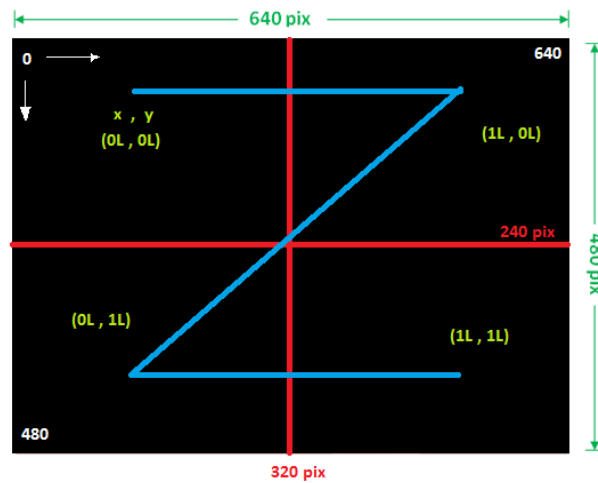


Fig B.11.- Ejemplo de ejes de valoración de Pixeles

Fuente: Labview Visión Assistant

Si los movimientos realizados cumplen con estas especificaciones la función entrega un nivel lógico alto con el cual se procede a concatenar el carácter Z en el texto que se está ensamblando.

En la siguiente figura se observa la Programación utilizando subviLeerZ:

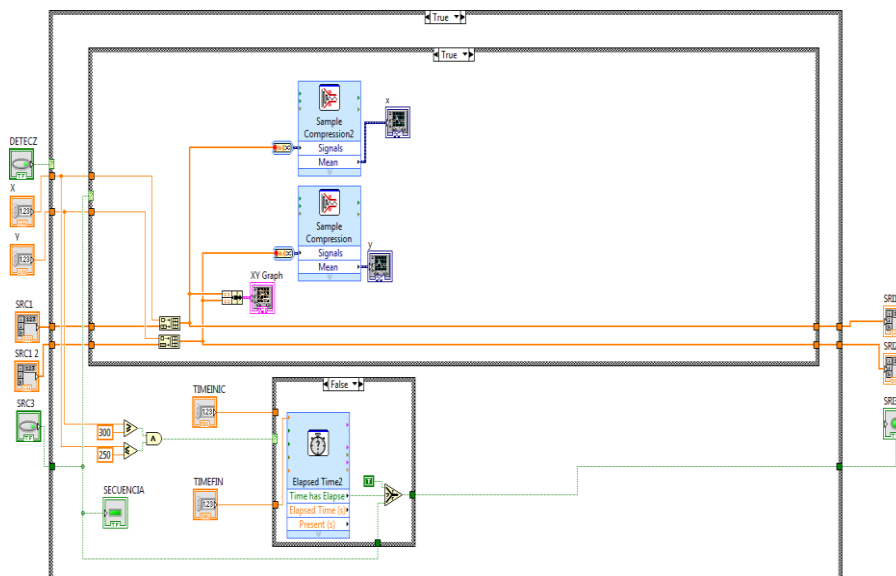


Fig B.12.- Programación utilizando subviLeerZ

Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ En la siguiente figura se muestra la programación de la Etapa de recolección y compresión de los datos del eje X y del eje Y :

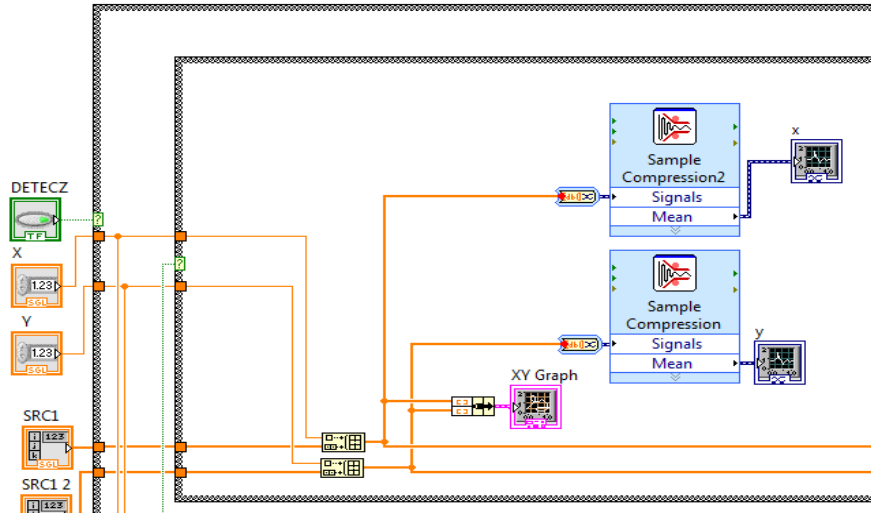


Fig B.13.- Etapa de compresión de los Datos

Fuente: Labview Visión Assistant

- ✓ En la siguiente figura se observa la programación de la Etapa de conversión análogo - digital de los datos recolectados

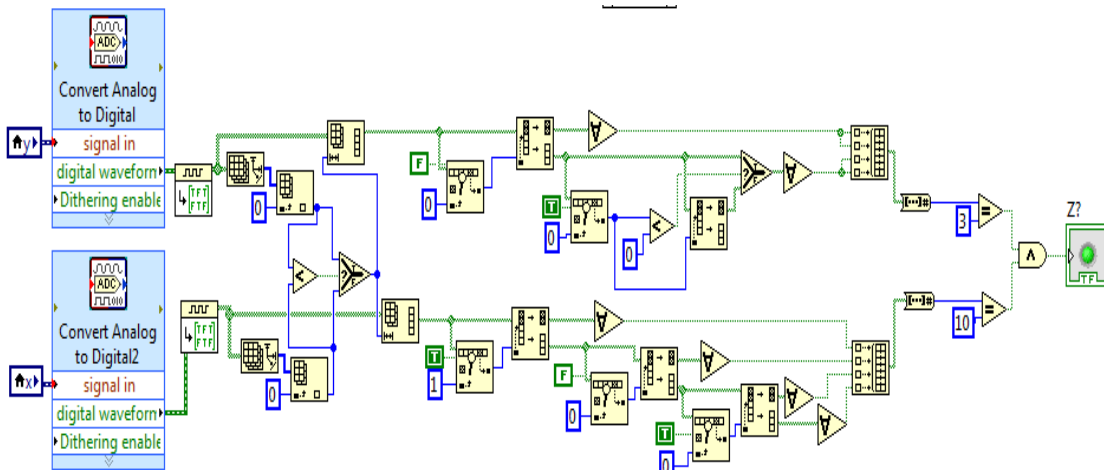


Fig B.14.- Conversión análogo- Digital de los Datos

Fuente: Labview Visión Assistant

La adquisición de la imagen se la realiza con la web cam la cual mediante la programación la imagen va a ser procesada para obtener la letra correcta.

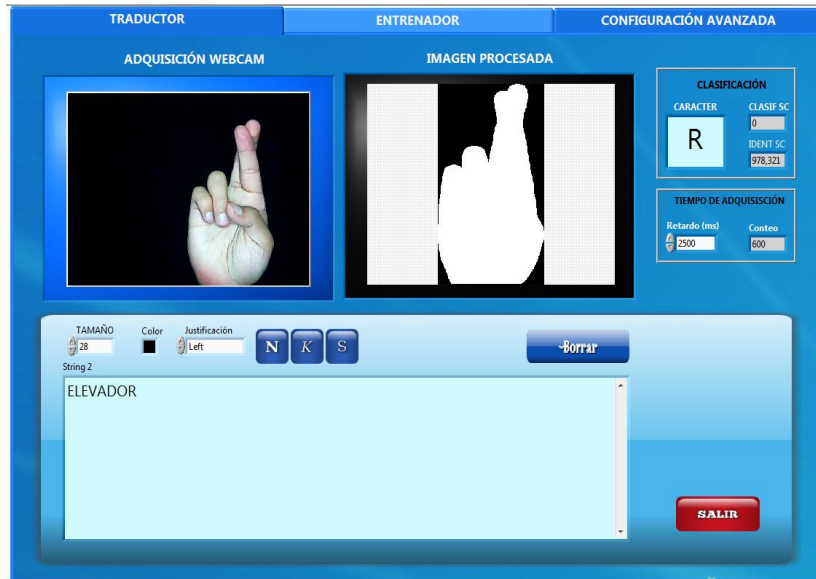


Fig B.15.- Ventana de Adquisición del traductor

Fuente: Labview Visión Assistant

Una vez realizado cada uno de los pasos se obtiene la Pantalla principal del traductor mostrado en la siguiente figura:

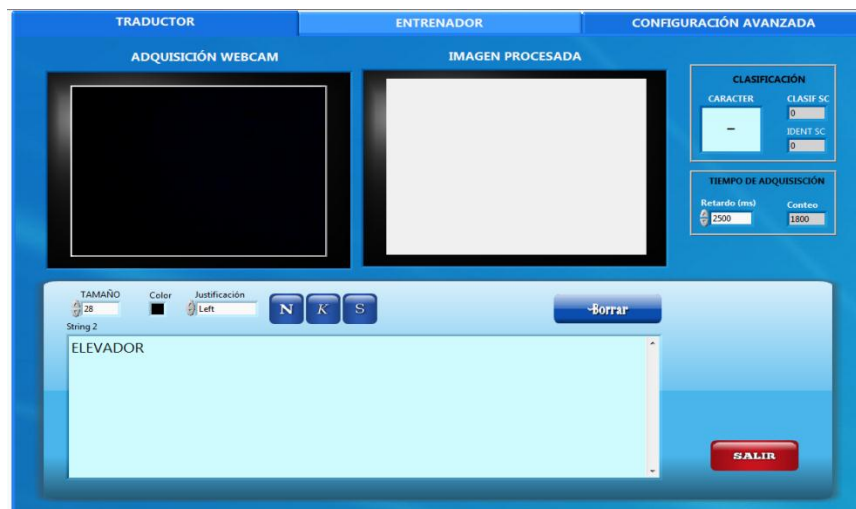


Fig B.15.- Ventana principal del Traductor

Fuente: Labview Visión Assistant

ANEXO C

DISEÑO DEL ENTRENADOR

Esta sección abre cada una de las imágenes en color previamente guardadas y que van a ser la guía para el usuario, el código mostrado permite verificar que el usuario no ingrese más de un carácter en la casilla “carácter a visualizar”, además se realiza las respectivas comprobaciones para verificar que se realice correctamente la el gesto frente a la cámara y posteriormente emitirá las respectivas señales de comprobación

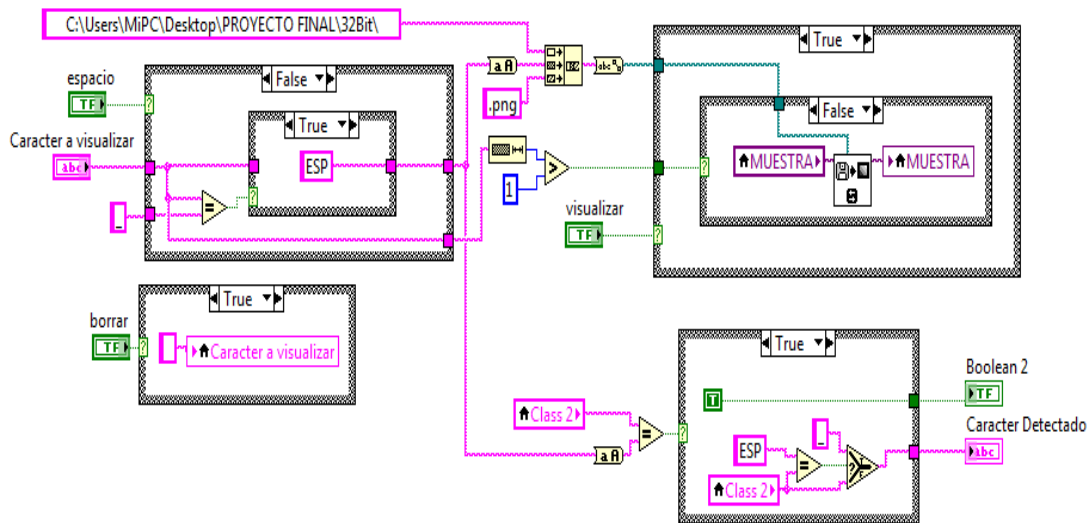


Fig C.1.- Verificación de un solo carácter ingresado en la casilla en “carácter a visualizar”.

Fuente: Labview Visión Assistant

CONFIGURACIONES AVANZADAS

En esta pestaña se tiene los controles para realizar el ajuste del Brillo, Contraste y Gamma en caso de requerirlo, además existen 2 botones con un ajuste predeterminado en los cuales se ha seleccionado los siguientes valores:

- **Día**

Brillo: 220

Contraste: 76

Gamma: 1

- **Noche**

Brillo: 314

Contraste: 69

Gamma: 0,8

Cabe recalcar que estos valores pueden variar dependiendo de la iluminación secundaria del que posea el ambiente controlado. Además presenta los controles para ajustar el umbral de la imagen (Threshold), para este el rango óptimo se encuentra entre un mínimo de 92 y un máximo de 255.

En la siguiente figura se muestra la Imagen con threshold entre 92 y 255:

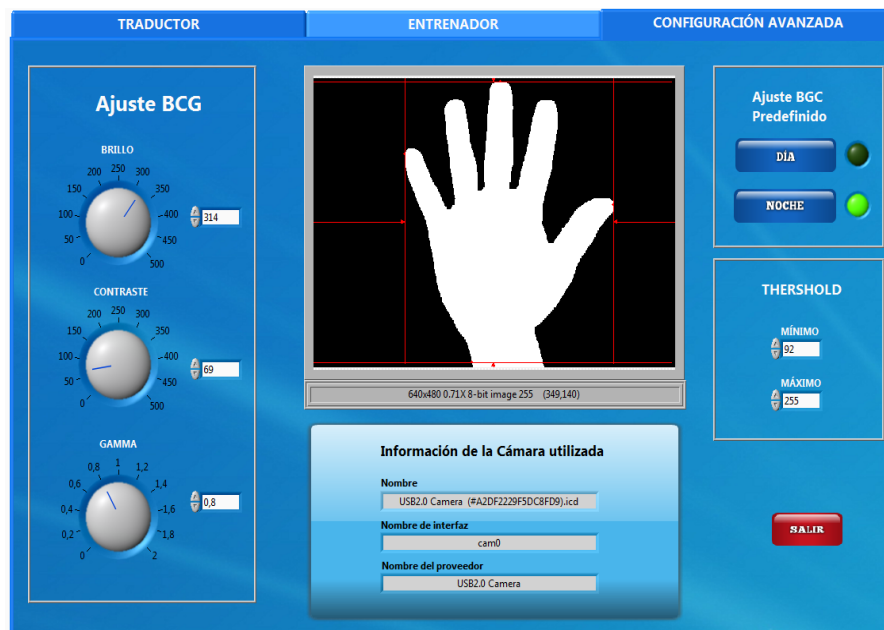


Fig C.2.- Ajuste de Umbral del Entrenador

Fuente: Labview Visión Assistant

En la siguiente figura se muestra la Imagen con threshold entre 25 y 255 la cual al momento de adquirir la imagen esta se encuentra totalmente distorsionada:



Fig C.3.- Ajuste de Umbral del Entrenador errónea

Fuente: Labview Visión Assistant

Se puede observar claramente cómo afectan la calibración del sistema al momento de la adquisición. Finalmente se muestra la configuración de la cámara utilizada en caso de que sea requerida por el usuario.



Fig C.4.- Información de la cámara Utilizada

Fuente: Labview Visión Assistant

ANEXO D

OPCIÓN DE CORRECCIÓN DE TEXTO

El programa cuenta además con una opción de corrección de texto en el caso de existir palabras mal escritas ya sea por errores al momento de la traducción o simplemente por la falta de habilidad del usuario para realizar las señas.

Como se puede observar en el grafico D.1 existen 2 palabras mal escritas “susama” y “billar” que en este caso las palabras originales son Susana y billar respectivamente.

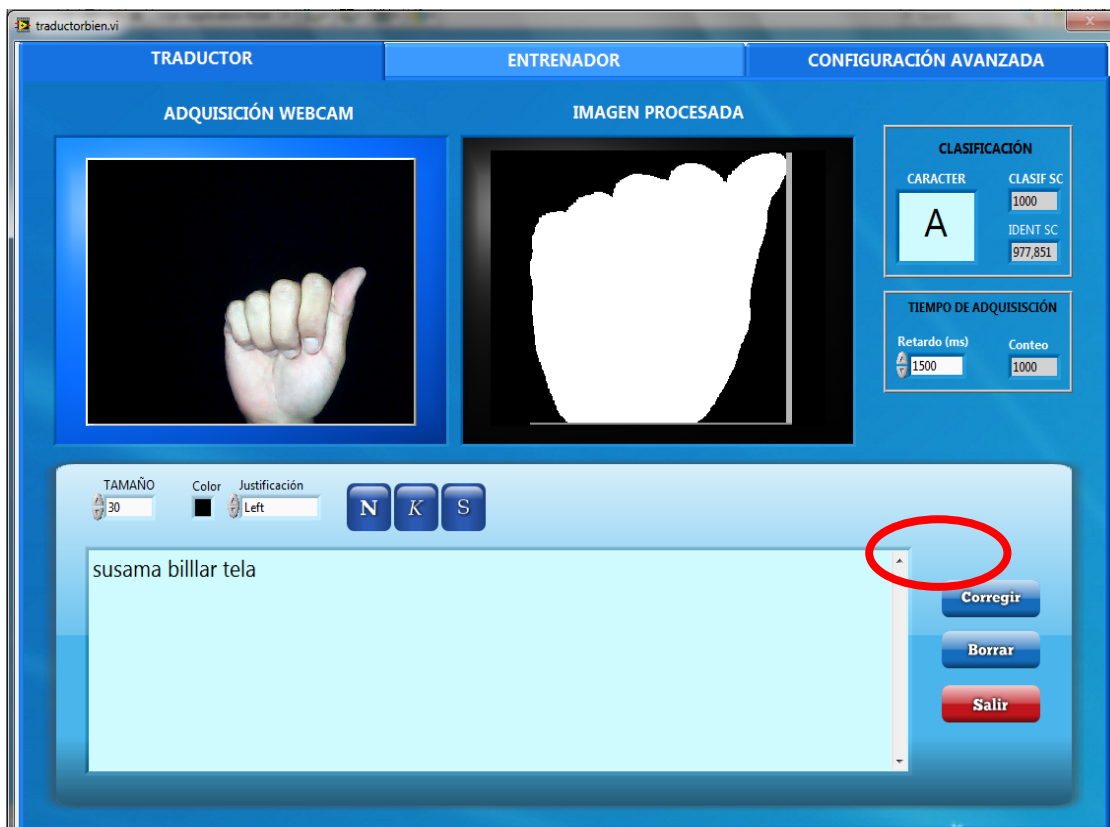


Fig D.1.- Cuadro de palabras mal escritas

Fuente: Labview Visión Assistant

Al presionar en el botón Corregir se abrirá inmediatamente una ventana denominada “Corrección” que nos muestra el texto original y el texto corregido.

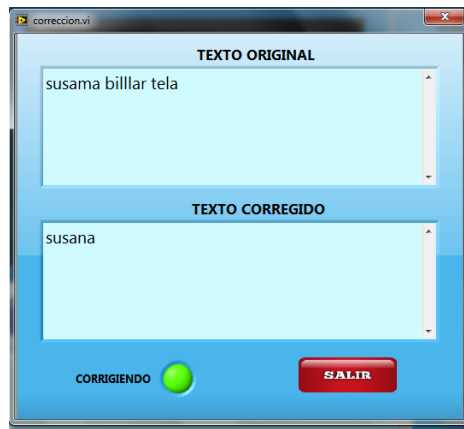


Fig D.2.- Cuadro de corrección de palabras

Fuente: Labview Visión Assistant

En la presente ventana se puede apreciar el texto completamente corregido:



Fig D.3.- cuadro del texto Corregido

Fuente: Labview Visión Assistant

Una vez que le damos clic en el botón salir regresa a la ventana principal del traductor y reemplaza el texto mal escrito por el texto corregido como se puede apreciar a continuación.

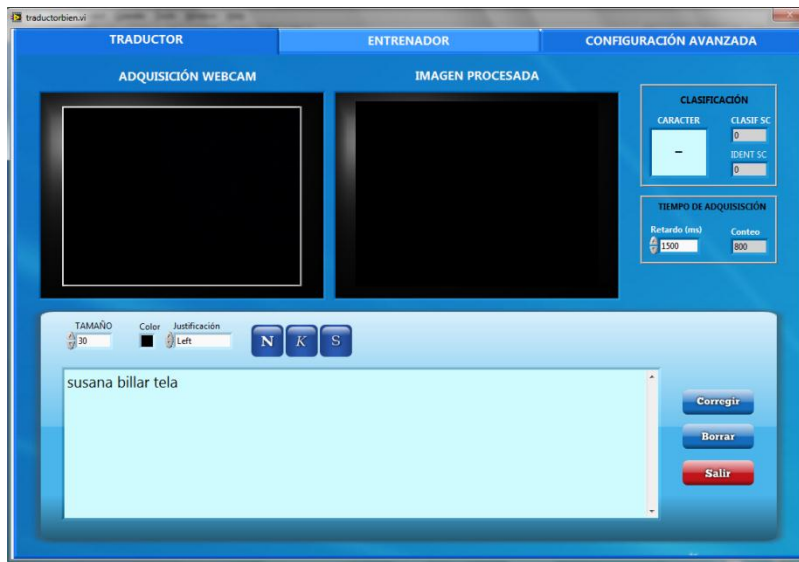


Fig D.4.- cuadro del texto Corregido en la Ventana Principal

Fuente: Labview Visión Assistant

✓ **Programación de la ventana corrección**

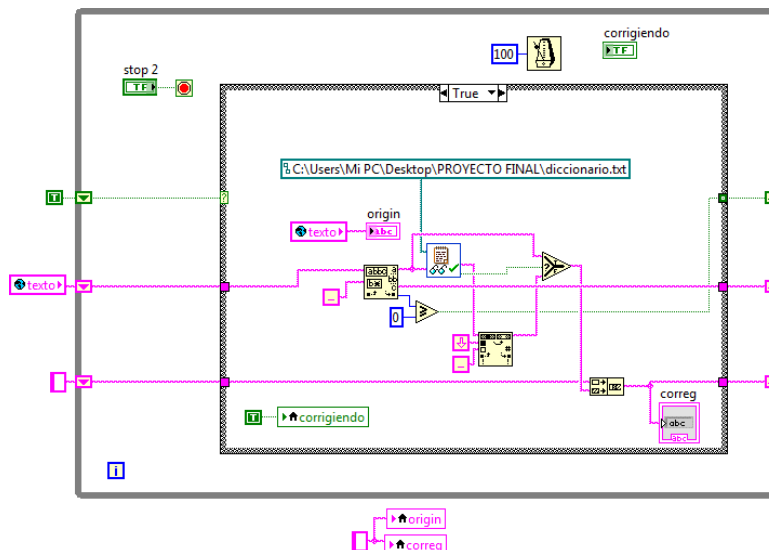


Fig D.5.- Programación de la Ventana de Corrección

Fuente: Labview Visión Assistant

Esta ventana utiliza un Subvi denominado “Diccionario” creado con el propósito de buscar palabras similares a las que constan en el texto original de la traducción, haciendo uso de un diccionario en el idioma español. (<http://www.winedt.org/Dict/> página para descargar diccionarios en diferentes idiomas)

Una vez que encuentra la palabra más parecida al texto obtenido en la traducción el programa se encarga de armar nuevamente el texto con las palabras corregidas, en el caso de no encontrarse una palabra parecida o que a su vez el texto original este bien escrito el programa retornara la misma palabra del texto original como se puede observar a continuación en el caso de la palabra tela:

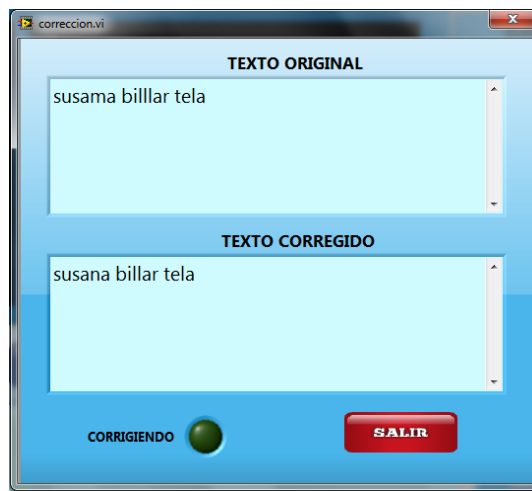


Fig D.6.- cuadro del texto Original y Corregido
Fuente: Labview Visión Assistant

✓ **SubVI “Diccionario”**



✓ Programación de Corrección de Palabras:

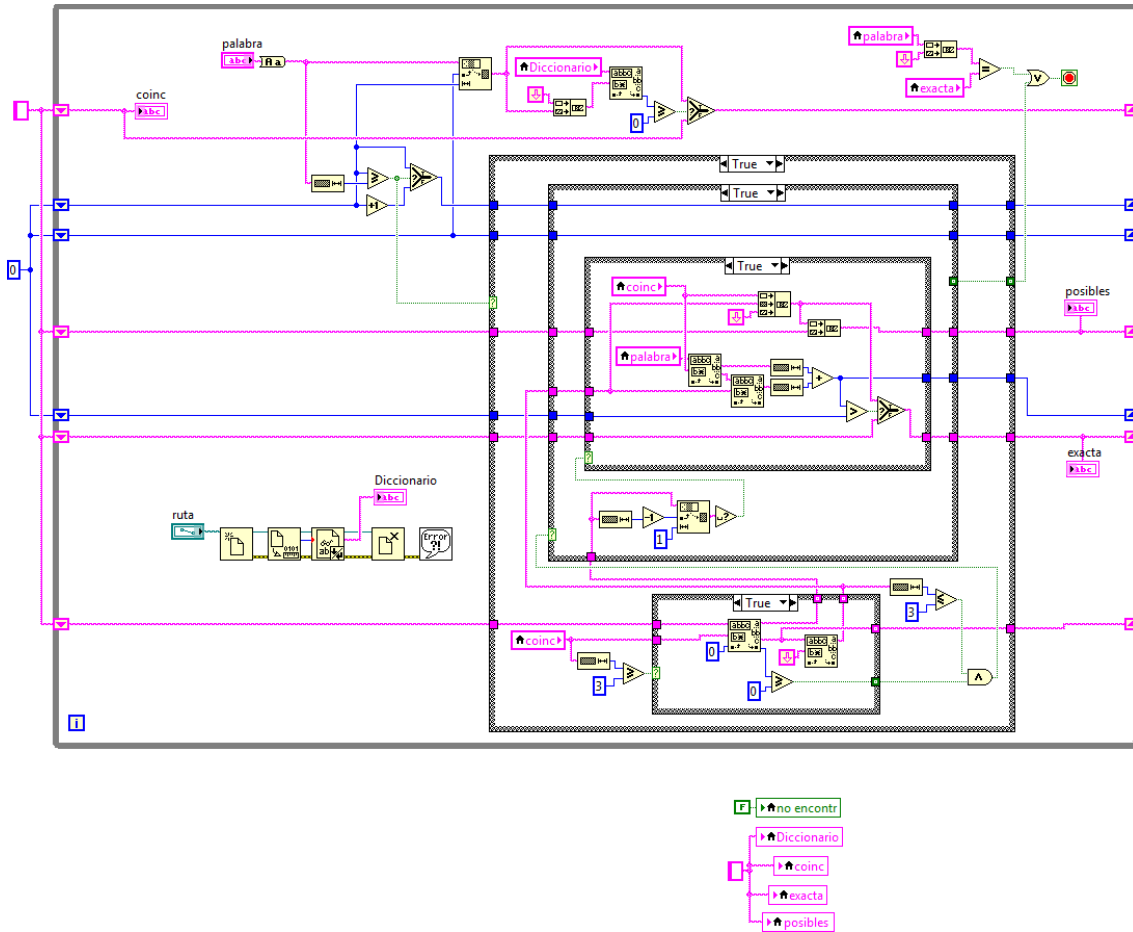
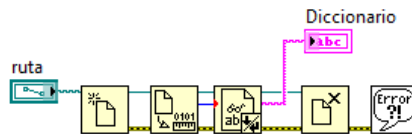


Fig D.7.- Programación de Corrección de palabras

Fuente: Labview Visión Assistant

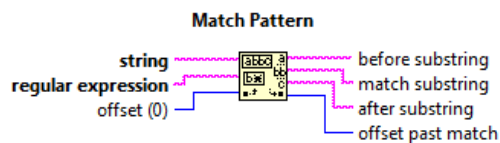
Este programa se encarga de abrir el diccionario que en este caso es un archivo de texto en el cual constan la gran mayoría de palabras del idioma español.



A continuación se procede a extraer una parte de la palabra buscada y se la compara con posibles opciones almacenadas dentro del diccionario, esta operación se la realiza varias veces a manera de barrido, para encontrar más rápidamente la palabra que parecida a la original.

Debido a que las herramientas de búsqueda de texto que posee LabVIEW como el caso de match pattern, buscan un texto específico en una cadena de caracteres se procede a discriminar todas aquellas palabras en las cuales la palabra buscada se encuentra incluida de forma secundaria, Como en el caso de la palabra **tela** podemos observar que se encuentra incluida dentro de la palabra **constelación**, en este caso esta palabra quedaría descartada como posible opción de corrección.

Para evitar este inconveniente se selecciona solamente aquellas palabras que tiene como inicio la palabra tela por ejemplo la palabra **tela**res quedaría incluida como posible opción de corrección, esto se logra siempre y cuando el texto anterior a la palabra buscada sea un salto de línea o un carácter nulo.



Inmediatamente se procede a comparar la parte sobrante de la palabra que no coincide con las múltiples opciones del diccionario para encontrar caracteres faltantes de la palabra que se desea corregir por ejemplo:

El texto que se desea presentar es la palabra **“preciso”** al momento de la traducción del lenguaje de señas a texto, el usuario erróneamente escribió **“preci2so”**, como posibles opciones que nos brinda el diccionario tenemos las palabras: **precisamente, preciso, precio, precisa, etc.**

Lo que se buscó escribir: **preciso**

Lo que se escribió erróneamente: **preci2so**

Opciones: **precisamente, preciso, precisa, precio**

Como se puede observar la parte que coincide en todas las palabras mencionadas anteriormente es “**precis**”

El texto sobrante de las múltiples opciones que brinda el diccionario (**samente, so, sa, o**) se comparan con la parte sobrante del texto erróneo que en este caso es **2so**. Y se discriminan todas aquellas que no cumplen con esta condición como tal es el caso de las palabras **precisamente** y **precisa**. Si observamos detenidamente las opciones que más se ajustan al texto erróneo son las palabras **preciso** y **precio**.

Finalmente para visualizar la palabra que más se ajusta al texto erróneo se toma las opciones de la última búsqueda (**preciso** y **precio**) y se hace un conteo de los caracteres que coinciden con el texto erróneo. Se tomara como opción de corrección la palabra que tenga el mayor número de caracteres equivalentes.

Así se tiene:

Si comparamos la palabra “**precis2so**” con las 2 últimas opciones “**preciso**” y “**precio**”, se puede observar que tienen 7 y 6 caracteres respectivamente, que coinciden con el texto erróneo “**precis2so**”

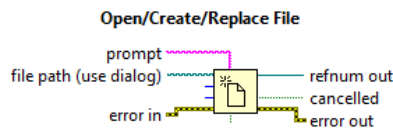
De acuerdo a lo mencionado anteriormente se tomara como opción de corrección la palabra “**preciso**”, ya que tiene la mayor cantidad de coincidencias.

ANEXO E

FUNCIONES UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

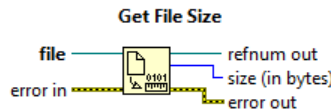
✓ **Open/Create/ Replace File Function**

Abre un archivo existente, se crea un nuevo archivo ,o reemplaza un archivo existente, mediante programación o de forma interactiva utilizando un cuadro de diálogo de archivo. Esta función no funciona para los archivos LLB.



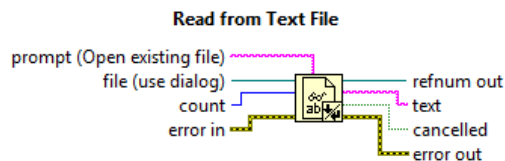
✓ **Get File Size Function**

Obtiene el tamaño de archivo del archivo. Esta función no funciona para los archivos LLB



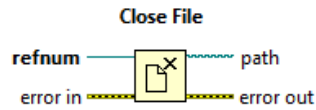
✓ **Read from Text File Function**

Lee un número especificado de caracteres o líneas de un archivo continuo. Esta función no funciona para los archivos LLB.



✓ **Close File Function**

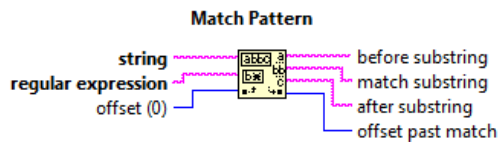
Cierra un archivo abierto especificado por refnum y devuelve la ruta de acceso al archivo asociado con el refnum.



✓ Match pattern

Las búsquedas de expresiones regulares en cadena que comienza en el desplazamiento, y si se encuentra una coincidencia, se divide la cadena en tres subcadenas. Una expresión regular requiere una combinación específica de caracteres de coincidencia de patrones. Para obtener más información acerca de los caracteres especiales de las expresiones regulares, consulte la descripción de entrada de expresiones regulares en la ayuda detallada.

El conector muestra los tipos de datos predeterminados para esta función polimórfica.



✓ String Subset Function

Devuelve la subcadena de la cadena de entrada que comienza en el desplazamiento y que contiene el número de caracteres de longitud.

El conector muestra los tipos de datos predeterminados para esta función polimórfica.

