



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES.**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO**  
**ELECTRÓNICO MEDIANTE SISTEMAS EMBEBIDOS PARA LA**  
**TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS A PALABRAS.”**

Trabajo de Titulación presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES.**

**AUTORES:** ALULEMA AIMARA FANNY ALEXANDRA  
LOZA MARTÍNEZ KLEVER ALEJANDRO  
**TUTOR:** ING. JAVIER GAVILANES

**Riobamba – Ecuador**

**2017**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.**

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO MEDIANTE SISTEMAS EMBEBIDOS PARA LA TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS A PALABRAS.” de responsabilidad de la señorita FANNY ALEXANDRA ALULEMA AIMARA y el señor KLEVER ALEJANDRO LOZA MARTÍNEZ, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Washington Luna E <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.</b>	.....	.....
Ing. Freddy Chávez V <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.</b>	.....	.....
Ing. Javier Gavilanes C <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.</b>	.....	.....
Ing. Edwin Altamirano S <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL.</b>	.....	.....
<b>COORDINADOR SISBIB ESPOCH</b>	.....	.....

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Fanny Alexandra Alulema Aimara y Klever Alejandro Loza Martínez, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales.

Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 05 de enero de 2017

---

Fanny Alexandra Alulema Aimara  
210060106-7

---

Klever Alejandro Loza Martínez  
060424243-8

## **DEDICATORIA**

Amor y sacrificio como el tuyo madre mía no hay nada inigualable en este mundo, a usted quien dedico este trabajo. Usted que se negó sin pensarlo dos veces, lujos y gustos, para que yo pudiera llegar a ser una profesional, madre Fanny Elcia Aimara, gracias por la educación y el apoyo incondicional que me has brindado a pesar de que te quedaste sola nunca te has detenido por sacar a tus hijos adelante.

A mis hermanas Enma, Germania, Janeth, Amparo, Irma, y Daniela a mis hermanos Byron, Edison, Jorge Luis y Cristian que de una manera u otra han sabido alentarme en mis momentos de debilidad y frustración, gracias porque no permitieron que me rinda cuando mi camino se hacía oscuro.

A mis hermosos sobrinos que adoro con mi alma entera, a Luis Marcelo Guachi que me dijo que era el camino lo correcto el que yo siguiera Electrónica.

**Fanny Alexandra Alulema Aimara**

Diosito te dedico este trabajo que con mucha dedicación y esfuerzo he logrado, muchas gracias por iluminarme y darme toda tu sabiduría, por darme fuerza y salud en todos los momentos de estudios.

Queridos padres Klever y Gloria quienes han estado en todos los momentos de este largo y arduo camino, ustedes supieron darme las correctas palabras de aliento en los momentos cuando más lo necesite, que a pesar de que este camino me han llevado a tomar duras decisiones siempre estuvieron ahí para apoyarme, los amo eternamente

Hermanos Jhon y Brandon que con su compañía me alegraban mis momentos de estudios y desveladas, con cada pregunta despertaban en mi más curiosidad en lo que hacía. Pensar que ellos siguen mi camino me hace cada día más fuerte para poder darles el mejor ejemplo y ayudarles a seguir sus sueños y esperanzas.

A todos mis amigos Italo, Rebeca, Anita, Hipatia, Carina quienes llegaron realmente a conocerme y supieron ayudarme, cada anécdota y vivencia que tuvimos lo voy a atesorar con todo el corazón, con ellos se vivió todo los momentos de este largo camino politécnico.

**Klever Alejandro Loza Martínez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por ser nuestra guía durante el largo camino que tomamos para conseguir esta meta y la cual con el trabajo de tesis la estamos consiguiendo, gracias a él vivimos momentos buenos y malos de esta vida estudiantil.

Nuestro eterno agradecimiento a nuestros padres y hermanos que nos dieron su apoyo incondicional, palabras de aliento para seguir adelante, y que a la vez sacrificaron parte de su vida, para completar la nuestra.

A nuestros amigos que nos acompañaron en las largas noches de estudio y proyectos, y con los cuales hemos disfrutado muchos momentos inolvidables. Ellos fueron la familia que la politécnica nos regaló.

A los docentes que nos impartieron todo su conocimiento con esmero y dedicación. Un especial agradecimiento a la Ing. Gloria Vanegas Directora de nuestro tema de titulación y anteproyecto, al Ing. Javier Gavilanes por ser nuestro guía y Director del Trabajo de Titulación, al Ing. Edwin Altamirano, Miembro del Tribunal que nos brindó su apoyo desde la defensa del anteproyecto hasta la culminación de la tesis.

**Fanny y Alejandro**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>8</b>
<b>1. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Robótica .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.1. <i>Introducción</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.2. <i>Definición</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.3. <i>Historia de la robótica</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.4. <i>Clasificación de la robótica</i> .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Aplicación de la Robótica en la Medicina .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1. <i>Clasificación de la Robótica en la medicina</i> .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2. <i>Robots Prótesis</i> .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Guantes Robóticos .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.1. <i>Cyber Glove II</i>.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2. <i>Cyber Glove III</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.3. <i>Cyber Touch</i>.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. Lenguaje de señas .....</b>	<b>21</b>

1.4.1.	<i>Lengua de señas</i> .....	21
1.4.2.	<i>Fonología de la lengua de señas</i> .....	22
1.5.	<b>Traductor</b> .....	23
1.6.	<b>Traducción</b> .....	23
1.6.1.	<i>Concepto</i> .....	23
1.6.2.	<i>Tipos de Traducción</i> .....	23
1.7.	<b>Sistema embebido</b> .....	24
1.7.1.	<i>Introducción</i> .....	24
1.7.2.	<i>Concepto</i> .....	24
1.7.3.	<i>Funcionamiento</i> .....	24
1.7.4.	<i>Partes constitutivas</i> .....	25
1.7.5.	<i>Plataformas de los Sistemas Embebidos</i> .....	26
1.8.	<b>Raspberry Pi</b> .....	27
1.8.1.	<i>Características Generales</i> .....	27
1.9.	<b>Microcontroladores</b> .....	28
1.9.1.	<i>Concepto</i> .....	28
1.9.2.	<i>Componentes</i> .....	28
1.9.3.	<i>Familias de Microcontroladores</i> .....	29
1.10.	<b>Sensores</b> .....	31
1.10.1.	<i>Concepto</i> .....	31
1.10.2.	<i>Características</i> .....	31
1.10.3.	<i>Clasificación de los Sensores</i> .....	32
1.11.	<b>Sensor Flexo Resistivo</b> .....	34
1.12.	<b>Sensor de Infrarrojo QTR1A</b> .....	35
1.13.	<b>Sensor Giroscópico MPU6050</b> .....	35
1.14.	<b>Sistema de alimentación del dispositivo</b> .....	36
1.14.1.	<i>Introducción</i> .....	36

1.14.2.	<i>Concepto</i> .....	36
1.14.3.	<i>Tipo de baterías</i> .....	36
1.15.	<b>Pantalla TFT</b> .....	38
1.16.	<b>Módulo de Conexión WIFI</b> .....	39
1.17.	<b>Lenguajes de Programación</b> .....	39
1.17.1.	<i>Concepto</i> .....	39
1.18.	<b>Lenguajes de programación BASCOM</b> .....	40
<b>CAPÍTULO II</b> .....		41
2.	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO</b> .....	41
2.1.	<b>Selección del hardware</b> .....	43
2.1.1.	<i>Sensores</i> .....	43
2.1.2.	<i>La Estructura</i> .....	46
2.1.3.	<i>Guantes y chaleco</i> .....	46
2.1.4.	<i>Raspberry Pi</i> .....	47
2.1.5.	<i>Microcontrolador AVR</i> .....	47
2.1.6.	<i>Baterías</i> .....	47
2.1.7.	<i>Módulos de comunicación</i> .....	47
2.1.8.	<i>Pantalla</i> .....	48
2.2.	<b>Selección del Software</b> .....	48
2.2.1.	<i>Proteus</i> .....	48
2.2.2.	<i>Bascom</i> .....	48
2.2.3.	<i>Brackets Editor</i> .....	48
2.2.4.	<i>SolidWork</i> .....	48
2.3.	<b>Desarrollo del Hardware</b> .....	49
2.3.1.	<i>Diseño electrónico</i> .....	49
2.3.2.	<i>Diseño Mecánico</i> .....	53
2.4.	<b>Desarrollo de Software</b> .....	54

2.4.1.	<i>Guante Mano Izquierda</i> .....	54
2.4.2.	<i>Guante Mano Derecha</i> .....	56
2.4.3.	<i>Etapa de Visualización</i> .....	58
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>60</b>
<b>3.</b>	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....	<b>60</b>
3.1.	<b>Pruebas de funcionamiento</b> .....	<b>60</b>
3.1.1.	<i>Detección de sensores flexo resistivos</i> .....	<b>60</b>
3.1.2.	<i>Detección de sensor infrarrojo</i> .....	<b>64</b>
3.1.3.	<i>Similitudes físicas entre señas</i> .....	<b>64</b>
3.1.4.	<i>Comunicación inalámbrica</i> .....	<b>70</b>
3.1.5.	<i>Rendimiento de la fuente de alimentación</i> .....	<b>74</b>
3.2.	<b>Análisis de resultados</b> .....	<b>76</b>
3.2.1.	<i>Porcentaje de Error de lecturas del DTS ALPHABET</i> .....	<b>76</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Tipos de Discapacidades en el Ecuador .....</b>	<b>2</b>
<b>Tabla 2: Tipos de Lenguajes de Comunicación.....</b>	<b>2</b>
<b>Tabla 1-1: Características del Guante Cyber Glove II .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 2-1: Características comparativas entre sensores flexo resistivos .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 3-1: Determinación del error absoluto letra A.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 3-2: Valores muestreados a momento de realizar la letra A .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 3-3: Resultados del análisis estadístico de la letra A.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 3-4: Determinación del error absoluto letra C.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 3-5: Valores muestreados a momento de realizar la letra C .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 3-6: Resultados del análisis estadístico de la letra C.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 3-7: Determinación del error absoluto letra H .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 3-8: Valores muestreados a momento de realizar la letra H .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 3-9: Resultados del análisis estadístico de la letra H .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 3-10: Determinación del error absoluto letra L.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 3-11: Valores muestreados a momento de realizar la letra L.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 3-12: Resultados del análisis estadístico de la letra L.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 3-13: Determinación del error absoluto letra O .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 3-14: Valores muestreados a momento de realizar la letra O .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 3-15: Resultados del análisis estadístico de la letra O .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 3-16: Resultado promedio del análisis estadístico.....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 3-17: Valores promediados de cada letra.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Alfabeto Dactilológico Universal .....</b>	<b>3</b>
<b>Figura 2: Trayectoria y Dirección del Lenguaje de Señas.:.....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 1-1: Avance de la Robótica en la Historia .....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 1-2: Robots Manipuladores .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 1-3: Robots de Aprendizaje .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 1-4: Robots con Control Sensorizado .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 1-5: Robot Inteligente .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 1-6: Robot Industrial .....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 1-7: ASIMO: Robot Androide .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 1-8: Robot Militar .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 1-9: Robot de Servicio .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 1-10: Robot Quirúrgico.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 1-11: ARGUS II: Prótesis para Ciegos .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 1-12: Guante Cyber Glove II .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 1-13: Guante Cyber Glove III.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 1-14: Guante Cyber Touch .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 1-15: Funciones de los Sistemas Embebidos.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 1-16: Raspberry Pi .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 1-17: Esquema de un Microcontrolador.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 1-18: Microcontrolador ATmega de AVR.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 1-19: Microcontrolador Intel.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 1-20: Microcontrolador PIC .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 1-21: Sensor Flexo-Resistivo .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 1-22: Sensor QTR1A .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 1-23: Sensor MPU6050.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 1-24: Batería Lipo .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 1-25: Pantalla TFT 3.2 .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 1-26: Módulo WIFI .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 1-27: Interfaz Gráfica de BASCOM.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 2-1: Diagrama de bloques de DTS-ALPHABET.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 2-2: Lenguaje de Señas Ecuatoriano .....</b>	<b>42</b>

<b>Figura 2-3: Partes Constituyentes de la Mano .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 2-4: Posición de los sensores en la Mano .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 2-5: Diagrama Esquemático Mano Derecha .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 2-6: Diagrama PCB Mano Derecha.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 2-7: Diagrama Esquemático Mano Izquierda .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 2-8: Diagrama PCB Mano Izquierda .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 2-9: Etapa de Visualización y Reproducción de Audio .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 2-10: Vista Frontal de la Etapa de Visualización. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 2-11: Diagrama de Flujo del Proceso de la Mano Izquierda .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 2-12: Diagrama de Flujo del Proceso de la Mano Derecha.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 2-13: Diagrama de Flujo de la Etapa de Visualización y Reproducción .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 3-1: Encendido del guante izquierdo .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 3-2: Estado del led del módulo wifi.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 3-3: Comunicación entre guantes .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 3-4: Configuración del wifi en una laptop .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 3-5: Verificación de conexión exitosa del dispositivo .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 3-6: Consumo de corriente del guante .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 3-7: Consumo de corriente de la etapa de visualización. ....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1: Comparación entre Letras D y G .....	45
Gráfico 3-1: Rangos para el dedo pulgar .....	60
Gráfico 3-2: Rangos para el dedo índice .....	61
Gráfico 3-3: Rangos para el dedo medio .....	61
Gráfico 3-4: Rangos para el dedo anular .....	62
Gráfico 3-5: Rangos para el dedo meñique .....	62
Gráfico 3-6: Rangos máximos y mínimos de cada dedo.....	63
Gráfico 3-7: Rangos para el sensor Infrarrojo QTR1A.....	64
Gráfico 3-8: Rangos máximo y mínimos de las letras D y G .....	65
Gráfico 3-9: Letras G y D con incremento de sensor infrarrojo .....	66
Gráfico 3-10: Rangos máximo y mínimos de las letras D y G.....	66
Gráfico 3-11: Letras H y K con incremento de sensor infrarrojo .....	67
Gráfico 3-12: Rangos máximo y mínimos de las letras T y F .....	68
Gráfico 3-13: Letras T y F con incremento de sensor infrarrojo .....	69
Gráfico 3-14: Rangos máximo y mínimos de las letras U y V.....	69
Gráfico 3-15: Letras U y V con incremento de sensor infrarrojo.....	70
Gráfico 3-16: Rangos máximos y mínimos estipulados por desviación estándar .....	83

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**Anexo A:** Sensor Flexible 4.4”

**Anexo B:** Sensor Infrarrojo QTR1A

**Anexo C:** Sensor giroscópico MPU6050

**Anexo D:** Modulo WIFI SPE8622

**Anexo E:** ATMEGA 164

**Anexo F:** ATMEGA 328

**Anexo G:** RASPBERRY PI 2

**Anexo H:** Código De Programación Del Guante Derecho

**Anexo I:** Código De Programación Del Guante Izquierdo

**Anexo J:** Código De Programación Etapa de Visualización

**Anexo K:** Diseño del Primer Guante

**Anexo L:** Diseño del Segundo Guante

**Anexo M:** Diseño Final de los Guantes

**Anexo N:** Etapa de Visualización

**Anexo O:** Diseños en SolidWork

## **RESUMEN**

Se realizó el diseño e implementación de un dispositivo electrónico mediante sistemas embebidos para la traducción del lenguaje de señas a palabras. Mediante la implementación de este dispositivo electrónico las personas con discapacidad audible se pueden comunicar de una manera adecuada con el resto de personas. Se utilizó sensores flexo resistivos que miden la deformación, provocada al flexionar los dedos de la mano al realizar una seña, la lectura de los sensores se realizó mediante un microcontrolador ATmega que por medio de sus entradas analógicas recepta señales del dispositivo, por los puertos de salida envían estas señales convertidas en voltajes para que a través de la programación en Bascom esta se convierta en una palabra o sonido. Con la ayuda del sistema embebido Raspberry Pi se puede llegar a manejar los protocolos de comunicación (wifi) necesarios que debe tener tanto la mano izquierda como la derecha y la etapa de visualización. Dando como resultado la traducción de las 28 letras del alfabeto, y así poderlas combinar para generar un sin número de palabras. Se analizó los diferentes dispositivos electrónicos llegando a la conclusión de diseñar y fabricar nuestra propia placa de adquisición de datos ya que en el mercado existen varios modelos pero ninguno de ellos era favorable a nuestras necesidades. Es recomendable utilizar los sensores de más longitud ya que, el rango de deformación es amplio y por ende, su muestreo de señales sea óptimo para lograr mejorar la interpretación de la seña.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA>, <ROBÓTICA>, <SENSORES FLEXO RESISTIVOS>, <SISTEMAS EMBEBIDOS (RASPERRY PI)>, <MICROCONTROLADORES (ATMEGA)>, <BASCOM (SOFTWARE)>, <TRADUCCIÓN DE SEÑAS>, <PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN (WIFI)>

## ABSTRACT

It was developed the design and implementation of an electronic device through embedded systems with the purpose of using it to translate language signs into words. Through the implementation of this electronic device, people with audible disability can communicate in an appropriate way with the rest of people. There were used flexo resistive sensors that measure the deformation caused by flexing the fingers of the hand when making a sign. The reading of the sensors were carried out an ATmega microcontroller which through its analog inputs receives signals from the device and by the output ports send these signals converted into voltages thus through Bascom program this information becomes in words or sounds. With the help of Raspberry Pi embedded system, it is possible to manage the necessary communication protocols (wifi) that has to have both hands the left and right one and also the visualization stage. This process gives as result the translation of 28 words from the alphabet into an unlimited number of words after interchanging them. There were analyzed different electronic devices to conclude that it is relevant to design and manufacture our own data acquisition board. It was because there are several models in the market but none of them was satisfactory to this work needs. Finally it is advisable to use more length sensors for the reason that the range of deformation is broad and therefore the signal sample is optimal to improve the interpretation of the sign.

**Key words:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE >, < ENGINEERING AND ELECTRONIC TECHNOLOGY>, <ROBOTICS>, < FLEXO RESISTIVE SENSORS>, EMBEDDED RASPBERRY PI SYSTEMS>, <ATMEGA MICROCONTROLLERS>, <BASCOM (SOFTWARE)>, <SIGN TRANSLATION>, < (WIFI) PROTOCOLS OF COMMUNICATION>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la robótica ha sido una ciencia que ha logrado contribuir en varios campos, en la industria para la producción en masa, mediante sistemas automatizados optimizan tiempos de producción, en la agricultura se ha desarrollado sistemas automáticos para controlar que las condiciones del suelo sean optimas, en la exploración se puede acceder con robots desarrollados con ese fin, a lugares en donde el hombre no puede ingresar ya sea por su tamaño o por lo peligroso del entorno , en el campo de la medicina se ha desarrollado robots teleoperados para procedimientos quirúrgicos donde la precisión es un factor esencial para procurar la vida del paciente.

La medicina uno de los campos en los que la robótica ha tenido mayor influencia es en el de las prótesis. Las prótesis robóticas no solo tienen la finalidad de sustituir una parte del cuerpo sino además permite recobrar al individuo la confianza de una vida mejor, con varios estudios experimentales han permitido realizar prótesis para recuperar parte de una extremidad o un sentido como es la vista.

En el presente trabajo de titulación se realizó el diseño e implementación de un dispositivo electrónico que mediante sistemas embebidos permita la traducción del lenguaje de señas a palabras, con la finalidad de ayudar a personas con discapacidad audible a comunicarse con el resto de personas de una forma escrita y audible.

El dispositivo cuenta con dos guantes, uno para la mano derecha, el cual consta de cinco sensores flexo resistivos, que son los encargados de detectar los valores de deflexión que se produce al realizar una seña. El guante de la mano izquierda consta de dos sensores flexo resistivos, uno en el dedo pulgar para recibir la letra o la seña formada por la mano derecha y otro sensor en el dedo medio para enviar la señal a la etapa de visualización.

La etapa de visualización consta de un sistema embebido, Raspberry Pi, una pantalla TFT en la que se podrá visualizar la letra realizada por la mano derecha. También consta de un sistema de audio que reproducirá un sonido previamente establecido para cada letra del alfabeto.

La comunicación entre los guantes y la etapa de visualización se la realizó mediante un módulo WIFI que tiene un alcance de 20m de distancia. La interfaz gráfica se la efectuó en código html mientras que la programación se la desarrollo en Bascom debido a que se utilizó microcontroladores Atmel AVR.

## ANTECEDENTES

En Ecuador existen diversos tipos de personas con cualidades especiales, entre ellas, las personas sordas, que representan aproximadamente el 13% de la población con discapacidad en nuestro país, A continuación se muestra la tabla 1.1, TIPOS DE DISCAPACIDADES EN EL ECUADOR, que son datos compilados por el CONADIS en octubre del 2016. (CONADIS, 2016)

**Tabla 1: Tipos de Discapacidades en el Ecuador**

<b>TIPO DE DISCAPACIDAD ACTUAL</b>	<b>CANTIDAD PERSONAS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>AUDITIVA</b>	53079	13%
<b>FISICA</b>	196076	47%
<b>INTELECTUAL</b>	93266	22%
<b>LENGUAJE</b>	5610	1%
<b>PSICOSOCIAL</b>	18435	4%
<b>VISUAL</b>	49034	12%
<b>TOTAL GENERAL=</b>	415500	100%

Fuente:( <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>)

La educación que se imparte a las personas con discapacidades especiales es diferente a la educación tradicional, la cual emplea medios de comunicación tales como el oral, escrito y auditiva. La metodología de educación dirigida a las personas con discapacidad, tiene su plataforma en el medio de comunicación entre el alumno con discapacidad y el maestro que aprendió el medio de comunicación respectivo.

Es importante señalar que un medio de comunicación, para personas con capacidades diferentes, se construye a través de experiencias y necesidades comunicativas. Actualmente se cuentan con varios medios o lenguajes de comunicación, acordes con la discapacidad de la persona y que, a continuación se muestran en la tabla.

**Tabla 2: Tipos de Lenguajes de Comunicación.**

<b>LENGUAJE</b>	<b>DISCAPACIDAD</b>
<b>Lenguaje Pictográfico</b>	Intelectual
<b>Lenguaje de Señas</b>	Sordera
<b>Labiolectura</b>	Sordera
<b>Sistema Braille</b>	Ceguera
<b>Dactilológicos</b>	Sordo Ceguera

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

La tabla 2.1, muestra dos lenguajes de comunicación para personas Sordas, que son los más utilizados a nivel mundial. La Labiolectura es un lenguaje comunicativo no verbal que no solo consiste en leer el labio facial, trata de percibir todo el movimiento del rostro para captar sentimientos y emociones del par comunicativo.

El lenguaje de señas es un lenguaje de movimiento corporal que incluye los brazos, cara y cuerpo, es el más importante por su accesibilidad en cuanto al aprendizaje y la mayoría de las personas sordas lo conocen, es su lenguaje de comunicación natural. A continuación se muestra la Figura 1.1 ALFABETO DACTOLIGICO UNIVERSAL y son las 27 señas que corresponden al alfabeto (PEARLTREES, 2013)

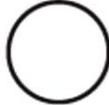


**Figura 1: Alfabeto Dactilógico Universal**

Fuente:( <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/neuquen/690/activ02.htm>)

Sin embargo estas señas no son las únicas, El CONADIS, registra alrededor de 5.000, (cinco mil señas), las cuales son palabras y frases completas. (CONADIS, 2009)

En la lengua de señas ecuatoriano existen también 9 grupos de configuraciones de señas, cada seña tiene una trayectoria y dirección con 82 variantes, cada una representa una postura diferente de la mano. En la figura 2.1 TRAYECTORIA Y DIRECCIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS, se puede observar lo descrito en el párrafo anterior.

<b>Trayectoria lineal</b>	 Línea Recta	 De izquierda a derecha  De derecha a izquierda	 Desde abajo hacia arriba	 Desde arriba hacia abajo
		 Diagonal desde abajo hacia arriba	 Diagonal desde arriba hacia abajo	 Realizar trayectoria en zigzag
<b>Trayectoria curva</b>	 Línea Curva	 De izquierda a derecha	 De derecha a izquierda	 Desde abajo hacia arriba
		 Desde arriba hacia abajo	 Realizar trayectoria ondulada	 Desplazamiento en curvas
<b>Trayectoria circular</b>	 Círculo	 De derecha a izquierda	 De izquierda a derecha	 Realizar trayectoria en espiral

**Figura 2: Trayectoria y Dirección del Lenguaje de Señas.**

**Fuente:**( <http://plataformaconadis.gob.ec/diccionario/wp-content/uploads/2014/07/Guia-Uso-ilustraciones.pdf>)

Finalmente, cada individuo con esta capacidad diferente, personaliza las señas de acuerdo a su personalidad, sus necesidades y su entorno.

En resumen el lenguaje de señas es un lenguaje Amplio que se forma de un alfabeto y una configuración universal normada y personalizada por cada individuo acorde al sector donde habita, es decir las persona ecuatorianas tienen señas propias que no son de conocimiento de las personas sordas de otros países, pero comparte un mismo abecedario.

Actualmente el Estado Ecuatoriano, cuenta con dos diccionarios de Lengua de Señas, publicados por organizaciones de Personas sordo Mudas.

El primer Diccionario: “Lenguaje de Señas Guía Básica sobre una Comunicación Especial” – Tomo I, fue publicado en el año 1987, por la Asociación de Personas Sordas de Pichincha – APSOP (en ese entonces llamada Sociedad de Sordos Adultos “Fray Luis Ponce de León”) (SORDOS ECUADOR, 2015)

El segundo Diccionario: “Diccionario Oficial de la Lengua de Señas Ecuatoriana” fue publicado en el año 2012 por la Federación Nacional de Personas Sordas del Ecuador – FENASEC. Este diccionario fue el resultado del trabajo cumplido gracias al apoyo de la USAID y la Vicepresidencia de la República del Ecuador. El diccionario recopila aproximadamente 4.000 señas. (SORDOS ECUADOR, 2015)

El estado ecuatoriano por medio del CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades) y organizaciones no gubernamentales como las FENASEC (Federación de Sordos Ecuatoriana) brindan apoyo a las personas con discapacidades con programas y servicios para la inclusión en la sociedad.

Tanto el Estado Ecuatoriano, como la sociedad civil, han contribuido para ayudar a las personas sordas, también en el ámbito académico, se han realizado varios trabajos que han contribuido para mejorar la comunicación entre las personas sordas y la sociedad.

Como referencia se tiene el trabajo realizado por el Ing. Caicedo David, Solórzano Enrique, en el 2006 desarrolló y diseñó un traductor electrónico sensitivo al movimiento tratando de interpretar las señas empleadas por las personas privadas del habla. (CAICEDO FERNÁNDEZ, y otros, 2006)

Ing. Maila Freddy en el 2008 realizó una tesis en la cual diseñó un prototipo de un guante, al cual se le acoplaron tres sensores flexibles para medir el ángulo de flexión de los dedos de una mano y un microcontrolador. (MAILA MAILA, 2008)

El Ing. León Fernando, Merino Xavier en el 2011 desarrolló la tesis que se basó en la exitosa unión de dos ramas de la tecnología como son el hardware y el software, las cuales por medio un guante electrónico hecho con sensores interpreta el símbolo correspondiente a la letra del abecedario dactilológico usado por las personas con capacidades especiales del lenguaje. (LEÓN MONTTOYA, y otros, 2011)

Finalmente los Ingenieros: Espinoza Pablo y Pogo Hernán en el 2013 realizaron su trabajo titulación que se basó en un guante prototipo que traduzca el lenguaje de señas de una persona sorda, realizando palabras letra por letra las mismas que se puedan visualizar en un computador con el objetivo de que los estudiantes de los institutos dedicados a la enseñanza puedan aprender su lenguaje con mayor rapidez y facilidad. (ESPINOSA AGUILAR, y otros, 2013)

Las personas sin discapacidades, no consideran entender a la persona discapacitadas, tampoco consideran aprender su medio de comunicación, hasta que en su vida siente la necesidad de involucrarse con una persona de capacidad especial. El lenguaje de señas es complejo de aprender y requiere de un entrenamiento constante para su dominio.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivos generales:**

Diseñar e implementar un Dispositivo Electrónico mediante Sistemas Embebidos para la traducción del lenguaje de señas a palabras.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar el Funcionamiento de los dispositivos electrónicos existentes en el mercado.
- Diseñar el dispositivo de control para la adecuada detección de la señal de los sensores del dispositivo.
- Obtener los datos del dispositivo para una adecuada interpretación de la seña.
- Verificar el funcionamiento del dispositivo para la interpretación del lenguaje de señas a palabras.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Robótica

#### 1.1.1. *Introducción*

La robótica es una ciencia que surgió de la combinación de varias ciencias como la matemática, mecánica, física, informática entre otras, para mejorar la vida de los seres humanos. La robótica ha permitido estudiar y diseñar máquinas para que realicen trabajos que las personas no lo pueden realizar debido a que son muy peligrosas o extremadamente forzosas.

Karel Capek un escritor checo popularizó la palabra robot en el año de 1920 en una de sus obras denominada RUR (Robots Universales Rossum), robota palabra checa la cual fue traducida al inglés como robot: Significa “esclavo” o “trabajos forzosos”.

#### 1.1.2. *Definición*

La robótica es una rama de la tecnología que con los años ha mejorado el diseño y construcción de máquinas con apariencia humana para que sean capaces de realizar trabajos de una manera automática, por tanto:

Un sistema Robótico puede describirse, como "Aquel que es capaz de recibir información, de comprender su entorno a través del empleo de modelos, de formular y de ejecutar planes, y de controlar o supervisar su operación". La Robótica es esencialmente pluridisciplinaria y se apoya en gran medida en los progresos de la microelectrónica y de la informática, así como en los de nuevas disciplinas tales como el reconocimiento de patrones y de inteligencia artificial. (PÉREZ LEONEZ, 2016)

Un robot posee una placa electrónica de control reprogramable donde en una memoria se guarda una programación que permite el movimiento de cada una de las partes del robot para ejecutar rutinas o manipular objetos.

### ***1.1.3. Historia de la robótica***

La robótica tiene sus inicios hace miles de años, los egipcios y griegos en su época colocaban extremidades mecanizadas que simulaban movimiento humano a sus dioses para que los adoradores quedaran fascinados en el templo

Los autómatas en sus inicios fueron un pasatiempo y distracción se los usaba en obras de teatro para distracción del público, estaban hechos de madera, hojalatas, caucho, plástico o de cualquier material que se tenga al alcance y sea moldeable, a medida que paso el tiempo se fue mejorando a los autómatas tanto en fuerza como en tamaño que muchos de estos ya se los podía utilizar en trabajos que requiriera de fuerza bruta o simplemente para aliviar el trabajo de los hombres pero a estos ya no se les daba el nombre de autómatas, sino más bien los llamaban de máquinas o artefactos.

Con el surgimiento de las computadoras electrónicas, la transmisión de fuerza a través de engranajes y el apareamiento de los sensores fueron los factores más importantes para los primeros robots en los años 50's.

Otro hecho importante que marca la historia se dio en el año de 1939 en el que Isaac Asimov contribuyó con lo que en la actualidad se conoce como las tres leyes de la robótica las cuales son:

1. Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
2. Un robot debe de obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes. (ISAAC ASIMOV DIVULGACION CIENTIFICA Y CIENCIA FICCION, 2014)

En la actualidad la palabra robot ha sido popularizada con que tiene una apariencia humana y actúa como tal. Pero a medida que pasa el tiempo esta ha ido evolucionando y la robótica no solo tiene forma humana sino que también pueden ser sistemas móviles autónomos que cambian de acuerdo a sus necesidades y el entorno.

A continuación se muestra el desarrollo de la robótica a lo largo de la historia:

FECHA	DESARROLLO
SigloXVIII.	J. de Vaucanson construyó muñecas mecánicas de tamaño humano
1801	J. Jaquard invento su telar, que era una máquina programable para la urdimbre
1805	H. Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos.
1946	G.C Devol desarrolló un dispositivo que registraba señales eléctricas por medios magnéticos y reproducirlas para accionar un máquina mecánica. La patente estadounidense se emitió en 1952.
1951	Trabajo de desarrollo con teleoperadores (manipuladores de control remoto) para manejar materiales radiactivos. Patente de Estados Unidos emitidas para Goertz (1954) y Bergsland (1958).
1954	El inventor británico C. W. Kenward solicitó su patente para diseño de robot. Patente británica emitida en 1957.
1954	G.C. Devol desarrolla diseños para Transferencia de artículos programada. Patente emitida en Estados Unidos para el diseño en 1961.
1959	Se introdujo el primer robot comercial por Planet Corporation. estaba controlado por interruptores de fin de carrera.
1960	Se introdujo el primer robot 'Unimate'', era un robot de transmisión hidráulica, basada en la transferencia de artic programada de Devol.
1961	Un robot Unimate se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel.
1966	Tralfá, una firma noruega, construyó e instaló un robot de pintura por pulverización.
1968	Un robot móvil llamado 'Shakey'' se desarrolló en SRI, estaba provisto de sensores, una cámara de visión, sensores táctiles y podía desplazarse por el suelo.
1971	El 'Standford Arm'', un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico, se desarrolló en la Standford University.
1973	Se desarrolló en SRI el primer lenguaje de programación de robots del tipo de computadora para la investigación con la denominación WAVE. Fue seguido por el lenguaje AL en 1974.
1974	ASEA introdujo el robot Irb6 de accionamiento completamente eléctrico.
1974	Kawasaki, bajo licencia de Unimation, instaló un robot para soldadura por arco para estructuras de motocicletas.
1974	Cincinnati Milacron introdujo el robot T3 con control por computadora.
1975	El robot 'Sigma'' de Olivetti se utilizó en operaciones de montaje, una de las primitivas aplicaciones de la robótica al montaje.
1978	El robot T3 de Cincinnati Milacron se adaptó y programó para realizar operaciones de taladro y circulación de materiales en componentes de aviones, bajo el patrocinio de Air Force ICAM.
1978	Se introdujo el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assambly) para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.
1979	Desarrollo del robot tipo SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assambly) en la Universidad de Yamanashi en Japón para montaje. Varios robots SCARA comerciales se introdujeron hacia 1981.
1980	Un sistema robótico capaz de captar piezas fue objeto de demostración en la Universidad de Rhode Island.
1981	Se desarrolló en la Universidad de Carnegie- Mellon un robot de impulsión directa. Utilizaba motores eléctricos situados en las articulaciones del manipulador sin las transmisiones mecánicas habituales empleadas en la mayoría de los robots.
1982	IBM introdujo el robot RS-1 para montaje, basado en varios años de desarrollo interno. Se trata de un robot de estructura de caja que utiliza un brazo constituido por tres dispositivos de deslizamiento ortogonales.
1983	Informe emitido por la investigación en Westinghouse Corp. bajo el patrocinio de National Science Foundation sobre un sistema de montaje programable adaptable (APAS), un proyecto piloto para una línea de montaje automatizada flexible con el empleo de robots.
1984	Robots 8. La operación típica de estos sistemas permitía que se desarrollaran programas de robots utilizando gráficos interactivos en una computadora personal y luego se cargaban en el robot.

**Figura 1-1: Avance de la Robótica en la Historia**

Fuente:( <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/historia.htm>).

#### 1.1.4. Clasificación de la robótica

##### 1.1.4.1. De acuerdo a su Generación

- **Primera Generación: Manipuladores**

Esta primera categoría se considera desde los años 50s, estos robots constaban de un sistema básico de control, no poseía actuadores que retroalimentaran información y realizaban secuencialmente tareas programadas y no varían con el entorno de trabajo.



**Figura 1-2: Robots Manipuladores**

Fuente:( <http://roboticapuno.blogspot.com/2013/01/clasificacion-de-los-robots.html>)

- **Segunda Generación: Robots de Aprendizaje**

Esta segunda generación data de los años 80s, en estos robots el entorno empieza a jugar un papel importante, posee un sistema de control retroalimentado es decir que con la ayuda de actuadores (sensores) empieza a recolectar información del entorno, los memoriza para actuar y realizar movimientos programados por un humano.



**Figura 1-3: Robots de Aprendizaje**

Fuente:( <https://ardubasic.wordpress.com/tag/seguidor-de-linea/>)

- ***Tercera Generación: Robots con Control Sensorizado***

A finales de los años 80s e inicio de los 90s el uso de sensores se hace popular y a más de ello utilizan actuadores (computador) lo que significa que el robot es consiente y empieza a adaptarse al entorno.

En esta generación se empieza a desarrollar la inteligencia artificial y los lenguajes de programación.



**Figura 1-4: Robots con Control Sensorizado**

Fuente:( [http://roboticaecua.blogspot.com/2016/07/generaciones-de-la-robotica\\_13.html](http://roboticaecua.blogspot.com/2016/07/generaciones-de-la-robotica_13.html))

- ***Cuarta Generación: Robots Inteligentes***

La recolección de información a través sensores sofisticados hace que el robot entienda sus acciones, las incorpore al entorno, desarrolle estrategias complejas de control y las realice en tiempo real. Esto es posible mediante programación, el uso de redes neuronales, inteligencia artificial y métodos de análisis que mejora no solo sus acciones sino que su desempeño es más confiable.



**Figura 1-5: Robot Inteligente**

Fuente:( <http://www.domoking.com/tag/robot>)

#### 1.1.4.2. De Acuerdo a su Estructura

- ***Poliarticulados***

Este grupo de robots trabajan en un entorno limitado, sus grados de libertad y su sistema de coordenadas están estructurados para moverse en un determinado espacio de trabajo. En este grupo se encuentran los robots industriales cuya programación solo le permite realizar cíclicamente actividades previamente definidas.



**Figura 1-6: Robot Industrial**

Fuente:( <http://www.interob.com/que-hacemos/robotica/>)

- ***Móviles***

Tienen un sistema locomotor rodante como los vehículos, siguen un camino o pista. Estos robots están dotados de un circuito con sensores con vista al piso para recolectar información y así incluso pueden sortear obstáculos si su programación es de un alto nivel para llegar a su meta. En este grupo están los robots seguidores de línea, seguidor de destreza, robot laberinto entre otros.

- ***Androides***

Son robots que tratan de imitar la forma humana y sus movimientos, poseen una locomoción bípeda lo que hace que sean complejos a la hora de mantener su equilibrio, poco evolucionados y sin utilidad práctica. Usados para experimentos y estudio.



**Figura 1-7: ASIMO: Robot Androide**

Fuente:( <http://asimo-turobot.blogspot.com/p/robots-segun-su-morfologia.html>)

- ***Zoomórficos***

Su sistema de locomoción es parecida a varios seres vivos como los insectos, animales cuadrúpedos, reptiles entre otros por lo que se dividen en dos grupos caminadores y no caminadores. El grupo de no caminadores su desplazamiento lo hace de forma rastrera como las orugas su estudio no es muy evolucionado. Los caminadores son una gran variedad, su sistema de locomoción es multibipeda es decir que constan de varias extremidades para su desplazamiento. Estos robots están orientados a la exploración de terrenos áridos, a las aplicaciones militares y ambientes de acceso limitado.



**Figura 1-8: Robot Militar**

Fuente:( <http://wiki.robotica.webs.upv.es>)

- **Híbridos**

Resulta de la combinación de un robot móvil y de un brazo como los de los robots industriales, y su clasificación es difícil por la estructura que toma el robot.

#### 1.1.4.3. Robótica de servicio

Son robots móviles cuya estructura consta de brazos independientes para realizar tarea no industrial. Estos robots se los utiliza para realizar trabajos en zonas hostiles donde los humanos pueden correr de gran peligro.



**Figura 1-9: Robot de Servicio**

Fuente:( <http://servicerobots.blogspot.com/2010/09/robot-desactivador-de-explosivos.html>)

## 1.2. Aplicación de la Robótica en la Medicina

Desde la antigüedad la medicina ha tratado de evolucionar para mejorar los diferentes tratamientos para aliviar dolencias. En el siglo XVIII se dan los primeros avances de la robótica en la medicina con la aparición de un brazo robótico, en el año de 1954 creado por George Devol el cual realizaba movimientos similares al de un brazo humano, pero no es hasta el año de 1994 que se empieza a tener asistencia robótica en la medicina, mientras que en el año de 1997 se realiza la primera intervención quirúrgica con un robot del proyecto denominado DA VINCI.

La robótica al ser reprogramable ha llegado a tener en la medicina una gran importancia, también debido a su exactitud el especialista puede ingresar a áreas donde no se puede tener errores.

### ***1.2.1. Clasificación de la Robótica en la medicina***

La robótica en la medicina tiene tres importantes fases que a continuación se detalla:

#### ***1.2.1.1. Robots Quirúrgicos***

Permite al cirujano acceder a un área peligrosa, realizar operaciones que requieren de exactitud como lo son las intervenciones en el área de la cabeza, cerebro, corazón entre otras partes sensibles de cuerpo. Existen cirugías en donde se requiere precisión y fuerza como son las cirugías donde demanda cortar huesos sin dañar tejidos y huesos aledaños. Los robots quirúrgicos son teleoperados y a través de cámaras el cirujano puede ver lo que sucede.



**Figura 1-10: Robot Quirúrgico**

**Fuente:**( <http://www.monografias.com/trabajos93/aplicaciones-robots-campo-medicina/aplicaciones-robots-campo-medicina.shtml>)

#### ***1.2.1.2. Robots de Almacenamiento y Distribución de Medicina***

En los diferentes tratamientos de las casa de salud, los médicos llevan un control de las dosis medicamentos para cada uno de los pacientes. Este control de fármacos para pacientes con enfermedades catastróficas tiene que ser exacto tanto en la dosis como a la hora de suministrarlos. Los dispositivos robóticos al poseer la cualidad de reprogramación permiten llevar un control exacto de las medicinas e incluso de alimentación en los enfermos.

### 1.2.2. *Robots Prótesis*

Las prótesis con partes robóticas actualmente aún se encuentran en desarrollo e investigación básicamente estos robots tienen la finalidad de reemplazar extremidades dañadas del cuerpo. El usuario tiene control de la prótesis por medio de la lectura de señales mioeléctricas que emite el cerebro al mover una parte del cuerpo. No obstante con el avance de la tecnología y el uso de sensores ha permitido que no solo se reemplace una parte del cuerpo sino también una capacidad humana perdida al nacer o por un accidente como lo es el ver y hablar.



**Figura 1-11: ARGUS II: Prótesis para Ciegos**

**Fuente:**( <http://www.noticias-tecnologia.com.ar/ciencia/argus-ii-y-orion-i-las-protesis-de-second-sight-para-restablecer-la-percepcion-visual-en-pacientes-ciegos/>)

Las prótesis robóticas son el resultado de combinar salud con tecnología y otras ciencias como la neurociencia, ingeniería eléctrica, ciencias cognitivas, nano-tecnología más de ello requiere esfuerzo y años de investigación

A continuación se presenta las prótesis que se han desarrollado en los últimos años: (EL SEMINARIO, 2014)

- **Prótesis para pie y tobillo.-** Desarrollado por Yong-Lae Park, prototipo de un músculo con material de plástico blando y sensores de piel artificial para que simule los movimientos naturales del tobillo.
- **Prótesis para tejidos.-** Se los puede implantar dentro del organismo humano, transistores flexibles que cambian de forma curvándose o enrollándose alrededor de un nervio para restaurarlo o protegerlo.

- **Prótesis para cirugías.-** Desarrollado en Australia en la Universidad de Monash denominado motor Proteus que son unos minúsculos motores capaces de nadar por las arterias para explorar y encontrar bloqueos de flujos sanguíneos para realizar la cirugía en el lugar correcto en personas que han sufrido un derrame cerebral.
- **Prótesis para neuronas.-** Se trata de unos chips desarrollados en Escocia, en conjunto con las universidades de Glasgow y Stirling. Estos chips son capaces de permitir el crecimiento de neuronas.
- **Prótesis de Riñón.-** Mediante la impresión en 3D estudiantes de la universidad de Connecticut crearon un prototipo de riñones artificiales que con el tiempo pueden ser utilizados en trasplantes o diálisis.
- **Prótesis de Esófagos.-** Investigadores de Karolinska en Suecia han realizado procedimientos de implantación de un esófago completo de tejido sintético en ratas. Los resultados han sido prometedores ya que la prótesis ha sido capaz de soportar las funciones del esófago natural.
- **Prótesis de un Bazo.-** Con los avances en la microingeniería y la impresión en 3D científicos en España crearon un chip para que realice las funciones de un bazo para que este pueda filtrar glóbulos rojos dañados de la sangre.
- **Prótesis para Huesos.-** El uso de células madre tomadas del cordón umbilical en conjunto con una especie de tela de carbono científicos de la Universidad de Granada han conseguido regenerar huesos.
- **Prótesis para Extremidades.-** El MIT ha desarrollado prótesis para extremidades que no solo reemplacen la parte faltante, sino que también le permita a la persona mover esta extremidad de manera natural. Este tipo de prótesis son conocidas como extremidades biónicas.

### 1.3. Guantes Robóticos

Son dispositivos electrónicos compuestos por sensores que permiten, tomar las señales que emite el movimiento de las manos, han sido desarrollados con fines experimentales y de investigación.

#### 1.3.1. *Cyber Glove II*

Permite la captura de movimientos de la mano en tiempo real para ser usados en aplicaciones de realidad virtual y la animación. Construido con un tejido elástico para mayor fijación y comodidad de la mano, cuenta con 18 sensores resistivos de flexión distribuidos en toda la mano, adaptador para USB, conexión inalámbrica con los conductores, batería y cargador. (CYBERGLOVE SYSTEMS, 2015)

**Tabla 1-1: Características del Guante Cyber Glove II**

CARACTERÍSTICAS	
NUMERO DE SENSORES	18 o 22
SENSOR DE REPETICIÓN	3 grados
VELOCIDAD DE DATOS	90 registros/seg
SISTEMA OPERATIVO	WINDOWS 2000 Y XP
TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	2.4GHz
DURACIÓN DE LA BATERÍA	3 horas
RANGO DE FUNCIONAMIENTO	14.93 metros

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Fuente:** (<http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-ii/>)



**Figura 1-12: Guante Cyber Glove II**

**Fuente:** (<http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-ii/>)

### 1.3.2. *Cyber Glove III*

Basado en el modelo anterior, mayor precisión en la captura de datos con tecnología patentada como HyperSensor, comunicación inalámbrica mediante wifi para mayor rango de conectividad, mayor capacidad de almacenamiento, conexión con múltiples dispositivos de una manera rápida con tecnología plug and play, posee modo ahorro de energía, conversión AD, cámara integrada para la captura de video. (CYBERGLOVE SYSTEMS, 2015)



**Figura 1-13: Guante Cyber Glove III**

Fuente:( <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-iii/>)

### 1.3.3. *Cyber Touch*

Dispositivo para responder al tacto posee unos estimuladores vibro-táctiles en la palma y dedos, este permite tener sensaciones al tomar objetos del mundo virtual. Compuesta por seis actuadores vibro-táctiles con una frecuencia de 0 a 125 Hz.



**Figura 1-14: Guante Cyber Touch**

Fuente:( <http://www.cyberglovesystems.com/cybertouch/>)

## **1.4. Lenguaje de señas**

### ***1.4.1. Lengua de señas***

#### *1.4.1.1. Introducción*

Los lenguajes de señas o lenguaje no oral es una lengua natural de expresión, son utilizados por personas con discapacidad audible (sordos), es un lenguaje que ha sido objeto de un estudio científico carente. En Norteamérica hace 30 años se dieron los primeros pasos dentro del área lingüística. (MAGISTERIO AUDICION Y LENGUAJE, 2010)

El lenguaje de señas se basa en la combinación de movimientos de manos y expresiones faciales para la comunicación de personas sordomudas. Al igual que todos los tipos de lengua este tiene definido su estructura gramatical.

Una parte importante es la percepción visual, gestual y táctil para establecer un medio de comunicación con el ambiente social. Todos los lenguajes incluido el lenguaje de señas han pasado por un proceso de evolución lingüística para acoplarse a las distintas comunidades, existe 50 lenguas de señas avalado por el “Sistema de Señas Internacional (SII)”

#### *1.4.1.2. Historia del Lenguaje de Señas.*

Actualmente el lenguaje de señas o signos es usado exclusivamente por personas con deficiencia auditiva, la comunicación con señas es tan antigua como el lenguaje oral, en la historia de la Humanidad, e incluso aun varias comunidades oyentes indígenas usan las señas para comunicarse o hacerse entender por otras comunidades de diferente lingüística extremadamente diversa. Este sistema fue usado hasta mucho después de la colonización europea. En el estado de Massachusetts hacia el sur, en la isla de Martha's Vineyard se desarrolló un caso similar debido a un gran sinnúmero de no oyentes se empleó el lenguaje de señas hasta principios del siglo XX. (MAGISTERIO AUDICION Y LENGUAJE, 2010)

Jerónimo Cardo un médico de la Italia Norteña declaró que las personas con discapacidad audible pueden hacerse entender por la combinación de símbolos haciendo referencia a cosas o lugares. En 1620 se publicó un manual para enseñar hablar a personas sordomudas denominado “Reducción de

las letras y Arte para enseñar a hablar los Mudos” por Juan de Pablo Bonet y fue considerado como tratado moderno de Fonética y Logopedia.

En 1817 se funda en Hartford, Connecticut, y Clerc, la primera escuela norteamericana para personas sordas, en donde Gallaudet fue el primer maestro sordo de lengua de señas de los Estados Unidos. Entre el año de 1818 y 1865 se abrieron un total de 22 escuelas a lo largo de los Estados Unidos.

#### ***1.4.2. Fonología de la lengua de señas***

Las unidades simbólicas o fonemas del lenguaje de señas se analizan en términos de los siguientes siete parámetros: (MAGISTERIO AUDICION Y LENGUAJE, 2010)

- ✓ **Configuración.** Forma que la mano debe adquirir al realizar un signo.
- ✓ **Orientación.** Es la orientación que debe tomar la palma mano al realizar un signo es decir, hacia arriba, hacia abajo, hacia él
- ✓ **Lugar de articulación.** Este lugar tiende hacer la parte del cuerpo en el que se va a realizar la seña, estos lugares pueden ser la boca, hombro, frente, pecho.
- ✓ **Movimiento.** Al realizar un signo la mano hace movimientos giratorios, recto, vaivén y quebrado.
- ✓ **Punto de contacto.** Las yemas de los dedos, palma de la mano, dorso de los dedos de la mano dominante al hacer el signo que toma contacto con el resto del cuerpo.
- ✓ **Plano.** Es el espacio que separa al cuerpo, del lugar en donde se realiza el signo, siendo el contacto con el cuerpo el plano uno, y el lugar más alejado el plano cuatro.
- ✓ **Componente no manual.** Información que el cuerpo transmite por medio de la expresión facial, movimiento de tronco, movimiento de hombros, y los componentes orales.

## **1.5. Traductor**

En el mundo existen diversas lenguas y formas de comunicación, por lo que un traductor es una persona, libro o sistema que posee la habilidad de llevar un idioma a otro.

## **1.6. Traducción**

### ***1.6.1. Concepto***

La palabra traducción proviene de la palabra en latín; traductio que se define como la acción de mandar de un lado a otro. Y es que está compuesto por tres partes diferenciadas: el prefijo trans-, que es sinónimo de “de un lado a otro”; el verbo ducere, que significa “guiar”; y el sufijo -cion, que equivale a “acción”. (DEFINICION .DE, 2010)

Por tanto la traducción es la acción de interpretar un texto en una o varias lenguas.

### ***1.6.2. Tipos de Traducción***

- ✓ **Traducción Automática.**- Es la que se hace por medio de un dispositivo programado para la traducción de un lenguaje a otro.
- ✓ **Traducción Directa.**- Es la traducción que realiza una persona del idioma extranjero a un idioma nativo.
- ✓ **Traducción Inversa.**- Es la traducción que realiza una persona de un lenguaje nativo a un lenguaje extranjero.
- ✓ **Traducción Simultánea.**-Es la traducción oral que se hace en el mismo instante que la otra persona de otro idioma está hablando.

## 1.7. Sistema embebido

### 1.7.1. Introducción

El avance de la tecnología a pasos agigantados nos ha permitido mejorar nuestro estilo de vida, por lo que en cada uno de nuestros hogares podemos encontrar electrodomésticos digitalizados como el microondas que cumplen funciones específicas en determinado tiempo. Estas funciones lo logran gracias a los sistemas embebidos que no son más que un ordenador sin pantalla.

### 1.7.2. Concepto

Es un sistema o dispositivo que se encarga de controlar la operación de equipos, maquinarias o plantas que hacen una tarea específica. Estos sistemas están compuestos de hardware y software parecido al de las computadoras.

El uso más común es en los sistemas de tiempo real, que son sistemas de control en donde el tiempo es vital para el correcto funcionamiento de ciertas operaciones como es el caso del control de tráfico aéreo. (SALAS ARRIARAN, 2015)

### 1.7.3. Funcionamiento

Su principal función es el control de un sistema de lazo cerrado, es decir recaptura la información la envía a través de sus periféricos de comunicación, procesa a información y ejecuta una acción.



**Figura 1-15: Funciones de los Sistemas Embebidos**

Fuente:( <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/PAEEES/2005-06/A07%20-%20Sistemas%20Embebidos.pdf>)

#### **1.7.4. Partes constitutivas**

La arquitectura de un sistema embebido es parecida al de un computador y estos son sus elementos básicos:

- ✓ **Microprocesador.-** Se encarga de las principales instrucciones del sistema, ejecuta un código de programación para realizar una función específica y se encarga de controlar los demás elementos que forman el sistema.
  
- ✓ **Memoria.-** Almacena los datos adquiridos y el código de programación que va a ejecutar el sistema. La principal característica es que debe tener un rápido procesamiento de información tanto de escritura como de lectura para que el microprocesador no pierda tiempo entre tarea a realizar.
  
- ✓ **Memoria Cache.-** Es una memoria secundaria que guarda datos y el código del último ingreso para ahorrar tiempo entre instrucción. Una de sus características es que tiene un alto costo y es de menor tamaño que la memoria principal.
  
- ✓ **Disco duro.-** En los sistemas embebidos no se puede utilizar discos magnéticos ya que requieren de una gran capacidad por su tamaño, por lo que se usa discos de estado sólido como las memorias micro SSD en donde la información no es volátil y tienen un tamaño desde 1 a 64 GB.
  
- ✓ **BIOS-ROM BIOS.-** Es un código del sistema básico de entrada (input) y salida (output) necesario para ejecutar el sistema y comunicarse con la placa madre. Este código BIOS se guarda en la memoria ROM que es una memoria solo de lectura
  
- ✓ **CMOS-RAM.-** Chip de memoria para la lectura y escritura que es alimentado por una batería y almacena la ubicación y el tipo de dispositivos que están conectados al sistema, a más de ello controla el funcionamiento de la fecha y hora del sistema.
  
- ✓ **Chip Set.-** Es un chip que controla las interrupciones que van al microprocesador.

- ✓ **Entradas y salidas al sistema.-** Son los que soportan la conexión, adquieren la información y atienden los requerimientos de los actuadores y controladores que están conectados al sistema.

#### ***1.7.5. Plataformas de los Sistemas Embebidos***

- ✓ **Linux.-** A pesar de no ser una plataforma reconocida en computadoras personales, Linux es la número uno en sistemas embebidos, debido a que es open source (código abierto) que quiere decir que el programador puede mejorar, cambiar y probar las diversas configuraciones que Linux posee y así ajustarlo a sus necesidades. Los inicios de Linux en sistemas embebidos se dio con soporte a kernel y como compilador de microprocesadores de 32 bits.
- ✓ **Windows XP.-** Microsoft es una de las empresas más reconocidas en el desarrollo de sistemas operativos para computadores personales y debido a que los microprocesadores empezaron a aparecer en muchos equipos, Microsoft publica una versión para sistemas embebidos una gran capacidad de trabajo en tiempo real y que es mucho más rápido y fiable.
- ✓ **DOS.-** A pesar de que DOS ha sido superado y dejado en el pasado por otros sistemas, estuvo relacionado al progreso en el desarrollo de los microprocesadores x86 de Intel y una de sus características importantes es su estabilidad porque se desarrolló con la combinación de las tecnologías de Intel e IBM por lo que aún se lo sigue usando. DOS es considerado un sistema muy simple por que ejecutaba una tarea a la vez decir es monotarea y monousuario. Aunque para los ordenadores este sistema operativo es poco útil, no sucede lo mismo con los sistemas embebidos ya que estos solo realizan o ejecutan una acción a la vez. Otra de sus características es que ocupa poco espacio en la RAM y necesita pocos recursos para su ejecución.  
Este sistema operativo se lo puede encontrar aun en cámaras fotográficas, cajeros automáticos, dispositivos de ubicación geográfica (GPS) entre otros.
- ✓ **Java.-** Sun Microsystems, Inc., creadora Java, desarrollo una versión de 23 Mb para sistemas embebidos, su capacidad en soporte de red, procesamiento de datos y la optimización del dispositivo hace que Java sea uno de los sistemas operativos más usados

en la actualidad. Java permite que los usuarios puedan acceder a una parte del código pero no modificarlo. Java está presente en copadoras, impresoras, teléfonos móviles y más.

## 1.8. Raspberry Pi

Desarrollado en Reino Unido en el año 2006 para implementar en escuelas la enseñanza acerca de la ciencia de la computación, es una placa de computador simple y de bajo costo. (RASPBERRY PI. ORG, 2012)



**Figura 1-16: Raspberry Pi**

Fuente:( [https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#/media/File:Raspberry\\_Pi\\_-\\_Model\\_A.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#/media/File:Raspberry_Pi_-_Model_A.jpg))

### 1.8.1. Características Generales

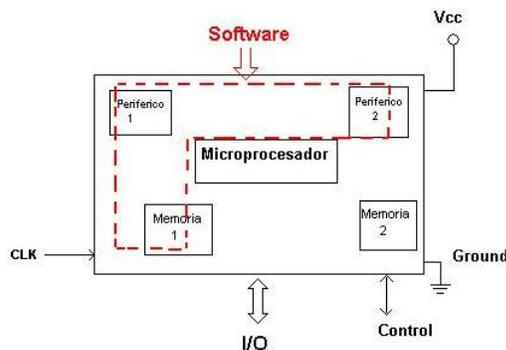
- ✓ **Hardware.-** Posee un hardware de propiedad registrada y de libre comercialización, con puertos USB para conexión a wifi, bluetooth, Ethernet, RJ45 para conexión a red, memoria RAM de 512 MB, entrada y salidas para video, salidas de audio y capacidad de almacenamiento integrado en tarjetas micro SD, se le puede conectar componentes externos como pantallas, mouse, teclado y otros. Alimentación no mayor de 3.5 V a 2.2 A.
- ✓ **Software.-** Es open source (código abierto), su sistema operativo oficial es una versión de Raspbian pero se la puede adaptar a otros sistemas operativos como Linux, DOS, Windows incluida su versión 10.

## 1.9. Microcontroladores

### 1.9.1. Concepto

Es un circuito integrado que trabaja con una frecuencia muy baja de 4kHz, por lo que el consumo de potencia es baja, puede utilizar palabras hasta de cuatro bits. Las tres unidades importantes de estos integrados programables tienen en su interior para ejecutar los programas que se encuentran en su memoria son: CPU (Unidad Central de Procesamiento), memoria y puertos de entrada y salida.

Microcontroladores son programados en lenguaje ensamblador o cualquier otro programa para microcontroladores que luego por medio de otro software este programa será codificado al sistema numérico hexadecimal y así grabarlo en la memoria del microcontrolador. (MIKROELEKTRONIKA, 1998)



**Figura 1-17: Esquema de un Microcontrolador**

Fuente:( <http://microcontroladores-e.galeon.com/>)

### 1.9.2. Componentes

- ✓ **CPU.-** Conocida como la Unidad Central de Procesamiento es la parte fundamental de un microcontrolador ya que en esta unidad los programas son verificados y ejecutados.
- ✓ **Memoria RAM.-** Es donde se guardan las características de fábrica de los microcontroladores.

- ✓ **Memoria.-** Es una parte esencial de los microcontroladores, aquí es donde se almacenan los programas a ejecutarse. Esta memoria puede ser de tipo ROM, PROM, EPROM, EEPROM
- ✓ **Líneas de E/S.-** son los puertos que tienen los microcontroladores para enviar y recibir datos al mundo exterior.

### 1.9.3. Familias de Microcontroladores

- **Atmel**

Conocidos como AVR su arquitectura fue desarrollada por dos estudiantes del instituto de Tecnología de Norwegian y posteriormente refinada y fabricada por la empresa estadounidense Atmel. Su programación es bastante fácil y sencilla por lo que es bastante acogida a la hora de elegir un microcontrolador para el desarrollo de un proyecto. El grupo más conocido de los AVR es el ATmega.

Los ATmega tienen una memoria programable con un espacio que va desde los 4 a 256 kB, amplio conjunto de periféricos de entrada y salida de datos e instrucciones lo que permite, el direccionamiento de programas mayores. Los chips encapsulados de AVR tienen desde 28 a 100 pines.

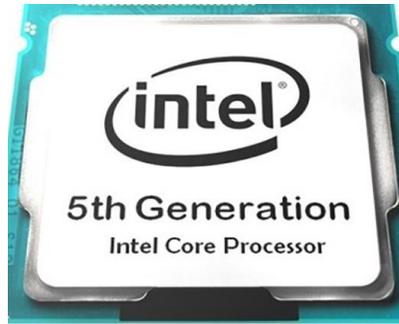


**Figura 1-18: Microcontrolador ATmega de AVR**

**Fuente:**( [http://www.futurlec.com/ATMEGA\\_Controller.shtml](http://www.futurlec.com/ATMEGA_Controller.shtml))

- **Intel**

La compañía Intel Corporation es una de los mayores fabricantes de microcontroladores, fue la desarrolladora de la serie de procesadores x86, chips que se encuentran en la mayoría computadores personales. Intel tiene una sociedad con la empresa Apple por lo que desarrolló dos series de X86 para 32bits y 64bits.



**Figura 1-19: Microcontrolador Intel**

**Fuente:**( <http://hd-tecnologia.com/intel-lanza-sus-procesadores-de-escritorio-de-quinta-generacion-computex-2015/>)

- **Microchip**

La empresa Microchip Technology Inc. desarrolladora y fabricante no solo de microcontroladores, tiene una amplia gama de memorias y semiconductores analógicos.

Su producto más conocido es el microcontrolador PIC de tipo RISC (Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas) y el cual tiene varias versiones.

Entre las principales características de los PIC es que tienen arquitectura Harvard, núcleo de 8/16 bits, memoria ROM con una capacidad que va desde 256 bytes a 256 kilobytes, puertos de E/S con un consumo de energía de 5V, conversores analógicos y digitales, controladores para LCD, Motores, Ethernet y posee una interfaz para USB.



**Figura 1-20: Microcontrolador PIC**

**Fuente:**( <http://microcontrollerslab.com/pic16f877a-introduction-features/>)

## 1.10. Sensores

### 1.10.1. Concepto

Un captador o más conocido como sensor es un dispositivo electrónico capaz de recoger información de un entorno exterior de magnitud física o química también conocidas como variables de instrumentación y transformarla en una variable eléctrica o magnitud de medida. (PELAZ MONTES, 2010)

### 1.10.2. Características

- **Característica Estáticas**

**Rango de medida.-** Valores máximos y mínimos de la señal de entrada percibidos por el sensor.

**Resolución.-** Capacidad del sensor para descifrar la variación de la señal de entrada con respecto a la señal de salida.

**Precisión.-** Variación entre los valores de la señal de salida real y los valores de la señal de salida teórica.

**Repetitividad.-** Variación máxima que se da en la señal de salida, al medir varias veces la señal de entrada.

**Linealidad.-** Un sensor es lineal cuando existe una constante de proporción que relaciona el incremento de la señal de salida con respecto al incremento de la señal de entrada.

**Sensibilidad.-** Muestra la máxima o mínima variación de la señal de salida por unidad de magnitud de la señal de entrada.

**Ruido.-** Perturbación que afecta la señal a medir.

- **Características Dinámicas**

**Velocidad de respuesta.-** Capacidad que posee el sensor para que la señal de salida note la variación de la señal de entrada.

**Respuesta en frecuencia.-** Velocidad con la que el sensor percibe el cambio de variación en la señal de entrada.

**Estabilidad.-** Muestra la desviación en la señal de salida del captador con respecto al valor teórico entregado.

### *1.10.3. Clasificación de los Sensores*

- **Según su aporte de energía**

- ✓ **Moduladores o Activos:** Son aquellos que obligan a tener una fuente de energía externa. La entrada de estos sensores solo tienen como fin controlar su salida.

- ✓ **Generadores o Pasivos:** No requieren de una fuente de alimentación externa ya que toman la energía del entorno por tanto la entrada de este sensor suministra de energía a la salida del mismo.

- **Según la señal de salida**

- ✓ **Analógicos:** Su señal de salida varía continuamente de acuerdo a la información que se encuentre en la amplitud.

- ✓ **Digitales:** En este tipo de sensores la señal salida se modifica en saltos discretos. Su lectura es mucho más fácil ya que envía valores de 1 o 0 además son sensores mucho más fiables que los analógicos.

- **Según el modo de funcionamiento**

- ✓ **Deflexión:** Miden la deformación que es producida en el sensor por el sistema.
- ✓ **Comparación:** Son sensores en los que se intenta tener una deflexión nula al aplicar un efecto, para cuando exista desequilibrio este debe tener integrado un sistema para estabilizarlo.

- **Según la orden de entrada y salida**

Sensores utilizados generalmente en sistemas de control de lazo cerrado, el orden corresponde a la cantidad de elementos que almacenan energía y estos pueden ser:

- ✓ orden cero
- ✓ 1er orden
- ✓ 2° orden u orden superior

- **Según el principio físico**

- ✓ **Sensores Resistivos.-** Su unidad de medida es el Ohmio ( $\Omega$ ). Estos sensores tienen la propiedad de variar su resistencia en función del elemento a medir. En esta clasificación encontramos a los potenciómetros, galgas, RTD, termistores.
- ✓ **Sensores Capacitivos.-** Se los utiliza en cualquier sistema ya que reaccionan a materiales tanto metales como no metales.
- ✓ **Sensores Inductivos.-** Utilizados a nivel industrial para detectar o contar materiales con metales ferrosos.
- ✓ **Sensores Magnéticos.-** Se usan para detectar objetos metálicos y campos magnéticos, utilizados generalmente en sistemas para controlar procesos de conmutación.

- **Según la magnitud de medida**

- ✓ Temperatura

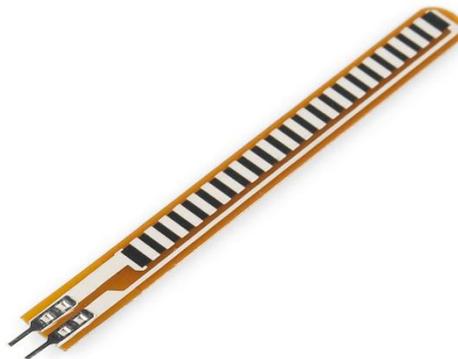
- ✓ Presión
- ✓ Aceleración
- ✓ pH
- ✓ Presencia
- ✓ Color
- ✓ Caudal
- ✓ Humedad
- ✓ Velocidad

### 1.11. Sensor Flexo Resistivo

Los sensores flexo resistivos perteneciente a la clasificación de los sensores resistivos producen una resistencia variable en función del grado al que esté doblada.

Convierte la curvatura en distintos valores de resistencia eléctrica, son por lo general en la forma de una delgada tira, viene en presentaciones de 2.2 y 4.4 pulg de largo, su valor de resistencia varía de 10K en estado vertical a 20k cuando es flexionado hasta un ángulo de 90°, soporta voltajes de hasta 5V, temperaturas que van desde 35°C hasta 80°C.

Parecidos a los sensores FSRs (sensores de fuerza resistivos). Hay que tener en cuenta que no se debe flexionar demasiado en su base, se recomienda hacerlo únicamente a partir de su superficie útil de trabajo para que no sufra daños. (SPARKUNF, 2016)



**Figura 1-21: Sensor Flexo-Resistivo**

**Fuente:**( [http://www.lunegate.net/2016/07/tutorial-aprender-usar-un-sensor-flex\\_31.html#.WE96TbLhC00](http://www.lunegate.net/2016/07/tutorial-aprender-usar-un-sensor-flex_31.html#.WE96TbLhC00))

### 1.12. Sensor de Infrarrojo QTR1A

Sensor perteneciente a la clasificación de los sensores analógicos está constituido por un led infrarrojo que envía una señal y por un fototransistor que recibe la señal soporta voltajes hasta 5V y una corriente aproximada de 20 a 25 mA, la distancia, óptima de detección es de 3mm y la máxima a 6mm. (POLOLU ROBOTICS & ELECTRONICS, 2001)

Por su tamaño se lo puede adaptar a sistemas muy pequeños para la detección de objetos e incluso se lo utiliza como sensor para la detección de colores en los robots seguidor de línea y laberintos.



**Figura 1-22: Sensor QTR1A**

Fuente:( <https://www.pololu.com/product/958>)

### 1.13. Sensor Giroscópico MPU6050

Sensor de movimiento compuesto por un giroscopio y un acelerómetro que trabaja en los tres ejes del plano cartesiano para medir los ángulos de inclinación que genera un movimiento. Contiene conversores digitales y analógico puede ser controlado por medio de microcontroladores o tarjetas de desarrollo como arduino.



**Figura 1-23: Sensor MPU6050**

Fuente:( <http://saber.patagoniatec.com/acelerometro-giroscopio-mpu-6050-giroscopio-giro-gyro-mpu-rover-sensor-acelerometro-smart-car-ptec/>)

## **1.14. Sistema de alimentación del dispositivo**

### ***1.14.1. Introducción***

Los circuitos electrónicos en la actualidad se encuentran dentro de nuestros hogares presentes en electrodoméstico, vehículos, teléfonos móviles, etc. Para el funcionamiento los circuitos necesitan de una fuente de alimentación de energía eléctrica. Las fuentes de alimentación son de tipo alterna que son las redes eléctricas que llegan hacia los medidores de energía y la de tipo directa es la que se encuentra en pilas y baterías.

### ***1.14.2. Concepto***

La batería es un dispositivo capaz de acumular en celdas, energía química y después convertirlas en electricidad. Estas celdas poseen un electrodo con polaridad positiva y negativa lo que permite que los iones se muevan entre los polos haciendo que la corriente fluya hacia afuera de la batería.

### ***1.14.3. Tipo de baterías***

- **Baterías de plomo-acido**

Baterías que se usan para el arranque en automóviles, su componente principal es el plomo, y está compuesta de 6 celdas de plomo las cuales guardan 12V de energía eléctrica. Presenta ventajas de bajo costo en su fabricación, pero altamente contaminantes para el medio ambiente.

- **Baterías de níquel-hierro (Ni-Fe)**

Desarrolladas en 1903 por Thomas Edison formada por rollos de acero niquelado y en cuyo interior contenían hidróxido de níquel, proveen una energía de 1.2 a 1.4 V, admiten sobrecargas por lo que su vida útil es larga, es usado en áreas de temperaturas de hasta 46 °C

- **Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)**

Proporciona un voltaje de 1.2V a 1 A usualmente conocidas como pilas AA su polo negativo contiene hidróxido de níquel mientras que el polo positivo está compuesto de cadmio, su gran desventaja es que tiene poca capacidad de almacenamiento.

- **Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH)**

El ánodo está compuesto de hidróxido de níquel mientras que cátodo contiene aleaciones de hidruro metálico, almacena un voltaje no mayor a 1.2 V, poca eficacia en áreas de frío extremo.

- **Baterías de iones de litio (Li-ion)**

Es una de las baterías recientemente fabricadas, tiene un circuito adicional para conocer el estado de carga de la batería debido a que si esta tiene una descarga completa queda estropeada. Compuesta en su ánodo por grafito y en su cátodo tiene una mezcla de óxido de cobalto con óxido de manganeso.

Fabricadas para suministrar un voltaje que varía de acuerdo a las celdas que tenga la batería, voltaje que va de entre 2.65 y 4.2 con una corriente de 1.5 a 2.8 A

- **Baterías de polímero de Litio (LiPo)**

Características similares a la batería de ion de litio, mayor capacidad de energía, su porcentaje de descarga es bastante bajo. Una de las baterías con el tamaño más reducido que se puede encontrar en el mercado con presentaciones de 1 a 6 celdas, voltajes desde 3.7 a 22.2 V y con una corriente nominal 50mA hasta 8 A.

Una de las mayores desventajas que tiene estas baterías es que si se descargan por debajo de 3V que es voltaje mínimo de descarga, estas quedan totalmente inutilizables.



**Figura 1-24: Batería Lipo**

**Fuente:**( <http://tdrobotica.co/categoria/61>)

### 1.15. Pantalla TFT

Estas pantallas son una versión mejorada de las pantallas LCD (Pantallas de Cristal Líquido), las TFT o mejor llamada LCD de transistores de película fina tiene una mejorada resolución de imagen.

Utilizada como monitor para Raspberry compatible con todas sus versiones, pantalla táctil resistiva, soporta voltajes de hasta 3.3V, resolución de 320 x 240 pixeles, funciona con el sistema operativo Raspbian propio de Raspberry.



**Figura 1-25: Pantalla TFT 3.2**

**Fuente:**( <http://www.waveshare.com/img/devkit/LCD/3.2inch-RPi-LCD-B/3.2inch-RPi-LCD-B-7.jpg>)

## 1.16. Módulo de Conexión WIFI

Componente electrónico que permite la conexión inalámbrica de varios dispositivos, envío de datos con un alcance de hasta 20m, voltaje de alimentación de 3.3V a 240 mA, uso de comandos AT para su programación, cuenta con pines de transmisión y recepción de datos. Uso recomendable en sistemas inalámbricos de corto alcance.



**Figura 1-26: Módulo WIFI**

**Fuente:**( <http://picclick.ie/1-2-3-5-10x-Mini-Board-NRF24L01-SMD-17MM-Wireless-371212850423.html>)

## 1.17. Lenguajes de Programación

### 1.17.1. Concepto

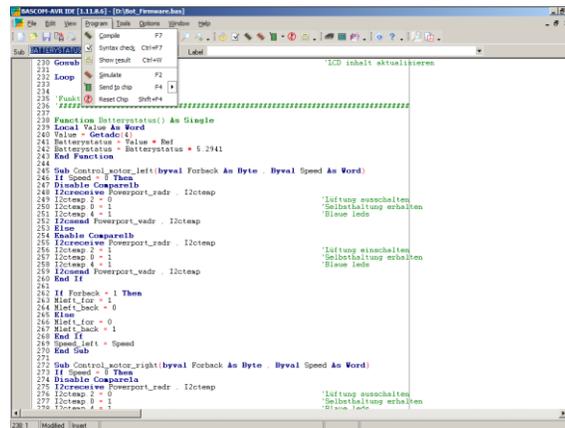
Son herramientas de software para la realización de programas, también conocido como lenguaje de máquinas, ya que son difíciles de entender a simple vista. La ejecución de estos programas en una computadora consta de dos fases la primera es la traducción del programa a código máquina y la segunda fase que es el procesamiento de datos.

Los códigos de programación son creados con un solo propósito y solo pueden ser ejecutados por un microcontrolador al que esté conectado el sistema o dispositivo a ser controlado por el programa.

Entre los lenguaje de programación más conocidos tenemos Visual Basic, C++, Micro, Pascal, Java, Python, etc.

## 1.18. Lenguajes de programación BASCOM

Es un lenguaje de programación para microcontroladores Atmel AVR basado en el compilador de Basic, utiliza números enteros de hasta 4 Bytes, números flotantes de 32 o 64 bits, consta con librerías para puertos TCP/IP y pantallas LCD



```
230 Gosub 231          'LCD inhalt aktualisieren
231
232 Loop
233
234
235 'Fusb!
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

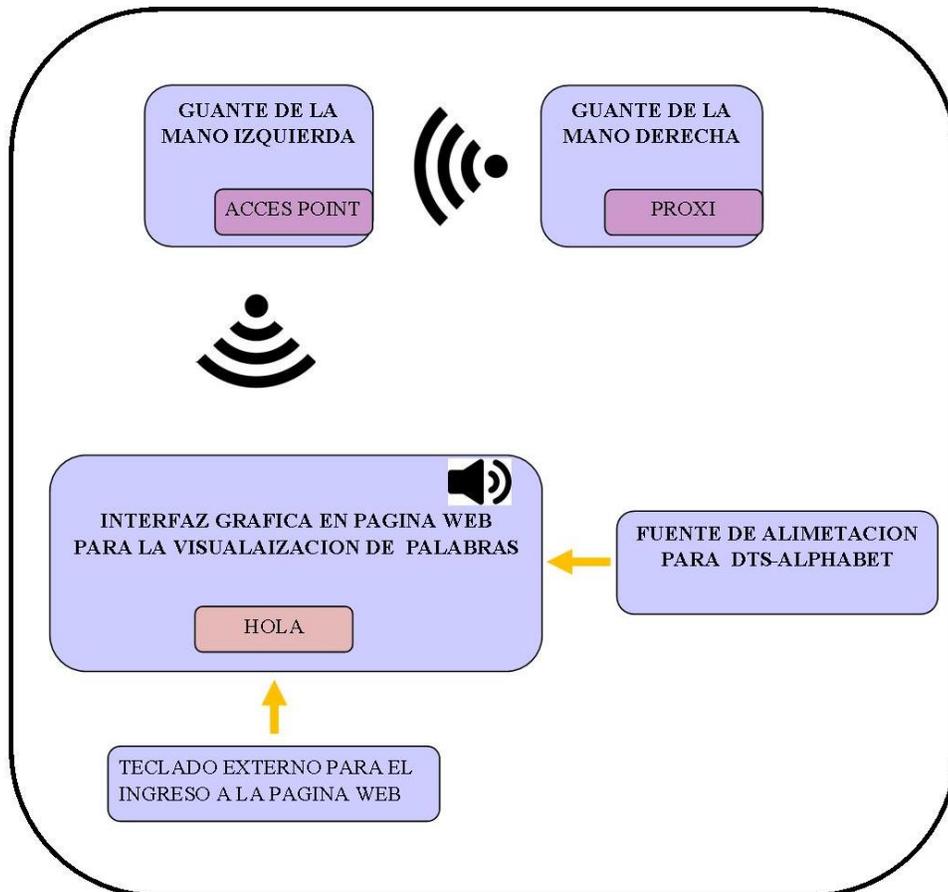
Figura 1-27: Interfaz Gráfica de BASCOM

Fuente:( <http://picclick.ie/1-2-3-5-10x-Mini-Board-NRF24L01-SMD-17MM-Wireless-371212850423.html>)

## CAPÍTULO II

### 2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

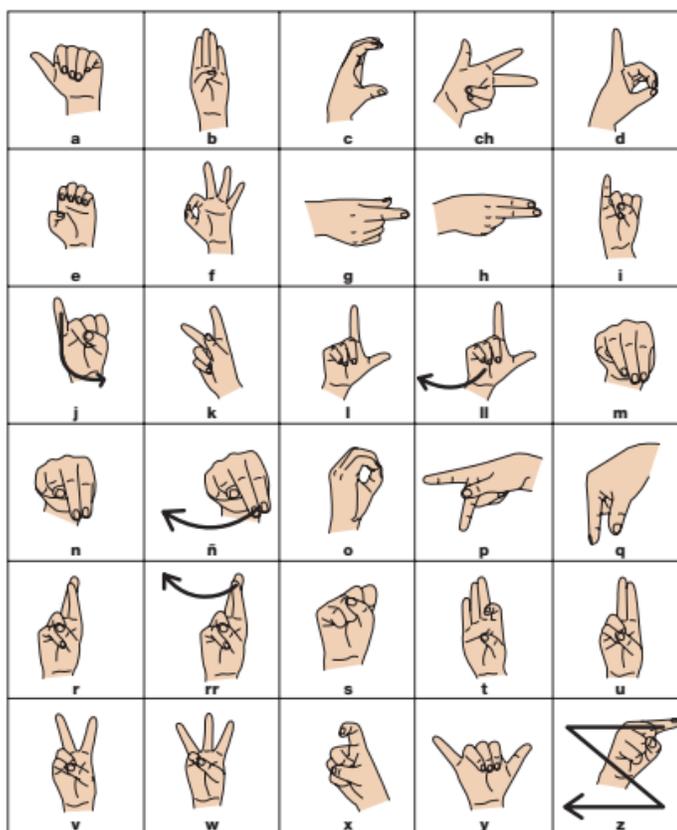
A continuación se detalla los procedimientos realizados para la implementación del dispositivo DTS-ALPHABET. El dispositivo cuenta con dos fases: La primera está compuesta por los guantes que son los encargados de tomar las señales analógica procesarlas, convertirlas en voltajes y enviar los datos. La segunda fase consta de una interfaz gráfica programada en código html para visualizar y a la vez reproducir los datos enviados desde los guantes. La secuencia que toma el dispositivo desde la toma de la seña hasta la visualización se puede observar en la siguiente figura.



**Figura 2-1: Diagrama de bloques de DTS-ALPHABET**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Para la traducción de señas a palabras se tomó como referencia el lenguaje de señas publicado por el CONADIS y usado por las asociaciones ecuatorianas de apoyo a las personas sordo mudas.



**Figura 2-2: Lenguaje de Señas Ecuatoriano**

**Fuente:**( <http://plataformaconadis.gob.ec/diccionario/wp-content/uploads/2014/07/Guia-Uso-ilustraciones.pdf>)

## 2.1. Selección del hardware

### 2.1.1. Sensores

#### Sensor Flexo resistivo

Como se mostró existen los sensores flexo resistivos de diferente longitud por lo cual se tienen que hacer un estudio comparativo para dar a conocer cuál de las diferentes longitudes de sensores son las más idóneas para nuestro propósito.

Para nuestra comparación tenemos dos sensores de semejantes características pero de diferentes longitudes.

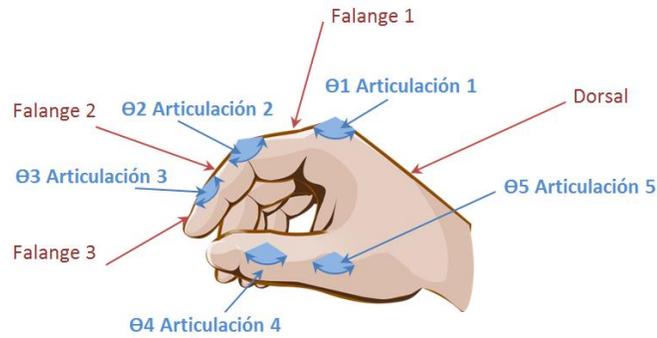
**Tabla 2-1: Características comparativas entre sensores flexo resistivos**

<b>CARACTERÍSTICAS:</b>	<b>SENSOR 1</b>	<b>SENSOR 2</b>
<b>Tolerancia de la Resistencia:</b>	± 30%.	± 30%.
<b>Potencia nominal:</b>	0,50 Volts continuos.	0,50 Volts continuos.
<b>La resistencia al no estar doblada:</b>	25K Ohms.	25K Ohms.
<b>Altura:</b>	0.43 mm (0.017 ").	0.43 mm (0.017 ").
<b>Rango de temperatura:</b>	-35 ° C a +80 ° C.	-35 ° C a +80 ° C.
<b>Voltaje:</b>	5 a 12 Volts.	5 a 12 Volts.
<b>Longitud Activa:</b>	55,37 mm (2,18")	95,25 mm (3,75")

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Fuente: <http://rambal.com/presion-peso-nivel-liquido/250-sensor-flex.html>

Además debemos tener en cuenta que la mano dependiendo de cómo flexionemos los dedos forma diversos ángulos los cuales van a ser nuestra referencia de comparación, vamos a comparar la resistencia versus el radio de curvatura de cada articulación.



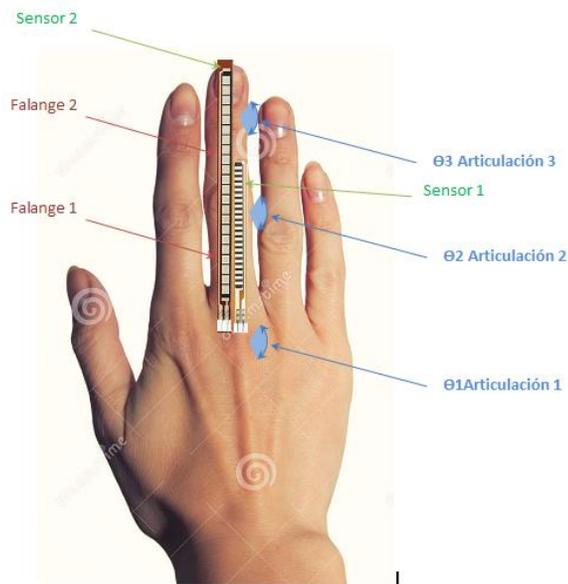
**Figura 2-3: Partes Constituyentes de la Mano**

Fuente:( <https://pixabay.com/es/mano-los-dedos-agarre-asimiento-149680/>)

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como podemos observar la mano está constituida por:

- ✓  $\Theta 1$  Articulación 1 formada por la parte dorsal de la mano y la Falange 1
- ✓  $\Theta 2$  Articulación 2 formada por la Falange 1 y la Falange 2
- ✓  $\Theta 3$  Articulación 3 formada por la Falange 2 y la Falange 3
- ✓  $\Theta 4$  Articulación 4 formada por la Falange 2 y la Falange 1
- ✓  $\Theta 5$  Articulación 5 formada por la Falange 1 y la parte dorsal de la mano



**Figura 2-4: Posición de los sensores en la Mano**

Fuente:( <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-las-manos-la-palma-y-la-parte-posterior-de-las-mujeres-image53496035>)

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Posicionando los sensores notamos que cada sensor puede asumir uno o varios radios de curvatura de cada una de las articulaciones por ende sabiendo que la resistencia varía dependiendo del ángulo de curvatura podemos visualizar los siguientes aspectos en cada uno de los sensores

- El Sensor 1 asume el ángulo formado por la articulación 1 y 2
- El sensor 2 asume el ángulo formado por las articulaciones 1,2 y 3

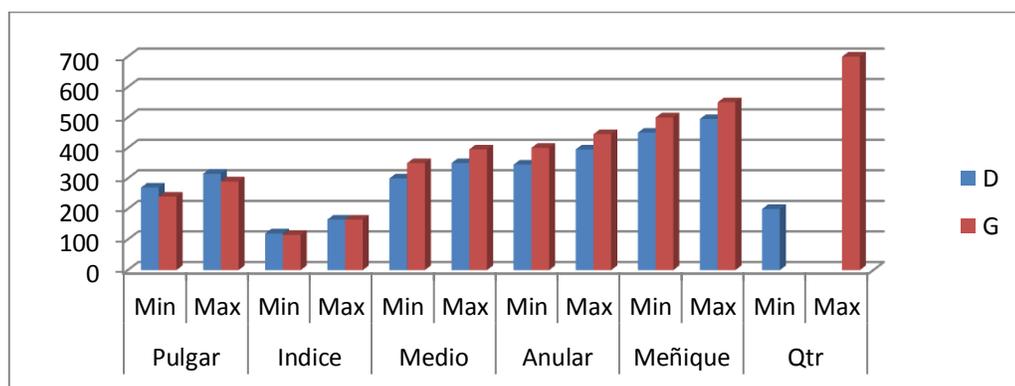
Por lo tanto los sensores escogidos fueron los de 95.25 mm de longitud ya que presentan mayor rango en el ángulo de curvatura y por lo siguiente el rango de resistividad de cada sensor será mayor, lo que nos ayuda a la adquisición de datos y su posterior comparación de valores.

### Sensor Infrarrojo

Al momento de realizar la respectiva toma de datos de los sensores de la mano derecha se llegó a determinar que existían similitudes entre ciertas letras por lo que se optó por incorporar al dispositivo un sensor infrarrojo el cual nos ayude a disminuir el índice de similitud entre las señas.

A continuación se muestra uno de los ejemplos de las señas que existían similitudes en sus rangos y como, con la ayuda del sensor infrarrojo se pudo diferenciar una seña de otra.

### Letras D y G



**Gráfico 2-1: Comparación entre Letras D y G**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como se puede observar los valores tomados para las letras D y G son similares lo único que los diferencia es el valor obtenido por el sensor Infrarrojo, el mismo procedimiento se realizó con los otros grupos de letras con similitudes en sus rangos de deflexión.

Estos rangos similares se daban al formar ciertas señas, se visualizó que entre el dedo medio e índice se formaba una abertura al cambiar de una seña a otra, por lo que se optó por colocar el sensor entre estos dedos para diferenciar el cambio entre señas.

El Sensor QTR1A por su tamaño y fácil manejo en el ámbito de señales infrarrojas fue seleccionado para poder realizar las comparaciones en las letras que existían similitudes.

### **Sensor Giroscópico**

La formación de varias letras del alfabeto se realiza con ejes de inclinación por lo que se optó utilizar el sensor MPU6050 que tiene incorporado un giroscopio y un acelerómetro cada uno trabaja en los 3 ejes de inclinación, maneja protocolos de comunicación I2C lo que ayuda a que el circuito sea simple y con una alta transferencia de datos.

#### **2.1.2. *La Estructura***

Todas las estructuras del dispositivo se las realizó con el Proceso de Impresión en 3D por lo que brinda las siguientes características: El tipo de material PLA es biodegradable y le da una mejor textura a la estructura diseñada. La calidad de impresión escogida fue Alta por lo que no deja grumos y el relleno de las piezas da a la presentación estética lisa y brillante. Los costos son muy accesibles, y los tiempos de impresión son convenientes.

#### **2.1.3. *Guantes y Chaleco***

Se escogió un modelo de guante y chaleco con una talla estándar que se pueda acoplar tanto a una persona de sexo masculino como femenino. El diseño es novedoso y juvenil con colores llamativos; es de un material poli alérgico que no afecte la salud de las personas. El guante escogido ayuda a la deformación de los sensores para una mejor adquisición de la información. Mientras que el chaleco se adapta al hombro y ayuda en la postura para operar y visualizar las señas que son enviadas desde el un guante hacia el receptor.

De las pruebas realizadas con los guantes de diferente material como: lana y los que se utiliza para la construcción no prestan las condiciones necesarias para acoplar el contorno de la mano que ayuda a la deflexión de los sensores mediante el movimientos de los dedos. Por lo que se utilizó guantes deportivos que se ajustan a la mano y al disponer de una protección para los nudillos de los dedos, permite una mayor deflexión de los sensores al realizar una seña.

#### ***2.1.4. Raspberry Pi***

Raspberry fue seleccionada por sus cualidades y prestaciones para el procesamiento de información además soporta comunicación inalámbrica, su costo es muy accesible. Posee características de una computadora de escritorio lo que la hace apta para esta finalidad. Se realizó varias pruebas entre varios modelos de Raspberry y sistemas operativos en donde se llegó a seleccionar la Tarjeta Raspberry Pi 2 la cual consta de 1 GB de RAM, protocolos Ethernet y Bajo Costo.

#### ***2.1.5. Microcontrolador AVR***

Se realizó varias pruebas entre la tarjeta de desarrollo Arduino la cual consta de un microcontrolador AVR y microcontroladores PIC. Ambos presentan características similares de configuración y transmisión de datos, un factor clave para el diseño de las tarjetas de adquisición además del costo su funcionalidad operativa, por lo que se optó por los microcontroladores AVR ya que su costo es menor en comparación con un microcontrolador PIC.

#### ***2.1.6. Baterías***

La batería Lipo (Polímero de Litio) fue escogida por sus características de larga duración en comparación con los otros tipos de baterías, estas baterías para nuestro proyecto se la dimensiono de tal manera que dure aproximadamente 8 horas continuas de funcionamiento.

#### ***2.1.7. Módulos de comunicación***

Se analizó varias opciones de módulos ya que se debía comunicar el par de guantes con la etapa de visualización, se analizaron módulos Bluetooth y Wifi. Llegando a la decisión de escoger los módulos Wifi ya que ellos mantienen protocolos de comunicación más sólidos.

### **2.1.8. Pantalla**

Existen en el mercado un sin número de pantallas en las que se pueden mostrar resultados. Para el sistema electrónico se optó por una pantalla TFT de 3.5 pulgadas tipo touch, por su tamaño y sus características permite navegar e interactuar con facilidad la interfaz gráfica de la página web.

## **2.2. Selección del Software**

### **2.2.1. Proteus**

Para el diseño de las tarjetas de adquisición de datos se utilizó el software Proteus ya que cuenta con herramientas para crear nuevos componentes con medidas exactas. Utiliza una resolución de 32 bits que ayuda a la colocación de elementos, además puede rotar con una resolución angular de 0.1 grados los elementos de la placa.

### **2.2.2. Bascom**

Es el lenguaje eficaz que presenta características de un entorno de programación amigable e intuitiva, permitiendo un manejo óptimo de registros para la programación.

### **2.2.3. Brackets Editor**

La interfaz gráfica está diseñada en Brackets editor que es un editor de texto que permite la simulación en tiempo real de la interfaz web que se está diseñando, además es de código libre se lo puede configurar y crear atajos de teclas disminuyendo tiempos en ejecución.

### **2.2.4. SolidWork**

Los diseños en 3D se los realizó en SolidWork que es un programa que cuenta con una variedad de herramientas y menús textuales que nos van indicando para que sirve cada botón. Además cuenta con varias herramientas en las que se pueden realizar estudios de movimientos y simulación de materiales.

## 2.3. Desarrollo del Hardware

Para el desarrollo del hardware se lo dividió en tres etapas las mismas que son detalladas a continuación.

### 2.3.1. Diseño electrónico

#### Etapa 1.- Guante Mano Derecha

La mano derecha es la encargada de realizar la seña, consta de 5 sensores flexo resistivos distribuidos en cada uno de los dedos, un sensor infrarrojo QTR1A ubicado estratégicamente entre el dedo índice y el dedo medio para diferenciar letras que tiene similar posición de los dedos al realizar una seña con otra, un sensor MPU6050 el cual mide ángulos de inclinación en varias señas.

Además posee un módulo de comunicación WIFI ESP8680 para enviar los datos hacia la mano izquierda, este módulo está configurado en modo esclavo únicamente para enviar datos, esta configuración se la realizo con comandos AT, el microcontrolador que contiene la programación es un ATmega164 compuesto por 6 canales analógicos para la lectura de los sensores, para la alimentación del circuito se colocó una batería Lipo de 2 celdas (7.4 voltios) 1000 mah con una duración aproximada de 8 horas constantes de funcionamiento.

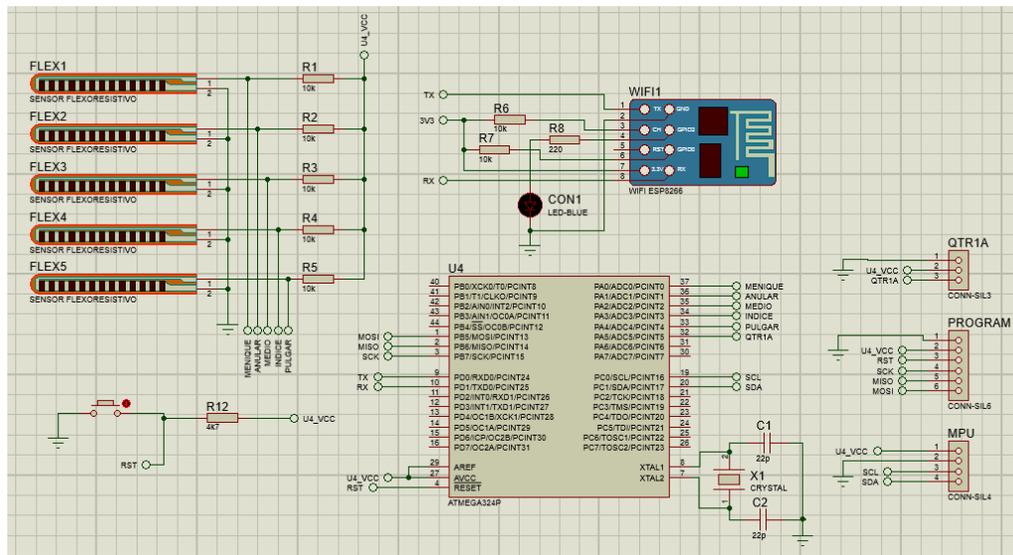
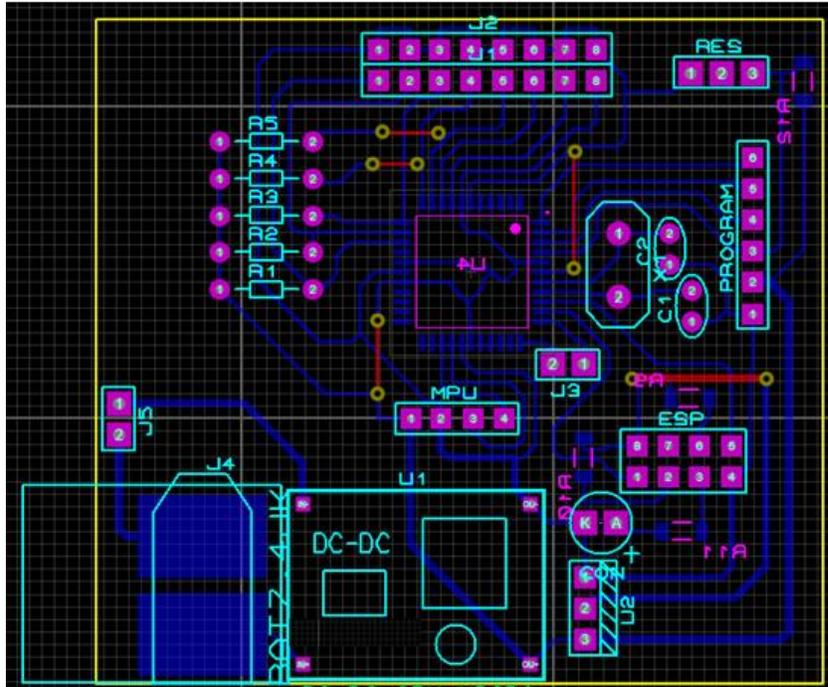


Figura 2-5: Diagrama Esquemático Mano Derecha

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza



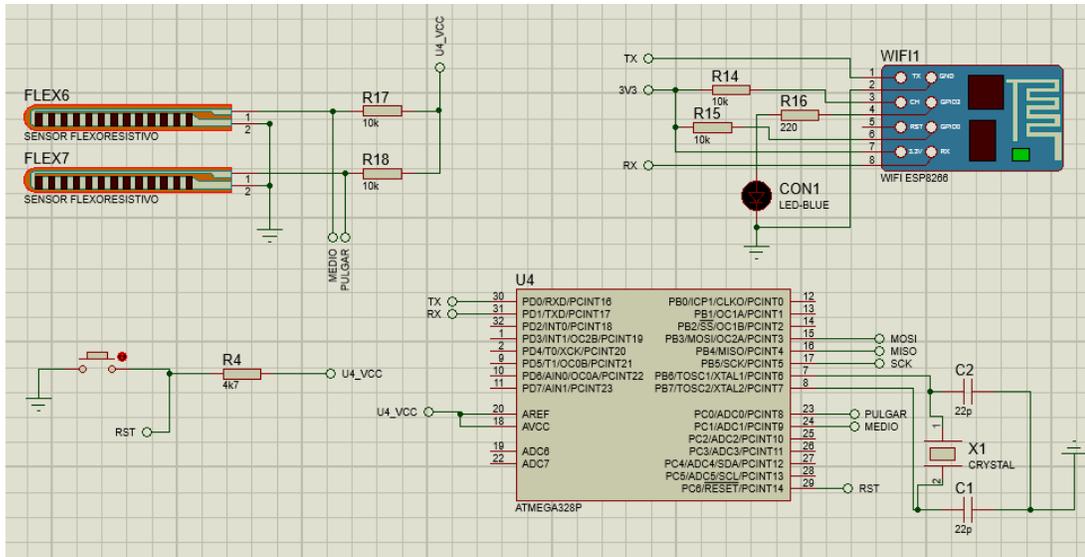
**Figura 2-6: Diagrama PCB Mano Derecha**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

## Etapa 2.- Guante Mano Izquierda

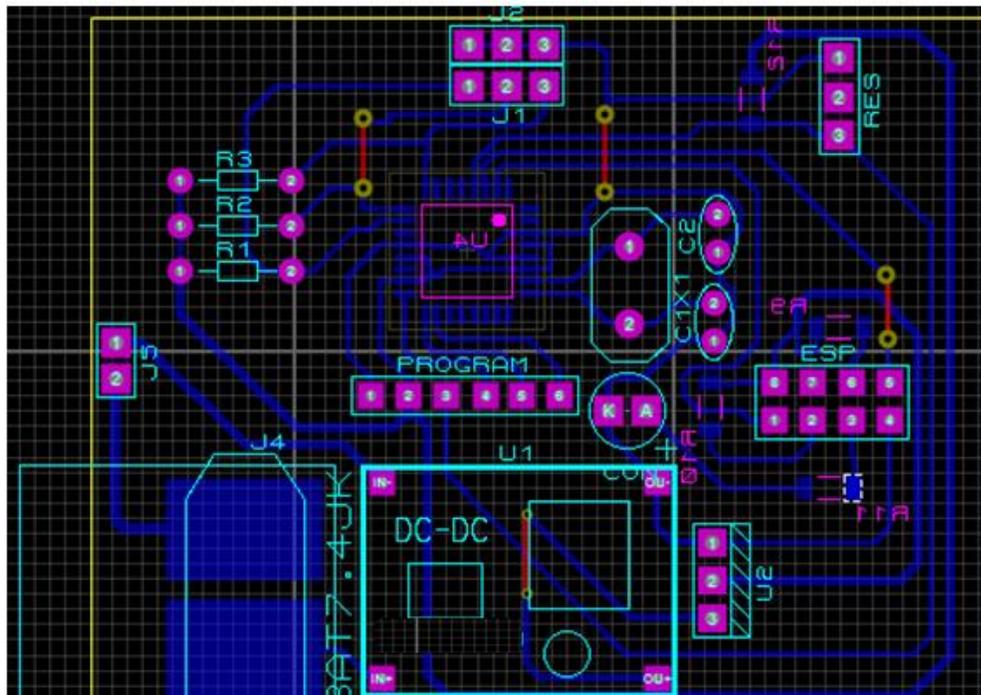
La mano izquierda es la encargada de la recepción y transmisión de datos, consta de 2 sensores flexo resistivos ubicados en los dedos medio y pulgar, con el sensor del dedo medio se capta las señales proporcionadas por la mano derecha y las almacena, con el sensor del dedo pulgar se enviara la letra o palabra hacia la etapa de visualización.

Posee un módulo de comunicación WIFI ESP8680 para recibir y enviar los datos, este módulo está configurado por medio de comandos AT en modo de Access Point, para que las diferentes etapas del dispositivo se conecten a la red creada. Su fuente de alimentación contiene una batería Lipo de 2 celdas (7.4 voltios) 1000 mah con una duración aproximada de 8 horas constantes de funcionamiento. Se utilizó un Atmega328 por lo que se necesitaba 2 puestos analógicos para los respectivos sensores.



**Figura 2-7: Diagrama Esquemático Mano Izquierda**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza



**Figura 2-8: Diagrama PCB Mano Izquierda**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

### Etapa 3.- Etapa de Visualización y reproducción de Audio

La etapa de visualización está compuesta por el sistema embebido Raspberry Pi 2, tiene instalado sistema operativo Raspbian Jessie Lite Versión 4.4, memoria SD de 32 GB, se utilizó el navegador Chromium que el viene precargado, para utilizar el reproductor de audio de Raspbian, una pantalla TFT de 3.2 pulgadas capacitiva tipo touch permitiendo interactuar con el respectivo programa creado para la traducción, 2 parlantes de 10W salida estéreo,

Contiene un módulo Wifi USB para la comunicación con las etapas de la mano izquierda y derecha, teclado Wifi que permite navegar en el entorno de la aplicación, fuente de alimentación LM2596 Step Down Modulo DC-DC regulada a 5 voltios para el encendido de toda la etapa de visualización, batería Lipo 3s (11.4 voltios) 2200 mah con una duración de 12 horas en constante funcionamiento del dispositivo.

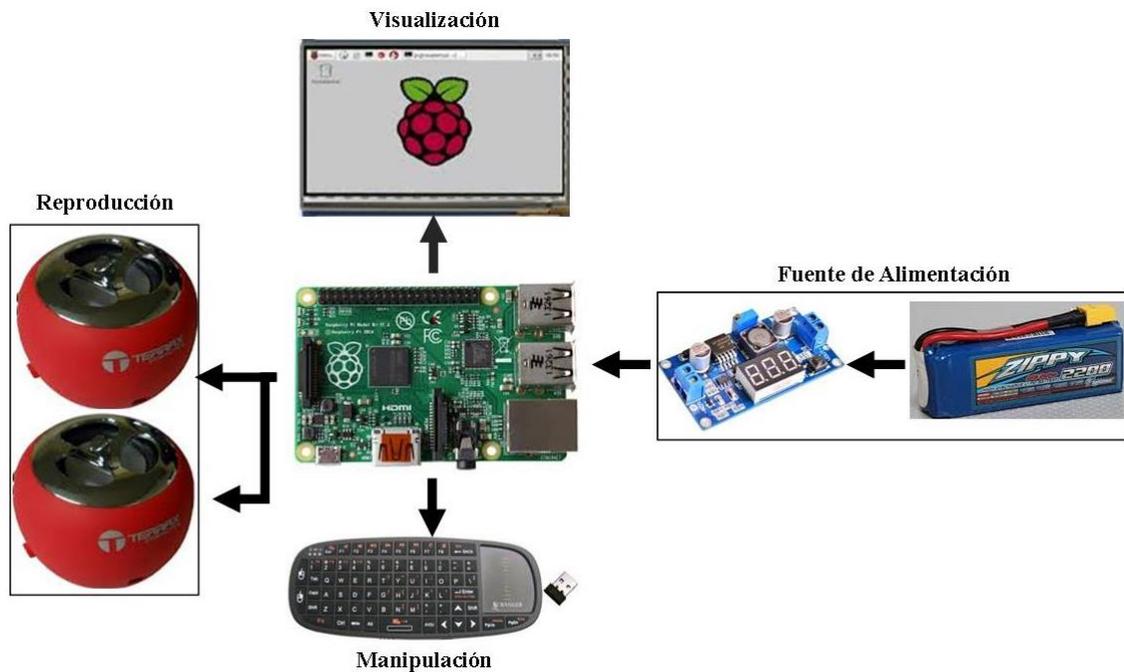


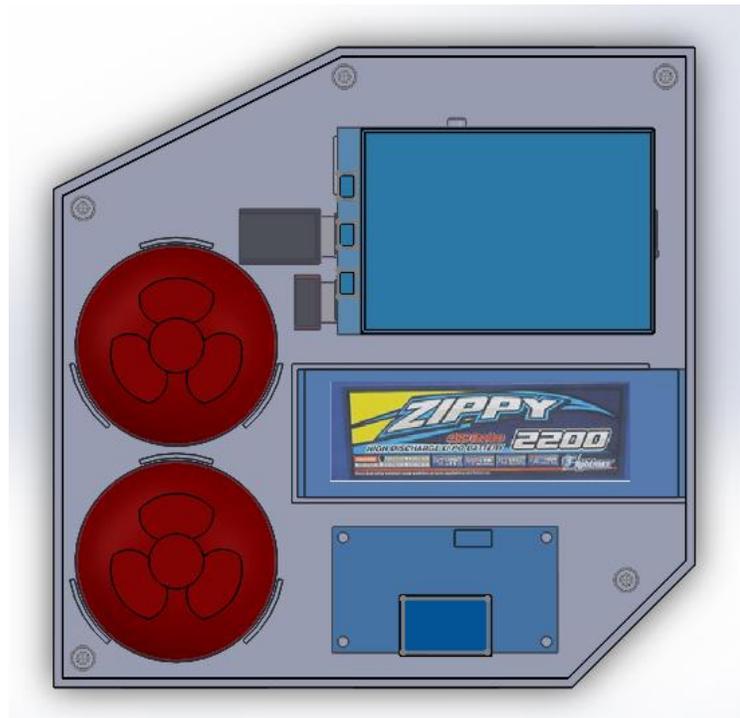
Figura 2-9: Etapa de Visualización y Reproducción de Audio

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

### 2.3.2. *Diseño Mecánico*

El diseño de todas las estructuras se las realizó en SolidWork tomando en cuentas las medidas de los diferentes dispositivos que componen el guante tales como: batería y placa electrónica, teniendo en cuenta todos estos aspectos se diseñó las estructuras de tal manera que no tengan ninguna falla o exceso de tamaño.

Las soluciones de SOLIDWORKS cubren todos los aspectos del proceso de desarrollo de productos con un flujo de trabajo integrado a la perfección, que incluye las etapas de diseño, validación, diseño sostenible, comunicación y gestión de datos. Los diseñadores e ingenieros pueden abarcar fácilmente varias disciplinas, lo que acorta el ciclo de diseño, aumenta la productividad y agiliza la introducción de los productos en el mercado. (SOLIDWORK PRODUCTS, 2016)



**Figura 2-10: Vista Frontal de la Etapa de Visualización.**

**Fuente:** Realizado por: Fanny A., Alejandro L.

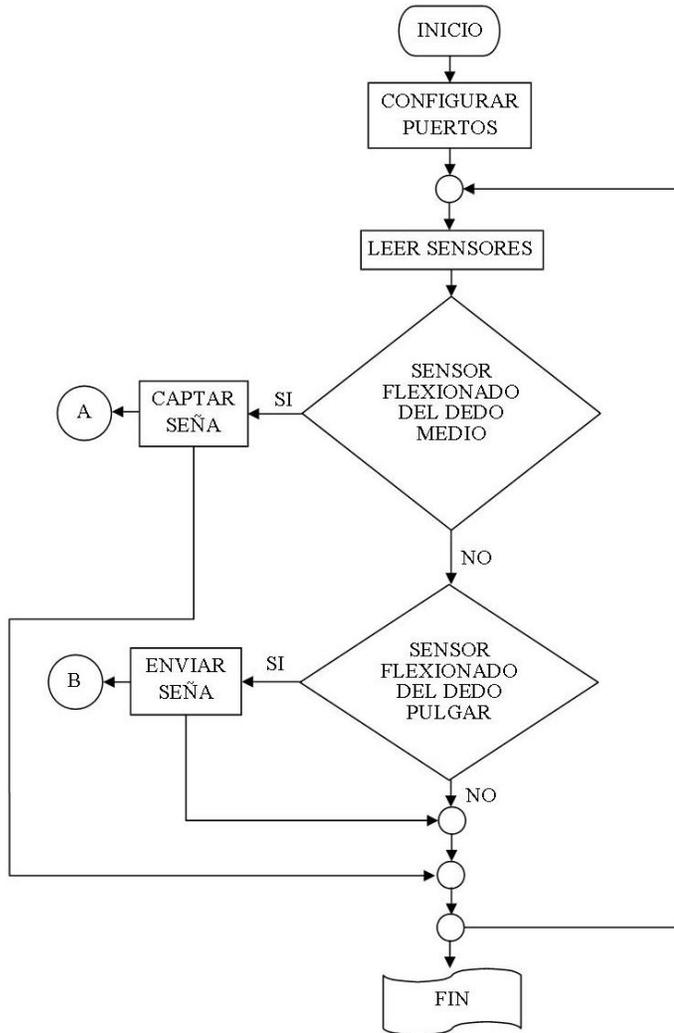
## 2.4. Desarrollo de Software

A continuación se muestran los diagramas de flujo respectivos para cada etapa del dispositivo electrónico implementado.

### 2.4.1. *Guante Mano Izquierda*

Detalle del proceso de la etapa de la mano izquierda

- ✓ Configuración de puertos
- ✓ Declaración de variables locales y globales
- ✓ Lectura de los valores de los sensores
- ✓ Sentencia de condición IF (Sensor flexionado del dedo medio) pregunta por el estado en el que se encuentra el dedo medio.
  - Respuesta positiva.- ingresa al proceso de captar cada una de las letras o captar varias letras para formar palabras
  - Respuesta negativa.- ingresa a la sentencia de condición IF (Sensor flexionado del dedo pulgar)
- ✓ Sentencia de condición IF (Sensor flexionado del dedo pulgar) pregunta por el estado en el que se encuentra el dedo pulgar
  - Respuesta positiva.- ingresa al proceso de enviar cada una de las letras o la palabra formada por el proceso de captar seña
  - Respuesta negativa.- retorna el proceso al inicio del programa



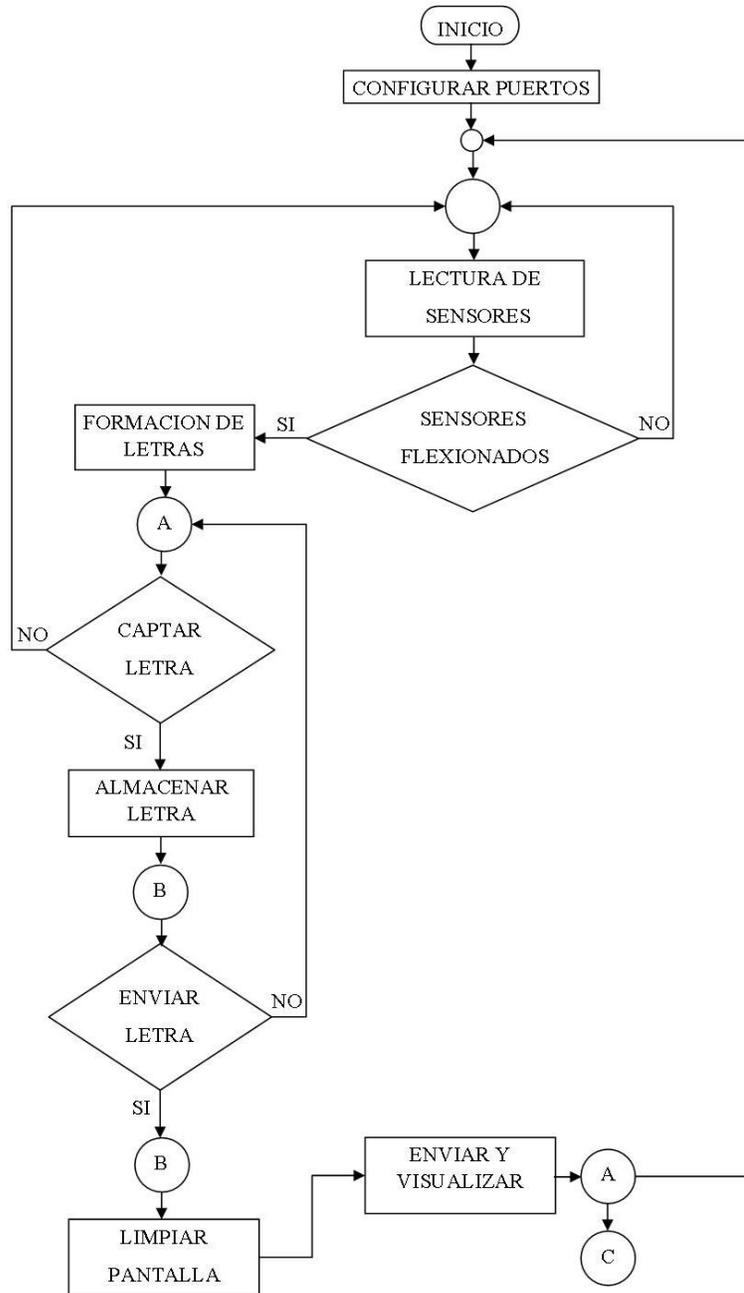
**Figura 2-11: Diagrama de Flujo del Proceso de la Mano Izquierda**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

#### 2.4.2. *Guante Mano Derecha*

Detalle del proceso de la etapa de la mano izquierda

- ✓ Configuración de puertos
- ✓ Declaración de variables locales y globales
- ✓ Lectura de los valores de los sensores
- ✓ Sentencia de condición IF (Sensores Flexionados) pregunta por el estado de todos los sensores que se encuentran en la mano derecha.
  - Respuesta positiva.- ingresa al proceso de formación de letras es esta etapa el usuario debe de tener la seña bien realizada, se llama al subproceso A que se encuentra en el programa de la mano Izquierda, ingresa a la sentencia de condición IF (Captar letra)
  - Respuesta negativa.- regresa la sentencia al proceso de lectura de sensores
- ✓ Sentencia de condición IF (Captar letra) después de tener realizada la seña el usuario decide si capta o no la letra.
  - Respuesta positiva.- ingresa al proceso de almacenar letra en la cual se genera un vector donde se guarda la letra a varias letras y así formar la palabra, se llama al subproceso B que se encuentra en la mano Izquierda, ingresa a la sentencia de condición IF (Enviar letra)
  - Respuesta negativa.- retorna el proceso de lectura de sensores
- ✓ Sentencia de condición IF (Enviar letra) después de tener almacenada la letra o palabra el usuario decide enviar o no dicha seña a los siguientes procesos.
- ✓ Proceso de limpiar pantalla este proceso limpia las variables locales para que el programa no acarree datos pasados.
- ✓ Proceso enviar y visualizar este proceso se encarga de enviar la cadena de caracteres hacia el proceso (C) que se encuentra en la etapa de visualización y reproducción del dispositivo.

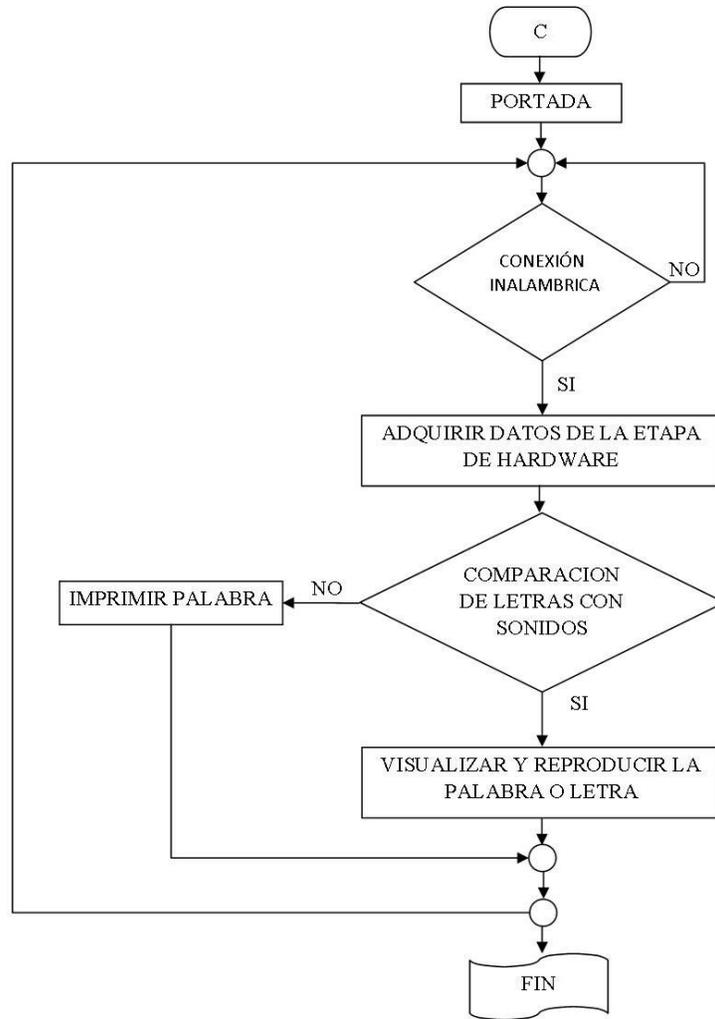


**Figura 2-12: Diagrama de Flujo del Proceso de la Mano Derecha**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

### 2.4.3. *Etapa de Visualización*

- ✓ Inicio de bloques destinados a cajas de texto y variables
- ✓ Visualización de la portada en la que se muestra los sellos de la Escuela, Facultad y logo de lengua de señas, además se refleja una cadena de caracteres con la palabra “Bienvenidos” con la que sabemos que el sistema está listo para usarse
- ✓ Sentencia de condición IF (Conexión inalámbrica) pregunta si existe todos los medios de comunicación y protocolos necesarios para una acorde comunicación Wifi.
  - Respuesta positiva.- si la comunicación se realiza con éxito procede a adquirir los datos enviados por la etapa de hardware, ingresa a la sentencia de condición IF (Comparación de letras con sonidos)
  - Respuesta negativa.- regresa la sentencia al proceso de conexión inalámbrica
- ✓ Sentencia de condición IF (Comparación de letras con sonidos) este proceso interno propio de Raspberry toma los datos enviados por la etapa del hardware y los compara con la base de datos de sonidos que contiene la etapa de visualización.
  - Respuesta positiva.- ingresa al proceso de visualizar y reproducir la letra o la palabra
  - Respuesta negativa.- se mostrara la palabra pero no emitirá ningún audio.
- ✓ Una vez terminado el proceso de visualización y reproducción de audio se retorna al inicio del programa.



**Figura 2-13: Diagrama de Flujo de la Etapa de Visualización y Reproducción**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

## CAPÍTULO III

### 3. PRUEBAS Y RESULTADOS

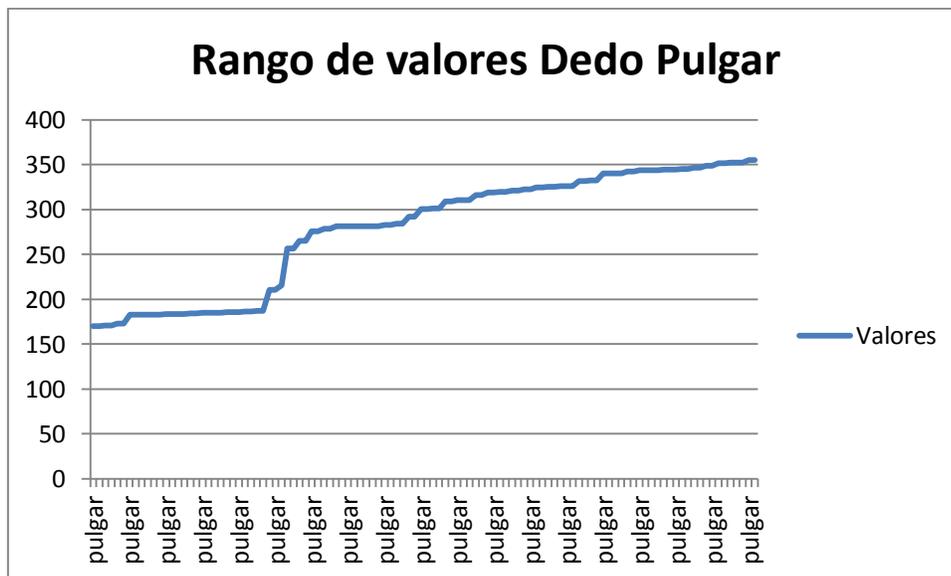
#### 3.1. Pruebas de funcionamiento

Para la respectivas pruebas de funcionamiento debemos tener en cuenta que las etapas de la mano izquierda y derecha se encuentran enviando datos con una periodicidad de 1 segundo, por la experiencia adquirida al implementar el dispositivo se asumirá un número estimado de 60 muestras por minuto para detectar: Rangos, Fallas y ajustes del dispositivo.

##### 3.1.1. Detección de sensores flexo resistivos

###### ✓ Prueba de repetitividad en sensores flexo resistivos

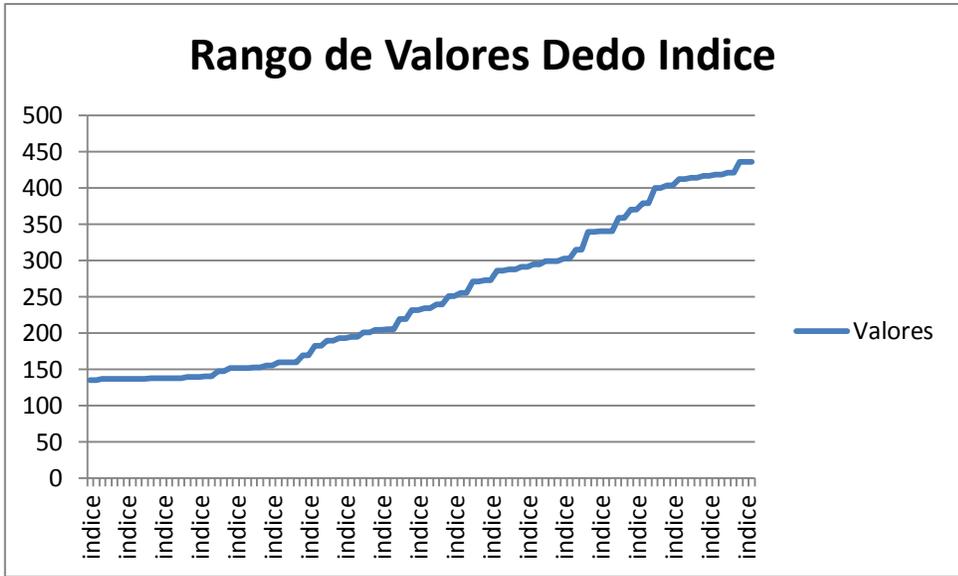
Para la prueba se va a tomar un aproximado de 60 muestras de cada uno de los sensores para determinar los respectivos ángulos de deformación y determinar los rangos en los que se puede manipular los datos.



**Gráfico 3-1: Rangos para el dedo pulgar**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

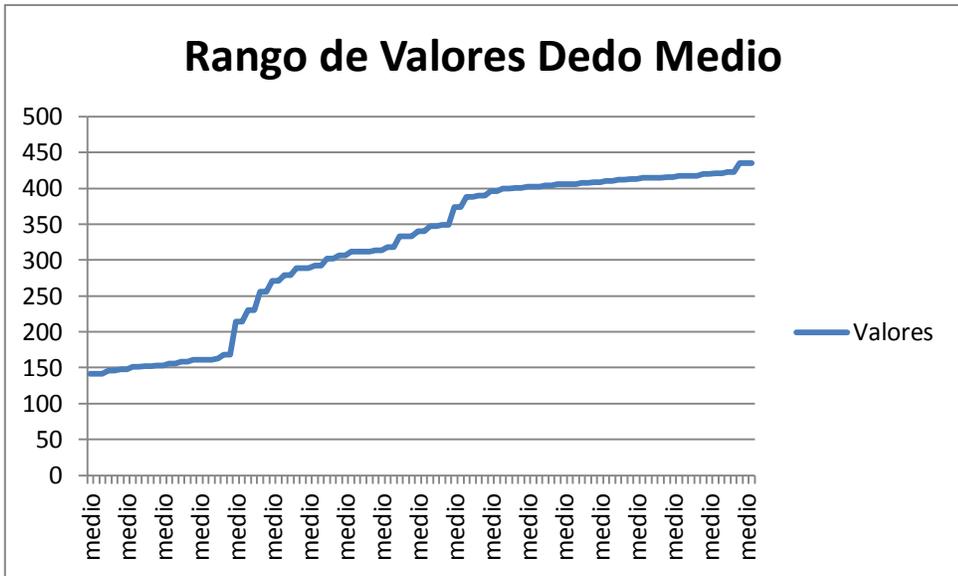
Como se observa el rango de manipulación para el dedo pulgar se encuentra desde 170 a 355



**Gráfico 3-2: Rangos para el dedo índice**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

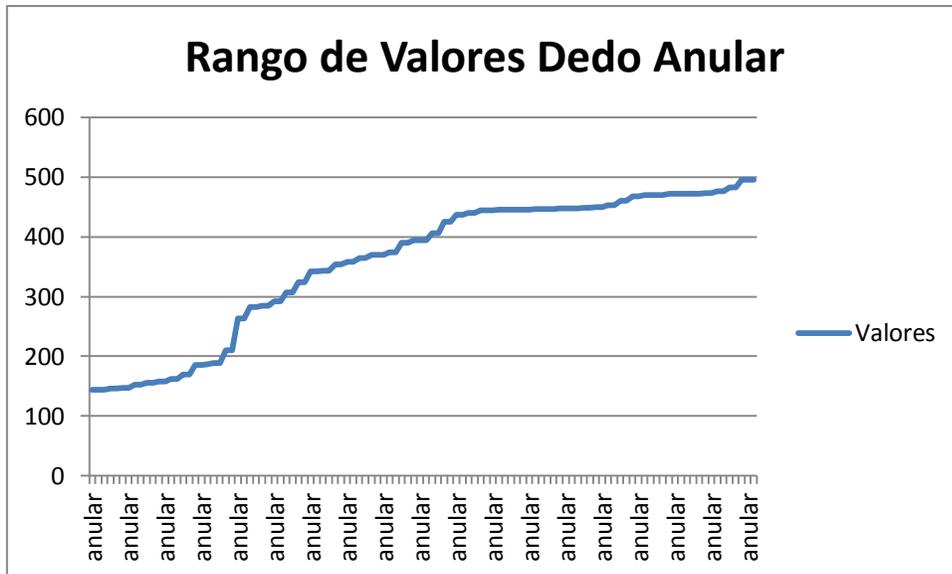
Como se observa el rango de manipulación para el dedo pulgar se encuentra desde 135 a 436



**Gráfico 3-3: Rangos para el dedo medio**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

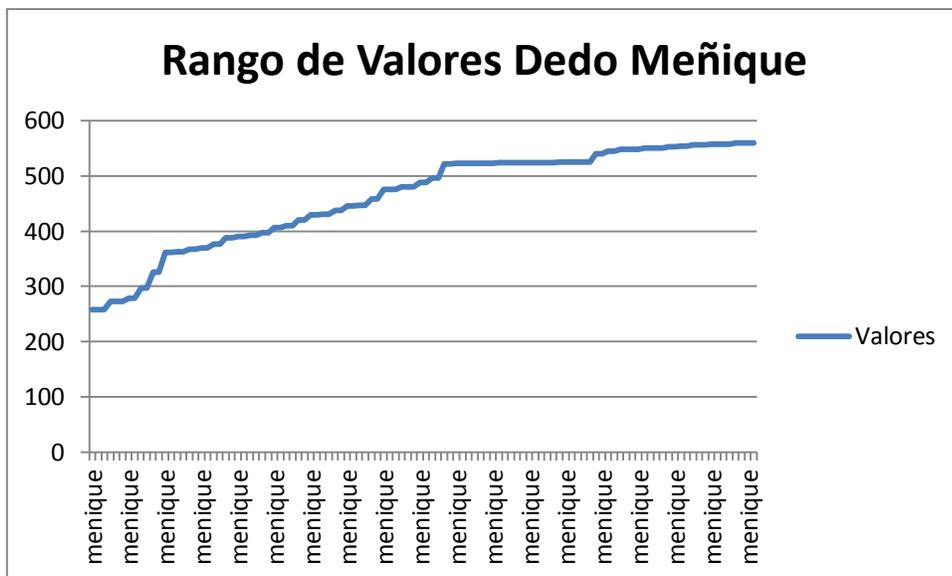
Como se observa el rango de manipulación para el dedo pulgar se encuentra desde 142 a 435



**Gráfico 3-4: Rangos para el dedo anular**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como se observa el rango de manipulación para el dedo pulgar se encuentra desde 144 a 495

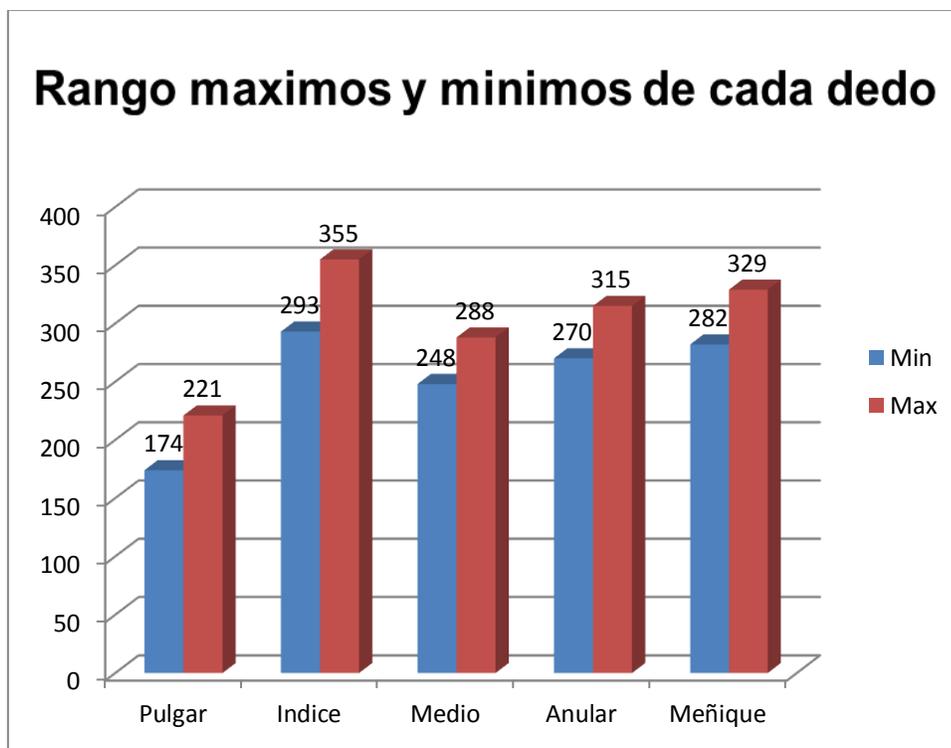


**Gráfico 3-5: Rangos para el dedo meñique**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como se observa el rango de manipulación para el dedo pulgar se encuentra desde 257 a 559

Con los siguientes resultados obtenidos se genera la siguiente tabla en donde muestra los rangos de cada uno de los dedos, pudiendo así tener una referencia al momento de realizar la seña.



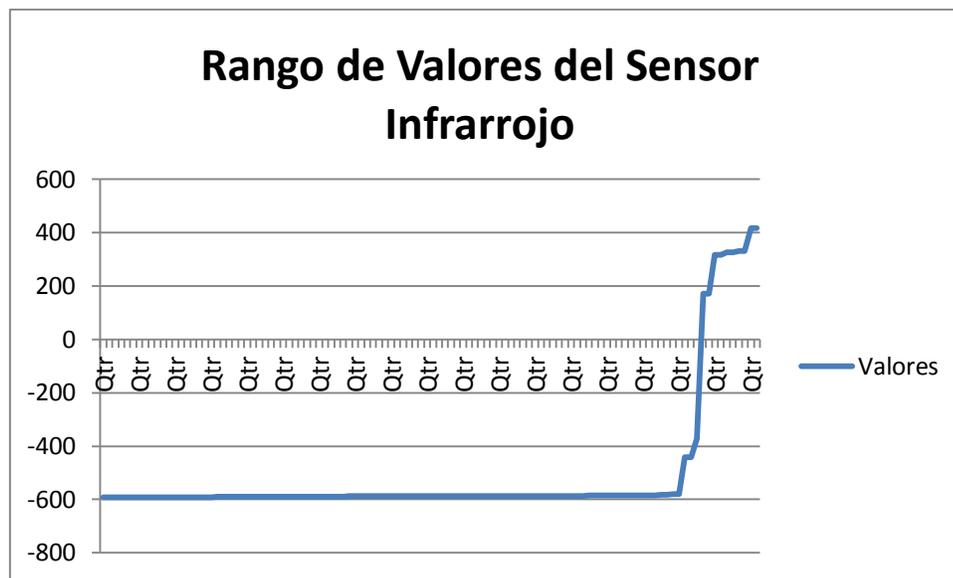
**Gráfico 3-6: Rangos máximos y mínimos de cada dedo**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

### 3.1.2. *Detección de sensor infrarrojo*

Del mismo modo que lo sensores felxo resistivos se optó por muestrear al sensor infrarrojo para determinar su rango de funcionamiento.

#### ✓ **Prueba de repetitividad en sensor infrarrojo**



**Gráfico 3-7: Rangos para el sensor Infrarrojo QTR1A**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

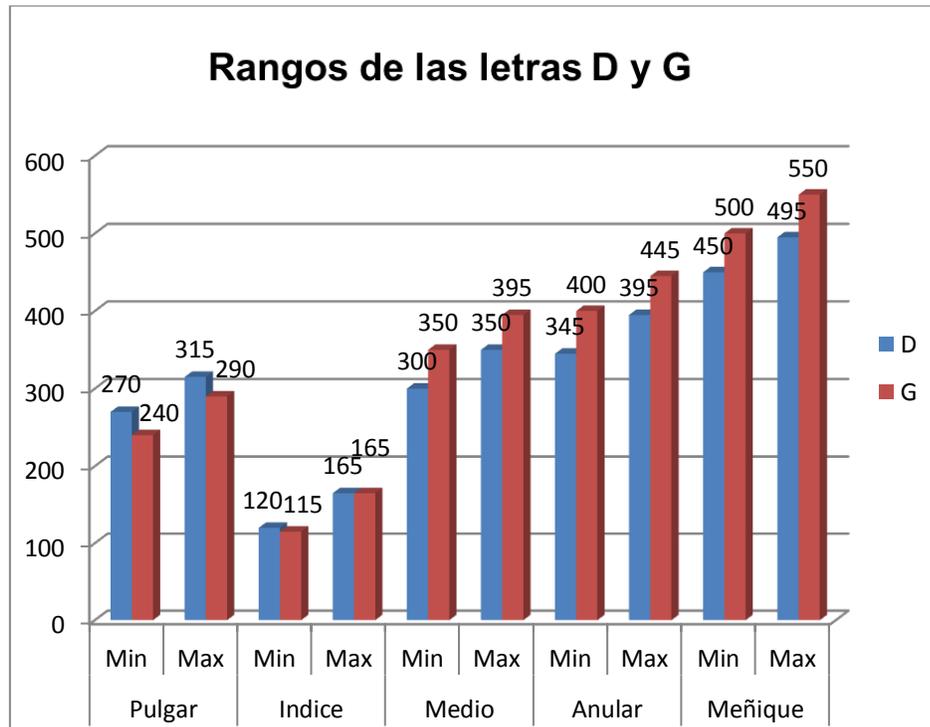
Como se observa el rango de manipulación para el dedo pulgar se encuentra desde -592 a 417

### 3.1.3. *Similitudes físicas entre señas*

Una vez adquiridos los valores para cada una de las señas se procedió a realizar pruebas entre varias letras que físicamente son semejantes, denotando que sus valores de deflexión son aproximados, los rangos de deflexión entre una seña y otra era mínima, por lo que se optó en incrementar para estas letras con problema, el sensor infrarrojo que ayuda a detectar el cambio que sucede entre el dedo medio y el dedo índice llegando a solucionar dicho problema de similitudes.

A continuación se muestra las gráficas correspondientes de las letras D, F, G, H, K, T, U y V que muestra la similitud entre ellas y la corrección de las mismas.

✓ **Letras D y G**

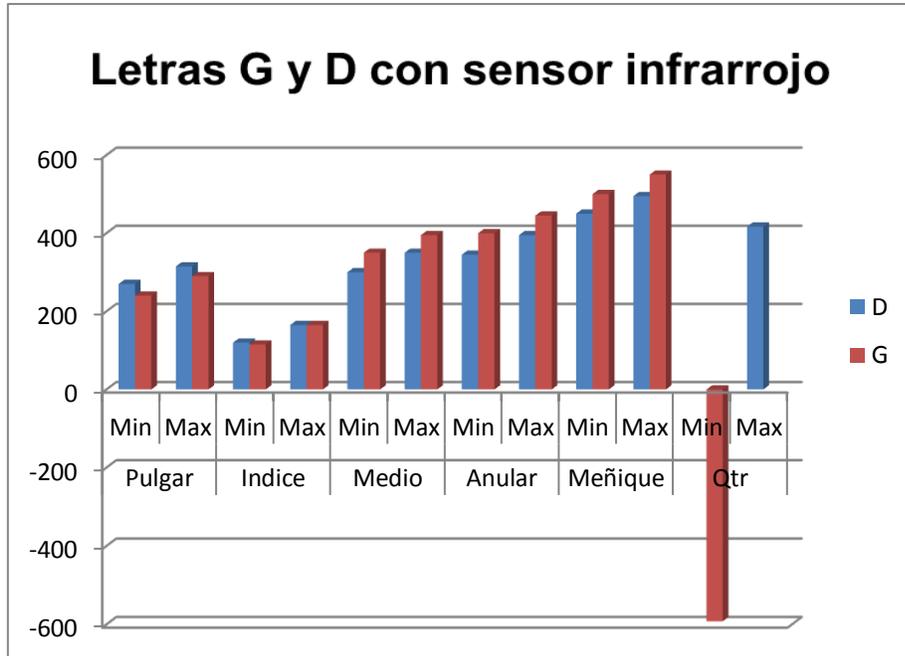


**Gráfico 3-8: Rangos máximo y mínimos de las letras D y G**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como podemos observar existe un promedio entre rangos mínimos de las 2 señas de 38 unidades mientras que para el rango máximo se tiene un promedio de 35 unidades. Después de varias pruebas modificando los rangos de cada una de las señas no se consiguió diferenciar las señas.

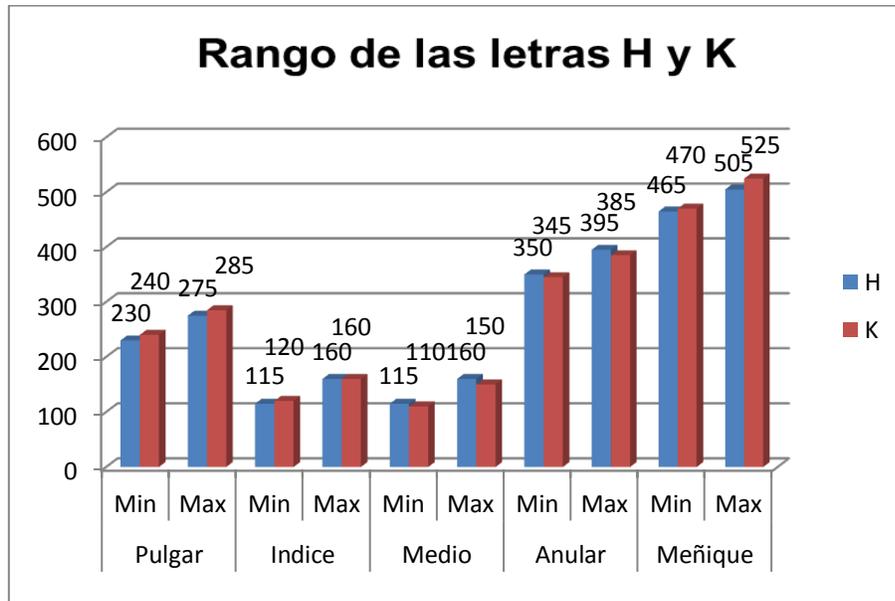
Por lo que se decidió añadir la lectura del sensor infrarrojo para poder así diferenciar las 2 señas



**Gráfico 3-9: Letras G y D con incremento de sensor infrarrojo**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

✓ **Letras H y K**

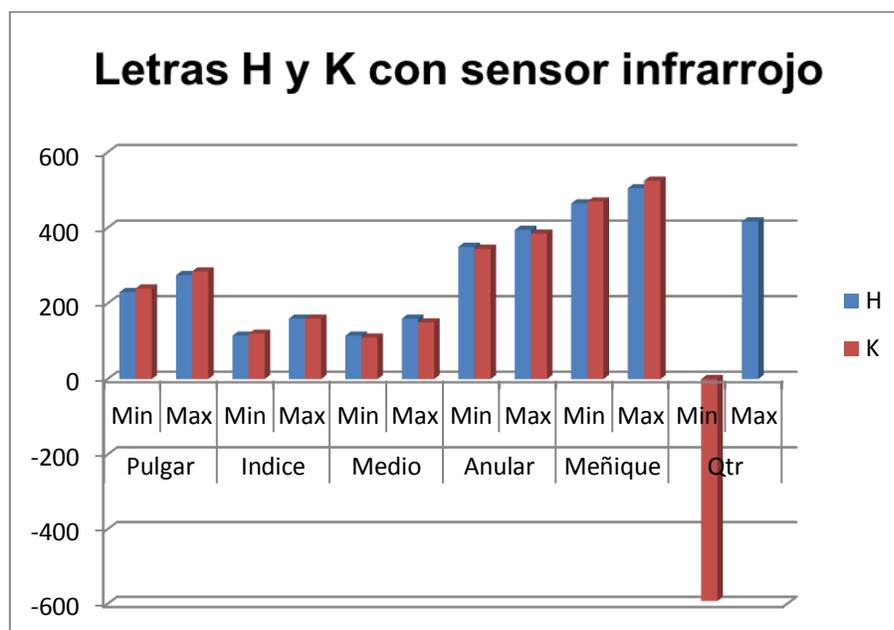


**Gráfico 3-10: Rangos máximo y mínimos de las letras D y G**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como podemos observar existe un promedio entre rangos mínimos de las 2 señas de 6 unidades mientras que para el rango máximo se tiene un promedio de 10 unidades. Después de varias pruebas modificando los rangos de cada una de las señas no se consiguió diferenciar las señas.

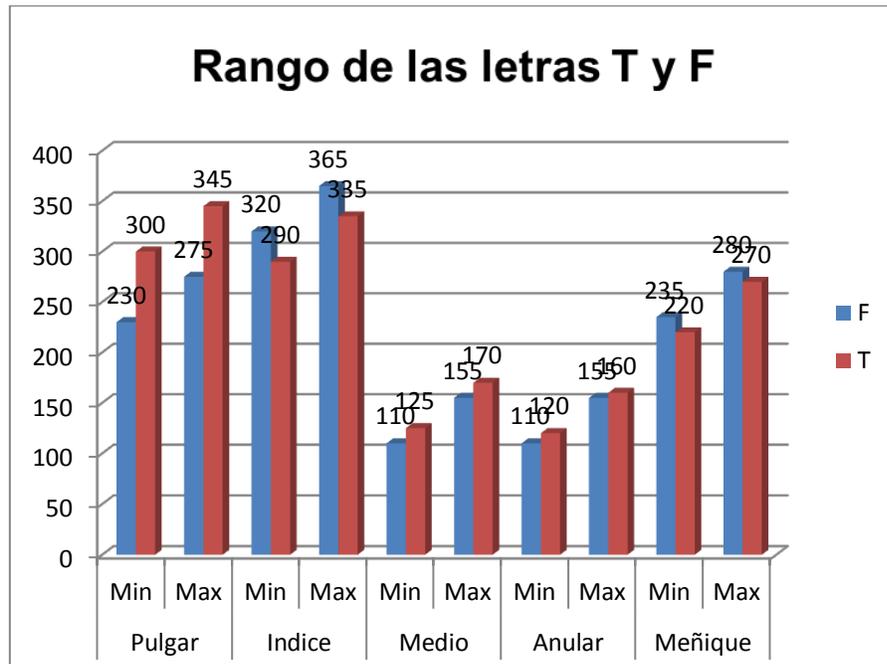
Por lo que se decidió añadir la lectura del sensor infrarrojo para poder así diferenciar las 2 señas



**Gráfico 3-11: Letras H y K con incremento de sensor infrarrojo**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

✓ **Letras T y F**

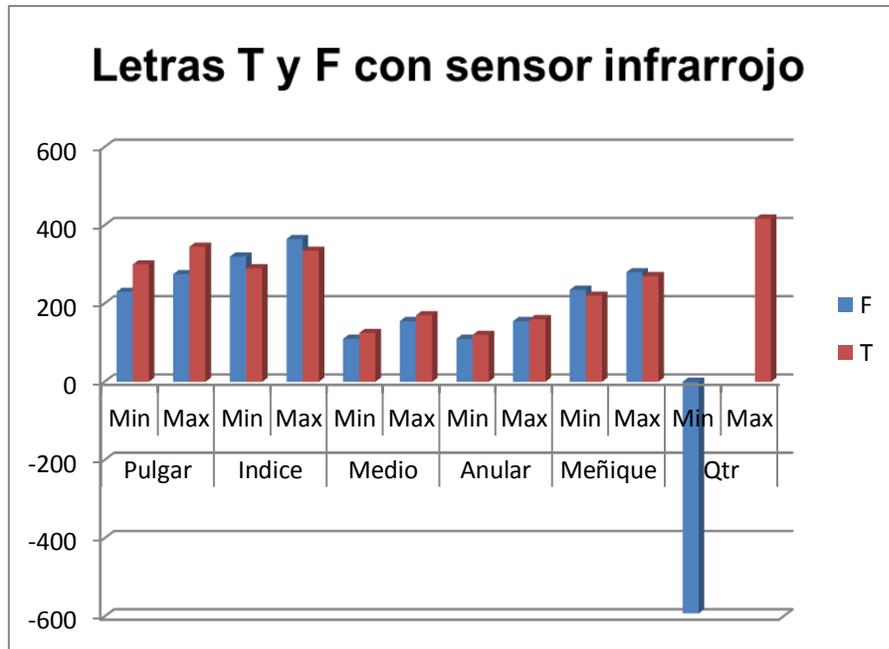


**Gráfico 3-12: Rangos máximo y mínimos de las letras T y F**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como podemos observar existe un promedio entre rangos mínimos de las 2 señas de 28 unidades mientras que para el rango máximo se tiene un promedio de 26 unidades. Después de varias pruebas modificando los rangos de cada una de las señas no se consiguió diferenciar las señas.

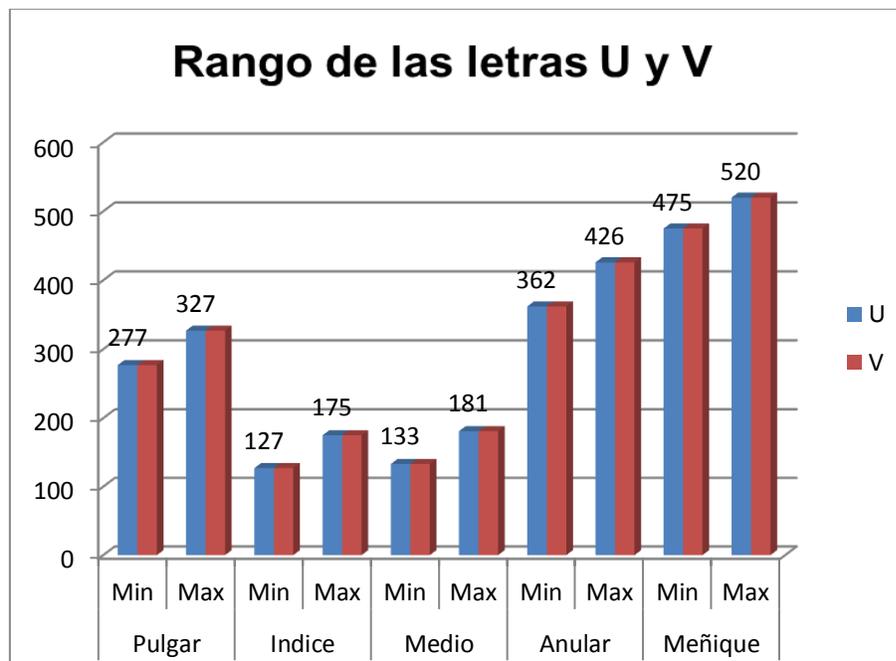
Por lo que se decidió añadir la lectura del sensor infrarrojo para poder así diferenciar las 2 señas



**Gráfico 3-13: Letras T y F con incremento de sensor infrarrojo**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

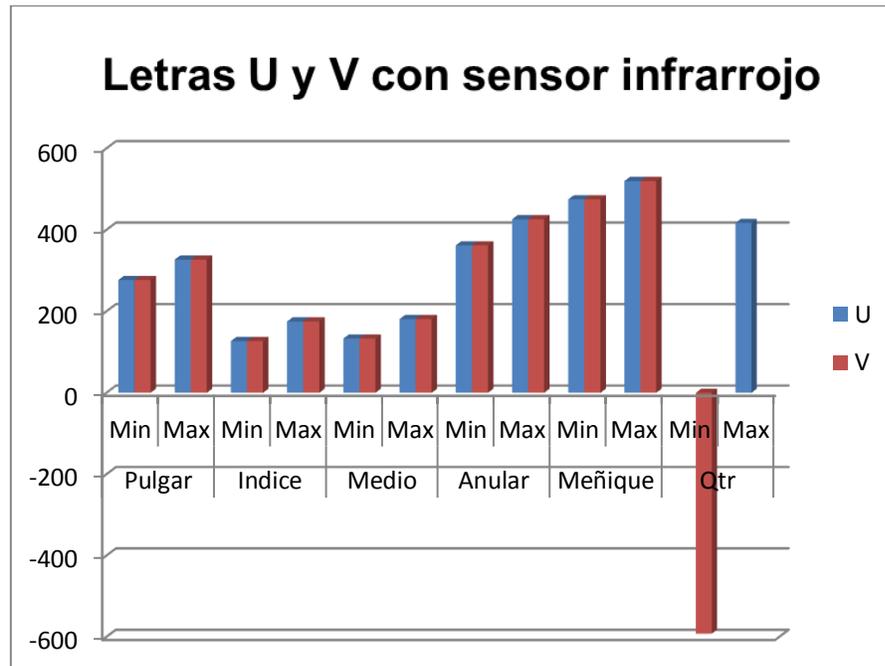
✓ **Letras U y V**



**Gráfico 3-14: Rangos máximo y mínimos de las letras U y V**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Como podemos observar ambas letras físicamente son las mismas por lo que la única diferencia que existe se encuentra en el sensor infrarrojo para poder así diferenciar las 2 señas



**Gráfico 3-15: Letras U y V con incremento de sensor infrarrojo**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

### 3.1.4. Comunicación inalámbrica

Para verificar que la comunicación es efectiva, se realizó en la etapa de hardware y software parámetros visuales que ayudan a verificar que el dispositivo este enviando o recibiendo datos desde los guantes hacia la etapa de visualización para la cual se utilizó un módulo wifi.

#### ✓ Comunicación entre guante izquierdo con derecho

Esta prueba se la realiza visualmente debido a la configuración y programación de los guantes para que se enciendan los leds cuando exista una vinculación entre guante izquierdo y derecho.

El inicio de comunicación se lo realiza independientemente del encendido de los guantes izquierdo o derecho, lo que se verifica el estado de los leds cuando estos se encuentren encendidos.



**Figura 3-1: Encendido del guante izquierdo**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

A continuación se verifica el estado del guante derecho, al no encontrarse en comunicación, el led de color azul del módulo wifi parpadea indicando que no hay comunicación entre el guante izquierdo con el derecho o viceversa como se muestra en la figura 16-3.



**Figura 3-2: Estado del led del módulo wifi**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

Una vez establecida la conexión el led del módulo wifi del guante derecho se apagará, mientras que el led posicionado en la carcasa se encenderá, mostrando que la conexión se ha realizado con éxito, lo que se muestra en la figura 17-3.



**Figura 3-3: Comunicación entre guantes**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

### ✓ **Comunicación guante izquierdo y etapa de visualización**

Para comunicarnos con la etapa de visualización se debe conectar con la red wifi tomando en cuenta los siguientes parámetros:

**Red:** senas

**Contraseña:** senaspass

La etapa de visualización y los guantes se encuentran en la siguiente dirección IP 192.168.5.N, donde N es el número que cada módulo toma para unirse a la red.

N = 1: Guante Izquierdo

N = 2: Etapa de Visualización

N = 3: Guante Derecho

La prueba de comunicación se la realiza desde cualquier dispositivo que tenga wifi ya que la página web y los parámetros configurados para la misma son dinámicos y se adaptan a cualquier dispositivo ya sea una laptop, teléfono inteligente o sistema embebido que tiene la capacidad de comunicación wifi.

Para verificar si existe comunicación entre la etapa de visualización y el guante se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento:

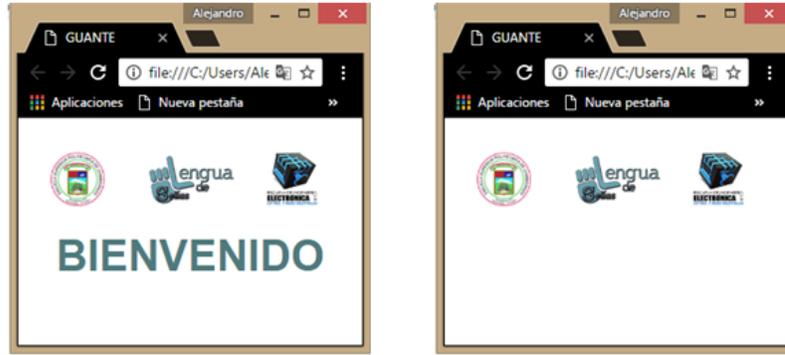
1. Se debe encender los guantes ya que en el guante izquierdo se encuentra el Access Point, en este se encuentran los parámetros de configuración de la red si no se encienden los guantes no se mostrara la red senas para poder ingresar
2. Conectarse e ingresar la contraseña a la red senas, la configuración wifi sugiere buscar todos los dispositivos asociados, una vez aceptado la red se encuentra lista la configuración para poder operar como se muestra en la figura 18-3.



**Figura 3-4: Configuración del wifi en una laptop**

**Realizado por:** Fanny Alulema, Alejandro Loza

Una vez verificado que los guantes y la etapa de visualización se encuentren conectadas se procede a abrir la página web (index.html). Al realizarse la conexión entre todas las etapas del sistema, la página web limpia esta lista para proceder a traducir las señas.



**Figura 3-5: Verificación de conexión exitosa del dispositivo**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

### 3.1.5. Rendimiento de la fuente de alimentación

La fuente de alimentación es una parte fundamental en el funcionamiento del dispositivo electrónico por lo que se debe tener en cuenta la duración de la batería. Esta duración es el tiempo que la batería dura cargada, se realizó cálculos para un rendimiento estimado, tomando en cuenta el consumo de corriente de cada una de las etapas del dispositivo.

#### ✓ Cálculos para el rendimiento estimado de batería para el guante izquierdo y derecho

##### Datos:

Voltaje de la batería=7.4 V

Corriente de la batería=1 A

Voltaje de consumo=5 V

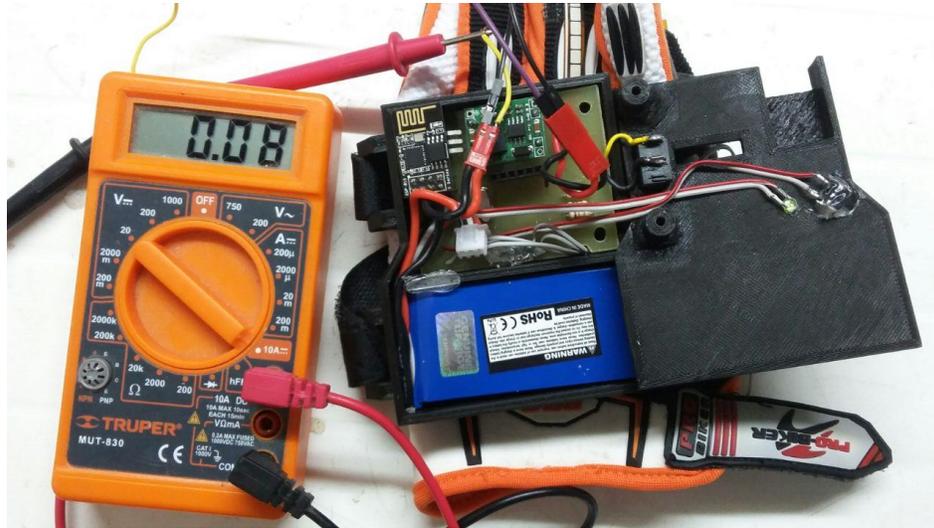
Corriente de consumo=0.08 A

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Voltaje de la batería} * \text{corriente de la batería}}{\text{voltaje de consumo} * \text{corriente de consumo}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{7.4V * 1 A}{5V * 0.08}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{7.4W/h}{0.4W}$$

$$\text{Rendimiento} = 18.8 \text{ horas}$$



**Figura 3-6: Consumo de corriente del guante**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

- ✓ **Cálculos para el rendimiento estimado de la batería para la etapa de visualización.**

**Datos:**

Voltaje de la batería=11.1 V

Corriente de la batería=2.2 A

Voltaje de consumo=5 V

Corriente de consumo=0.34 A

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Voltaje de la batería} * \text{corriente de la batería}}{\text{voltaje de consumo} * \text{corriente de consumo}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{11.1V * 2.2 A}{5V * 0.34}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{24.42W/h}{1.7W}$$

$$\text{Rendimiento} = 14.36 \text{ horas}$$



**Figura 3-7: Consumo de corriente de la etapa de visualización.**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

## 3.2. Análisis de resultados

### 3.2.1. Porcentaje de Error de lecturas del DTS ALPHABET

Al momento de realizar esta prueba al dispositivo DTS ALPHABET, para verificar la adecuada traducción del lenguaje de señas a palabras, se optó por analizar cinco letras, las cuales al juntarlas formaran dos palabras, con las cuales vamos a determinar el índice de traducción del dispositivo.

Para el análisis de esta prueba se asignó las letras A, C, H, L, y O, tomando 5 muestras aleatorias de cada una. Se analizara una a una cada letra para así al final sacar un promedio, de todos los análisis individuales para determinar la veracidad en conjunto del dispositivo al tomar letras y formar palabras.

A continuación en las siguientes tablas se muestran la determinación de los respectivos errores absolutos de cada una de las letras, muestras tomadas al instante de realizar las señas y se realizó el análisis de estadística descriptiva mostrando sus parámetros referentes a cada una de las letras seleccionadas para el análisis.

- **Letra A**

**Tabla 3-1: Determinación del error absoluto letra A**

Dedo	Rangos Referenciales			Valores del Dispositivo	Error de lecturas
	Min	Max	Promedio	Promedio	
<b>Pulgar</b>	174	221	198	205	7
<b>Índice</b>	326	399	363	372	9
<b>Medio</b>	294	365	330	338	8
<b>Anular</b>	353	422	388	418	30
<b>Meñique</b>	520	575	548	533	14

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-2: Valores muestreados a momento de realizar la letra A**

N°	Dedos formando letra A									
<b>1</b>	pulgar	218	índice	374	medio	339	anular	414	menique	534
<b>2</b>	pulgar	207	índice	374	medio	343	anular	421	menique	540
<b>3</b>	pulgar	209	índice	367	medio	337	anular	417	menique	529
<b>4</b>	pulgar	195	índice	378	medio	338	anular	421	menique	533
<b>5</b>	pulgar	197	índice	366	medio	333	anular	414	menique	529
<b>Promedio</b>		205		372		338		418		533

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-3: Resultados del análisis estadístico de la letra A**

Porcentaje de Error	
Media	13.8303662
Error típico	4.23311601
Mediana	9.05559692
Moda	#N/A
Desviación estándar	9.46553516
Varianza de la muestra	89.5963559
Curtosis	3.25054194
Coefficiente de asimetría	1.82391642
Rango	22.6162415
Mínimo	7.42498779
Máximo	30.0412292
Suma	69.1518311
Cuenta	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

- **Letra C**

**Tabla 3-4: Determinación del error absoluto letra C**

Dedo	Rangos Referenciales			Valores del Dispositivo	Error de lecturas
	Min	Max	Promedio	Promedio	
Pulgar	248	288	268	281	13
Índice	184	234	209	216	7
Medio	261	301	281	280	1
Anular	246	286	266	261	5
Meñique	280	320	300	311	11

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-5: Valores muestreados a momento de realizar la letra C**

N°	Dedos formando letra C									
	1	pulgar	279	índice	212	medio	267	anular	250	menique
2	pulgar	273	índice	215	medio	281	anular	250	menique	305
3	pulgar	272	índice	217	medio	279	anular	263	menique	305
4	pulgar	289	índice	217	medio	281	anular	267	menique	317
5	pulgar	290	índice	221	medio	291	anular	274	menique	319
<b>Promedio</b>		281		216		280		261		311

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-6: Resultados del análisis estadístico de la letra C**

Porcentaje de Error	
Media	7.335623169
Error típico	2.057488878
Mediana	7.282485961
Moda	#N/A
Desviación estándar	4.600684993
Varianza de la muestra	21.16630241
Curtosis	-0.77034631
Coefficiente de asimetría	-0.29234139
Rango	11.75683593
Mínimo	1.030645753
Máximo	12.78748169
Suma	36.67811584
Cuenta	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

- **Letra H**

**Tabla 3-7: Determinación del error absoluto letra H**

Dedo	Rangos Referenciales			Valores del Dispositivo	Error de lecturas
	Min	Max	Promedio	Promedio	
Pulgar	210	250	230	212	18
Índice	115	160	138	144	6
Medio	115	160	138	152	14
Anular	350	395	373	383	10
Meñique	469	509	489	508	19

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-8: Valores muestreados a momento de realizar la letra H**

N°	Dedos formando letra H									
	pulgar	228	índice	146	medio	155	anular	384	menique	521
1	pulgar	228	índice	146	medio	155	anular	384	menique	521
2	pulgar	206	índice	148	medio	153	anular	386	menique	515
3	pulgar	209	índice	141	medio	150	anular	379	menique	498
4	pulgar	214	índice	143	medio	150	anular	376	menique	499
5	pulgar	203	índice	140	medio	153	anular	388	menique	506
<b>Promedio</b>		212		144		152		383		508

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza.

**Tabla 3-9: Resultados del análisis estadístico de la letra H**

Porcentaje de Error	
Media	13.56074035
Error típico	2.408387416
Mediana	14.44374082
Moda	#N/A
Desviación estándar	5.385317977
Varianza de la muestra	29.00164972
Curtosis	-1.676475242
Coefficiente de asimetría	-0.49710781
Rango	12.56997686
Mínimo	6.24499508
Máximo	18.81497194
Suma	67.80370176
Cuenta	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

- **Letra L**

**Tabla 3-10: Determinación del error absoluto letra L**

Dedo	Rangos Referenciales			Valores del Dispositivo	Error de lecturas
	Min	Max	Promedio	Promedio	
Pulgar	166	220	193	204	11
Índice	135	175	155	144	11
Medio	351	407	379	379	0
Anular	392	446	419	431	12
Meñique	515	560	538	533	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-11: Valores muestreados a momento de realizar la letra L**

N°	Dedos formando letra L									
1	pulgar	203	índice	145	medio	374	anular	428	menique	530
2	pulgar	203	índice	145	medio	376	anular	429	menique	530
3	pulgar	203	índice	144	medio	377	anular	430	menique	531
4	pulgar	208	índice	145	medio	381	anular	434	menique	534
5	pulgar	206	índice	144	medio	386	anular	438	menique	538
<b>Promedio</b>		204		144		379		431		533

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-12: Resultados del análisis estadístico de la letra L**

Porcentaje de Error	
Media	7.900879516
Error típico	2.29097807
Mediana	10.50688478
Moda	#N/A
Desviación estándar	5.1227827
Varianza de la muestra	26.24290259
Curtosis	-0.807811632
Coefficiente de asimetría	-0.960617459
Rango	12.10120242
Mínimo	0.33064574
Máximo	12.43184816
Suma	39.50439758
Cuenta	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

- **Letra O**

**Tabla 3-13: Determinación del error absoluto letra O**

Dedo	Rangos Referenciales			Valores del Dispositivo	Error de lecturas
	Min	Max	Promedio	Promedio	
Pulgar	180	230	205	216	11
Índice	240	280	260	274	14
Medio	260	305	283	273	9
Anular	260	300	280	284	4
Meñique	410	450	430	426	4

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-14: Valores muestreados a momento de realizar la letra O**

N°	Dedos formando letra O									
1	pulgar	217	índice	273	medio	272	anular	281	menique	424
2	pulgar	217	índice	273	medio	273	anular	282	menique	425
3	pulgar	216	índice	273	medio	273	anular	284	menique	427
4	pulgar	216	índice	274	medio	274	anular	285	menique	427
5	pulgar	216	índice	275	medio	274	anular	287	menique	429
<b>Promedio</b>		216		274		273		284		426

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

**Tabla 3-15: Resultados del análisis estadístico de la letra O**

<b>Porcentaje de Error</b>	
<b>Media</b>	8.296249996
<b>Error típico</b>	1.997219315
<b>Mediana</b>	9.37314452
<b>Moda</b>	#N/A
<b>Desviación estándar</b>	4.465918154
<b>Varianza de la muestra</b>	19.94442495
<b>Curtosis</b>	-2.449034874
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.107237866
<b>Rango</b>	10.10057986
<b>Mínimo</b>	3.5031494
<b>Máximo</b>	13.60372926
<b>Suma</b>	41.48124998
<b>Cuenta</b>	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

Realizado el análisis respectivo para cada letra se realiza un promedio para determinar el porcentaje de error de todo el dispositivo

**Tabla 3-16: Resultado promedio del análisis estadístico**

<b>Porcentaje de Error</b>	
<b>Media</b>	10.18477185
<b>Error típico</b>	2.597437938
<b>Mediana</b>	10.1323706
<b>Moda</b>	#N/A
<b>Desviación estándar</b>	5.808047797
<b>Varianza de la muestra</b>	37.19032711
<b>Curtosis</b>	-0.490625223
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.006677621
<b>Rango</b>	13.82896731
<b>Mínimo</b>	3.706884753
<b>Máximo</b>	17.53585206
<b>Suma</b>	50.92385924
<b>Cuenta</b>	5

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

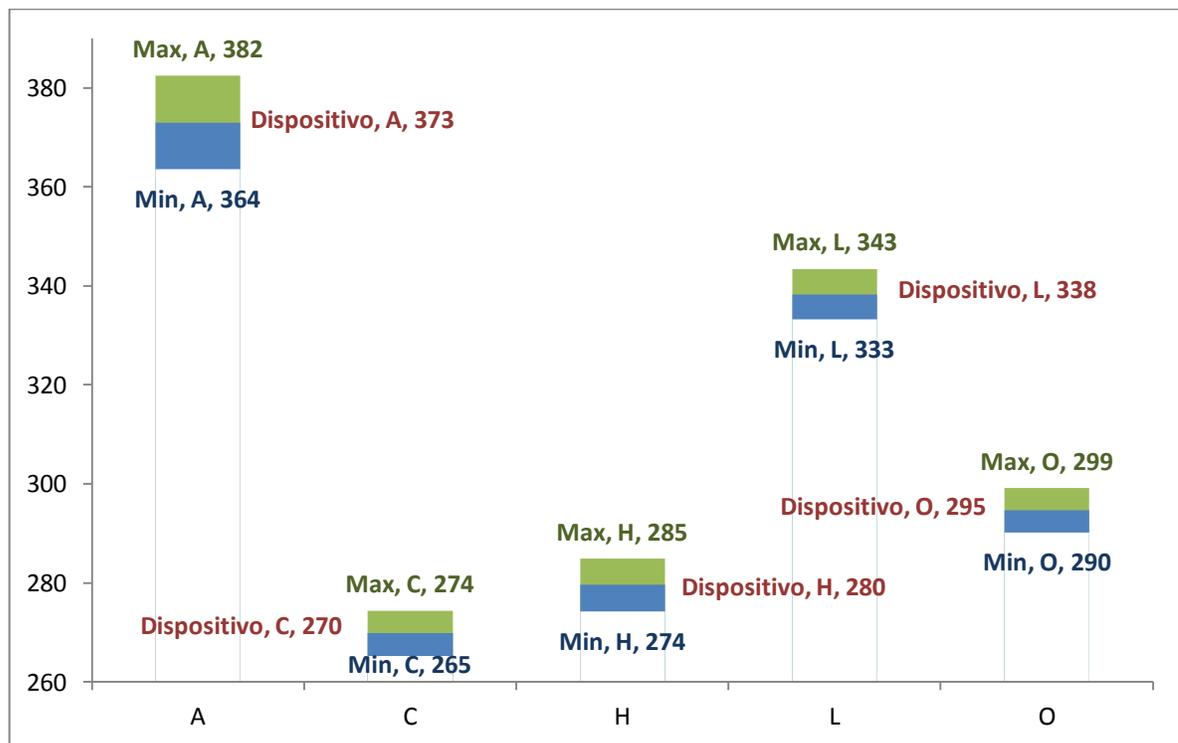
Verificando los resultados obtenemos que el dispositivo tiene un error del 2.59 % al tomar las 5 letras y formar las 2 palabras propuestas.

En la Tabla 17-3 se puede observar los valores promediados del dispositivo al realizar cada letra y su respectiva desviación estándar, con la cual se procedió a realizar la Grafica 1-3 para dar a conocer que el dispositivo se encuentra dentro del rango de programación.

**Tabla 3-17: Valores promediados de cada letra**

Letra	Dispositivo	Desviación estándar
A	373	9.465535161
C	270	4.600684993
H	280	5.385317977
L	338	5.1227827
O	295	4.465918154

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza



**Gráfico 3-16: Rangos máximos y mínimos estipulados por desviación estándar**

Realizado por: Fanny Alulema, Alejandro Loza

## CONCLUSIONES

- El dispositivo implementado es un sistema inalámbrico compuesto por tres etapas que en conjunto nos permite traducir señas a palabras.
- Al desarrollar el software de control del dispositivo electrónico DTS ALPHABET se optó por utilizar microcontroladores ATMEGA, son microcontroladores versátiles y cumple con los requerimientos necesarios para esta aplicación.
- Los sensores flexo resistivos con mayor longitud son de mejor prestación para la adquisición de datos debido a que abarca todo el dedo y tiene mayor ángulo de deflexión.
- Los sistemas embebidos como raspberry son plataforma programables que nos permiten implementar dispositivos para dar solución a problemas complejos como lo es la comunicación con la personas sordas
- DTS ALPHABET está diseñado de tal manera que las personas sin discapacidad aprendan el lenguaje de señas.
- El dispositivo DTS-ALPHABET puede conectarse a cualquier dispositivo que disponga conexión inalámbrica wifi y este en radio de 20 metros.
- La conexión wifi tiene un flujo de información dentro de la red del sistema, evitando la pérdida de información.

## RECOMENDACIONES

- Incorporar en el diseño electrónico más componentes en SMD para que el tamaño del dispositivo se mas portátil.
- El lenguaje de señas varía de acuerdo al país de residencia de la persona discapacitada, por lo que se debe tener en cuenta el lugar en donde se lo va a implementar.
- Para el acoplamiento de los sensores se debe tener un guante adaptado con surcos a la medida del ancho del sensor, un seguro para fijar la base para quede totalmente estático.
- En el caso de fallar la conexión al momento de encender el dispositivo DTS ALPHABET se debe utilizar el botón de reset que se encuentra en los guantes para restablecer la comunicación.
- Implementar el dispositivo electrónico e una institución de ayuda a personas con discapacidad, con el fin de determinar fortalezas y debilidades en un ambiente diferente al del laboratorio.
- Si el dispositivo no logra detectar las señas o existe deficiencias entre las mismas, debido a que no todos tenemos el mismo tamaño de la mano, recalibrar los rangos de los sensores mediante la programación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**CAICEDO FERNÁNDEZ, David Ricardo y SOLÓRZANO GARCÍA, Enrique Xavier.**

Diseño de un traductor de gestos por medio de un guante electrónico sensitivo al movimiento.

[En línea] (Tesis), (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Litoral, Guayaquil, Ecuador, 5 de Enero de 2006. [Citado el: 25 de Enero de 2016.]

Disponible en. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/3301>.

**CONADIS.** "Tipo de Discapacidad- Personas con Discapacidad Registradas".

[En línea] octubre de 2016. [Citado el: 24 de 11 de 2016.]

Disponible en. <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>.

**CONADIS.** "Diccionario de Lengua de Señas Ecuatoriana Gabriel Roman-Acerca del diccionario".

[En línea] 2009. [Citado el: 21 de 11 de 2016.]

Disponible en. <http://plataformaconadis.gob.ec/diccionario/acerca-del-diccionario/>.

**CYBERGLOVE SYSTEMS.** "Productos-CyberGlove II".

[En línea] 2015. [Citado el: 8 de enero de 2017.]

Disponible en. <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-ii/>.

**CYBERGLOVE.** "Productos-CyberGlove III".

[En línea] 2015. [Citado el: 8 de enero de 2017.]

Disponible en. <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-iii/>.

**DEFINICION .DE.** "Definicion de traducción".

[En línea] 2010. [Citado el: 24 de Noviembre de 2016.]

Disponible en. <http://definicion.de/traduccion/>.

**EL SEMINARIO.** "Reportajes-Prótesis robóticas: nueva cura para el ser humano".

[En línea] 30 de mayo de 2014. [Citado el: 7 de enero de 2017.]

Disponible en. <https://elsemanario.com/reportajes/55641/protesis-roboticas-nueva-cura-para-el-ser-humano/>.

**ESPINOSA AGUILAR, Pablo Andrés y POGO LEÓN, Hernán Augusto.** Diseño y construcción de un guante prototipo electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas de una persona sordomuda al lenguaje de letras.

[En línea] (Tesis), (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 1 de Febrero de 2013. [Citado el: 25 de Enero de 2016.]

Disponible en. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4211>.

**ISAAC ASIMOV DIVULGACION CIENTIFICA Y CIENCIA FICCION.** "Las leyes de la robótica-El código moral del robot".

[En línea] 30 de julio de 2014. [Citado el: 24 de Octubre de 2016.]

Disponible en. <http://www.asimov.es/las-leyes-de-la-robotica-el-codigo-moral-del-robot>.

**LEÓN MONTOYA, Fernando Arturo y MERINO MIÑO, Xavier David.** Guante con sensores para reproducir el sonido de las letras por medio de lenguaje sordo mudo con soporte de tecnología java.

[En línea] (Tesis), (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, Agosto de 2011. [Citado el: 25 de Enero de 2016.]

Disponible en. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1726>.

**MAGISTERIO AUDICION Y LENGUAJE.** "Lenguaje de señas-Fonología de las lenguas de señas".

[En línea] 4 de marzo de 2010. [Citado el: 10 de noviembre de 2016.]

Disponible en. [https://susalbert.wordpress.com/mi-web/rehabilitacion/sistemas-alternativos-de-comunicacion/lengua-de-senas/#.22Fonolog.C3.ADa.22\\_de\\_las\\_lenguas\\_de\\_se.C3.B1as](https://susalbert.wordpress.com/mi-web/rehabilitacion/sistemas-alternativos-de-comunicacion/lengua-de-senas/#.22Fonolog.C3.ADa.22_de_las_lenguas_de_se.C3.B1as).

**MAGISTERIO AUDICION Y LENGUAJE.** "Lengua de señas-Origen de las lenguas de señas".

[En línea] 4 de marzo de 2010. [Citado el: 10 de noviembre de 2016.]

Disponible en. [https://susalbert.wordpress.com/mi-web/rehabilitacion/sistemas-alternativos-de-comunicacion/lengua-de-senas/#.22Fonolog.C3.ADa.22\\_de\\_las\\_lenguas\\_de\\_se.C3.B1as](https://susalbert.wordpress.com/mi-web/rehabilitacion/sistemas-alternativos-de-comunicacion/lengua-de-senas/#.22Fonolog.C3.ADa.22_de_las_lenguas_de_se.C3.B1as).

**MAILA MAILA, Freddy Oswaldo.** Diseño y construcción de un prototipo para captura del movimiento con un grado de libertad de los dedos de una mano y visualización en una PC en tiempo real.

[En línea] (Tesis), (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 26 de Mayo de 2008[Citado el: 25 de Enero de 2016.]

Disponible en. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1037>.

**MIKROELEKTRONIKA.** "Libros-INTRODUCCIÓN AL MUNDO DE LOS MICROCONTROLADORES".

[En línea] 1998. [Citado el: 24 de octubre de 2016.]

Disponible en. <http://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespicc/chapter/introduccion-al-mundo-de-los-microcontroladores/>.

**PEARLTREES.** "Lenguaje de señas-Alfabetodactilológico internacional".

[En línea] marzo de 2013. [Citado el: 20 de 11 de 2016.]

Disponible en. <http://www.pearltrees.com/computic/lenguaje-senas/id7620857#item73038146/1636>.

**PELAZ MONTES, Lourdes.** SENSORES.[En línea] Valladolid, España, Universidad de Valladolid, Departamento de Electricidad y Electrónica, Area de Electrónica, 8 de 7 de 2010.

[Citado el: 26 de Noviembre de 2016.]

Disponible en. [https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master\\_IE/Sensores.pdf](https://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Sensores.pdf). 11.

**PÉREZ LEONEZ, Kamila.** "LA ROBÓTICA". (Trabajo Tutorial).

Guayaquil : UCSG, 2016. pág. 5.

**POLOLU ROBOTICS & ELECTRONICS.** "Catálogo-Sensor de Reflectancia QTR1A".

[En línea] 2001. [Citado el: 16 de diciembre de 2016.]

Disponible en. <https://www.pololu.com/product/958>.

**RASPBERRY PI. ORG.** "Productos-Raspberry Pi 2 modelo B".

[En línea] 2012. [Citado el: 24 de octubre de 2016.]

Disponible en. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>.

**SALAS ARRIARAN, Sergio.** repositorioacademico.upc.edu.pe. "Todo sobre sistemas embebidos-Sistemas Embebidos".

[En línea] septiembre de 2015. [Citado el: 14 de noviembre de 2016.]

Disponible en

<http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/579143/1/Todo+sobre+sistemas+embebidos+-+1er+cap.pdf>.

**SOLIDWORK PRODUCTS, Dassault Systemes.** [En línea] España, Productos de Solidwork, 2016. [Citado el: 12 de Diciembre de 2016.]

Disponible en. <http://www.solidworks.es/sw/3d-cad-design-software.htm>.

**SORDOS ECUADOR.** "Lengua de Señas-Diccionarios de Lengua de Señas Ecuatoriana".

[En línea] 2015. [Citado el: 24 de Noviembre de 2016.]

Disponible en. <http://lsec.sordosecuador.com/lengua-de-senas/>.

**SPARKUNF.** "Tutoriales-Guía de conexión del sensor de flexión".

[En línea] 5 de mayo de 2016. [Citado el: 16 de diciembre de 2016.]

Disponible en. [https://learn.sparkfun.com/tutorials?sort\\_by=title&page=5](https://learn.sparkfun.com/tutorials?sort_by=title&page=5).

# ANEXOS

## Anexo A: Sensor Flexible 4.4”




### FLEX SENSOR FS

**Features**

- Angle Displacement Measurement
- Bends and Flexes physically with motion device
- Possible Uses
  - Robotics
  - Gaming (Virtual Motion)
  - Medical Devices
  - Computer Peripherals
  - Musical Instruments
  - Physical Therapy
  - Simple Construction
  - Low Profile

---

**Mechanical Specifications**

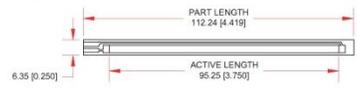
- Life Cycle: >1 million
- Height:  $\leq 0.43\text{mm}$  (0.017")
- Temperature Range:  $-35^{\circ}\text{C}$  to  $+80^{\circ}\text{C}$

**Electrical Specifications**

- Flat Resistance: 10K Ohms
- Resistance Tolerance:  $\pm 30\%$
- Bend Resistance Range: 60K to 110K Ohms
- Power Rating : 0.50 Watts continuous, 1 Watt Peak

---

**Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor**



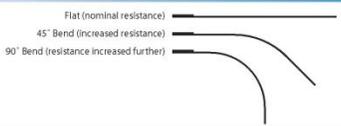

---

**How to Order - Stock Flex Sensor**

FS	L	0095	103	ST
Series	Model	Active Length	Resistance	Connectors
FS = Flex Sensor	L = Linear	0095 = 95.25mm	103 = 10 KOhms	ST = Solder Tab

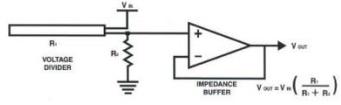
---

**How It Works**



**Schematics**

**BASIC FLEX SENSOR CIRCUIT:**



Following are notes from the ITP Flex Sensor Workshop

"The impedance buffer in the [Basic Flex Sensor Circuit] (above) is a single sided operational amplifier, used with these sensors because the low bias current of the op amp reduces error due to source impedance of the flex sensor as voltage divider. Suggested op amps are the LM358 or LM324."

"You can also test your flex sensor using the simplest circuit, and skip the op amp."

"Adjustable Buffer - a potentiometer can be added to the circuit to adjust the sensitivity range."

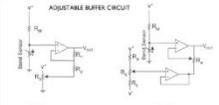


Figure 1.1

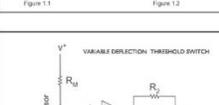
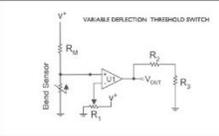
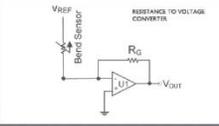


Figure 1.2

"Variable Deflection Threshold Switch - an op amp is used and outputs either high or low depending on the voltage of the inverting input. In this way you can use the flex sensor as a switch without going through a microcontroller."



"Resistance to Voltage Converter - use the sensor as the input of a resistance to voltage converter using a dual sided supply op-amp. A negative reference voltage will give a positive output. Should be used in situations when you want output at a low degree of bending."



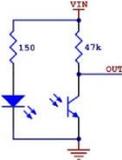
## Anexo B: Sensor Infrarrojo QTR1A

Pololu QTR Reflectance Sensor Application Note

© 2001–2009 Pololu Corporation

### 2. QTR-xA Sensor Output (Analog Voltages)

Each QTR-1A (<http://www.pololu.com/catalog/product/958>) and QTR-8A (<http://www.pololu.com/catalog/product/960>) reflectance sensor phototransistor output is connected to a pull-up resistor as shown below to form a voltage divider that produces an analog voltage output that ranges between 0 V and the supplied voltage (which is typically 5 V). With a strong reflectance, such as when the sensor is over a white surface, its output voltage will tend towards 0 V; with very weak reflectance, such as when the sensor is over a black surface, its output voltage will tend towards the supplied voltage.



QTR-1A reflectance sensor schematic diagram.

To demonstrate what the QTR-xA sensor output looks like as it passes from a reflective surface to a non-reflective surface and back again, we set up a motor to spin a white paper circle with a piece of black electrical tape on it as shown below.



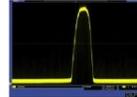
Experimental setup for QTR-1A and QTR-1RC oscilloscope outputs.

The following three oscilloscope screen captures show the output of the QTR-xA reflectance sensor during the period where the black line passes by the sensor. The oscilloscope is set to 500 mV per division. The only difference

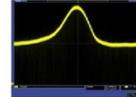
Pololu QTR Reflectance Sensor Application Note

© 2001–2009 Pololu Corporation

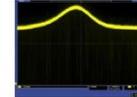
between the three captures is the distance from the sensor to the disk:  $-1/8''$  in the first capture,  $-1/4''$  in the second capture, and  $-3/8''$  in the third capture.



QTR-1A output  $1/8''$  away from a spinning white disk with a black line on it.



QTR-1A output  $1/4''$  away from a spinning white disk with a black line on it.



QTR-1A output  $3/8''$  away from a spinning white disk with a black line on it.

As the distance between the sensor and the surface increases, the overall reflectance decreases and the total range of the sensor output decreases. At a distance of  $1/8''$ , the difference between the white surface and the black surface is around 4.5 V. At a distance of  $3/8''$ , the difference between the white surface and the black surface has decreased to around 1.2 V, which makes distinguishing between the two surfaces much harder and much more prone to error caused by noise or changes in lighting conditions.

Note that in these captures you can clearly see the effect of the motor's noise on the output signal. This underscores the importance of filtering your sensor output if it will be in a potentially noisy environment, either by using a low-pass filter circuit or by averaging several sensor readings together.

# Anexo C: Sensor giroscópico MPU6050

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.2 Release Date: 11/16/2011
--	---	---

## 6.2 Accelerometer Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
ACCELEROMETER SENSITIVITY	Full-Scale Range					
	AFS_SEL=0	±2			g	
	AFS_SEL=1	±4			g	
ADC Word Length	AFS_SEL=2	±8			g	
	AFS_SEL=3	±16			g	
	Output in two's complement format	16			bits	
Sensitivity Scale Factor	AFS_SEL=0	16.384			LSB/g	
	AFS_SEL=1	8.192			LSB/g	
	AFS_SEL=2	4.096			LSB/g	
	AFS_SEL=3	2.048			LSB/g	
Initial Calibration Tolerance		±3			%	
	Sensitivity Change vs. Temperature	AFS_SEL=0, -40°C to +85°C	±0.02		%/°C	
	Nonlinearity	Best Fit Straight Line	±0.5		%	
Cross-Axis Sensitivity		±2			%	
	Zero-g Output				mg	
Zero-g Level Change vs. Temperature	Initial Calibration Tolerance <sup>1</sup>	X and Y axes	±50		mg	
		Z axis	±80		mg	
		X and Y axes, 0°C to +70°C	±35		mg	
SELF TEST RESPONSE		Z axis, 0°C to +70°C	±80		mg	
			300	950	mg	
NOISE PERFORMANCE	Power Spectral Density	@10Hz, AFS_SEL=0 & ODR=1kHz	400		µg <sup>2</sup> /Hz	
	LOW PASS FILTER RESPONSE	Programmable Range	5	200	Hz	
OUTPUT DATA RATE	Programmable Range	4	1,000	Hz		
INTELLIGENCE FUNCTION INCREMENT			1		mg/LSB	

1. Typical zero-g initial calibration tolerance value after MSL3 preconditioning

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.2 Release Date: 11/16/2011
--	---	---

## 6.3 Electrical and Other Common Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
TEMPERATURE SENSOR	Range			-40 to +85	°C	
	Sensitivity	Untrimmed	340		LSB/°C	
	Temperature Offset	35°C	-521		LSB	
Linearity	Best fit straight line (-40°C to +85°C)	±1			°C	
VDD POWER SUPPLY	Operating Voltages	2.375		3.46	V	
	Normal Operating Current	Gyroscope + Accelerometer + DMP (DMP & Gyroscope disabled)	3.9			mA
Accelerometer Low Power Mode Current		Gyroscope + DMP (Accelerometer disabled)	3.9			mA
		Gyroscope only (DMP & Accelerometer disabled)	3.6			mA
		Accelerometer only (DMP & Gyroscope disabled)	500			µA
Full-Chip Idle Mode Supply Current	Power Supply Ramp Rate	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 80% of the final value		100	µs	
	1 Hz update rate		10		µA	
	5 Hz update rate		20		µA	
	20 Hz update rate		70		µA	
VLOGIC REFERENCE VOLTAGE	Voltage Range	MPU-6050 only	1.71		V	
	Power Supply Ramp Rate	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 80% of the final value		3	ms	
Normal Operating Current	START-UP TIME FOR REGISTER READ/WRITE		100		µA	
	TEMPERATURE RANGE	Specified Temperature Range		100	ms	
Specified Temperature Range			-40	+85	°C	

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.2 Release Date: 11/16/2011
--	---	---

## 6.4 Electrical Specifications, Continued

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SERIAL INTERFACE	SPI Operating Frequency, All Registers Read/Write	MPU-6000 only, Low Speed Characterization	100	±10%		kHz
		MPU-6000 only, High Speed Characterization	1	±10%		MHz
		MPU-6000 only	20	±10%		MHz
I <sup>2</sup> C ADDRESS	SPI Operating Frequency, Sensor and Interrupt Registers Read Only	All registers, Fast-mode	400		kHz	
	I <sup>2</sup> C Operating Frequency	All registers, Standard-mode	100		kHz	
DIGITAL INPUTS (SDA, AD0, SCL, SCL, FSYNC, ICS, CLKIN)	AD0 = 0	1101000				
	AD0 = 1	1101001				
V <sub>OH</sub> , High Level Input Voltage	MPU-6000	0.7V <sub>DD</sub>			V	
	MPU-6050	0.7V <sub>VLOGIC</sub>			V	
	MPU-6000		0.3V <sub>DD</sub>		V	
V <sub>OL</sub> , Low Level Input Voltage	MPU-6000		0.3V <sub>VLOGIC</sub>		V	
	MPU-6050		< 5		pF	
DIGITAL OUTPUT (SDO, INT)	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ, MPU-6000	0.9V <sub>DD</sub>			V	
	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ, MPU-6050	0.9V <sub>VLOGIC</sub>			V	
V <sub>OH</sub> , High-Level Output Voltage	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ, MPU-6000		0.1V <sub>DD</sub>		V	
	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ, MPU-6050		0.1V <sub>VLOGIC</sub>		V	
V <sub>OL</sub> , Low-Level Output Voltage	OPEN=1, 0.3mA sink current		0.1		V	
	Output Leakage Current	OPEN=1	100		nA	
t <sub>INT</sub> , INT Pulse Width	LATCH_INT_EN=0	50			µs	
	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ	0.9V <sub>DD</sub>			V	
DIGITAL OUTPUT (CLKOUT)	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ	0.1V <sub>DD</sub>			V	
	R <sub>pullup</sub> = 1MΩ		0.1V <sub>DD</sub>		V	

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.2 Release Date: 11/16/2011
--	---	---

## 6.5 Electrical Specifications, Continued

Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

Parameters	Conditions	Typical	UNITS	NOTES
Primary I <sup>2</sup> C IO (SCL, SDA)	V <sub>OH</sub> , High-Level Input Voltage	MPU-6000	-0.5 to 0.3V <sub>DD</sub>	V
	V <sub>OH</sub> , High-Level Input Voltage	MPU-6000	0.7V <sub>DD</sub> to VDD + 0.5V	V
	V <sub>OH</sub> , Hysteresis	MPU-6000	0.1V <sub>DD</sub>	V
	V <sub>IL</sub> , Low-Level Input Voltage	MPU-6050	-0.5V to 0.3V <sub>VLOGIC</sub>	V
	V <sub>IL</sub> , High-Level Input Voltage	MPU-6050	0.7V <sub>VLOGIC</sub> to VLOGIC + 0.5V	V
Auxiliary I <sup>2</sup> C IO (AUX_CL, AUX_DA)	V <sub>OH</sub> , Hysteresis	MPU-6050	0.1V <sub>VLOGIC</sub>	V
	V <sub>OH</sub> , Low-Level Output Voltage	3mA sink current	0 to 0.4	V
	V <sub>OL</sub> , Low-Level Output Voltage	VLOGIC > 2V, 1mA sink current	0 to 0.2V <sub>VLOGIC</sub>	V
	V <sub>OL</sub> , Low-Level Output Voltage	VLOGIC < 2V, 1mA sink current	0 to 0.2V <sub>VLOGIC</sub>	V
	I <sub>OL</sub> , Low-Level Output Current	V <sub>OL</sub> = 0.4V	1	mA
Output Leakage Current	I <sub>OL</sub> , Low-Level Output Current	V <sub>OL</sub> = 0.6V	1	mA
	I <sub>OL</sub> , Low-Level Output Current	V <sub>OL</sub> = 0.6V	100	nA
	t <sub>OL</sub> , Output Fall Time from V <sub>OH</sub> to V <sub>OL</sub>	C <sub>L</sub> bus capacitance in pF	20+0.1C <sub>L</sub> to 250	ns
	t <sub>OL</sub> , Output Fall Time from V <sub>OH</sub> to V <sub>OL</sub>	C <sub>L</sub> bus capacitance in pF	< 10	ns
	C <sub>L</sub> , Capacitance for Each I <sup>2</sup> C pin			pF
Auxiliary I <sup>2</sup> C IO (AUX_CL, AUX_DA)	V <sub>OH</sub> , High-Level Input Voltage	MPU-6050: AUX_VDDIO=0	-0.5V to 0.3V <sub>VLOGIC</sub>	V
	V <sub>OH</sub> , High-Level Input Voltage	MPU-6050	0.7V <sub>VLOGIC</sub> to VLOGIC + 0.5V	V
	V <sub>OH</sub> , Hysteresis	MPU-6050	0.1V <sub>VLOGIC</sub>	V
	V <sub>IL</sub> , Low-Level Input Voltage	1mA sink current	0 to 0.4	V
	V <sub>IL</sub> , Low-Level Input Voltage	VLOGIC > 2V, 1mA sink current	0 to 0.2V <sub>VLOGIC</sub>	V
Output Leakage Current	I <sub>OL</sub> , Low-Level Output Current	V <sub>OL</sub> = 0.4V	1	mA
	I <sub>OL</sub> , Low-Level Output Current	V <sub>OL</sub> = 0.6V	1	mA
	I <sub>OL</sub> , Low-Level Output Current	V <sub>OL</sub> = 0.6V	100	nA
	t <sub>OL</sub> , Output Fall Time from V <sub>OH</sub> to V <sub>OL</sub>	C <sub>L</sub> bus capacitance in pF	20+0.1C <sub>L</sub> to 250	ns
	C <sub>L</sub> , Capacitance for Each I <sup>2</sup> C pin		< 10	pF

# Anexo D: Modulo WIFI SPE8622

## 1. General Overview

### 1.1. Introduction

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESP) is a set of high performance, high integration wireless SOCs, designed for space and power constrained mobile platform designers. It provides unsurpassed ability to embed WiFi capabilities within other systems, or to function as a standalone application, with the lowest cost, and minimal space requirement.

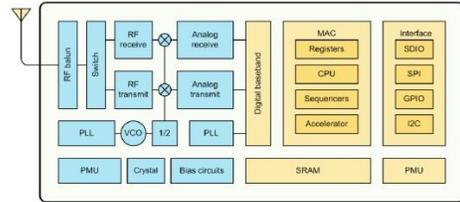


Figure 1 ESP8266EX Block Diagram

ESP8266EX offers a complete and self-contained WiFi networking solution; it can be used to host the application or to offload WiFi networking functions from another application processor.

When ESP8266EX hosts the application, it boots up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications.

Alternately, serving as a WiFi adapter, wireless internet access can be added to any micro controller-based design with simple connectivity (SPI/SDIO or I2C/UART interface).

ESP8266EX is among the most integrated WiFi chip in the industry; it integrates the antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters, power management modules, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor, with on-chip SRAM, besides the WiFi functionalities. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other application specific devices through its GPIOs; sample codes for such applications are provided in the software development kit (SDK).

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESP) demonstrates sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

### 1.2. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C
- FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance, and SRRC certified

### 1.3. Parameters

Table 1 Parameters

Category	Item	Value
WiFi Parameters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0-3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°-125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	5x5mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	WiFi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
Software Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development	
Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP	

### 1.4. Ultra Low Power Technology

ESP8266EX has been designed for mobile, wearable electronics and Internet of Things applications with the aim of achieving the lowest power consumption with a combination of several proprietary techniques. The power saving architecture operates mainly in 3 modes: active mode, sleep mode and deep sleep mode.

By using advance power management techniques and logic to power-down functions not required and to control switching between sleep and active modes, ESP8266EX consumes about than 60uA in deep sleep mode (with RTC clock still running) and less than 1.0mA (DTIM=3) or less than 0.5mA (DTIM=10) to stay connected to the access point.

When in sleep mode, only the calibrated real-time clock and watchdog remains active. The real-time clock can be programmed to wake up the ESP8266EX at any required interval.

The ESP8266EX can be programmed to wake up when a specified condition is detected. This minimal wake-up time feature of the ESP8266EX can be utilized by mobile device SOCs, allowing them to remain in the low-power standby mode until WiFi is needed.

In order to satisfy the power demand of mobile and wearable electronics, ESP8266EX can be programmed to reduce the output power of the PA to fit various application profiles, by trading off range for power consumption.

### 1.5. Major Applications

Major fields of ESP8266EX applications to Internet-of-Things include:

- Home Appliances
- Home Automation
- Smart Plug and lights
- Mesh Network
- Industrial Wireless Control
- Baby Monitors
- IP Cameras
- Sensor Networks
- Wearable Electronics

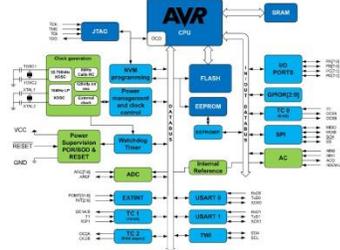
Categories	Items	Values
WiFi Parameters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0-3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°-125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	5x5mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	WiFi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
Software Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development	
Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP	

User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/ iOS App
--------------------	--

# Anexo E: ATMEGA 164

## 4. Block Diagram

Figure 4-1. Block Diagram



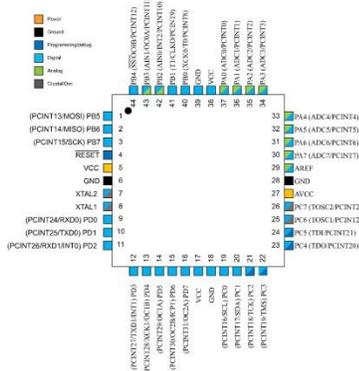
## 5. Pin Configurations

### 5.1. Pinout

#### 5.1.1. PDIP

(PCINT5/OC0A/IO) PB0	1	40	PA6(ADC3/PCNT9)
(PCINT3/CLK0/T1) PB1	2	39	PA1(ADC1/PCNT1)
(PCINT6/PIN2A/IO) PB2	3	38	PA2(ADC2/PCNT2)
(PCINT1/OC0A/AN1) PB3	4	37	PA3(ADC3/PCNT3)
(PCINT12/OC0B/EE) PB4	5	36	PA4(ADC4/PCNT4)
(PCINT13/MOSI) PB5	6	35	PA5(ADC5/PCNT5)
(PCINT14/MISO) PB6	7	34	PA6(ADC6/PCNT6)
(PCINT15/SCK) PB7	8	33	PA7(ADC7/PCNT7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (I/O/PCINT7)
XTAL1	13	28	PC6 (I/O/PCINT6)
(PCINT24/RXD0) PD0	14	27	PC5 (I/O/PCINT5)
(PCINT25/TXD0) PD1	15	26	PC4 (I/O/PCINT4)
(PCINT26/RXD1/INT0) PD2	16	25	PC3 (I/O/PCINT3)
(PCINT27/TXD1/INT1) PD3	17	24	PC2 (I/O/PCINT2)
(PCINT28/CLK/IO/IC) PD4	18	23	PC1 (I/O/PCINT1)
(PCINT29/OC1A) PD5	19	22	PC0 (I/O/PCINT0)
(PCINT30/OC2B/IO) PD6	20	21	PD7 (OC2A/PCINT8)

### 5.1.2. TQFN and QFN



## 5.2. Pin Descriptions

### 5.2.1. VCC

Digital supply voltage.

### 5.2.2. GND

Ground.

### 5.2.3. Port A (PA[7:0])

This port serves as analog inputs to the Analog-to-digital Converter.

### 5.2.4. Port B (PB[7:0])

This is an 8-bit, bi-directional I/O port with internal pull-up resistors, individually selectable for each bit. The output buffers have symmetrical drive characteristics, with both high sink and source capability. As inputs, the port pins that are externally pulled low will source current if pull-up resistors are activated. Port pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

### 5.2.5. Port C (PC[7:0])

This is an 8-bit, bi-directional I/O port with internal pull-up resistors, individually selectable for each bit. The output buffers have symmetrical drive characteristics, with both high sink and source capability. As inputs, the port pins that are externally pulled low will source current if pull-up resistors are activated. Port pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

### 5.2.6. Port D (PD[7:0])

This is an 8-bit, bi-directional I/O port with internal pull-up resistors, individually selectable for each bit. The output buffers have symmetrical drive characteristics, with both high sink and source capability. As inputs, the port pins that are externally pulled low will source current if pull-up resistors are activated. Port pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

### 5.2.7. RESET

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

### 5.2.8. XTAL1

Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock dividing circuit.

### 5.2.9. XTAL2

Output from the Inverting Oscillator amplifier.

### 5.2.10. AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the Analog-to-digital Converter. It should be externally connected to VCC, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to VCC through a low-pass filter.

### 5.2.11. AREF

This is the analog reference pin for the Analog-to-digital Converter.

# Anexo F: ATMEGA 328

## 1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328P

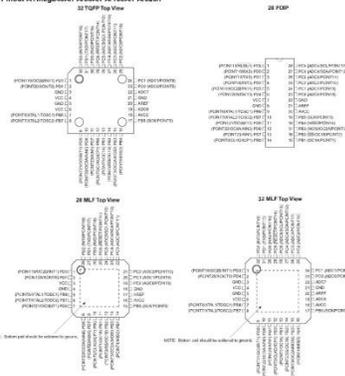


Table 1-1. 32UFPGA - Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/168PA

	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND	ADCT	GND		
D	VDD	VDD		AREF	AD06	
E	PB8	PD6	PB0	PB2	AVDD	PB5
F	PB7	PD5	PD7	PB1	PB3	PB4

## 1.1 Pin Descriptions

### 1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

### 1.1.2 GND

Ground.

### 1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7...6 is used as TOSC2...1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate Functions of Port B" on page 82 and "System Clock and Clock Options" on page 27.

### 1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5...0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

### 1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 29-11 on page 305. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 85.

### 1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 88.

### 1.1.7 AVCC

AVCC is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3.0, and ADCT.6. It should be externally connected to VCC, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to VCC through a low-pass filter. Note that PC6...4 use digital supply voltage, VCC.

### 1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

### 1.1.9 ADCT.6 (TQFP and QFNMLF Package Only)

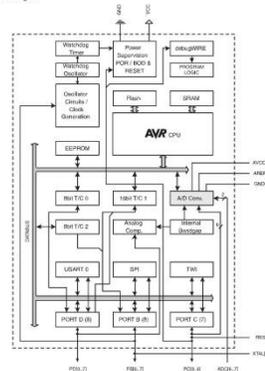
In the TQFP and QFNMLF package, ADCT.6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

## 2. Overview

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

### 2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.



# Raspberry Pi



## Raspberry Pi 2, Model B

**Product Name** Raspberry Pi 2, Model B

**Product Description** The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.

### Specifications

<b>Chip</b>	Broadcom BCM2836 SoC
<b>Core architecture</b>	Quad-core ARM Cortex-A7
<b>CPU</b>	900 MHz
<b>GPU</b>	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
<b>Memory</b>	1GB LPDDR2
<b>Operating System</b>	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
<b>Dimensions</b>	85 x 56 x 17mm
<b>Power</b>	Micro USB socket 5V, 2A

### Connectors:

<b>Ethernet</b>	10/100 BaseT Ethernet socket
<b>Video Output</b>	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
<b>Audio Output</b>	3.5mm jack, HDMI
<b>USB</b>	4 x USB 2.0 Connector
<b>GPIO Connector</b>	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
<b>Camera Connector</b>	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
<b>JTAG</b>	Not populated
<b>Display Connector</b>	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
<b>Memory Card Slot</b>	Micro SDIO

## Anexo H: Código De Programación Del Guante Derecho

```
'Configuración del Microcontrolador
$regfile = "m324pdef.dat"                'Tipo de microcontrolador
$crystal = 20000000                      'Tipo de cristal
' Configuraciones de comunicacion
$framesize = 32
$swstack = 32
$hwstack = 32
$baud = 9600
' Configuracion del Puerto C para el Giroscopio
Declare Sub Getline(s As String)
Config Portc = Output
Config Scl = Portc.0
Config Sda = Portc.1
' Declaracion de Variables
Dim Pul As Word
Dim Ind As Word
Dim Med As Word
Dim Anul As Word
Dim Meni As Word
Dim Mune As Word
Dim Bindmed As Word
Dim Channel As Byte
Dim Sender As Boolean
Dim Inputstring As String * 55
Dim B As Byte
Dim Z As Integer
Config Portd = Input                    'Fernsteuerung D4 - D7 ,Taster u.s.w
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Stop Adc
'Now give power to the chip
Start Adc
Declare Sub 6050_write(regadr As Byte , Byval Wert As Byte)
Declare Sub 6050_read(regadr As Byte) As Byte
Declare Sub Werte_berechnen
Declare Sub Werte_anzeigen
Dim 6050_adr As Byte
Dim 6050_adr1 As Byte
Dim 6050_accel_x_h As Byte
Dim 6050_pwr_mgmt_1 As Byte
Dim Accel_x_h As Byte
Dim Accel_x_l As Byte
Dim Accel_y_h As Byte
Dim Accel_y_l As Byte
Dim Accel_z_h As Byte
Dim Accel_z_l As Byte
Dim Temp_h As Byte
```

```

Dim Temp_1 As Byte
Dim Gyro_x_h As Byte
Dim Gyro_x_l As Byte
Dim Gyro_y_h As Byte
Dim Gyro_y_l As Byte
Dim Gyro_z_h As Byte
Dim Gyro_z_l As Byte
Dim Accel_x_int As Integer
Dim Accel_x_real As Single , Isax As Single
Dim Accel_y_int As Integer
Dim Accel_y_real As Single , Isay As Single
Dim Accel_z_int As Integer
Dim Accel_z_real As Single , Isaz As Single
Dim Temp_int As Integer
Dim Temp_real As Single
Dim Gyro_x_int As Integer , Lsax As Integer
Dim Gyro_x_real As Single
Dim Gyro_y_int As Integer , Lsay As Integer
Dim Gyro_y_real As Single
Dim Gyro_z_int As Integer , Lsaz As Integer
Dim Gyro_z_real As Single
6050_adr = &HD0
6050_adr1 = &HD1
Ianular = C(2)
Imenique = C(1)
Ibindmed = C(6)
    If Ipulgar > 160 And Ipulgar < 320 And Iindice > 400 And Iindice < 530 And Imedio > 370
And Imedio < 490 And Ianular > 370 And Ianular < 450 And Imenique > 410 And Imenique < 530
And Iisax < -3 And Iinit = 0 Then
        'Print "A";"#"
        Datain = Datain + "A"
        Iinit = 1
    End If
    If Ipulgar > 370 And Ipulgar < 480 And Iindice > 170 And Iindice < 270 And Imedio > 90
And Imedio < 200 And Ianular > 120 And Ianular < 190 And Imenique > 120 And Imenique < 240
And Iinit = 0 Then
        'Print "B";"#"
        Datain = Datain + "B"
        Waitms 100
        Iinit = 1
    End If
    If Ipulgar > 120 And Ipulgar < 240 And Iindice > 350 And Iindice < 450 And Imedio > 300
And Imedio < 405 And Ianular > 310 And Ianular < 390 And Imenique > 230 And Imenique < 400
And Iisax < 3 And Iinit = 0 Then
        'Print "C";"#"
        Datain = Datain + "C"
        Iinit = 1
    End If

```

```

    If Ipulgar > 320 And Ipulgar < 450 And Iindice > 190 And Iindice < 260 And Imedio > 300
And Imedio < 430 And Ianular > 340 And Ianular < 430 And Imenique > 320 And Imenique < 450
And Ibindmed < 0 And Init = 0 Then
'    Print "D";"#"
    Dain = Dain + "D"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 370 And Ipulgar < 440 And Iindice > 400 And Iindice < 500 And Imedio > 360
And Imedio < 416 And Ianular > 330 And Ianular < 420 And Imenique > 350 And Imenique < 450
And Init = 0 Then
'Print "E";"#"
    Dain = Dain + "E"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 250 And Ipulgar < 410 And Iindice > 360 And Iindice < 480 And Imedio > 90
And Imedio < 220 And Ianular > 90 And Ianular < 210 And Imenique > 100 And Imenique < 230
And Ibindmed > 0 And Init = 0 Then
'Print "F";"#"
    Dain = Dain + "F"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 190 And Ipulgar < 370 And Iindice > 190 And Iindice < 270 And Imedio > 270
And Imedio < 460 And Ianular > 370 And Ianular < 450 And Imenique > 470 And Imenique < 540
And Isay < -3 And Init = 0 Then
'Print "G";"#"
    Dain = Dain + "G"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 300 And Ipulgar < 470 And Iindice > 170 And Iindice < 260 And Imedio > 100
And Imedio < 220 And Ianular > 270 And Ianular < 450 And Imenique > 450 And Imenique < 550
And Isay < -3 And Init = 0 Then
'Print "H";"#"
    Dain = Dain + "H"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 330 And Ipulgar < 440 And Iindice > 390 And Iindice < 510 And Imedio > 330
And Imedio < 470 And Ianular > 340 And Ianular < 460 And Imenique > 100 And Imenique < 290
And Lsax > -9000 And Init = 0 Then
'Print "I";"#"
    Dain = Dain + "I"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 330 And Ipulgar < 440 And Iindice > 390 And Iindice < 510 And Imedio > 330
And Imedio < 470 And Ianular > 340 And Ianular < 460 And Imenique > 100 And Imenique < 390
And Lsax < -9000 And Init = 0 Then
'Print "J";"#"
    Dain = Dain + "J"
    Init = 1
    Waitms 60

```

```

End If
If Ipulgar > 220 And Ipulgar < 340 And Iindice > 150 And Iindice < 270 And Imedio > 160
And Imedio < 350 And Ianular > 290 And Ianular < 430 And Imenique > 400 And Imenique < 550
And Isax < -2 And Init = 0 Then
  'Print "K";"#
  Datain = Datain + "K"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 120 And Ipulgar < 210 And Iindice > 120 And Iindice < 290 And Imedio > 360
And Imedio < 470 And Ianular > 370 And Ianular < 460 And Imenique > 420 And Imenique < 540
And Isax < -3 And Init = 0 Then
  'Print "L";"#
  Datain = Datain + "L"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 380 And Ipulgar < 470 And Iindice > 380 And Iindice < 480 And Imedio > 330
And Imedio < 400 And Ianular > 260 And Ianular < 370 And Imenique > 400 And Imenique < 480
And Init = 0 Then
  'Print "M";"#
  Datain = Datain + "M"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 340 And Ipulgar < 470 And Iindice > 380 And Iindice < 480 And Imedio > 340
And Imedio < 420 And Ianular > 390 And Ianular < 425 And Imenique > 400 And Imenique < 500
And Init = 0 Then
  'Print "N";"#
  Datain = Datain + "N"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 250 And Ipulgar < 330 And Iindice > 300 And Iindice < 410 And Imedio > 300
And Imedio < 390 And Ianular > 320 And Ianular < 400 And Imenique > 350 And Imenique < 430
And Init = 0 Then
  'Print "O";"#
  Datain = Datain + "O"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 220 And Ipulgar < 340 And Iindice > 150 And Iindice < 250 And Imedio > 160
And Imedio < 290 And Ianular > 290 And Ianular < 430 And Imenique > 400 And Imenique < 520
And Isax < 2 And Init = 0 Then
  'Print "P";"#
  Datain = Datain + "P"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 120 And Ipulgar < 250 And Iindice > 180 And Iindice < 290 And Imedio > 340
And Imedio < 470 And Ianular > 370 And Ianular < 470 And Imenique > 400 And Imenique < 530
And Isaz > 2 And Init = 0 Then
  'Print "Q";"#
  Datain = Datain + "Q"
  Init = 1

```

```

End If
If Ipulgar > 370 And Ipulgar < 450 And Iindice > 260 And Iindice < 295 And Imedio > 250
And Imedio < 275 And Ianular > 370 And Ianular < 450 And Imenique > 410 And Imenique < 500
And Init = 0 Then
  'Print "R";"#"
  Datain = Datain + "R"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 400 And Ipulgar < 490 And Iindice > 430 And Iindice < 500 And Imedio > 420
And Imedio < 490 And Ianular > 400 And Ianular < 450 And Imenique > 470 And Imenique < 530
And Init = 0 Then
  'Print "S";"#"
  Datain = Datain + "S"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 400 And Ipulgar < 470 And Iindice > 400 And Iindice < 470 And Imedio > 120
And Imedio < 220 And Ianular > 100 And Ianular < 180 And Imenique > 150 And Imenique < 220
And Init = 0 Then
  'Print "T";"#"
  Datain = Datain + "T"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 340 And Ipulgar < 440 And Iindice > 140 And Iindice < 260 And Imedio > 130
And Imedio < 240 And Ianular > 370 And Ianular < 470 And Imenique > 430 And Imenique < 530
And Isax < -3 And Ibindmed < 0 And Init = 0 Then
  'Print "U";"#"
  Datain = Datain + "U"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 340 And Ipulgar < 440 And Iindice > 140 And Iindice < 270 And Imedio > 130
And Imedio < 240 And Ianular > 370 And Ianular < 470 And Imenique > 430 And Imenique < 530
And Isax < -3 And Ibindmed > 0 And Init = 0 Then
  'Print "V";"#"
  Datain = Datain + "V"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 350 And Ipulgar < 430 And Iindice > 170 And Iindice < 310 And Imedio > 120
And Imedio < 200 And Ianular > 120 And Ianular < 260 And Imenique > 400 And Imenique < 500
And Init = 0 Then
  'Print "W";"#"
  Datain = Datain + "W"
  Init = 1
End If
If Ipulgar > 330 And Ipulgar < 470 And Iindice > 270 And Iindice < 370 And Imedio > 380
And Imedio < 460 And Ianular > 380 And Ianular < 460 And Imenique > 450 And Imenique < 530
And Init = 0 Then
  'Print "X";"#"
  Datain = Datain + "X"
  Init = 1

```

```

    End If
    If Ipulgar > 130 And Ipulgar < 240 And Iindice > 400 And Iindice < 500 And Imedio > 340
And Imedio < 470 And Ianular > 280 And Ianular < 420 And Imenique > 140 And Imenique < 240
And Init = 0 Then
    'Print "Y";"#"
    Datin = Datin + "Y"
    Init = 1
    End If
    If Ipulgar > 270 And Ipulgar < 400 And Iindice > 240 And Iindice < 350 And Imedio > 350
And Imedio < 470 And Ianular > 350 And Ianular < 450 And Imenique > 390 And Imenique < 540
And Lsax > 2000 And Init = 0 Then
    ' salir=0
    'for z=0 to 1
    ' if Lsay>2000 then
    ' for z=0 to 1
    '     if Lsax<-2000 then
    '         'Print "Z";"#"
    '         Datin = Datin + "Z"
    '         Init = 1
    '         wait 1
    '         salir=1
    '         break
    '     end if
    'next z
    'end if
    'if salir=1 then break
    'next z
    End If
    Init = 1
    Getline Inputstring
    If Inputstring = "a#" Then
        Init = 0
        'command=0
        End If
        If Inputstring = "b#" Then
            Print "pulgar" ; C(5) ; " Indice" ; C(4) ; " medio" ; C(3) ; " anular" ; C(2) ; " menique" ; C(1) ;
"bindmed" ; C(6) ; "accelX" ; Accel_x_real ; "Y" ; Accel_y_real ; "Z" ; Accel_z_real ; ":" ;
Gyro_x_int ; ":" ; Gyro_y_int ; ":" ; Gyro_z_int ; "+" ; Datin ; "+" ; "#"
            'print datain;"#"
            Waitms 100
            Datin = ""
            End If
            Call 6050_read(6050_accel_x_h)                'register auslesen
            Call Werte_berechnen                        'Werte errechnen
            Call Werte_anzeigen
        Loop
    End
    Sub Getline(s As String)
        S = ""

```

```

Do
  B = Inkey()
  Select Case B
    Case 0                                'nothing
    Case 13                               ' we do not need this one
    Case "#": S = S + "#"
    Exit Do                               ' if we have received something
    Case Else
      S = S + Chr(b)
    End Select
  Loop
End Sub
Sub 6050_write(regadr As Byte , Byval Wert As Byte)
  I2cstart
  I2cwbyte 6050_adr
  If Err = 0 Then
    I2cwbyte Regadr
    I2cwbyte Wert
  End If
  I2cstop
End Sub
Sub 6050_read(regadr As Byte) As Byte      'Gyro Temp + Accelerometer
  I2cstart
  I2cwbyte 6050_adr
  If Err = 0 Then
    I2cwbyte Regadr
  End If
End Sub
Sub Werte_berechnen
  Accel_x_int = 256 * Accel_x_h
  Accel_x_int = Accel_x_int + Accel_x_l      '1 g entspricht 2^14 = 16384 bei Standard
  Einstellung 2g; also Beschl = Acceleration *9.81/16384
  Accel_x_real = Accel_x_int * 9.81
  Accel_x_real = Accel_x_real / 16384
  Accel_y_int = 256 * Accel_y_h
  Accel_y_int = Accel_y_int + Accel_y_l
  Accel_y_real = Accel_y_int * 9.81
  Accel_y_real = Accel_y_real / 16384
  Accel_z_int = 256 * Accel_z_h
  Accel_z_int = Accel_z_int + Accel_z_l
  Accel_z_real = Accel_z_int * 9.81
  Accel_z_real = Accel_z_real / 16384
  Temp_int = 256 * Temp_h                   'lt. Anleitung
  Temp_int = Temp_int + Temp_l
  Temp_real = Temp_int / 340
  Temp_real = Temp_real + 36.53
  Gyro_x_int = 256 * Gyro_x_h
  Gyro_x_int = Gyro_x_int + Gyro_x_l
  Gyro_y_int = 256 * Gyro_y_h

```

```

Gyro_y_int = Gyro_y_int + Gyro_y_l
Gyro_z_int = 256 * Gyro_z_h
Gyro_z_int = Gyro_z_int + Gyro_z_l
End Sub
Sub Werte_anzeigen
'Cls
'Locate 1 , 1 : Lcd "AX=" ; Accel_x_real
'Print "p" ; pull ; ":" ; ind1 ; ":" ;
med1 ; ":" ; anull ; ":" ; meni ; ":" ; Accel_x_real ; ":" ; Accel_y_real ; ":" ; Accel_z_real ; ":" ; Gyro_x_int ; ":" ; Gyro_y_int ; ":" ; Gyro_z_int ; "#"
'Print "p" ; C(5) ; ":" ; C(4) ; ":" ; C(3) ; ":" ; C(2) ; ":" ; C(1) ; ":" ; C(6) ; ":" ; Accel_x_real ; ":" ; Accel_y_real ; ":" ; Accel_z_real ; ":" ; Gyro_x_int ; ":" ; Gyro_y_int ; ":" ; Gyro_z_int ; "#"
'Print "AX=" ; Accel_x_real ; " AY=" ; Accel_y_real ; " AZ=" ; Accel_z_real
'Print "T=" ; Temp_real
'Print "GX=" ; Gyro_x_int ; " GY=" ; Gyro_y_int ; " GZ=" ; Gyro_z_int
'Print "GY=" ; Gyro_y_int
'Print "GZ=" ; Gyro_z_int
Isax = Accel_x_real
Isay = Accel_y_real
Isaz = Accel_z_real
Lsax = Gyro_x_int
Lsay = Gyro_y_int
Lsaz = Gyro_z_int
End Sub

```

## Anexo I: Código De Programación Del Guante Izquierdo

```
$regfile = "m328pdef.dat"  
$crystal = 2000000  
$framesize = 64  
$swstack = 64  
$hwstack = 64  
$baud = 9600  
Dim Pul As Word  
Dim Ind As Word  
Dim Med As Word  
Dim Anul As Word  
Dim Meni As Word  
Dim Mune As Word  
Dim Bindmed As Word  
Dim Channel As Byte  
Dim Pul1 As Long  
Dim Ind1 As Long  
Dim Med1 As Long  
Dim Anul1 As Long  
Dim Meni1 As Long  
Dim Bindmed1 As Long  
Dim N As Word  
Dim C(6) As Single  
Dim A As Byte  
Dim B1 As Byte  
Dim S As String * 4  
Dim Datin As String * 15  
Dim I As Integer  
Dim Ipulgar As Integer  
Dim Iindice As Integer  
Dim Imedio As Integer  
Dim Ianular As Integer  
Dim Imenique As Integer  
Dim Ibindmed As Integer  
Dim Sender1 As Boolean  
Dim Init As Integer  
Dim Command As Byte  
Dim Sender As Boolean  
Dim Z As Integer  
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc  
Stop Adc  
'Now give power to the chip  
Start Adc  
Sender = 1  
Sender1 = 1  
Do  
    Pul1 = 0  
    Ind1 = 0
```

```
Med1 = 0
Anul1 = 0
Meni1 = 0
Bindmed1 = 0
Ipulgar = 0
Iindice = 0
Imedio = 0
Ianular = 0
Imenique = 0
Ibindmed = 0
For N = 1 To 64
'meni=Getadc(0)
'anul=Getadc(1)
'med=Getadc(2)
Ind = Getadc(2)
Pul = Getadc(0)
'bindmed=Getadc(6)
Meni1 = Meni1 + Meni
Anul1 = Anul1 + Anul
Med1 = Med1 + Med
Ind1 = Ind1 + Ind
Pul1 = Pul1 + Pul
Bindmed1 = Bindmed1 + Bindmed
Next
  If Ipulgar > 400 Then
    Print "a+#";
    Wait 1
  End If
  If Iindice > 400 Then
    Print "b+#";
    Wait 1
  End If
Loop End
```

## Anexo J: Código De Programación Etapa de Visualización

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
    <title>GUANTE</title>
    <!-- HTML5 shim and Respond.js for IE8 support of HTML5 elements and media queries -->
    <!-- WARNING: Respond.js doesn't work if you view the page via file:// -->
    <!--[if lt IE 9]>
    <script src="https://oss.maxcdn.com/html5shiv/3.7.3/html5shiv.min.js"></script>
    <script src="https://oss.maxcdn.com/respond/1.4.2/respond.min.js"></script>
    <![endif]-->
  </head>
  <body onload="busca();">
    <p>
      <style>
        html, body {
          height: 100vh;
          width: 100vw;
          margin: 0;
          padding: 0;
          background-color: #FFFFFFF;
          overflow: hidden;
        }
        #cajatexto {
          margin: auto;
          position: absolute;
          top: 0;
          left: 0;
          bottom: 0;
          right: 0;
          width: 100%;
          height: 0%;
          text-align: center;
          font-family: sans-serif;
          /*      TAMAÑO DE FUENTE*/
          font-size: 40px;
          font-weight: bolder;
          color:#4F7A7D;
        }
      </style>
      
      
    </p>
  </body>
</html>
```

```
</p>
<p>&nbsp;</p>
<div id="cajatexto">BIENVENIDO</div>
<script>
cajatex = document.getElementById('cajatexto');
idletra = "0";
function busca() {
    httpGetAsync("http://192.168.5.2/quedigo", quedigo);
    autovvariable = setTimeout(busca, 1000);
}

}
xmlHttp.open("GET", theUrl);
// true for asynchronous
xmlHttp.send(null );
}
function quedigo(diga) {
    console.log(diga);
    var comando = diga.split(":");
    if (comando[0] != idletra) {
        console.log(comando[1]);
        var sonido = new Audio("masculino/"+comando[1]+'.mp3');
        sonido.play();
        cajatex.innerHTML = comando[1];
        idletra = comando[0];
    }
}
</script>
</body>
</html>
```

**Anexo K:** Diseño del Primer Guante



**Anexo L:** Diseño del Segundo Guante



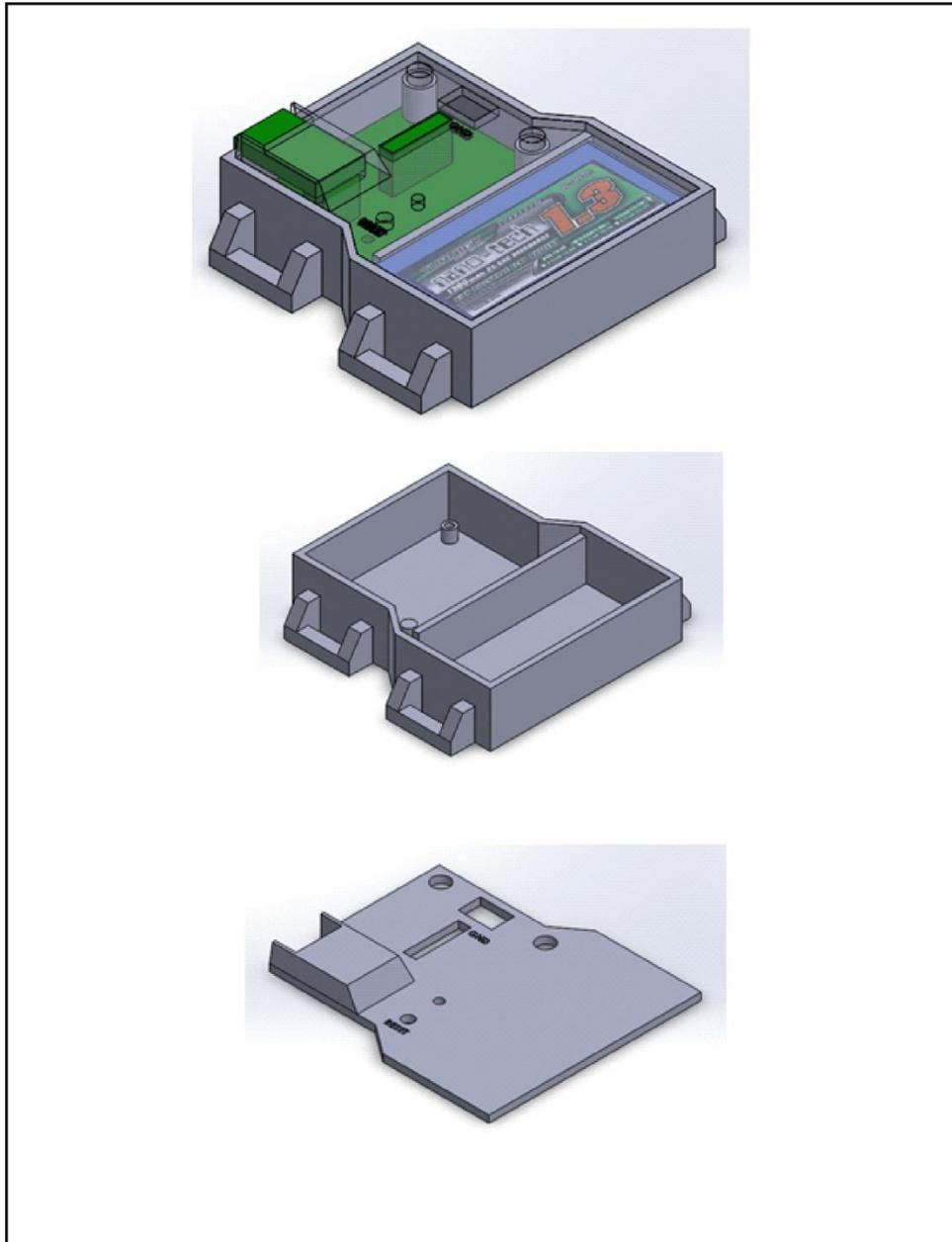
### Anexo M: Diseño Final de los Guantes



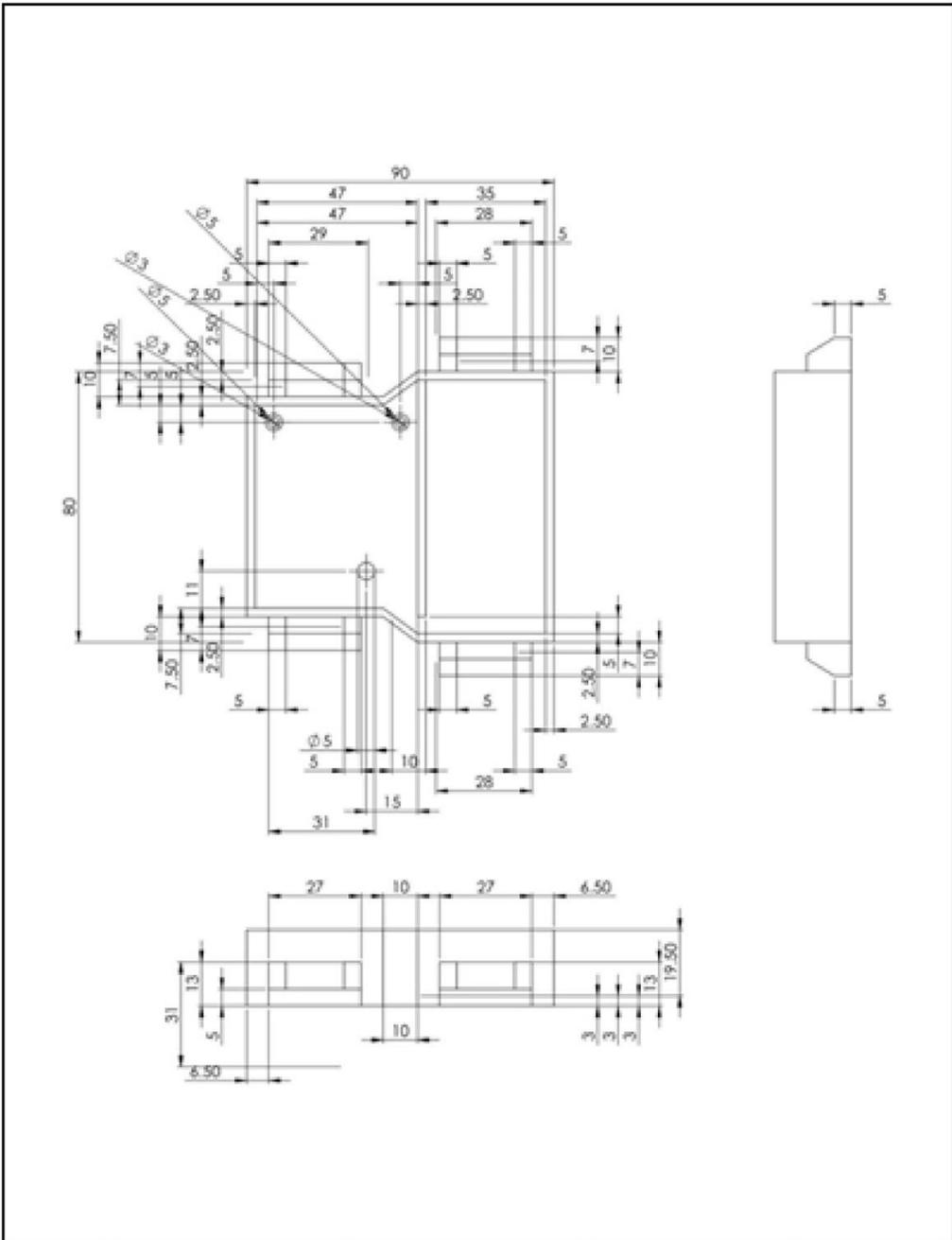
### Anexo N: Etapa de Visualización



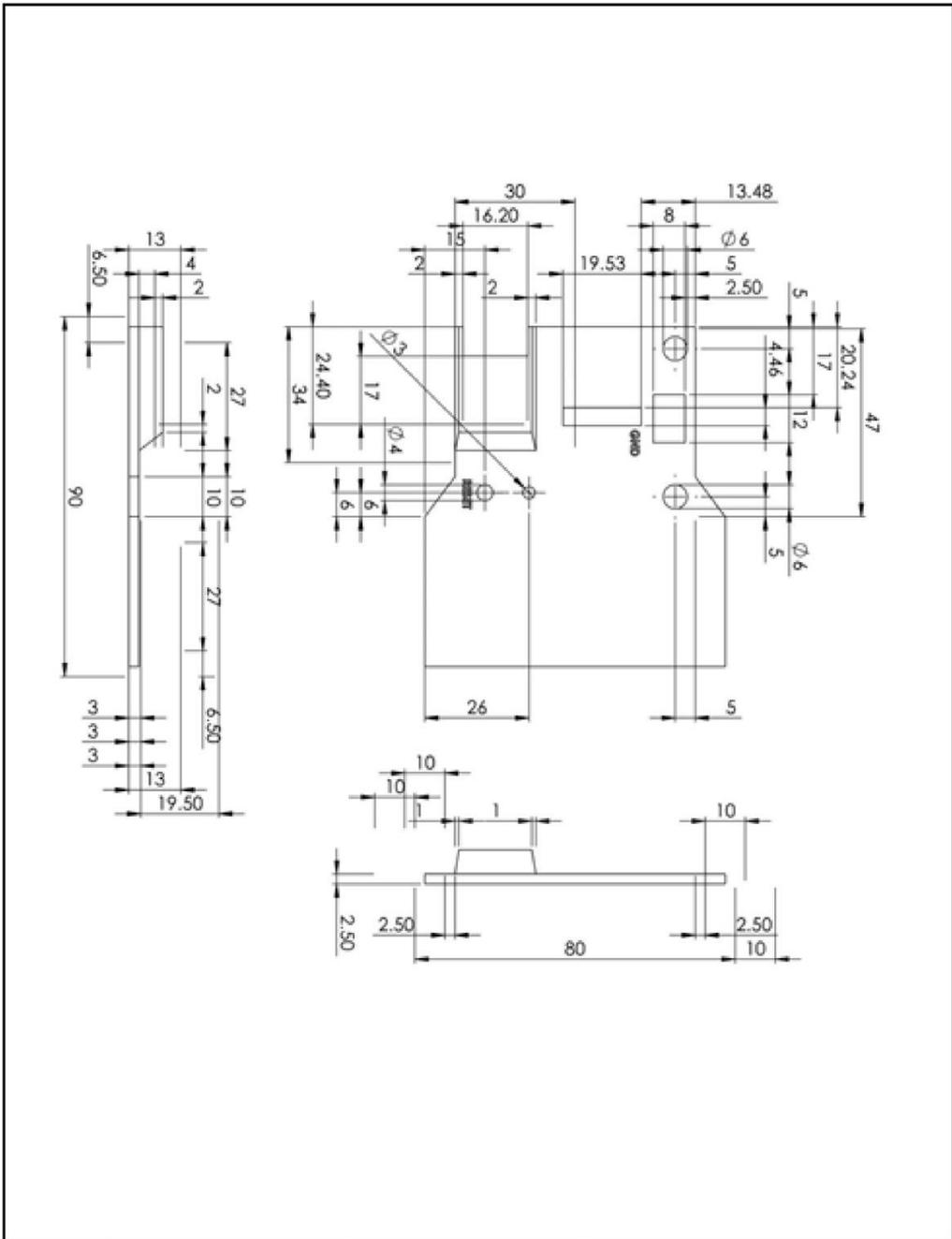
**Anexo O:** Diseños en SolidWork



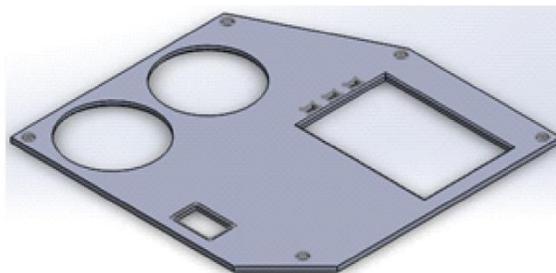
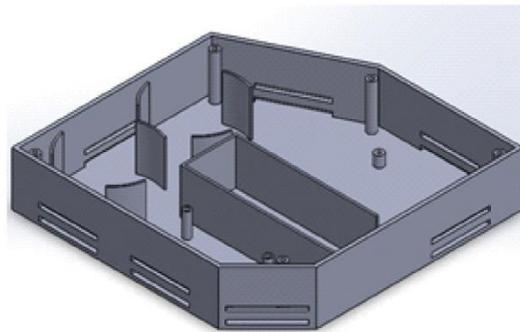
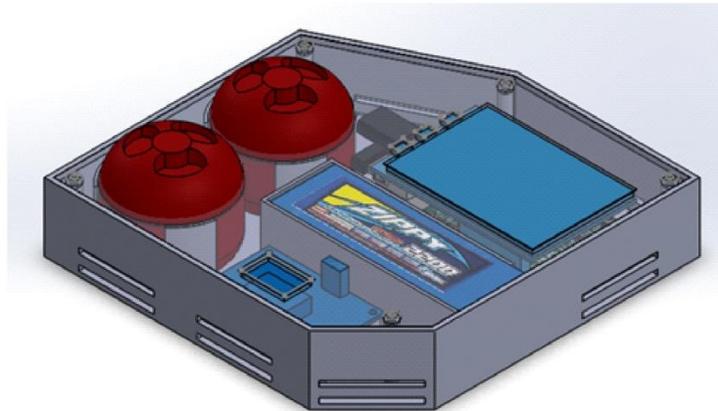
1	EST. MANO IZQUIERDA	1		
N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			16/12/2016	
<b>DTS ALPHABET: ENSAMBLE Y VISTAS</b>				TRABAJO DE TITULACIÓN
ESC 2:1	SISTEMA: E	ESCUELA DE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		



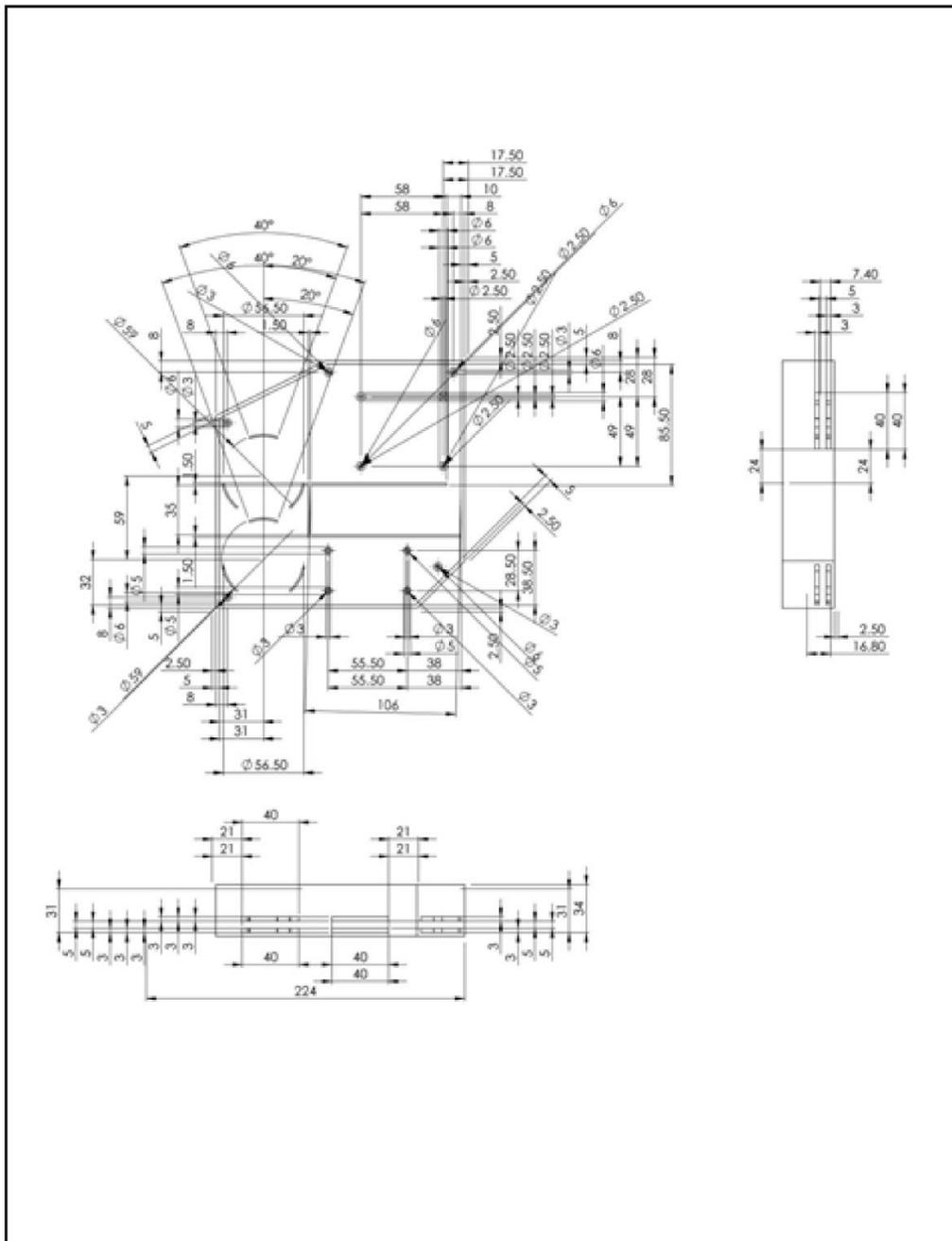
2	EST. MANO IZQUIERDA	1		
N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			16/12/2016	
<b>DTS ALPHABET: COTAS DE LA CAJA</b>				TRABAJO DE TITULACIÓN
ESC 2:1	SISTEMA: E	ESCUELA DE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		



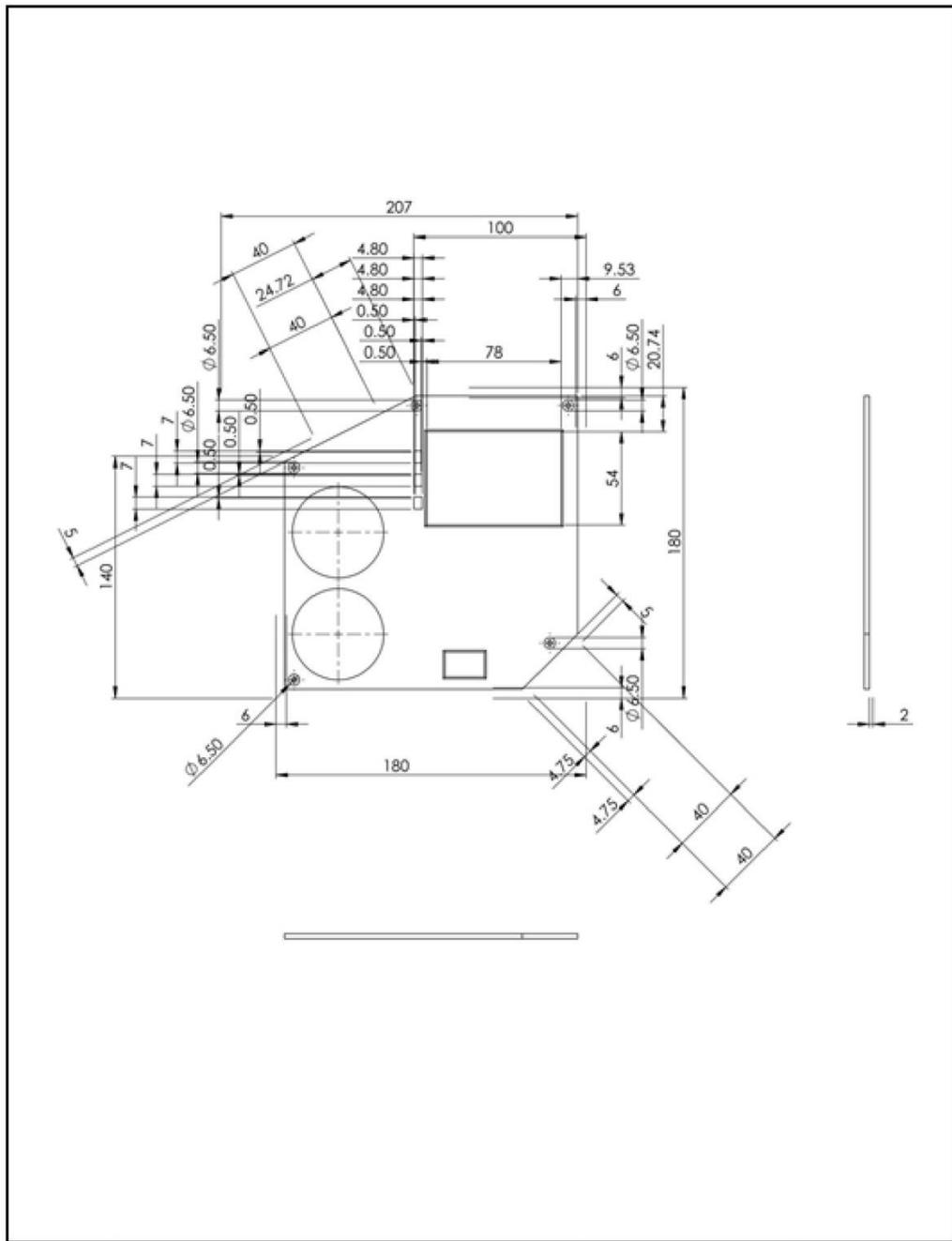
3	EST. MANO IZQUIERDA	1		
N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			16/12/2016	
<b>DTS ALPHABET: COTAS DE LA TAPA</b>				TRABAJO DE TITULACIÓN
ESC 2:1	SISTEMA: E	ESCUELA DE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		



4	ETAPA DE VISUALIZACIÓN	1	PLA IMPRESIÓN 3D	
N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			16/12/2016	
<b>DTS ALPHABET: ENSAMBLE Y VISTAS</b>				TRABAJO DE TITULACIÓN
ESC 2:1	SISTEMA: E	ESCUELA DE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		



5	ETAPA DE VISUALIZACIÓN	1		
N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			16/12/2016	
<b>DTS ALPHABET: COTAS DE LA CAJA</b>				TRABAJO DE TITULACIÓN
ESC 2:1	SISTEMA: E	ESCUELA DE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		



6	ETAPA DE VISUALIZACIÓN	1		
N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	OBSERVACIÓN
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			16/12/2016	
<b>DTS ALPHABET: COTAS DE LA TAPA</b>				TRABAJO DE TITULACIÓN
ESC 2:1	SISTEMA: E	ESCUELA DE CONTROL Y REDES INDUSTRIALES		