

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**



**PROPUESTA DE GUANTE PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA TRADUCCIÓN  
DE LENGUAJE DE SEÑAS A VOZ ARTIFICIAL EN TIEMPO REAL CON UN  
DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD AUDITIVA Y DE LENGUAJE**

**GLADYS CAROLINA OVIEDO LEIVA**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE GUANTE PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA TRADUCCIÓN  
DE LENGUAJE DE SEÑAS A VOZ ARTIFICIAL EN TIEMPO REAL CON UN  
DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD AUDITIVA Y DE LENGUAJE.**

**Elaborado por**

**GLADYS CAROLINA OVIEDO LEIVA**

**Tutor**

**Prof. Ing. Héctor Ramiro Estigarribia Barreto**

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y  
Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú,  
como requisito para la obtención del título de Ingeniera en  
Electrónica

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2023

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

-----  
Prof. Ing.

-----  
Prof. Ing.

-----  
Prof. Ing.

Acta Nro.:\_\_\_\_\_.

Fecha:\_\_\_\_\_.

Calificación:\_\_\_\_\_.

*Dedicado a:*

A Dios todo poderoso y Virgen María por guiar cada uno de mis pasos, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente durante todos estos años de estudio.

A mis queridos padres Carmen Leiva y Rubén Oviedo, porque ellos son la motivación de mi vida, me han dado todo lo que soy, mis valores, mis principios y mi empeño, y todo ello de una forma desinteresada y lleno de amor.

A mis tíos que siempre confiaron en mí y por haberme apoyado en todo momento.

*Agradecimientos:*

Al Ingeniero Héctor Estigarribia por su valiosa orientación como tutor, por su apoyo esencial, paciencia, dedicación y por ser un excelente docente durante mis años de estudio.

Al Ingeniero Cesar Ferreira por ser mi guía, apoyo, exigencia a la hora de realización de este proyecto y por ser un excelente docente.

Al Ingeniero Renzo Benítez por ayudarme con su gran conocimiento en la parte electrónica como informática.

A la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por brindarme la oportunidad de poder estudiar en esta prestigiosa casa de estudio

A todos los docentes que formaron parte de mi crecimiento profesional.

Agradezco mucho la ayuda de mis familiares que siempre están cerca de mí.

# **PROPUESTA DE GUANTE PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA TRADUCCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS A VOZ ARTIFICIAL EN TIEMPO REAL CON UN DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA Y DE LENGUAJE.**

**Gladys Carolina Oviedo Leiva**

## **RESUMEN**

En el presente proyecto de fin de grado se diseñó un guante electrónico para personas con discapacidad auditiva. Dicho prototipo tiene la funcionalidad que permite traducir el lenguaje de señas a voz, con sensores flexibles integrados a un guante, que tiene la funcionalidad principal de traducir las letras del abecedario del lenguaje a señas a través de la inteligencia artificial utilizando un reconocimiento de voz y conversor de texto a voz mediante google, a la vez la voz del interlocutor convertirse en texto que será visualizada en el celular del guante mediante la tecnología Bluetooth, facilitando la comunicación de las personas que sufren de discapacidades auditivas.

Para dar cumplimiento a los objetivos formulados y así dar solución al problema planteado, se establecieron los siguientes objetivos específicos: análisis y recolección de datos, análisis y selección de los materiales, desarrollo o construcción del prototipo para la persona con deficiencia auditiva, diseño y elaboración del software, por último, la evaluación económica y su posterior implementación.

**Palabras claves:** Arduino, Bluetooth, Sensores.

**PROPOSAL FOR AN ELECTRONIC PROTOTYPE GLOVE FOR TRANSLATION OF SIGN LANGUAGE INTO ARTIFICIAL VOICE IN REAL TIME WITH A WIRELESS COMMUNICATION DEVICE FOR PEOPLE WITH HEARING AND LANGUAGE DISABILITIES.**

**Gladys Carolina Oviedo Leiva**

**SUMMARY.**

In this final degree project, an electronic glove was designed for people with hearing disabilities. This prototype has the functionality that allows the translation of sign language into voice, with flexible sensors integrated into a glove, which has the main functionality of translating the letters of the alphabet from sign language through artificial intelligence using voice recognition and text-to-speech converter using Google, at the same time the voice of the interlocutor is converted into text that will be displayed on the glove's cell phone using Bluetooth technology, facilitating communication for people who suffer from hearing disabilities.

To comply with the formulated objectives and thus provide a solution to the problem posed, the following specific objectives were established: analysis and data collection, analysis and selection of materials, development or construction of the prototype for the person with hearing impairment, design and elaboration of the software, finally, the economic evaluation and its subsequent implementation.

**Keywords:** Arduino, Bluetooth, Sensors

## CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	i
<i>Dedicado a:</i> .....	ii
<i>Agradecimientos:</i> .....	iii
CONTENIDO .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
CAPÍTULO 1.....	2
CONCEPTOS GENERALES.....	2
1.1. ANTECEDENTES HISTORICO.....	2
1.2. ESTADO DEL ARTE.....	4
1.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	7
CAPITULO 2.....	8
LA DISCAPACIDAD AUDITIVA.....	8
2.1. Generalidades.....	8
2.2. Clasificación de la Discapacidad.....	8
2.3. El sentido de la audición.....	9
2.4. La discapacidad auditiva.....	10
2.5. Datos y cifras de la discapacidad auditiva.....	11
2.5.1. Causas de discapacidad auditiva.....	11
2.5.1.1. Periodo prenatal.....	11
2.5.1.2. Infancia y adolescencia.....	12
2.5.1.3. Edad adulta y edad avanzada.....	12
2.5.1.4. Factores a lo largo de la vida.....	12
2.5.2. Cifras de discapacitados en Paraguay.....	13
2.5.2.1. Tipo de discapacidad.....	13
2.5.3. Concepto de sordera.....	14

2.5.3.1. Sordera Total (Cofosis).	14
2.5.3.2. Sordera Parcial (Hipoacusia).	15
2.5.4. Sistemas de comunicación de las personas con discapacidad auditiva.	15
2.5.4.1. Sistemas orales (oralismo).	15
2.5.4.2. Sistemas complementarios de comunicación oral.	16
2.5.4.3. El lenguaje de signos (Alfabeto gestual).	16
2.5.4.3.1. Parámetros formativos de los signos.	17
<b>CAPÍTULO 3.</b>	<b>19</b>
<b>La estructura de la mano humana.</b>	<b>19</b>
3.1. Generalidades.	19
3.1.1. Partes de la mano.	19
3.1.2. Dedos.	20
3.1.3. Ángulos de los dedos.	20
3.1.4. Movimientos de los dedos y la mano.	21
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>23</b>
<b>Inteligencia Artificial.</b>	<b>23</b>
4.1. Generalidades.	23
4.1.1. Tipos de Inteligencia Artificial.	23
4.1.2. Técnicas de la inteligencia artificial.	24
4.1.3. Características de la inteligencia artificial.	25
4.1.4. Casos prácticos de la inteligencia artificial.	26
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>28</b>
<b>El guante.</b>	<b>28</b>
5.1. Generalidades.	28
5.1.1. Guante de acrílico y elastano.	28
5.1.2. Guante de nitrilo.	28
<b>CAPÍTULO 6.</b>	<b>30</b>
<b>Fundamentos electrónicos.</b>	<b>30</b>
6.1. TIPOS DE DISPOSITIVOS ELECTRICOS.	30
6.1.1. Microcontroladores.	30
6.1.2. Arduino.	30
6.1.3. Hardware del Arduino.	31
6.1.4. Aplicaciones de Arduino.	32
6.1.5. Sistema de comunicación inalámbrica.	33

6.1.6.	WIFI. ....	34
6.1.7.	Modulo Bluetooth.....	35
6.1.8.	Bluetooth con Arduino. ....	36
6.1.8.1.	Bluetooth HC-05 y HC-06.....	36
6.2.	Reconocimiento de voz y texto a voz.....	37
6.3.	Sensor Flexible. ....	37
6.3.1.	Tipos de sensor flexible.....	38
6.3.1.1.	Especificaciones y características.....	38
6.4.	Sistema Android. ....	38
6.4.1.	MIT App Inventor. ....	39
3.	RESUMEN EJECUTIVO.....	40
	CAPITULO 7.....	40
7.1.	Descripción del trabajo.....	40
7.2.	Métodos y técnicas utilizadas.....	40
7.3.	Justificación.....	43
7.4.	Finalidad del proyecto. ....	43
7.5.	Metas. ....	44
7.6.	Objetivos.....	44
7.6.1.	Objetivo general. ....	44
7.6.2.	Objetivos específicos.....	44
7.7.	Beneficiarios.....	45
7.8.	Producto.....	45
7.9.	Localización física y cobertura espacial.....	45
7.10.	Especificaciones de actividades y tareas realizadas .....	45
7.11.	Factibilidad técnica.....	46
7.12.	Factibilidad económica.....	46
4.	INGENIERÍA DE DISEÑO. ....	47
	CAPÍTULO 8.....	47
8.1.	RELEVAMIENTO Y RECOLECCION DE DATOS.....	47
8.1.1.	Estudio de la comunicación.....	47
8.1.2.	Barreras de Comunicación. ....	47
8.1.3.	Identificación de los requerimientos. ....	48
8.2.	SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL GUANTE. ....	49
8.2.1.	Guante de acrílico y elastano.....	49

8.2.2.	Guante de nitrilo. ....	50
8.3.	Selección de hardware y software. ....	51
8.3.1.	Arduino. ....	51
8.3.2.	Sensor Flexible. ....	54
8.3.3.	Módulo Bluetooth HC-05. ....	56
8.3.4.	Alimentación del sistema. ....	57
8.3.5.	Conexionado. ....	58
8.3.6.	Placa tipo protoboard. ....	59
8.3.7.	Materiales adicionales. ....	59
8.4.	DISEÑO Y ELABORACIÓN DE SOFTWARE PARA EL CONTROLADOR Y LA APLICACIÓN. ....	60
8.4.1.	IDE de Arduino. ....	60
8.5.	Programación. ....	61
8.5.1.	Programación para el guante traductor de lenguaje de señas. ....	62
8.5.2.	Programación para la aplicación celular. ....	63
8.5.3.	Interfaz de la App móvil. ....	67
8.5.4.	Programación. ....	68
8.5.5.	Diagrama físico de sistema traductor de lenguaje de señas a voz artificial para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje. ....	71
8.6.	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO. ....	72
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	79
6.	CONCLUSIONES. ....	80
7.	RECOMENDACIONES. ....	81
	Bibliografía. ....	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El sentido de la audición .....	10
Figura 2. Alfabeto Gestual. ....	17
Figura 3. Anatomía de la mano. ....	19
Figura 4. División de los huesos de mano humana. ....	20
Figura 5. Figura de la mano. ....	20
Figura 6. Ángulos formados por los dedos de la mano. ....	21
Figura 7. Movimiento de los dedos y la mano. ....	22
Figura 8. Guante de acrílico y elastano. ....	28
Figura 9. Guante térmico de poliéster y nylon. ....	29
Figura 10. Componentes de un microcontrolador. ....	30
Figura 11. Módulos bluetooth HC-05 Y HC-06. ....	36
Figura 12. MIT App Inventor. ....	39
Figura 13. Guante de acrílico y elastano. ....	50
Figura 14. Guante de nitrilo. ....	50
Figura 15. Diagrama de bloques del sistema electrónico. ....	51
Figura 16. Arduino UNO. ....	53
Figura 17. Tarjeta de expansión para Arduino Uno. ....	54
Figura 18. Sensor flexible. ....	55
Figura 19. Medida de sensor flexible. ....	56
Figura 20. Modulo Bluetooth HC-05. ....	57
Figura 21. Pilas utilizado en el proyecto. ....	58
Figura 22. Cables dupont. ....	58
Figura 23. Placa protoboard. ....	59
Figura 24. Inicio de Arduino IDE. ....	61
Figura 25. Ángulos de cada dedo, de izquierda a derecha. Pulgar, índice, medio, anular y meñique. ....	62
Figura 26. Sensores ajustados casi a cero. ....	63
Figura 27. Programación inicial de código para el modulo bluetooth. ....	64
Figura 28. Segunda parte de la programación del código para el modulo bluetooth. ....	64
Figura 29. Tercera parte de la programación del código para el modulo bluetooth. ....	65
Figura 30. Cuarta parte de la programación del código para el modulo bluetooth. ....	65
Figura 31. Quinta parte de la programación del código para el modulo bluetooth. ....	66
Figura 32. App Móvil. ....	66
Figura 33. Interfaz de la app móvil. ....	67
Figura 34. Programación grafica 1. ....	68
Figura 35. Programación grafica 2da parte. ....	69
Figura 36. Programación grafica 3ra parte. ....	70
Figura 37. Diagrama físico del sistema electrónico. ....	71
Figura 38. Diseño de tiras para el guante electrónico. ....	74
Figura 39. Circuito en Protoboard. ....	75
Figura 40. Activación de entradas. ....	76
Figura 41. Distribución de sensores en el guante. ....	77
Figura 42. Colocación de dispositivos y elementos. ....	77
Figura 43. Presentación preliminar del prototipo. ....	78
Figura 44. Prototipo terminado. ....	78

## LISTA DE TABLAS.

<i>Tabla 1. Porcentaje de discapacitados en Paraguay Según (DGEEC) Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, Censo Nacional de Población y Viviendas, 2012. ....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2. Característica de los componentes de Arduino uno. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3. Lista de materiales y costo de mano de obra. ....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 4. Especificaciones técnicas del ARDUINO UNO. ....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 5. Especificaciones técnicas de la Tarjeta de expansión para Arduino Uno. ....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 6. Especificaciones técnicas del Sensor Flexible. ....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 7. Especificaciones técnicas del módulo HC-05. ....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 8. Lista de materiales adicionales. ....</i>	<i>59</i>

## LISTA DE ABREVIATURAS.

- **ASORCO:** Asociación de Sordos de Coronel Oviedo.
- **SPI:** Interfaz periférica Serial
- **UART:** Receptor/Transmisor asíncrono universal.
- **IA:** Inteligencia Artificial.
- **DGEEC:** Dirección General de Estadísticas, Encuesta y Censo.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **MCF:** Articulaciones Metacarpo falángicos.
- **WPAN:** Redes Inalámbricos de área personal.
- **LoT:** Internet de las cosas.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las discapacidades que afectan a niños, jóvenes y adultos, constituyen uno de los aspectos más influyentes en la vida diaria de las personas, sus familias y sus entornos. Entre estas discapacidades, la auditiva se clasifica en diversas patologías según su gravedad. Las personas con discapacidad auditiva enfrentan desafíos significativos al comunicarse con los demás y al acceder a diversos servicios, lo que conlleva efectos negativos como la soledad, la frustración y el aislamiento.

Con el propósito de impactar de manera positiva en uno de los segmentos más vulnerables de la población, se ha diseñado un prototipo de guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas a voz de manera artificial. Este dispositivo busca ayudar a las personas con problemas de audición y lenguaje en su vida cotidiana, mejorando su calidad de vida y fortaleciendo la conexión con sus familiares y el entorno social. El objetivo principal es establecer una comunicación efectiva entre las personas con discapacidad auditiva y el resto de la sociedad.

Para abordar este proyecto de fin de grado, se ha estructurado de la siguiente manera: en el Capítulo 1, se abordan los antecedentes históricos, el estado del arte y la definición de términos básicos. En el Capítulo 2, se definen las discapacidades auditivas según su patología, mientras que el Capítulo 3 se centra en la descripción de la estructura de la mano humana, fundamental para el desarrollo de los capítulos posteriores.

El Capítulo 4 explora las inteligencias artificiales, sus tipos y casos prácticos de aplicación. A continuación, en el Capítulo 5, se detallan los tipos de guantes viables para este propósito. El Capítulo 6 se dedica a los fundamentos y componentes electrónicos esenciales para la construcción del prototipo.

En el Capítulo 7, se presenta el resumen ejecutivo del proyecto, y en el último capítulo, se aborda la Ingeniería de Diseño, que constituye la parte crucial del trabajo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### CAPÍTULO 1.

#### CONCEPTOS GENERALES.

##### 1.1. ANTECEDENTES HISTORICO.

- En el año 2006, David Ricardo Caicedo Fernández y Enrique Xavier Solórzano García desarrollaron un proyecto llamado "Diseño de Traductor Utilizando un Guante Electrónico" en la Facultad de Ingeniería de Guayaquil, Ecuador. que mejora la vida de las personas con discapacidad auditiva, lo que requiere la construcción de un sistema electrónico que pueda transmitir movimientos a través de un brazo electrónico sensible, que contiene principalmente sensores de inclinación, flexión y curva rápidamente.
- El proyecto concluyó que desarrolló dispositivos enfocados a mejorar la calidad de vida de personas con cierto tipo de discapacidad, lo que siempre resulta gratificante para quienes desarrollan estudios con este objetivo. También se encontró que se puede utilizar para otras aplicaciones tales como: control remoto de una mano o mano mecánica (robótica), aplicaciones de realidad virtual, punteros de computadora, ratones, por ejemplo.
- En el año 2013 se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Electrónica en la sede de la Universidad Salesiana de Ciencias Aplicadas el proyecto de Pablo Andrés Espinosa Aguilar y Augusto Pogo León Hernani, "El proyecto de construcción de un guante electrónico capaz de traducir la lengua de señas Kurumu", en cuenca. Los principales aportes del estudio son los siguientes: el desarrollo se basa en un traductor de gestos con las manos, que permite traducir el lenguaje de las huellas dactilares (como signos de todo el alfabeto) utilizado por personas que no saben comunicarse con otras, sobre personas La principal conclusión del estudio

es que ofrece mucha ayuda en la enseñanza y aprendizaje de personas ciegas y sordas, el diseño es práctico, fácil de conectar y manejar.

- Otro estudio relacionado “Sistema de Codificación de Señales de Audio-Texto Usando Matlab en el Instituto de Educación Especial Dr. Camilo Gallejos”. Fue desarrollado por Jaime Andrés Cárdenas Córdova para su carrera académica de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones en Ambato Ecuador. La principal característica que debía alcanzar este dispositivo es el diseño e implementación de un sistema de codificación de señales de voz para reconocer símbolos relevantes. La principal ventaja de crear este dispositivo es dar a las personas con discapacidad auditiva cierta seguridad a la hora de reconocer estos símbolos. La principal conclusión a la que se llega en este trabajo es que el prototipo desarrollado permite crear un método de comunicación entre personas corrientes y personas sordas, que les ayuda a incorporarse a la sociedad.

## 1.2. ESTADO DEL ARTE.

- Un equipo de investigadores dirigido por Michael McAlpine de la Universidad de Princeton en Nueva Jersey ha creado con éxito la primera oreja sintética utilizando una impresora 3D, una placa de Petri y algunas células bovinas. Crearon oídos sintéticos que no sólo pueden recibir sonidos, sino también transmitirlos.
- Los investigadores introducen en la impresora células bovinas mezcladas en un gel líquido, seguidas de pequeñas partículas de plata. La impresora está programada para usar el material y moldearlo en una "oreja biónica" y tomar las partículas de plata para crear una antena en espiral.
- Los investigadores introducen en la impresora células bovinas mezcladas en un gel líquido, seguidas de pequeñas partículas de plata. La impresora está programada para usar el material y moldearlo en una "oreja biónica" y tomar las partículas de plata para crear una antena en espiral.
- Tiene la capacidad de escuchar señales de radio colocando electrodos detrás de la oreja mientras escribe. Al grabar "Para Elisa" de Beethoven en oídos adultos, los electrodos transmiten la señal a lo largo de los cables a los altavoces y la música fluye con claridad y sin interferencias.
- La antena viene con dos cables que se pueden conectar a electrodos (terminaciones nerviosas en el caso de trasplantes) para detectar diferentes sonidos. Lo más sorprendente es que la frecuencia que el oído puede oír es mayor que la frecuencia que el oído humano puede percibir. Es la primera vez que la comunidad científica combina con éxito tejido biológico con componentes electrónicos mediante una impresora 3D, lo que abre la puerta a un mayor desarrollo de tecnologías similares.
- Un grupo de investigadores creó con éxito el primer oído biónico que regeneraba el tejido nervioso del oído interno. Mejora considerablemente la audición de los roedores, se puede utilizar para tratar enfermedades neurológicas como la enfermedad de Parkinson y la depresión. Esta tecnología ha sido perfeccionada de manera decisiva combinándola con la terapia génica, que mediante un implante puede reactivar el tejido del

oído interno. propios impulsos eléctricos, oído interno. Este grupo de investigadores inyectó el ADN con la solución genética en el oído interno del conejillo de indias justo antes del implante coclear. Luego, después del implante, con sólo unos pocos impulsos eléctricos cortos enviados a los electrodos, las células adyacentes al implante combinaron ADN y comenzaron a desarrollar tejido nervioso, que falta en ciertas personas sordas. De esta forma, las fibras nerviosas que crecen hasta los electrodos se vuelven a activar, facilitando su trabajo. Este descubrimiento, publicado hoy en la revista Science Translational Medicine, logró combinar aparatos ortopédicos implantables con la terapia génica aún experimental. Por un lado, los implantes cocleares intentan superar los problemas de audición encontrando un atajo que evita las etapas intermedias del audífono y conecta los sonidos externos directamente con el oído interno. Un micrófono situado junto al oído recoge el sonido enviado desde el procesador a la cóclea, un pequeño órgano al que se implanta el nervio auditivo, a través de electrodos implantados. Allí, miles de pequeños pelos llamados fibras nerviosas transforman las vibraciones en impulsos químicos para que el cerebro pueda procesar los sonidos. Cuando el cirujano implanta los electrodos, presiona físicamente el oído interno. El cirujano inserta un cable con electrodos y los empuja hacia el centro del caparazón, que es la laringe. Cuanto más cerca estén del eje coclear, donde se sitúan las fibras nerviosas, mejor”, explica el investigador Enrique López-Poveda, experto en desarrollo de implantes cocleares de la Universidad de Salamanca. Tal y como explica este investigador, los implantes cocleares funcionan muy bien para transmitir información sobre el habla, es decir, para mantener una conversación normal. "Pero la música no se disfruta de forma agradable. Esto se debe a que hay pocos electrodos y no llegan a la parte más alejada del oído. Las fibras de ambas regiones cocleares deben estimularse con frecuencias que correspondan a su naturaleza”, afirma

López-Poveda, jefe del laboratorio de audición del Instituto de Neurociencias de Castilla y León.

- En un implante coclear, cada electrodo estimula unas 2.500 fibras nerviosas, aunque lo ideal sería que estuviera en contacto sólo con 15 fibras, como en un oído sano. "Es como matar moscas con balas de cañón", concluye. Los científicos australianos lograron cambiar el panorama general: "Esto es pura magia, buena magia. "Es un gran logro", afirma entusiasmado.
- Al coordinar el implante con la terapia génica, lograron hacer crecer estas fibras hasta los electrodos: así el impulso que reciben es menos burdo y permite afinar el sonido resultante. Por ejemplo, el desarrollo de electrodos mucho más pequeños, de modo que cada uno proporcione información de un rango de frecuencia de audio específico. Y por eso sería mucho más agradable escuchar música, porque el cerebro sería capaz de captar los sonidos.
- Estos pulsos eléctricos abren temporalmente las membranas de las células en curación, permitiendo la entrada de material genético. Una vez dentro de los núcleos de las células, se desencadena un proceso de terapia génica que permite que se desarrolle el tejido nervioso, lo que permitió recuperar la audición de la cobaya con estas células dañadas.

### 1.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- **Audición:** Capacidad de oír.
- **Seña:** Una señal o gesto para sugerir o anunciar algo.
- **Comunicación:** Acto y efecto de comunicar o comunicarse.
- **Movimiento:** Acción y efecto de mover.
- **Capacidad:** Conjunto de características propias de una persona que realiza una acción o actividad.

## **CAPITULO 2.**

### **LA DISCAPACIDAD AUDITIVA.**

#### **2.1. Generalidades.**

La discapacidad en general es la objetivación de la deficiencia en el sujeto y con una repercusión en su capacidad de realizar actividades en los términos considerados normales para cualquier sujeto de sus características (edad, genero). Donde la deficiencia es toda perdida o anomalía de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica. La discapacidad es toda restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma y dentro del margen que se considera normal para un ser humano [1].

Se caracteriza por la carencia temporal o permanente en el desempeño y comportamiento de una actividad cotidiana. Surge a consecuencia de la deficiencia y como tal refleja alteraciones a nivel de la persona.

La carencia o anomalía que puede ser temporal o permanente, de carencias físicas (un miembro, órgano, tejido u otra estructura del cuerpo), psíquicas o sensoriales que puedan afectar a un individuo, desde el principio de su vida, o de forma sobrevenida. Representa la exteriorización de un estado patológico, es la consecuencia de una enfermedad [2].

#### **2.2. Clasificación de la Discapacidad.**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009), la función auditiva se subdivide según el grado de pérdida audición: audición normal, audición leve, discapacidad auditiva media, discapacidad auditiva grave, sordera profunda y cofosis. La discapacidad auditiva abarca la discapacidad auditiva media, grave, sordera profunda y cofosis (OMS, 2009).

Las pérdidas auditivas se pueden clasificar según el grado en que se ve afectada la recepción de los sonidos y la ubicación de la que la ocasiona. En este sentido,

se pueden identificar distintos niveles de pérdida, los que se miden en una unidad llamada decibel.

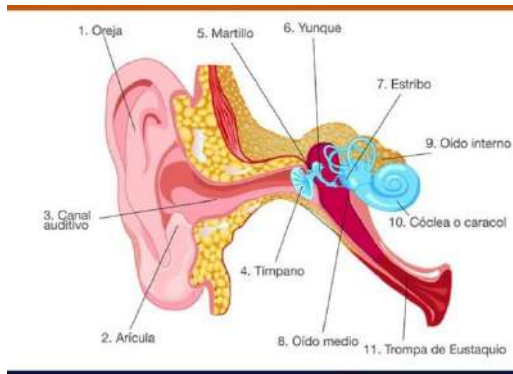
- Audición normal: (0 - 20 dB).
- Hipoacusia leve (25 – 39 dB).
- Hipoacusia Superficial (40 – 69 dB).
- Hipoacusia severa (70 - 89 dB).
- Hipoacusia profunda (90 - 120 dB).
- Cofosis (ausencia total de la audición) (OMS, 2009).

### **2.3. El sentido de la audición.**

La audición significa oír y comprender los sonidos que nos rodean y es esencial para la comunicación verbal. El órgano auditivo es el oído, que se encarga de recoger las ondas sonoras y convertirlas en impulsos nerviosos. Además, en el interior hay un mecanismo de control equilibrado. El oído humano tiene la capacidad de detectar las frecuencias intermedias entre 20 y 20.000 ciclos por segundo (Hz), sin embargo en la práctica esta capacidad se reduce hasta los 16000 Hz aproximadamente [3]

El oído se integra por tres partes:

- Oído externo: recoge ondas sonoras y las conduce. Está formado por el tímpano, el canal auditivo y la membrana timpánica.
- Oído medio: también se le llama cavidad timpánica. En él, la vibración de la membrana se transmite a tres pequeños huesos conectados, el martillo, el 20.000 ciclo por segundo (Hz), sin embargo, en la práctica esta capacidad se reduce hasta los 16000 Hz aproximadamente 20.000 ciclos por segundo (Hz) yunque y el estribo, la vibración mecánica de la membrana timpánica al oído interno.
- Oído interno: En él se encuentra el sistema coclear, que transforma las ondas mecánicas en energía bioeléctrica, que el nervio auditivo conduce al cerebro, donde se detecta el sonido.



**Figura 1. El sentido de la audición**

#### **2.4. La discapacidad auditiva.**

La discapacidad auditiva se refiere a la ausencia o deterioro de la capacidad auditiva provocado por algún problema en el sistema auditivo. Puede variar desde la más superficial hasta la más profunda, a menudo llamada sordera, cuya gravedad hace imposible que una persona perciba los sonidos y el lenguaje hablado, incluso con audífonos. [3].

La pérdida de audición representa dificultades en la percepción de los sonidos ambientales, del lenguaje hablado y obstáculos que aparecen en la situación en la que actúa una persona. En cuanto a los obstáculos, existen diversos, de los cuales los más comunes se encuentran.

- La cercanía o distancia de las fuentes auditivas: si los sonidos son débiles o distantes, se presenta dificultad para su discriminación [4]
- La interferencia de sonidos de distinto tipo: cuando los lugares presentan mucho ruido ambiental se tiene dificultad para captar los mensajes [4].
- Dificultad con el lenguaje hablado o escrito: Si una persona tiene una pérdida auditiva severa o profunda y solo utiliza el lenguaje hablado como forma de comunicación y/o no la mira mientras habla, es difícil entender lo que le sucede. [5].

## **2.5. Datos y cifras de la discapacidad auditiva**

En el mundo hay aproximadamente 1500 millones de personas viven con algún grado de pérdida de audición, de las cuales (430 millones personas) padece de una pérdida de discapacidad leve (432 millones de adultos y 34 millones de niños). Aproximadamente el 80% de la carga mundial de discapacidad auditiva se concentra en los países de ingresos bajos y medianos.

Más del 25% de las personas que padecen de una pérdida de audición leve tienen 60 años o más. En términos mundiales, los errores de identificación temprana y el tratamiento adecuado constituyen la causa más importante de discapacidad auditiva, pero en los países de ingresos medios y bajos la otitis y complicaciones congénitas siguen siendo la principal causa de sordera.

El 60% del total mundial de casos de discapacidad auditiva se pueden evitar o curar. [6]

### **2.5.1. Causas de discapacidad auditiva.**

Aunque la persona puede encontrar los factores que se mencionan a continuación en diferentes momentos de su vida, será más susceptible a los efectos de estos durante determinados periodos críticos [7].

#### **2.5.1.1. Periodo prenatal.**

- Factores genéticos: entre ellos, los que provocan pérdida de audición hereditaria y no hereditaria.
- Infecciones intrauterinas: como la rubéola y la infección por citomegalovirus.
- Periodo perinatal.
- Asfixia perinatal (falta de oxígeno en el momento del parto).
- Hiperbilirrubinemia (ictericia grave en el periodo neonatal).
- Bajo peso al nacer.
- Otras morbilidades perinatales y su tratamiento.

### **2.5.1.2. Infancia y adolescencia.**

- Otitis crónicas (otitis media supurativa crónica)
- Presencia de líquido en el oído (otitis media no supurativa crónica)
- Meningitis y otras infecciones

### **2.5.1.3. Edad adulta y edad avanzada.**

- Enfermedades crónicas.
- Tabaquismo.
- Otosclerosis.
- Degeneración neurosensorial relacionada con la edad.
- Pérdida de audición neurosensorial repentina.

### **2.5.1.4. Factores a lo largo de la vida.**

- Tapón de cerumen (tapón de cera en el oído).
- Traumatismo en el oído o la cabeza.
- Ruido/sonido fuerte.
- Medicamentos ototóxicos.
- Productos químicos ototóxicos en el ámbito laboral.
- Carencia nutricional.
- Infecciones virales y otras afecciones del oído.
- Retraso en la aparición de la audición o pérdida progresiva de esta por causas genéticas.

### 2.5.2. Cifras de discapacitados en Paraguay.

Tipos de discapacidad	Población censada con discapacidad
Total, con discapacidad	129.707
Auditiva	27.684
Visual	88.774
Motriz	43.219
Intelectual	13.842
Psicosocial	13.276

**Tabla 1. Porcentaje de discapacitados en Paraguay Según (DGEEC) Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, Censo Nacional de Población y Viviendas, 2012.**

La sumatoria de los tipos de discapacidad no reproduce el total, considerando que una persona puede tener más de una discapacidad. Para personas de 2 años y más de edad. Con discapacidad, se refiere a la población que tiene al menos una discapacidad, ya sea auditiva, visual, motriz, intelectual o psicosocial.

#### 2.5.2.1. Tipo de discapacidad.

- **Auditiva:** No puede, mucha y poca dificultad permanente para escuchar.
- **Visual:** No puede, mucha y poca dificultad permanente para ver.
- **Motriz:** No puede hacerlo, mucha y poca dificultad permanente para caminar, subir escaleras o realizar tareas con los brazos y manos. (Para personas de 2 años y más de edad).
- **Intelectual:** No puede hacerlo, mucha y poca dificultad permanente para entender o aprender (Retraso mental, síndrome de Down, autismo). (Para personas de 2 años y más de edad).
- **Psicosocial:** Dificultad permanente de tipo mental o emocional (Enfermo mental, trastornado) total, mucha y poca dificultad. (Para personas de 2 años y más de edad).

**El Censo Nacional de Población y Viviendas 2012** tuvo una cobertura poblacional aproximada del **74,4%** que resulta de comparar la población censada con la población estimada para 2012. El departamento Central tuvo una cobertura de **71,4%**. Por tanto, existe una parte de población con discapacidad que no ha sido censada y que no está contemplada en la información procesada. No se recomienda aplicar el porcentaje de omisión a la estimación total para obtener la cantidad de personas con discapacidad que no ha sido censada. Considerando el total de personas censadas, se tiene que a nivel nacional el **10,7%** de ellas fueron captadas con discapacidad/es. En el departamento Central el porcentaje de población censada con al menos una discapacidad es del **9,8%**.

### **2.5.3. Concepto de sordera.**

**SORDERA:** Es la ausencia de percepción sonora. Es la alteración o perturbación en el órgano auditivo, ya sea, temporal o permanente, y que, impide la percepción y recepción de los sonidos ambientales.

**Se estima que más del 25% de todas las personas con sordera** son mayores de 60 años. Se prevé que este número aumentara con el envejecimiento de la población mundial. Unos 430 millones de niños son sordos. Las principales causas en niños son la otitis crónica, meningitis y otras infecciones. Aproximadamente la mitad de todas las sorderas infantiles se pueden evitar o tratarse mediante estrategias de salud pública e intervenciones clínicas que se realicen a lo largo del curso de la vida [6].

#### **2.5.3.1. Sordera Total (Cofosis).**

Es la falta total de audición que se traduce en una pérdida auditiva superior a 120 dB. Se trata de una patología poco común ya que, incluso en una sordera profunda, el paciente tiene una pérdida superior a 90 dB y sigue percibiendo algunos sonidos. Si la cofosis se presenta en un solo oído, se conoce como

cofosis unilateral. En cambio, si ésta se presenta en ambos oídos, se trata de una cofosis bilateral [8].

### **2.5.3.2. Sordera Parcial (Hipoacusia).**

Consiste en la disminución de la sensibilidad o capacidad de audición que afecta los oídos. La complejidad de este trastorno es que es relativamente común, puede aparecer por diferentes motivos, presentarse en diferentes grados y comenzar en cualquier etapa de la vida. [9].

### **2.5.4. Sistemas de comunicación de las personas con discapacidad auditiva.**

Los sistemas de comunicación utilizados por personas con discapacidad auditiva y del habla se clasifican en tres bloques:

- Sistemas Orales
- Sistemas complementarios de comunicación oral
- Lenguaje de señas [10].

#### **2.5.4.1. Sistemas orales (oralismo).**

Estos sistemas son utilizados en personas que pueden discriminar ciertos sonidos; existen dos sistemas principales:

- Sistema verbotonal: Consiste en optimizar la audición residual percibida de una persona mediante un dispositivo llamado suvag, que actúa como selector, amplificador y codificador, ayudando a las personas con discapacidad auditiva a comprender mejor los sonidos que perciben a través de cierto tipo de vibraciones.
- Lectura labial: Consiste en reconocer palabras a través de articulaciones visibles como labios, lengua y dientes. Este sistema suele ser difícil de entender porque algunos fonemas comparten la misma articulación, lo que puede provocar confusión entre palabras con la misma pronunciación.

- Este tipo de comunicación requiere una preparación completa en términos de memoria visual y atención, pero por otro lado cansa al emisor porque tiene que pronunciar declaraciones breves y sencillas

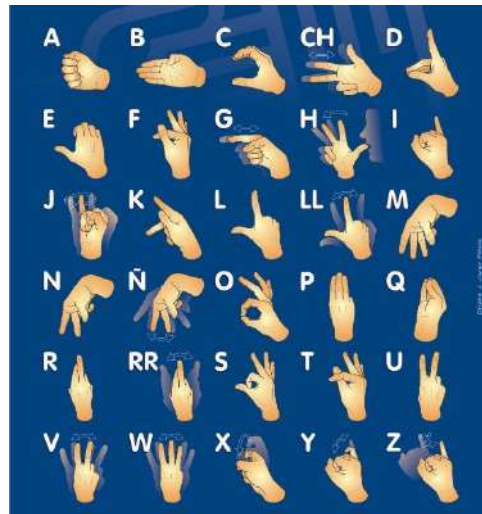
#### **2.5.4.2. Sistemas complementarios de comunicación oral.**

Son lenguajes artificiales creados con una doble intencionalidad: reducir los problemas de comunicación y apoyar el acceso oral. Hay dos tipos de sistemas adicionales:

- Palabra Bimodal: La lengua de signos se utiliza para expresar un mensaje y al mismo tiempo el habla sigue la estructura y el orden del lenguaje hablado. Esto quiere decir que se utilizan dos modalidades, una oral-auditiva y otra visual-gestual. Cabe destacar que la lengua hablada es la lengua principal, marca el orden de la frase y determina la sintaxis de las producciones.
- Palabra complementada: Es un sistema adicional de lectura de labios basado en la fonética del habla. Es directo en el sentido de que no existen intermediarios entre el emisor y el receptor. Este sistema promueve tanto la comprensión del lenguaje oral como las habilidades de lectura.

#### **2.5.4.3. El lenguaje de signos (Alfabeto gestual).**

La lengua de signos es un lenguaje natural basado en gestos, movimientos corporales y percepción visual, a través del cual una persona con discapacidad auditiva o del lenguaje puede constituir un medio de comunicación y así lograr relacionarse con su entorno. [11]. Al igual que otros sistemas lingüísticos, la lengua de signos tiene sus propios códigos y variaciones dependiendo del alfabeto o sistema de escritura de cada país o comunidad. La lengua de signos tiene una estructura propia que consta de seis parámetros como son composición, ubicación, movimiento, dirección, dirección y expresión. Estos parámetros permiten que una persona se comunique fácilmente si se usan correctamente. [12].



**Figura 2. Alfabeto Gestual.**

#### **2.5.4.3.1. Parámetros formativos de los signos.**

Al igual que en el lenguaje hablado, donde existen fonemas que nos permiten formar palabras, en el lenguaje de signos queremos diferentes partes que componen un signo, es decir, parámetros de forma.[13] Distinguimos los seis parámetros articulatorios:

- Forma o configuración de la mano (Queirema): mano abierta, cerrada, con los dedos replegados o no; índice o pulgar levantados, etc.
- Lugar de articulación (Toponema): ante el cuerpo o espacio neutro, ante la frente, las cejas, los labios, etc. [13]
- Movimiento de la mano (Kinema): recto, circular, en arco, quebrado, etc., con sus componentes quinesésicos: movimiento simple o repetido, rotación del puño o del antebrazo, etc. [13]
- Dirección del movimiento de la mano (Kineprosema): Se aprecian 6 direcciones principales del movimiento: hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha, hacia la izquierda.
- Orientación de la mano (Queirotropema): Dirección de la palma. No importa la forma que adopte la mano, la palma siempre apunta en una dirección u otra.

- Expresión de la cara (Prosoponema): Son todos los componentes que vienen con el letrero donde no se usan las manos, es decir. movimientos del cuerpo, movimientos de la boca, etc. Por ejemplo, las expresiones faciales nos ayudan a saber si quieren hacernos una pregunta o si se trata de una afirmación. Esta parte es muy importante, porque si cambias la prosoponema del signo, puedes dar una interpretación completamente diferente. [13]

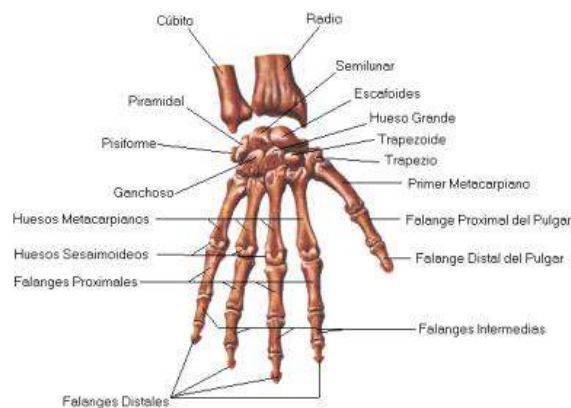
Combinando estos parámetros se crean todos los signos que componen la lengua de signos, con los que una persona con discapacidad auditiva o del lenguaje puede crear un medio para el intercambio de información.

## CAPÍTULO 3.

### La estructura de la mano humana.

#### 3.1. Generalidades.

El estudio de la mano humana es muy difícil, porque carece de huesos, nervios, tendones, arterias y músculos, por lo que se hace una breve descripción de los conocimientos básicos sobre la estructura de la mano, sus movimientos y partes. Las manos son parte de las extremidades del cuerpo humano, están ubicadas en los extremos de los antebrazos y cada una tiene cinco dedos. En los humanos, se extienden desde la muñeca hasta la punta de los dedos y permiten la manipulación física del entorno.

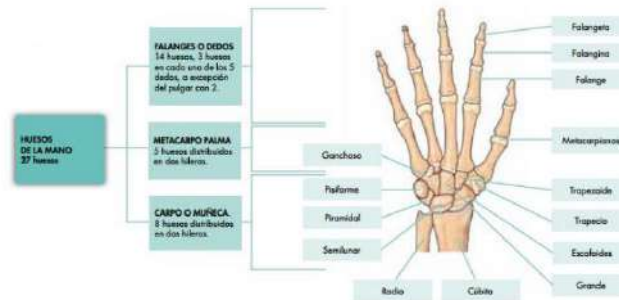


**Figura 3. Anatomía de la mano.**

#### 3.1.1. Partes de la mano.

La mano humana está formada por un total de 27 huesos y se dividen de la siguiente manera: La muñeca está conformada por ocho huesos que son: Pisiforme, Piramidal, Semilunar, Ganchoso, Grande, Escafoides, Trapezoide y Trapecio. La palma está conformada por cinco huesos que son: Primer metacarpiano, Segundo metacarpiano, Tercer metacarpiano, Cuarto metacarpiano y Quinto metacarpiano. Los digitales o falanges constan de catorce huesos los cuales son: Primera falange proximal, Segunda falange proximal, Tercera falange proximal, Cuarta falange proximal, Quinta falange

proximal, Segunda falange medial, Tercera falange medial, Cuarta falange medial, Quinta falange medial, Primera falange distal, Segunda falange distal, Tercera falange distal, Cuarta falange distal y Quinta falange distal.



**Figura 4. División de los huesos de mano humana.**

### 3.1.2. Dedos.



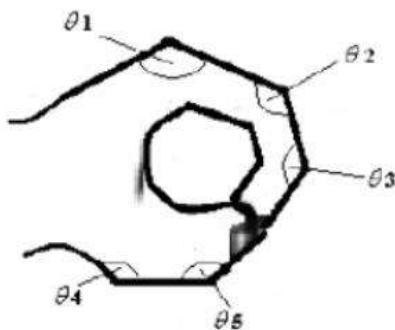
**Figura 5. Figura de la mano.**

### 3.1.3. Ángulos de los dedos.

Es importante visualizar los movimientos que realizan los dedos de la mano humana y los ángulos ( $\theta$ ) que se forman cuando la mano está doblada, la Figura 3.2 muestra los ángulos ( $\theta$ ) que forman las partes de los dedos de la mano humana.

- 1. Ángulo ( $\theta_1$ ), ángulo formado entre el hueso del metacarpo y la primera falange.

- 2. Ángulo ( $\theta_2$ ), ángulo formado entre la primera falange y la segunda falange.
- 3. Ángulo ( $\theta_3$ ), ángulo formado entre la segunda falange y la tercera falange.
- 4. Ángulo ( $\theta_4$ ), ángulo formado entre el hueso del metacarpo y la primera falange.
- 5. Ángulo ( $\theta_5$ ), ángulo formado entre la primera falange y la tercera falange.

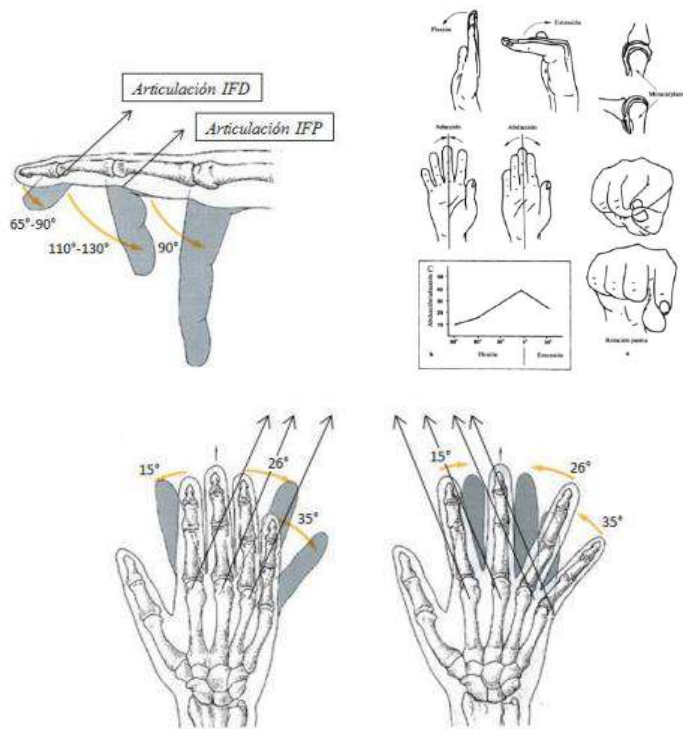


**Figura 6. Ángulos formados por los dedos de la mano.**

#### **3.1.4. Movimientos de los dedos y la mano.**

Gracias al movimiento que realizamos con las manos podemos realizar un número ilimitado de trabajos y, sobre todo, podemos diseñar un medio de comunicación con el entorno social. Un grado de libertad corresponde a los movimientos de abducción y aducción, Movimientos laterales que permiten abrir los dedos, este movimiento es muy limitado.

El grado de libertad corresponde a movimientos de flexión y estiramiento con mayor movilidad. El movimiento de abducción permite separar o unir los dedos a nivel de la articulación. metacarpofalángicas (MCF).



**Figura 7. Movimiento de los dedos y la mano.**

## CAPÍTULO 4.

### Inteligencia Artificial.

#### 4.1. Generalidades.

La inteligencia artificial (IA) es un campo de estudio en el que se desarrollan sistemas y programas capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana. La IA se basa en la idea de que las máquinas pueden imitar la capacidad de razonamiento, aprendizaje, percepción y toma de decisiones propias de los seres humanos.

##### 4.1.1. Tipos de Inteligencia Artificial.

- **Inteligencia Artificial Débil:** También conocida como IA estrecha, se refiere a sistemas que están diseñados para realizar tareas específicas y limitadas. Estos sistemas de IA están enfocados en resolver problemas concretos y no poseen una inteligencia general comparable a la humana. Un ejemplo de IA débil es un sistema de reconocimiento de voz o un chatbot que responde preguntas predefinidas. Estos sistemas pueden ser altamente especializados y eficientes en su dominio particular, pero no pueden llevar a cabo tareas fuera de su ámbito específico.
- **Inteligencia Artificial Fuerte:** La IA fuerte busca desarrollar sistemas con una inteligencia general similar o superior a la humana. Estos sistemas serían capaces de comprender, razonar, aprender y adaptarse en diferentes contextos, enfrentando una amplia variedad de tareas de manera autónoma. La IA fuerte aún está en desarrollo y representa un objetivo ambicioso en el campo de la IA. La creación de una IA fuerte plantea desafíos técnicos, filosóficos y éticos significativos.
- Estas dos categorías representan enfoques diferentes en el desarrollo de la inteligencia artificial, con la IA débil enfocada en tareas específicas y la IA fuerte apuntando a la creación de una inteligencia artificial más generalizada y autónoma.

#### 4.1.2. Técnicas de la inteligencia artificial.

La inteligencia artificial (IA) utiliza varias técnicas para resolver problemas y simular la inteligencia humana. Aquí hay algunas técnicas comunes utilizadas en la IA:

- **Aprendizaje automático (Machine Learning):** Es una técnica clave en la IA que permite a los sistemas aprender a partir de datos y mejorar su rendimiento a medida que obtienen más información. El aprendizaje automático se divide en tres categorías principales: aprendizaje supervisado (donde se proporcionan datos etiquetados), aprendizaje no supervisado (donde los sistemas encuentran patrones y estructuras en los datos) y aprendizaje por refuerzo (donde los sistemas toman decisiones a través de interacciones con un entorno y reciben recompensas o castigos según su desempeño).
- **Redes neuronales artificiales:** Son modelos inspirados en la estructura y funcionamiento del cerebro humano. Estas redes están compuestas por nodos llamados neuronas artificiales que están conectadas entre sí en capas, transmitiendo y procesando información. Las redes neuronales se utilizan en problemas de reconocimiento de patrones, clasificación, procesamiento del lenguaje natural, visión por computadora y más.
- **Procesamiento del lenguaje natural (NLP):** Esta técnica se refiere a la capacidad de las máquinas para comprender y generar lenguaje humano. Incluye tareas como el análisis de sentimientos, traducción automática, extracción de información, generación de texto y chatbots. El NLP se basa en algoritmos que procesan y comprenden el significado y la estructura del lenguaje.
- **Visión por computadora:** Se refiere a la capacidad de las máquinas para interpretar y analizar imágenes y videos. Las técnicas de visión por computadora permiten a los sistemas detectar objetos, reconocer rostros, realizar seguimiento de objetos en movimiento, realizar análisis de escenas y generar descripciones visuales. Se utilizan algoritmos como

redes neuronales convolucionales (CNN) para procesar y entender la información visual.

- **Razonamiento basado en reglas:** Esta técnica utiliza la lógica y las reglas predefinidas para realizar razonamientos y tomar decisiones. Los sistemas de IA pueden seguir una serie de reglas para deducir conclusiones lógicas a partir de hechos conocidos. Es comúnmente utilizado en sistemas expertos y sistemas de recomendación basados en reglas.
- **Algoritmos genéticos:** Estos algoritmos se inspiran en la teoría de la evolución y se utilizan para resolver problemas de optimización y búsqueda. Los algoritmos genéticos emplean operadores genéticos, como la selección, la reproducción y la mutación, para generar y evolucionar soluciones óptimas a lo largo de varias generaciones.

#### 4.1.3. Características de la inteligencia artificial.

La inteligencia artificial (IA) tiene varias características fundamentales que la distinguen. A continuación, se mencionan algunas de las principales características de la IA:

- **Capacidad de aprendizaje:** La IA es capaz de aprender a partir de datos y experiencias. Puede reconocer patrones, extraer información relevante y mejorar su desempeño a medida que se le proporciona más información.
- **Adaptabilidad:** La IA tiene la capacidad de adaptarse a diferentes situaciones y entornos. Puede ajustar sus métodos y enfoques según las circunstancias cambiantes, lo que le permite ser flexible y efectiva en diversas tareas y contextos.
- **Procesamiento del lenguaje natural:** La IA puede procesar y comprender el lenguaje humano en diversas formas, como el reconocimiento de voz, la generación de texto y la traducción automática. Esto permite la comunicación y la interacción con los humanos de una manera más natural.

- **Toma de decisiones:** La IA puede analizar grandes cantidades de datos y tomar decisiones basadas en patrones y reglas predefinidas. Puede evaluar múltiples variables, considerar diferentes escenarios y seleccionar la mejor opción de acuerdo con los objetivos establecidos.
- **Automatización de tareas:** La IA tiene la capacidad de realizar tareas de manera autónoma sin intervención humana. Esto puede incluir la automatización de procesos, la ejecución de algoritmos complejos y la realización de análisis de datos.
- **Resolución de problemas complejos:** La IA puede abordar problemas complejos que requieren un procesamiento y análisis exhaustivo de datos. Puede identificar relaciones y tendencias ocultas, facilitando la toma de decisiones informadas.
- **Interacción con el entorno físico:** La IA puede interactuar con el entorno físico a través de sensores y actuadores. Esto permite aplicaciones en robótica y sistemas autónomos, donde la IA puede percibir y responder a su entorno de manera adecuada.
- **Mejora continua:** La IA busca constantemente mejorar su desempeño y adquirir nuevos conocimientos. Puede adaptarse a medida que se le brinda retroalimentación y nuevas instrucciones, lo que la convierte en una tecnología en constante evolución.

#### 4.1.4. Casos prácticos de la inteligencia artificial.

La inteligencia artificial (IA) se ha aplicado con éxito en una amplia gama de casos prácticos en diferentes industrias y sectores. A continuación, se mencionan algunos ejemplos destacados:

- **Asistentes virtuales:** Los asistentes virtuales como Siri de Apple, Alexa de Amazon y Google Assistant utilizan tecnologías de procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático para comprender y responder a las solicitudes de los usuarios, como realizar consultas, establecer

recordatorios, reproducir música o controlar dispositivos inteligentes en el hogar.

- **Vehículos autónomos:** La IA se utiliza en vehículos autónomos para percibir y comprender el entorno, tomar decisiones de conducción y evitar obstáculos. Empresas como Tesla, Waymo y Uber han desarrollado tecnologías de IA avanzadas para permitir la conducción autónoma y mejorar la seguridad vial.
  - **Servicio al cliente:** Muchas empresas utilizan chatbots impulsados por IA para brindar atención al cliente durante todo el día. Estos chatbots pueden responder preguntas frecuentes, resolver problemas comunes y proporcionar información relevante de manera rápida y eficiente.
  - **Medicina y diagnóstico:** La IA se aplica en la medicina para ayudar en el diagnóstico de enfermedades y la detección temprana. Los sistemas de IA pueden analizar grandes volúmenes de datos médicos, como imágenes de resonancia magnética o resultados de análisis de laboratorio, para identificar patrones y ayudar a los médicos a tomar decisiones más informadas.
  - **Finanzas y trading:** En el sector financiero, la IA se utiliza para el análisis de datos financieros, la detección de fraudes, el pronóstico de mercado y el trading automatizado. Los algoritmos de IA pueden analizar el flujo masivo de datos financieros y tomar decisiones rápidas y precisas.
  - **Traducción automática:** Los sistemas de traducción automática, como Google Translate, utilizan técnicas de IA para procesar y traducir texto en diferentes idiomas. Estos sistemas continúan mejorando a medida que aprenden a través de grandes volúmenes de datos multilingües.
- Optimización de la cadena de suministro: La IA se utiliza para mejorar la planificación y la gestión de la cadena de suministro en sectores como la logística y el comercio electrónico. Los algoritmos de IA pueden analizar patrones de demanda, optimizar rutas de envío, predecir inventarios y mejorar la eficiencia operativa.

## CAPÍTULO 5.

### El guante.

#### 5.1. Generalidades.

En el presente capítulo se describe el material y tipo de guante utilizado en el prototipo para garantizar ajuste, comodidad y buenas medidas. Con una breve descripción de las condiciones de durabilidad, manejo, comodidad, movimiento de los dedos y peso, y condiciones para un funcionamiento óptimo.

##### 5.1.1. Guante de acrílico y elastano.

Es un guante suave, ligero y lavable hecho con elastano para una máxima elasticidad y durabilidad.

Las articulaciones de los dedos proporcionan una vida útil más larga del guante.



**Figura 8. Guante de acrílico y elastano.**

##### 5.1.2. Guante de nitrilo.

El guante es muy utilizado porque el nitrilo es una fibra sintética con propiedades muy similares al látex y tiene la ventaja de no provocar reacciones alérgicas.

El nitrilo es muy resistente a los productos químicos y puede soportar algunos cortes y a la perforación.

Es un guante suave, ligero y lavable hecho con elastano para una máxima elasticidad y durabilidad.



**Figura 9. Guante térmico de poliéster y nylon.**

## CAPÍTULO 6.

### Fundamentos electrónicos.

#### 6.1. TIPOS DE DISPOSITIVOS ELECTRICOS.

##### 6.1.1. Microcontroladores.

Un microcontrolador es un circuito integrado digital programable, que tiene la capacidad de ejecutar instrucciones almacenadas en su memoria interna. Está compuesto de varios bloques funcionales, cada uno cumplen con una tarea específica. Están compuestas por las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento (CPU), memoria (ROM/RAM) y periféricos de entrada/salida.

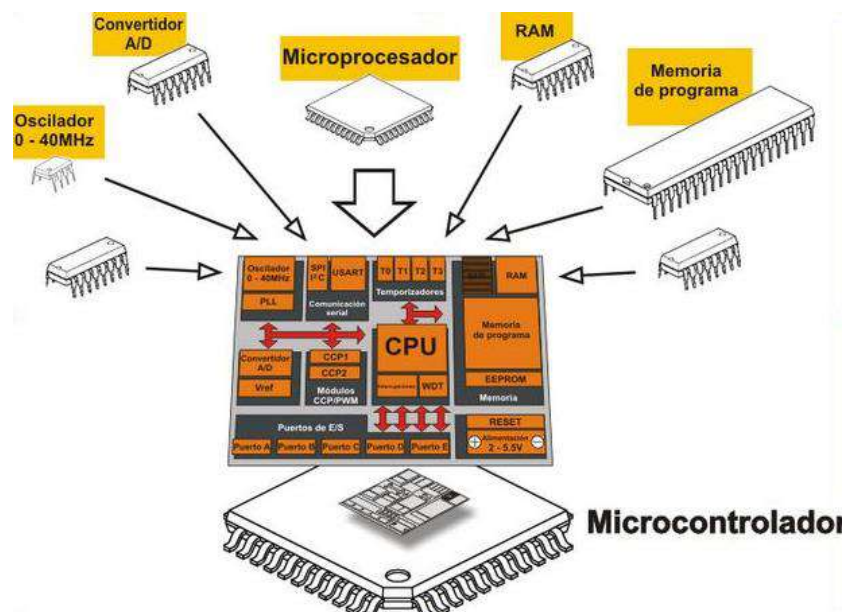


Figura 10. Componentes de un microcontrolador.

##### 6.1.2. Arduino.

El sistema microcontrolador es una placa única y de código abierto, diseñado de tal forma que sea accesible, y sencilla de utilizar. Fue desarrollado inicialmente

para facilitar la incorporación en el uso de la electrónica en diseños artísticos e interactivos y la aplicación de esta por personas sin experiencia.

Se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos, que pueden funcionar de forma autónoma, sin necesidad de estar conectados a un ordenador, o puede conectarse con otro software que se esté ejecutando en un ordenador, como por ejemplo Flash, Processing, Max/MSP, LabView, MatLab, entre otros.

Arduino tiene la capacidad de recopilar información del entorno a través de sensores conectados a sus entradas analógicas y digitales, además, puede controlar diversos dispositivos como luces, motores y otros actuadores directamente o partir de las señales de control generadas en sus salidas. Existen modelos de Arduino específicos desarrollados para facilitar llevar tecnología puesta (weareables), o en la ropa, e-textiles. Puede comunicarse con otras placas Arduino y con otros sistemas, mediante Wifi, Ethernet, Bluetooth, etc., esto permite también la interacción a distancia y el Internet de las cosas (IoT). En el ámbito de la educación, Arduino posee un uso amplio como en la robótica, la adquisición de datos, los diseños interactivos, etc., la sencillez de uso de esta plataforma permite a personas no expertas en electrónica, utilizar en sus creaciones dispositivos electrónicos y controlarlos. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación. [14]

### **6.1.3. Hardware del Arduino.**

En el mercado existen una amplia gama de placas de Arduino de los cuales constan de microcontrolador AVR Atmel de 8 bits (ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, ATmega2560), estos microcontroladores constan de diversas cantidades de memoria flash, pines y funciones, que varían de acuerdo al modelo. Las placas utilizan pines/cabezales hembra de una o dos hileras que facilitan las conexiones e incorporación en otros circuitos.

Las placas Arduino pueden conectarse con módulos externos denominados shields (escudos, por su traducción al español), dichos shields aumentan las características técnicas de la placa Arduino para su uso, estos poseen circuitos específicos que añaden una o más funcionalidades extras a la placa Arduino. La

mayoría de estos shields se conectan a través de un bus serie I<sup>2</sup>C, aunque existen también aquellas que emplean conexión mediante el bus UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, por su traducción al español Transmisor-Receptor Asíncrono Universal), así como con el bus SPI (Serial Peripheral Interface, por su traducción al español Interfaz Periférica Serial).

La mayoría de las placas incluyen un regulador lineal de 5 V y un oscilador de cristal de 16 MHz, o un resonador de cerámica según sea el caso. Algunos diseños, como el LilyPad, funcionan a 8 MHz y prescinden del regulador de voltaje a bordo debido a restricciones de factor/tamaño de forma específicas.

[14]

A continuación, se presentan un resumen de las características principales de Arduino uno:

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega328</b>
<b>Voltaje de funcionamiento</b>	5V
<b>Alimentación</b>	7-12V
<b>Voltaje máximo de entrada</b>	20V
<b>Pines digitales I/O</b>	14 (6 con salida PWM)
<b>Pines de entrada analógica</b>	6
<b>Corriente DC por I/O Pin</b>	40 mA
<b>Corriente DC para el pin 3.3V</b>	50 mA
<b>Memoria Flash</b>	32 KB
<b>SRAM</b>	2 KB
<b>EEPROM</b>	1 KB
<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz

**Tabla 2. Característica de los componentes de Arduino uno.**

#### 6.1.4. Aplicaciones de Arduino.

- Xoscillo: Osciloscopio de código abierto.
- Equipo científico para investigaciones.
- Arduinome: Un dispositivo controlador MIDI.
- OBDuino: un económetro que usa una interfaz de diagnóstico a bordo

- que se halla en los automóviles modernos.
- SCA-ino: Sistema de cómputo automotriz capaz de monitorear
- sensores como el TPS, el MAP y el O2S y controlar actuadores
- automotrices como la bobina de ignición, la válvula IAC y aceleradores
- electrónicos.
- The Humane PC: equipo que usa un módulo Arduino para emular un
- computador personal, con un monitor de televisión y un teclado para
- computadora.
- Ardupilot: software y hardware de aeronaves no tripuladas.
- Máquinas de control numérico por computadora (CNC).
- Impresoras 3D. [14]

#### **6.1.5. Sistema de comunicación inalámbrica.**

Actualmente vivimos una revolución tecnológica en las comunicaciones inalámbricas, similar a la revolución que se produjo en la era de la electricidad, la televisión, la informática o la propia comunicación por cable, que supuso nuevos modelos de negocio. La movilidad es una de sus mayores ventajas, ya que no requiere cables a la red ni entradas fijas de telecomunicaciones. Esto contribuye a su rápida expansión. La comunicación inalámbrica, o comunicación a larga distancia, se basa en el uso de ondas electromagnéticas para enviar un conjunto de datos de un punto a otro (emisor y receptor) sin que un agente o dispositivo conecte físicamente los dos puntos. Esta forma de comunicación se logra principalmente mediante programación utilizando dispositivos como antenas, etc. [15]

Las redes inalámbricas ofrecen muchas ventajas y desventajas, que son fundamentales considerar al momento de su implementación:

- Amplia libertad de movimientos para los usuarios, permitiendo una
- mayor flexibilidad en el desplazamiento dentro del área de cobertura.
- Facilidad para reubicar las estaciones de trabajo, ya que no se
- requiere establecer cableado fijo.

- Instalación más rápida que las redes cableadas, lo que agiliza la puesta en marcha del sistema.
- Menores costos, al no necesitar gastos en cables, lo que resulta en un ahorro económico.
- Cobertura en puntos de difícil conexión mediante cables, lo que facilita la comunicación en áreas remotas o de difícil acceso.
- Permite expandir redes locales cableadas, brindando mayor flexibilidad para crecimiento futuro.
- Fácil expansión o reducción de usuarios en la red mediante la adición o eliminación de módulos, lo que ofrece una gestión más sencilla de la infraestructura.
- Desventajas:
  - Las redes inalámbricas por infrarrojo requieren una alineación precisa y su señal puede ser bloqueada por obstáculos como paredes o árboles.
  - Aún no hay estudios concluyentes sobre la posible peligrosidad de las radiaciones utilizadas en las redes inalámbricas, lo que genera preocupación en algunos usuarios.
  - Mayor vulnerabilidad en términos de seguridad, ya que cualquier persona dentro del alcance de la señal puede intentar acceder a la red inalámbrica.
  - Presentan un ancho de banda menor en comparación con las redes cableadas, lo que puede afectar la velocidad de transferencia de datos. [15]

#### **6.1.6. WIFI.**

Es una tecnología que permite la posibilidad de realizar una interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos. Los teléfonos, las computadoras personales, televisores, consolas de videojuegos, etc. Pueden interconectarse entre sí o a internet a través de un punto de acceso las redes inalámbricas de área local.

Actualmente, La tecnología Wi-Fi tiene algunas desventajas, como la seguridad del usuario, al ser una red abierta totalmente accesible a terceros, lo que pone en riesgo la información que circula por ella. Por otro lado, la sobrecarga de usuarios satura las frecuencias de radio, afectando las conexiones de larga distancia.

Para mejorar el rendimiento de una red WIFI, se pueden instalar antenas externas.

El modulo ofrece una solución rápida para evitar el uso de una red LAN. [16]

#### **6.1.7. Modulo Bluetooth.**

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que permite la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos a través de un enlace de radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre estos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Se denomina Bluetooth para un protocolo de comunicación diseñado específicamente para dispositivos de bajo consumo que requieren intervalos de transmisión cortos y se basan en transceptores de bajo costo. Con el tiempo, aparecieron módulos de este tipo, porque sabemos que son compatibles con el protocolo Bluetooth V4.0 o Low Energy al alcance de todos los bolsillos y los fabricantes chinos han empezado a suministrarlos de forma accesible, tales como los modelos HC-08 y HC-10.

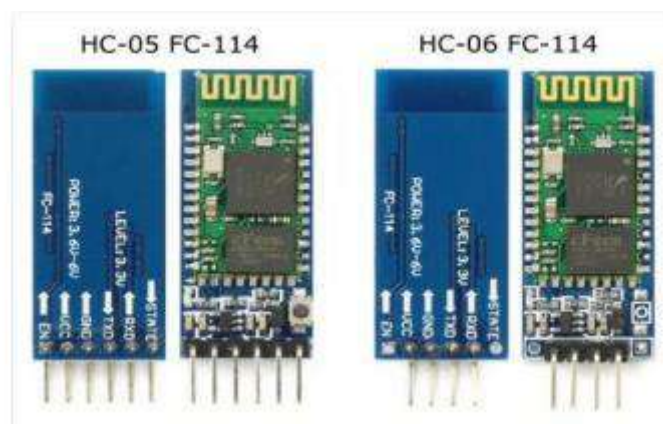
El nuevo Bluetooth 4.0 es un nuevo protocolo cuyo objetivo es reducir al máximo el consumo energético de los dispositivos que lo utilizan, y especialmente de la propia comunicación, que tradicionalmente ha consumido bastante.. Se le suele llamar también BLE por Bluetooth Low Energy, o simplemente Bluetooth LE. [16] Mejora bastante el consumo previo, pero la distancia también disminuye.

## 6.1.8. Bluetooth con Arduino.

### 6.1.8.1. Bluetooth HC-05 y HC-06.

Los módulos bluetooth HC-05 y HC-06 son elementos que te permiten comunicar el microcontrolador por protocolos bluetooth con cualquier otro elemento que cuente con el mismo protocolo, desde un celular hasta un portátil o incluso otro módulo bluetooth conectado a otro microcontrolador.

Son muy económicos y están disponibles independientes o en modo SHIELD y para zocalo XBEE.



**Figura 11. Módulos bluetooth HC-05 Y HC-06.**

El módulo bluetooth es básicamente un nodo BT conectado a una interface serie, se puede conectar los pines RX y Tx a los equivalentes de Arduino en los pines 0 y 1 digitales, sin más que cruzarlos (BT Tx a Arduino Rx y BT Rx a Arduino Tx). El módulo HC-05, que puede configurarse tanto como Master que, como Slave, y que además dispone de bastante más parámetros de configuración y capacidades de interrogación.

Mientras que el HC-06 entra en modo de programación en cuanto lo enciendes y mientras no haya nadie conectado por Bluetooth, el HC-05 es ligeramente más complicado de colocar en modo comandos y requiere una cierta manera de arrancado, concretamente requiere que el pin KEY, (que no estaba conectado el caso del HC-06) esté en HIGH cuando encendemos el módulo.

## **6.2. Reconocimiento de voz y texto a voz.**

El reconocimiento de voz y el texto a voz son componentes importantes de inteligencia artificial utilizados en diversas aplicaciones, incluido el ecosistema de herramientas de Google. Google ofrece soluciones de reconocimiento de voz y texto a voz a través de servicios como Google Cloud Speech-to-Text y Google Cloud Text-to-Speech.

Google Cloud Speech-to-Text es un servicio de reconocimiento de voz que permite convertir el habla en texto escrito en tiempo real. Utiliza avanzados algoritmos de aprendizaje automático para transcribir el habla con alta precisión y velocidad. Este servicio es altamente escalable y puede funcionar en varios entornos, como aplicaciones móviles, dispositivos IoT y sistemas empresariales. Por otro lado, Google Cloud Text-to-Speech es un servicio de síntesis de voz que convierte el texto en habla natural y fluida. Utiliza tecnologías de procesamiento del lenguaje natural y aprendizaje automático para generar voces realistas y expresivas. Este servicio ofrece una amplia variedad de voces en diferentes idiomas y estilos, permitiendo una mayor personalización y adaptación a las necesidades específicas de cada aplicación.

Además de los servicios en la nube, Google también ha desarrollado aplicaciones y herramientas que utilizan la tecnología de reconocimiento de voz y texto a voz. Por ejemplo, el Asistente de Google, disponible en varios dispositivos, utiliza el reconocimiento de voz para entender y responder a los comandos de voz de los usuarios. También proporciona respuestas en formato de texto a voz para interactuar de manera más natural con los usuarios.

## **6.3. Sensor Flexible.**

Tienen la particularidad que al ser flexionados ocurre un cambio en la resistencia eléctrica entre sus terminales. Son transductores pasivos, lo que significa que requieren excitación o polarización para convertir un tipo de energía en otro. Estos tipos de sensores se utilizan en diversas aplicaciones, como interfaz de computadora, rehabilitación, control de servomotores, sistemas de seguridad,

interfaz de música, control de intensidad y siempre que el consumidor necesite cambiar la resistencia durante la flexión.

### **6.3.1. Tipos de sensor flexible.**

Estos sensores se clasifican en dos tipos según su tamaño, a saber, sensor flexible de 2,2 pulgadas y sensor flexible de 4,5 pulgadas. El tamaño, así como la resistencia de estos sensores, es diferente excepto el principio de funcionamiento.

#### **6.3.1.1. Especificaciones y características.**

- El voltaje de funcionamiento de este sensor varía de 0 V a 5 V.
- Puede funcionar con bajo voltaje.
- La potencia nominal es de 1 vatio para pico y 0,5 vatio para continuo.
- La temperatura de funcionamiento varía de  $-45^{\circ}\text{C}$  a  $+80^{\circ}\text{C}$ .
- La resistencia plana es de  $25\text{ K } \Omega$ .
- La tolerancia de resistencia será de  $\pm 30\%$ .
- El rango de resistencia a la flexión variará de 45 K a 125 K ohmios.

### **6.4. Sistema Android.**

Android es un sistema operativo versátil diseñado originalmente para dispositivos móviles, pero que actualmente se encuentra presente en una amplia gama de aparatos, desde teléfonos y tabletas hasta ordenadores, televisores, cámaras y más. Incluso se ha adaptado a dispositivos poco convencionales, como microondas y lavadoras.

Este sistema operativo brinda la capacidad de desarrollar aplicaciones mediante una variante de Java denominada Dalvik. Proporciona todas las interfaces esenciales para crear de manera sencilla aplicaciones que aprovechan las funcionalidades del dispositivo, como GPS, llamadas y la agenda, a través del lenguaje de programación Java.

Estas aplicaciones expanden las capacidades de los dispositivos y enriquecen la experiencia del usuario, contribuyendo a la popularidad y diversidad de Android en el mundo tecnológico.

Este tipo de aplicaciones permiten al usuario efectuar un variado conjunto de tareas

- Profesional, de ocio, educativas, de acceso a servicios, etc
- Facilitando las gestiones o actividades a desarrollar [17].

#### **6.4.1. MIT App Inventor.**

App Inventor es una plataforma de desarrollo de software creado por Google Labs para la creación y elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Se trata de un entorno de programación visual e intuitiva que permite desarrollar aplicaciones móviles completamente funcionales de manera muy sencilla. Funciona con un lenguaje de programación basada en bloques, que facilita la creación de aplicaciones complejas en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales.

Aunque las aplicaciones creadas con App Inventor cuentan con ciertas limitadas en cuanto a su simplicidad, son capaces de cubrir una amplia gama de necesidades básicas en dispositivos móviles. Su simplicidad de uso facilita la creación de aplicaciones móviles y mediante la plataforma de Google Play es posibles la difusión de dichos proyectos libremente. [17].



**Figura 12. MIT App Inventor.**

### **3. RESUMEN EJECUTIVO.**

#### **CAPITULO 7.**

##### **7.1. Descripción del trabajo.**

El presente proyecto de fin de grado consistió en el diseño y construcción de un guante electrónico traductor de lengua de señas a voz, con sensores de flexibles que traducen letras del abecedario del lenguaje de señas a través de la inteligencia artificial utilizando un reconocimiento de voz y conversor de texto a voz speech to text mediante Google. Con el desarrollo de la aplicación se puede escuchar y visualizar las letras en un celular, la cual consta de un soporte Bluetoothwifi, para correcto establecimiento de comunicación, proporcionando los diversos métodos, pasos y técnicas a llevar acabo para su desarrollo. A la vez la voz del interlocutor podrá convertir en texto que será visualizado en el celular del guante mediante la tecnología Bluetooth.

Se presenta el costo del diseño, fabricación e implementación del prototipo del guante electrónico.

##### **7.2. Métodos y técnicas utilizadas.**

Teniendo en cuenta los objetivos trazados y características del proyecto, se clasifica la investigación como aplicada. El objetivo principal es diseñar un guante electrónico para traducir lenguaje de señas a texto o a voz artificial, a su vez ofrece la posibilidad de una conversación mediante comunicación blueetooth. El enfoque de este proyecto es utilizar la tecnología para mejorar la comunicación con las personas, garantizando que sea práctica, segura y accesible.

Para recolectar datos, se utilizará la lista de chequeo de archivos de ASORCO (Asociación de Sordos) sede Coronel Oviedo, que proporciona información sobre las dificultades y requerimientos de las personas con discapacidad que podrían utilizar el guante electrónico. Además, se recopilará a través de libros, paper, artículos web y guías proporcionadas por el tutor.

Se llevarán a cabo las siguientes fases metodológicas para lograr los objetivos establecidos en este proyecto de fin de grado:

- **Fase I: Relevamiento de Datos.**

En esta fase, se llevó a cabo un exhaustivo análisis de las dificultades y limitaciones que enfrentan los sordos. Además, se examinaron los requisitos fundamentales que las personas con discapacidad que podrían utilizar el guante electrónico, deben cumplir. Para lograr esto, se recurrió al ASORCO para obtener información relevante y se consultó al presidente y asesor sobre el desenvolvimiento de las personas con hipoacusia y cófosis discapacidad auditiva total con el uso del lenguaje de señas.

Sin embargo, el aspecto más importante fue la interacción directa con el asesor y las personas con deficiencia auditiva, ya que su perspectiva permitió comprender las limitaciones y alcances que debería abordar.

- **Fase II: Selección del material del guante.**

En esta fase se realizó la selección del material de guante adecuado para que el usuario pueda aprovechar el prototipo para que no cause dificultad al momento de realizar las señas. Se tuvo en cuenta la calidad y la adaptabilidad a las exigencias que presentaron los usuarios.

- **Fase III: Selección de dispositivos electrónicos.**

Se seleccionó dispositivos electrónicos para la comunicación entre la aplicación del sistema operativo Android y el controlador, así también se realizaron distintos cálculos del sensor flexible, tipo de batería, para asegurar que el sistema traductor y propulsión del guante sea eficiente.

- **Fase IV: Diseño y elaboración del software para el controlador y la aplicación de celular para traducir el lenguaje de señas a voz artificial para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje.**

Se procedió a efectuar el diseño y posterior elaboración de los programas para el controlador utilizando el lenguaje de programación Arduino basado en el lenguaje IDE del Arduino., como así también, el lenguaje de programación para aplicación de celular utilizando MIT App Inventor.

Con estas programaciones se logró la comunicar del controlador del guante electrónico con la aplicación celular por medio Sistema de Comunicación Inalámbrica vía Bluetooth el cual transmite todas las señales recibidas a un reconocimiento de voz y conversor de texto a voz speech to text mediante Google visualizado en celular.

- **Fase V: Construcción y realización de pruebas del prototipo.**

En esta etapa se realizó las pruebas de funcionamiento de desarrollo del hardware o la parte física del prototipo. En esta parte se montó el guante electrónico con todos sus componentes seleccionados y software o programas desarrollados en las fases anteriores. Las pruebas se realizaron con la ayuda de dos personas que posee discapacidad auditiva que maneja el lenguaje de señas, para con ello hicimos los ajustes, correcciones para poder llegar al prototipo final.

- **Fase VI: Elaboración del presupuesto.**

Durante el desarrollo de esta etapa, se llevó a cabo la elaboración del presupuesto para la construcción del prototipo de un guante electrónico diseñado, se evaluaron detalladamente los costos asociados a los elementos requeridos para su construcción, incluyendo materiales, componentes electrónicos, sistemas mecánicos y cualquier otro componente necesario.

Estimar el costo preciso y realista permitió apreciar los recursos financieros requeridos para llevar a cabo este proyecto de fin de grado.

### **7.3. Justificación.**

Hoy en día la tecnología ha crecido cuantiosamente obteniendo grandes escalas en la rama de la electrónica ayudando a mejorar la calidad de vida de la sociedad. Por ello el presente proyecto está dirigido al diseño y construcción de un guante electrónico para la interpretación y traducción de lenguaje de señas a voz artificial con un dispositivo de comunicación inalámbrica para personas con discapacidad auditiva, a su vez con el desarrollo de este guante electrónico serán reducidas las dificultades de las personas discapacitadas.

La situación de los discapacitados es de gran impacto en nuestra sociedad y en especial de las personas que pierden la audición ya sea por algún tipo de accidentes, enfermedades o audición profunda desde el nacimiento estos presentan grandes desventajas es la hora de comunicación y las limitaciones para acceder a diversos servicios provocan efectos negativos importantes en la vida cotidiana de éstas personas.

A través de este proyecto de fin de grado se buscará aportar una solución viable, implementando un prototipo de un guante electrónico que sea de fácil manejo, practico, fiable de asistencia para las personas con discapacidad auditiva y de lenguaje que permitirá mejorar su comunicación, desenvolvimiento e inclusión en diferentes sectores como el educativo, social y laboral.

Se beneficiarán las personas discapacitadas mejorando su calidad de vida, de los familiares y el entorno social, enfocado a establecer una comunicación entre una persona con discapacidad auditiva y con el resto de la sociedad.

### **7.4. Finalidad del proyecto.**

El propósito fundamental del proyecto final de grado es brindar una nueva forma de perspectiva al avance, oportunidad y manejo de la persona con deficiencia auditiva en su entorno cotidiano y en la sociedad, proporcionando una solución confiable y tecnológica. Sobre todo, que el usuario se sienta seguro y confiable mientras mantiene una comunicación segura.

## **7.5. Metas.**

El proyecto de fin de grado tiene como meta principal el diseño y desarrollo de un guante electrónico para traducir el lenguaje de señas a voz artificial con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas con limitaciones de pérdida de audición. Además, se busca garantizar la accesibilidad económica del producto utilizando materiales locales y facilitando su mantenimiento y adaptación.

## **7.6. Objetivos.**

### **7.6.1. Objetivo general.**

Propuesta de guante prototipo electrónico para traducción de lenguaje de señas a voz artificial en tiempo real con un dispositivo de comunicación inalámbrica para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje.

### **7.6.2. Objetivos específicos.**

- Recolectar los datos relacionados con las dificultades y requerimientos específicos de las personas con discapacidad que podrían utilizar el lenguaje de señas y métodos para su traducción de las personas con hipoacusia y discapacidad auditiva total
- Identificar y seleccionar el tipo de material de guante y los dispositivos electrónicos apropiados que permitan la traducción de lenguaje de señas a voz artificial.
- Desarrollar el guante electrónico de traducción de lenguaje de señas a voz artificial implementando cada uno de los componentes electrónicos requeridos.
- Realizar las pruebas necesarias del prototipo para mejorar el funcionamiento y corregir las fallas detectadas durante este proceso.
- Elaboración el presupuesto del prototipo diseñado.

### **7.7. Beneficiarios**

Los beneficiarios directos de este proyecto de fin de grado son las personas con discapacidad que presentar limitaciones en la pérdida audición. El dispositivo les brindara una solución tecnológica confiable y segura aportando así a su desarrollo personal, social y profesional.

### **7.8. Producto.**

El producto de este trabajo es un prototipo para personas con discapacidad auditiva que permitirá establecer una solución factible a las demandas establecidas en un mercado poco conocido.

### **7.9. Localización física y cobertura espacial.**

El proyecto se desarrolla en la ciudad de Coronel Oviedo ubicado en el quinto departamento Caaguazú.

### **7.10. Especificaciones de actividades y tareas realizadas**

- Relevamiento de datos de las Personas Invidentes.
- Revisión bibliográfica sobre los Prototipos de Guantes electrónicos existentes en el mercado.
- Relevamiento de los materiales y componentes disponibles en la región
- para la fabricación del prototipo.
- Revisión bibliográfica de los distintos tipos de microcontroladores y
- software utilizado en la creación de aplicaciones móviles.
- Selección de los microcontroladores a utilizar en el prototipo.
- Familiarización con los lenguajes de programación del App Inventor
- (MIT) y Arduino.
- Revisión técnica del diseño de la arquitectura del prototipo a implementar.
- Construcción y realización de pruebas de funcionamiento del prototipo.
- Elaboración del presupuesto para la construcción del prototipo.

### 7.11. Factibilidad técnica.

La factibilidad técnica del diseño y desarrollo del prototipo de guante electrónico, esto se debe a que está respaldada por avances tecnológicos, disponibilidad de materiales y herramientas de diseño que ayudan a disminuir los costos de manera a que llegue a la mayor cantidad de personas con limitaciones de pérdida de audición de este prototipo. La clave para el éxito de este proyecto es la revisión exhaustiva de las necesidades de los usuarios y el uso de tecnologías adecuadas garantizarán un producto eficiente, seguro y de muy buena calidad.

### 7.12. Factibilidad económica.

PRESUPUESTO		
ITEM	Descripción	PRECIO
1	Arduino UNO	¢100.000
2	Modulo BLUETOOTH HC-05	¢60.000
3	Módulo de expansión para Arduino NANO	¢80.000
4	5 Sensor Flexible	¢920.000
5	Placa tipo Protoboard	¢25.000
6	4 Pilas recargables	¢ 100.000
7	Celular	¢400.000
8	Guante	¢20.000
9	Cable jumper (Macho-Hembra)(Hembra-Hembra)(Macho-Macho)	¢90.000
10	5 Resistencias $\Omega$	¢8.000
11	3m Estaño	¢7.000
13	Caja 20x15cm	¢25.000
14	Pintura	¢25.000
15	Interruptor	¢10.000
16	Cargador de pilas	80.000
<b>TOTAL</b>		<b>¢ 1.950.000</b>

**Tabla 3. Lista de materiales y costo de mano de obra.**

El presupuesto necesario para la elaboración del proyecto de fin de grado es de un total de ¢ 1.950.000, con esto se verifica que el prototipo tiene un costo inferior a los productos similares que se pueden encontrar en el mercado local e internacional.

## 4. INGENIERÍA DE DISEÑO.

### CAPÍTULO 8.

#### 8.1. RELEVAMIENTO Y RECOLECCION DE DATOS.

##### 8.1.1. Estudio de la comunicación.

La comunicación para una persona con discapacidad auditiva quienes depende de lenguaje de señas que posee una estructura propia caracterizada por aspectos de naturaleza viso-gestuales que evidencian un apalabramiento particular para comunicarse con las personas, presenta una serie de desafíos y una amplia cantidad de obstáculos que debe superar al no poder ser entendido por otras personas que no sufren la misma discapacidad.

Estas personas enfrentan múltiples dificultades al intentar moverse fuera de sus hogares, ya sea por las calles de la ciudad o en predios públicos o privados en donde las normas de accesibilidad para las personas con discapacidad no se tuvieron en consideración.

##### 8.1.2. Barreras de Comunicación.

En esta sección se presentan algunos de los numerosos obstáculos existentes en la comunicación de una persona con discapacidad que utiliza la lengua de señas como medio de comunicarse.

- La ausencia de intérprete de lengua de señas en las distintas esferas de la vida pública y privada.
- La falta de subtítulos en la televisión.
- La falta de localización de los acontecimientos.
- La ausencia de conexión con el entorno.

### **8.1.3. Identificación de los requerimientos.**

Los principales requerimientos de los posibles usuarios para la para implementación de este proyecto se han identificado en base a las entrevistas realizadas al presidente y asesor de la Asociación de Sordos Coronel Oviedo (ASORCO), como así también a pacientes que son posibles usuarios de este proyecto de fin de grado, a partir de estas consultas se han obtenido las siguientes recomendaciones:

- Hay más de 100 personas con deficiencia auditiva.
- El 20% declaro tener hipoacusia bilateral leve poca dificultad para escuchar y el 80% ha manifestado tener cofosis, lo que su percepción de sonidos es nula.
- Los usuarios han manifestado el gran esfuerzo que implica poder mantener una conversación con una persona que no conoce la lengua de señas.
- El guante electrónico traductor de lengua de señas a voz artificial debe contar con un diseño portable y de manejo fácil manejo.
- Les resultaría muy fácil usar un guante electrónico que pueda traducir la lengua de señas y entregue la traducción por voz
- Tienen mucho interés y entusiasmo en experimentar el guante electrónico para mejorar la inclusión en el ámbito educativo, social y laboral.

Después de considerar los fundamentos teóricos y entrevistas realizadas se determinó las funcionalidades que deben tener el guante electrónico.

- El guante debe convertir las lenguas de señas a texto o voz artificial.
- Sensor flex que realiza todas las funciones de poder medir la flexión generada por los dedos.
- Un segundo sensor para poder convertir las lenguas de señas a texto o a voz artificial.
- Dos sistemas de comunicación de texto y de voz.

- La aplicación móvil debe contar con una interfaz intuitiva y completa para el manejo del sistema de comunicación bidireccional.
- El circuito o hardware pequeño y de menor costo.
- Un microcontrolador económico existente en el mercado con las entradas y salidas suficientes para el manejo de los sensores y los sistemas de comunicación.

## **8.2. SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL GUANTE.**

El material y tipo de guante a ser utilizado en este proyecto es muy importante, porque de su ergonomía depende la adaptación, comodidad y buena medición de los sensores dependen de la ergonomía del mismo.

Algunas pruebas se realizaron midiendo ciertos criterios de manera cualitativa con los siguientes tipos de guantes.

- Guante de acrílico y elastano.
- Guante de nitrilo.

Cada uno de los sensores de flexión fue adherido utilizando hilo para costura en las partes correspondientes de los dedos del guante, de tal manera que se puede percibir la comodidad y molestias al manipular el prototipo.

### **8.2.1. Guante de acrílico y elastano.**

El material es muy cómodo y duradero. La movilidad es buena y como un guante flexible se adapta a la mano y a cada dedo. No existe problemas en realizar movimientos. La mayor desventaja es que es un guante que se puede romper con facilidad si no se cuida bien. En la siguiente figura se muestran las pruebas realizadas con este prototipo.



**Figura 13. Guante de acrílico y elastano.**

### **8.2.2. Guante de nitrilo.**

El material de nitrilo es cómodo y resistente. La movilidad tanto de la muñeca como de los dedos de la mano no provoca mucho daño. El guante permite que los sensores queden bien sujetos. Sin embargo, el guante no se ajusta completamente a los dedos, lo que deja ligeros espacios vacíos haciendo que la flexión de los sensores no sea la adecuada. En la Figura 6.2.2 se muestran las pruebas realizadas con este prototipo.

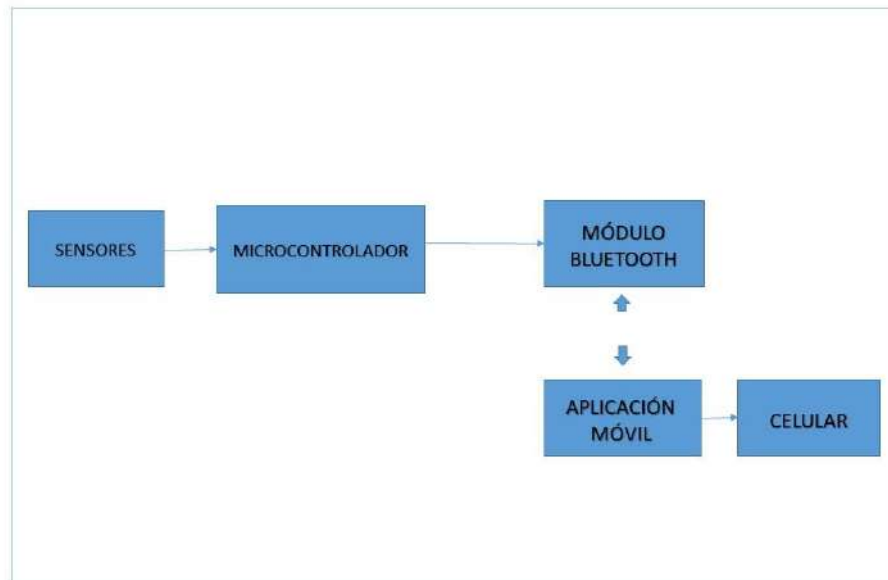


**Figura 14. Guante de nitrilo.**

Teniendo en cuenta las condiciones de resistencia, manipulación, comodidad, deslizamiento con los dedos y peso, se optó por escoger el guante acrílico y elastano por tener mejores características.

### 8.3. Selección de hardware y software.

A continuación, se puede observar la propuesta en diagrama de bloques el sistema electrónico y todos sus elementos con que deben contar el prototipo para lograr que el guante consiga traducir la lengua de señas.



**Figura 15. Diagrama de bloques del sistema electrónico.**

Seguidamente se presentan las razones por las cuales se eligieron los dispositivos mencionados en el diagrama de bloques y su respectivo software. Se seleccionan estos componentes debido a que son los que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto. Se consideraron las ventajas y el modo de funcionamiento de cada componente electrónico seleccionado para garantizar un sistema óptimo en el diseño final del prototipo.

#### 8.3.1. Arduino.

Arduino es una compañía especializada en el desarrollo de hardware y software de código abierto. Sus productos se basan en placas electrónicas que incorporan microcontroladores reprogramables capaces de detectar y controlar objetos del mundo real. La facilidad de conexión entre el microcontrolador y los actuadores

y sensores mediante cables dupont es un de las principales ventajas de este dispositivo.

Una de las fortalezas de Arduino es ser de código abierto, se puede construir una amplia variedad de proyectos y es compatible con múltiples plataformas informáticas, como Windows, Mac OS y Linux. Además, cuenta con una comunidad activa que genera una gran cantidad de documentación para satisfacer casi cualquier necesidad.

El lenguaje de programación de Arduino, basado en C++, es fácil de comprender y ofrece una entrada intuitiva para que los programadores aprovechen todo su potencial y lo adapten a cualquier situación. La placa Arduino tiene un costo accesible, su diseño permite un montaje y desmontaje sencillo de los componentes externos.

Dentro de la amplia gama de productos Arduino, se seleccionó el Arduino UNO y el Módulo de expansión para Arduino UNO para este proyecto debido a que cumple con los requisitos necesarios.

A continuación, se presenta las especificaciones técnicas de este:

**Tabla 4. Especificaciones técnicas del ARDUINO UNO.**

<b>Especificación técnica</b>	<b>Valor</b>
<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega328P</b>
<b>Voltaje de Operación</b>	<b>5V</b>
<b>Voltaje de Entrada</b>	<b>7-12V (recomendado), 6-20V (límite)</b>
<b>Pines Digitales</b>	<b>14 (6 PWM)</b>
<b>Pines Analógicos</b>	<b>6</b>
<b>Corriente por Pin</b>	<b>40 mA</b>
<b>Corriente Total del Microcontrolador</b>	<b>200 mA</b>
<b>Memoria Flash</b>	<b>32 KB (0.5 KB usado por bootloader)</b>
<b>Memoria SRAM</b>	<b>2 KB</b>
<b>Memoria EEPROM</b>	<b>1KB</b>
<b>Reloj de Operación (Clock)</b>	<b>16 MHz</b>
<b>Interfaces de Comunicación</b>	<b>UART, SPI, I2C, USB</b>
<b>Longitud y Ancho</b>	<b>68.6 mm x 53.4 mm</b>
<b>Peso</b>	<b>25 g</b>

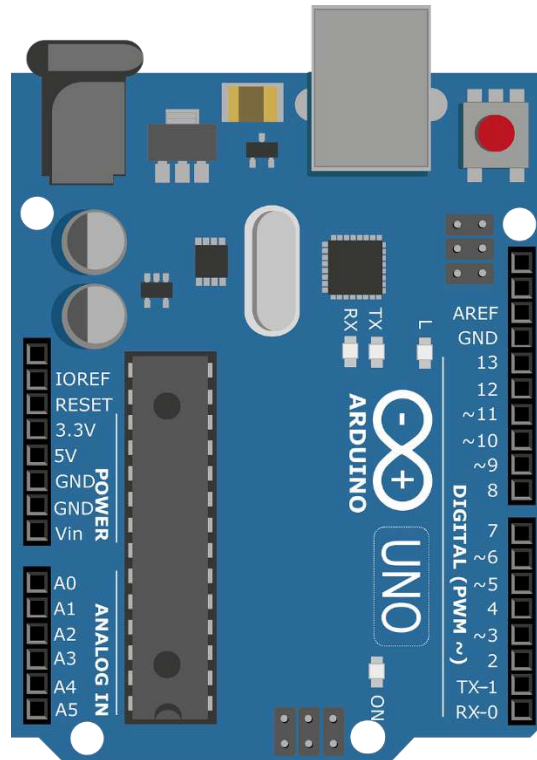
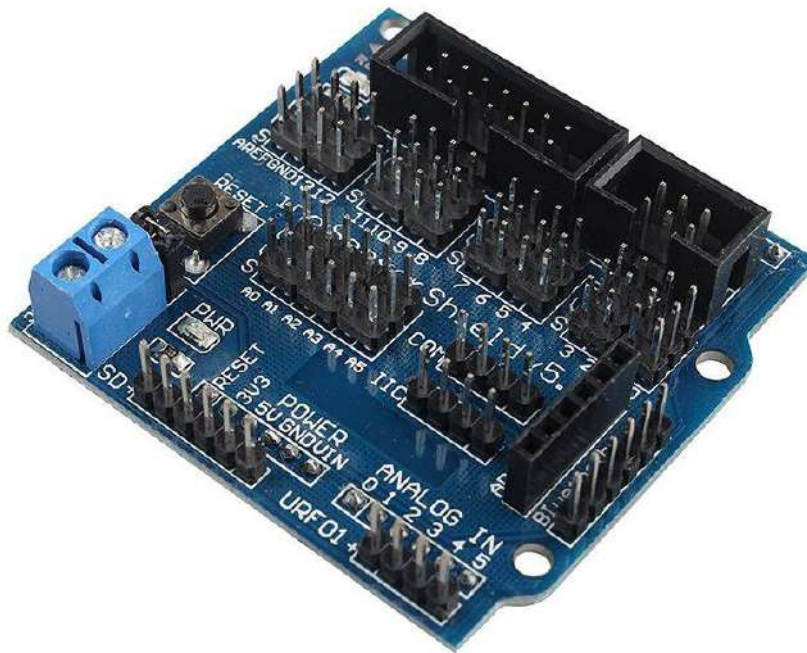


Figura 16.Arduino UNO.

Especificación técnica	Valor
Sensor shield	V5.0
Voltaje de operación	5V
Compatible	Arduino Uno, Due
Interface	14 Puertos I/O, 6 Puertos de entrada analógica, Puerto IIC, Puerto UART, Puerto para módulo bluetooth HC05 o HC06, Puerto para módulo SD card, Puerto para URF01+, Puerto 12864 para LCD (Serial y paralelo), Bornera para alimentación externa (servos)
LED Power y Led L	Pin 13
Pulsador Reset	

Tabla 5. Especificaciones técnicas de la Tarjeta de expansión para Arduino Uno.



**Figura 17. Tarjeta de expansión para Arduino Uno.**

### **8.3.2. Sensor Flexible.**

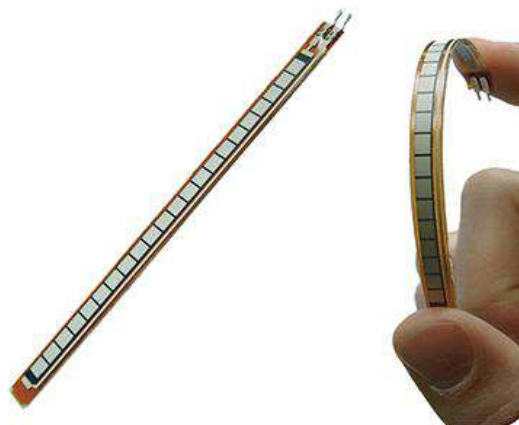
Uno de los componentes fundamentales para la implementación de este proyecto es el sensor flexible, el encargado principal de la orientación y seguridad en su comunicación.

Para los requerimientos del proyecto se optó por los sensores flexibles de 4.5” de longitud que son diseñados especialmente para la utilización en guante, debido a la estructura física y tamaño. Tienen una resistencia que varía cuando existe flexión, a medida que esto sucede la resistencia aumenta o disminuye gradualmente. Con este sensor se podrá medir la flexión generada por los dedos, esto permite que el voltaje generado se podrá obtener que tan flexionado están los dedos.

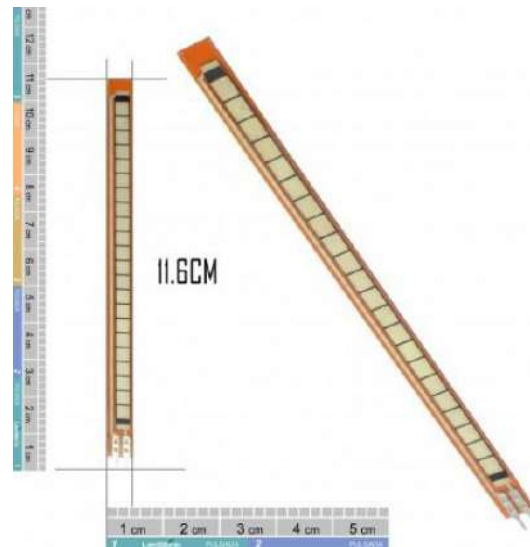
Además, el conector tiene un espaciado de 0.1 pulgadas por lo que se puede conectar directamente a una protoboard, por lo que se adaptan a las necesidades y requerimientos del proyecto.

Especificación técnica	Valor
Ciclo de vida	>1 millón
Altura	0,43 mm (0,017 ")
Rango de temperatura	-35°C a +80°C
Resistencia plana	10K ohmios
Tolerancia de resistencia	±30%
Rango de resistencia a la flexión	60K a 110K ohmios
Potencia nominal	0,50 vatios continuos. 1 vatio Cima
Resistencia nominal	Curva de 45° (mayor resistencia) Curva de 90° (la resistencia aumentó aún más)

**Tabla 6. Especificaciones técnicas del Sensor Flexible.**



**Figura 18. Sensor flexible.**



**Figura 19. Medida de sensor flexible.**

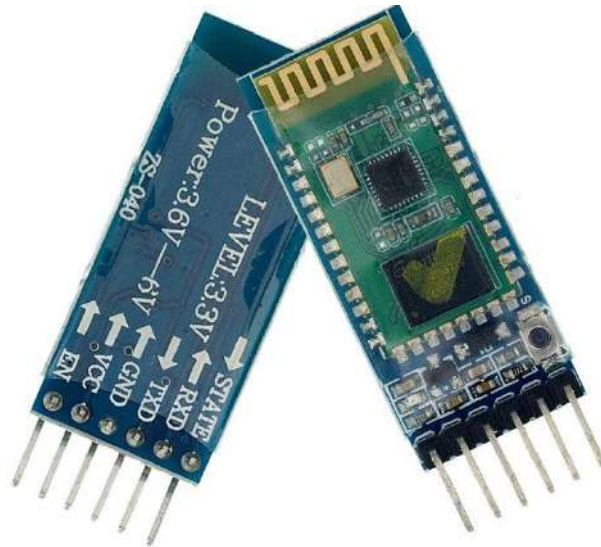
### 8.3.3. Módulo Bluetooth HC-05.

Las conexiones inalámbricas, debe adaptarse a las especificaciones del proyecto, el cual debe poseer una comunicación del prototipo con el usuario y el interlocutor.

Con el fin de establecer estas necesidades, se ha seleccionado un módulo bluetooth HC-05 debido a que puede operar como Maestro o Esclavo a los niveles de señal que admite que son 3.6 y 5 [V] lo que se ajusta al diseño del sistema electrónico.

Especificación técnica	Valor
Modo de operación	Maestro/esclavo
Voltaje de alimentación	3.6 a 5 V
Corriente de trabajo	50 mA
Versión	V2.0
Rango de alcance	10 m
Velocidad	1 Mbps

**Tabla 7. Especificaciones técnicas del módulo HC-05.**



**Figura 20. Modulo Bluetooth HC-05.**

#### **8.3.4. Alimentación del sistema.**

La alimentación del sistema debe adaptarse a las especificaciones del proyecto, el cual debe poseer la capacidad necesaria para suministrar energía de manera eficiente al sistema, logrando así desempeñar sus funciones correctamente.

Con el fin de satisfacer estas necesidades, se han seleccionado 4 pilas recargables que equivale a 6 voltios utilizado para suministrar corriente eléctrica. Este cargador es de uso general y se caracteriza por su duración. Además, es recargable, altamente eficientes debido a su ciclo de carga y descarga mejorado.



**Figura 21. Pilas utilizado en el proyecto.**

### **8.3.5. Conexionado.**

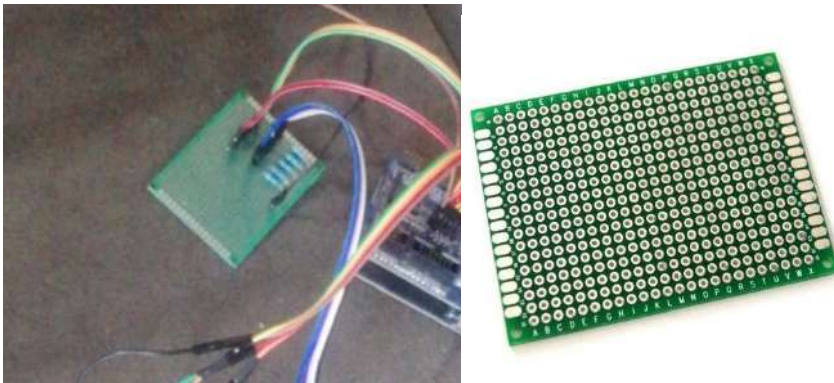
En lo posible se utilizarán cables jumper que son muy prácticos debido a que cuentan con sockets o pines en sus terminales, ya sea macho o hembra. Esto tipos de conectores facilita considerablemente el trabajo a la hora de hacer las conexiones, también son conocidos como cable dupont.



**Figura 22. Cables dupont.**

### 8.3.6. Placa tipo protoboard.

Es una esta placa de baquelita con cobre esta perforada tipo protoboard, resulta ideal para crear circuitos con soldadura, gracias a su diseño perforado ayuda a colocar los componentes de una manera más rápida y con acceso directo a sus pines.



**Figura 23. Placa protoboard.**

### 8.3.7. Materiales adicionales.

Aparte de los materiales seleccionados anteriormente, también se utilizaron materiales y herramientas fundamentales para la implementación del prototipo. Estos se presentan en el siguiente listado:

<b>Materiales</b>	<b>Características</b>
<b>Resistencias</b>	<b>Varios valores</b>
<b>Celular</b>	<b>32GB</b>
<b>Caja</b>	<b>1</b>
<b>Estaño</b>	<b>3m</b>
<b>Cargador de pilas</b>	<b>1</b>
<b>Porta pila</b>	<b>2</b>

**Tabla 8. Lista de materiales adicionales.**

## **8.4. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE SOFTWARE PARA EL CONTROLADOR Y LA APLICACIÓN.**

Para el desarrollo óptimo del prototipo es necesario un conjunto de componentes lógicos llamado software para hacer posible la realización de las tareas específicas de los componentes físicos o también llamados Hardware. Esta interacción entre software y hardware es lo que hace funcional y operativo al sistema de comunicación bidireccional del guante debido a que el software envía instrucciones que el hardware debe ejecutar.

Para programar el Arduino UNO para la traducción de lengua de señas del prototipo mediante los sensores flexible y la comunicación inalámbrica utilizando un módulo bluetooth para el envío de datos por medio del guante, hacia un celular el cual permitirá procesar los datos receptados mediante el desarrollo de una aplicación móvil, se requiere de un software compatible para ejecutar correctamente las instrucciones que debe cumplir el prototipo para satisfacer las necesidades del usuario.

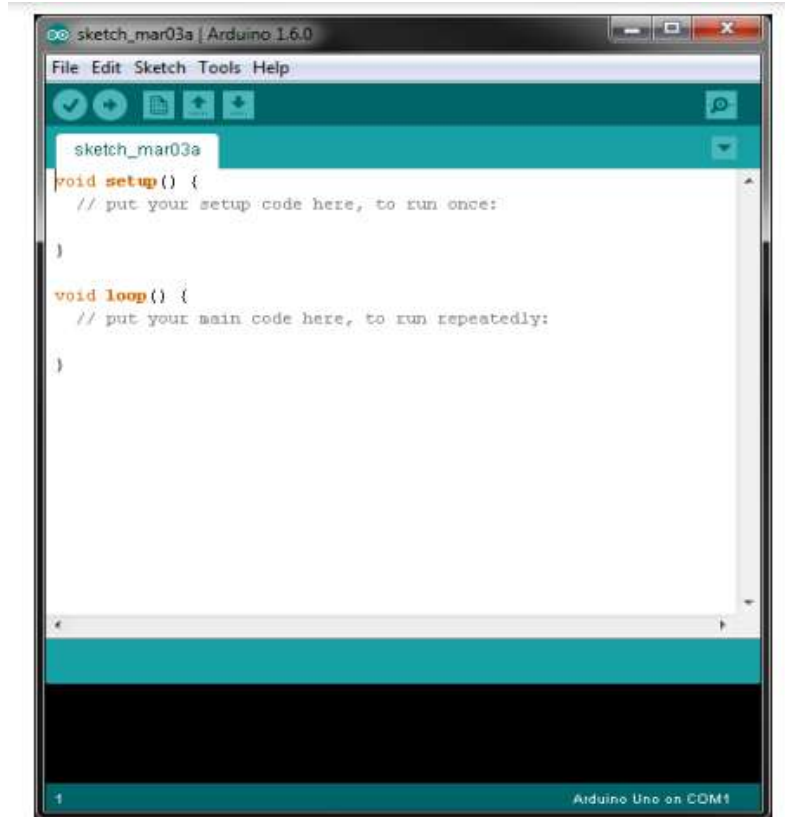
### **8.4.1. IDE de Arduino.**

En este proyecto se utilizó Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), es un conjunto de herramientas de software que está escrita en el lenguaje de programación Java, posee todos los soportes para el desarrollo de las programaciones de los microcontroladores. Además, es un software libre que se puede descargar de la página oficial de Arduino.

A continuación, se muestran los pasos para trabajar con Arduino:

- Descargar e instalar el entorno de desarrollo de Arduino.
- Conseguir una placa Arduino y el correspondiente cable USB.
- Conectar la tarjeta Arduino.
- Conectar un LED.
- Ejecutar el ambiente de desarrollo Arduino.
- Seleccionar el puerto serial de comunicación del controlador con la computadora.

- Subir el programa en la tarjeta de control.
- Mirar como pestañea el LED.



**Figura 24. Inicio de Arduino IDE.**

Con estos pasos seguidos correctamente ya se tiene la capacidad de realizar la programación del microprocesador.

### **8.5. Programación.**

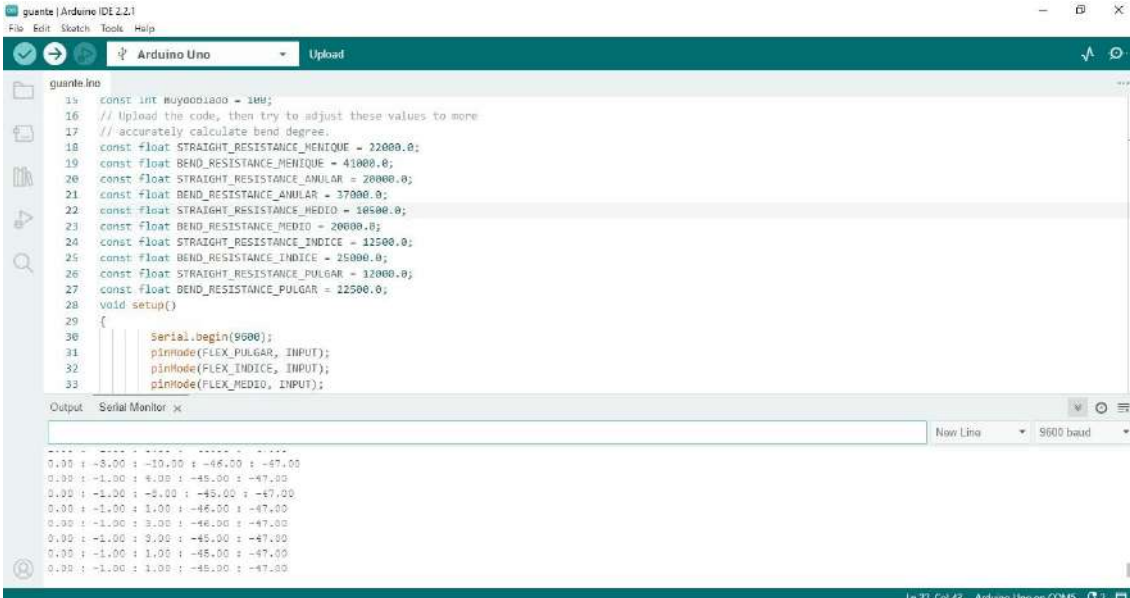
El programa desempeña un papel de gran importancia en el proyecto, debido a que es el que gestiona los datos y toma la decisión correspondiente para el funcionamiento del prototipo, para un buen desarrollo del programa se tienen que tener en cuenta todos los requerimientos del usuario para su mejor desplazamiento, que se obtuvo mediante las entrevistas, basados en estos requerimientos ideales se elaboran los códigos de programación para controlar todos los parámetros deseados y de esa forma lograr brindar una experiencia de

manejo acertada y confiable. Por lo tanto, la programación del microcontrolador Arduino se llevó a cabo utilizando el programa IDE Arduino versión 2.2.1, proporcionada por el mismo fabricante, la lógica de programación empleada es exclusiva de los autores de este trabajo.

### 8.5.1. Programación para el guante traductor de lenguaje de señas.

Para una mejor experiencia del usuario tiene que tener una comunicación bidireccional permitiéndoles a las personas con discapacidades auditivas o del habla comunicarse de manera más efectiva. Para interpretar los movimientos direccionales del sensor flexible con la placa ARDUINO UNO, se cargó el programa correspondiente y simplemente conectamos las salidas analógicas del sensor a entradas analógicas de la placa Arduino.

Para el código que se va a ejecutar se crean variables para almacenar las lecturas de los sensores flexibles, variables para los ángulos de flexión de los dedos y variables para las letras del alfabeto de la lengua de señas asociadas a los gestos.

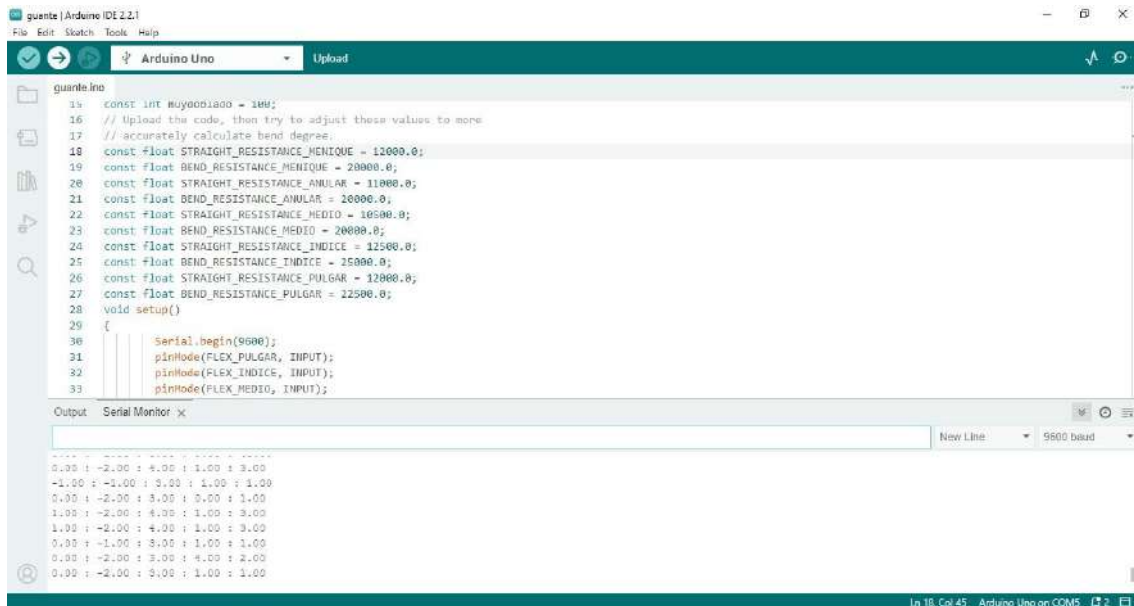


```
guante.ino
15: const int muyoscilado = 100;
16: // Upload the code, then try to adjust these values to more
17: // accurately calculate bend degree.
18: const float STRAIGHT_RESISTANCE_MEÑIQUE = 22000.0;
19: const float BEND_RESISTANCE_MEÑIQUE = 43000.0;
20: const float STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO = 20000.0;
21: const float BEND_RESISTANCE_MEDIO = 37000.0;
22: const float STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE = 16000.0;
23: const float BEND_RESISTANCE_INDICE = 20000.0;
24: const float STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR = 12500.0;
25: const float BEND_RESISTANCE_PULGAR = 25000.0;
26: const float STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR = 32000.0;
27: const float BEND_RESISTANCE_PULGAR = 12500.0;
28: void setup()
29: {
30:   Serial.begin(9600);
31:   pinMode(FLEX_PULGAR, INPUT);
32:   pinMode(FLEX_INDICE, INPUT);
33:   pinMode(FLEX_MEDIO, INPUT);
34:   pinMode(FLEX_MEÑIQUE, INPUT);
35:   pinMode(FLEX_PULGAR, INPUT);
36: }
37: void loop()
38: {
39:   int val1 = analogRead(A0);
40:   int val2 = analogRead(A1);
41:   int val3 = analogRead(A2);
42:   int val4 = analogRead(A3);
43:   int val5 = analogRead(A4);
44:   float ang1 = 0;
45:   float ang2 = 0;
46:   float ang3 = 0;
47:   float ang4 = 0;
48:   float ang5 = 0;
49:   if (val1 <= muyoscilado)
50:     ang1 = 0;
51:   else
52:     ang1 = 180 - ((val1 - STRAIGHT_RESISTANCE_MEÑIQUE) / (BEND_RESISTANCE_MEÑIQUE - STRAIGHT_RESISTANCE_MEÑIQUE)) * 180;
53:   if (val2 <= muyoscilado)
54:     ang2 = 0;
55:   else
56:     ang2 = 180 - ((val2 - STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO) / (BEND_RESISTANCE_MEDIO - STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO)) * 180;
57:   if (val3 <= muyoscilado)
58:     ang3 = 0;
59:   else
60:     ang3 = 180 - ((val3 - STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE) / (BEND_RESISTANCE_INDICE - STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE)) * 180;
61:   if (val4 <= muyoscilado)
62:     ang4 = 0;
63:   else
64:     ang4 = 180 - ((val4 - STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR) / (BEND_RESISTANCE_PULGAR - STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR)) * 180;
65:   if (val5 <= muyoscilado)
66:     ang5 = 0;
67:   else
68:     ang5 = 180 - ((val5 - STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR) / (BEND_RESISTANCE_PULGAR - STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR)) * 180;
69:   Serial.print(ang1);
70:   Serial.print(" ");
71:   Serial.print(ang2);
72:   Serial.print(" ");
73:   Serial.print(ang3);
74:   Serial.print(" ");
75:   Serial.print(ang4);
76:   Serial.print(" ");
77:   Serial.print(ang5);
78:   Serial.println();
79:   delay(100);
80: }
```

Output Serial Monitor x

```
0.00 : -8.00 : -10.00 : -46.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : 4.00 : -45.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : -5.00 : -45.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : 1.00 : -46.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : 3.00 : -46.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : 3.00 : -45.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : 1.00 : -46.00 : -47.00
0.00 : -1.00 : 1.00 : -45.00 : -47.00
```

**Figura 25. Ángulos de cada dedo, de izquierda a derecha. Pulgar, índice, medio, anular y meñique.**



```
guante.ino
15: const int MUYOORDIADO = 100;
16: // Upload the code, then try to adjust these values to more
17: // accurately calculate bend degree.
18: const float STRAIGHT_RESISTANCE_MENIQUE = 12000.0;
19: const float BEND_RESISTANCE_MENIQUE = 20000.0;
20: const float STRAIGHT_RESISTANCE_ANULAR = 11000.0;
21: const float BEND_RESISTANCE_ANULAR = 20000.0;
22: const float STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO = 16000.0;
23: const float BEND_RESISTANCE_MEDIO = 20000.0;
24: const float STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE = 12500.0;
25: const float BEND_RESISTANCE_INDICE = 15000.0;
26: const float STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR = 12000.0;
27: const float BEND_RESISTANCE_PULGAR = 12500.0;
28: void setup()
29: {
30:     Serial.begin(9600);
31:     pinMode(FLEX_PULGAR, INPUT);
32:     pinMode(FLEX_INDICE, INPUT);
33:     pinMode(FLEX_MEDIO, INPUT);
34: }
35: void loop()
36: {
37:     int flexPulgar = digitalRead(FLEX_PULGAR);
38:     int flexIndice = digitalRead(FLEX_INDICE);
39:     int flexMedio = digitalRead(FLEX_MEDIO);
40:     float anglePulgar = 0;
41:     float angleIndice = 0;
42:     float angleMedio = 0;
43:     if (flexPulgar == 1)
44:     {
45:         anglePulgar = (MUYOORDIADO * (BEND_RESISTANCE_PULGAR - STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR)) / (BEND_RESISTANCE_PULGAR - STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR);
46:     }
47:     if (flexIndice == 1)
48:     {
49:         angleIndice = (MUYOORDIADO * (BEND_RESISTANCE_INDICE - STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE)) / (BEND_RESISTANCE_INDICE - STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE);
50:     }
51:     if (flexMedio == 1)
52:     {
53:         angleMedio = (MUYOORDIADO * (BEND_RESISTANCE_MEDIO - STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO)) / (BEND_RESISTANCE_MEDIO - STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO);
54:     }
55:     Serial.print("Pulgar: ");
56:     Serial.print(anglePulgar);
57:     Serial.print(" Indice: ");
58:     Serial.print(angleIndice);
59:     Serial.print(" Medio: ");
60:     Serial.print(angleMedio);
61:     Serial.println();
62: }
63: 
```

Output Serial Monitor: x

```
-----
0.00 : -2.00 : 4.00 : 1.00 : 3.00
-1.00 : -1.00 : 3.00 : 1.00 : 1.00
0.00 : -2.00 : 3.00 : 0.00 : 1.00
1.00 : -2.00 : 4.00 : 1.00 : 3.00
1.00 : -2.00 : 4.00 : 1.00 : 3.00
0.00 : -1.00 : 3.00 : 1.00 : 1.00
0.00 : -2.00 : 3.00 : 4.00 : 2.00
0.00 : -2.00 : 3.00 : 1.00 : 1.00
```

Figura 26. Sensores ajustados casi a cero.

### 8.5.2. Programación para la aplicación celular.

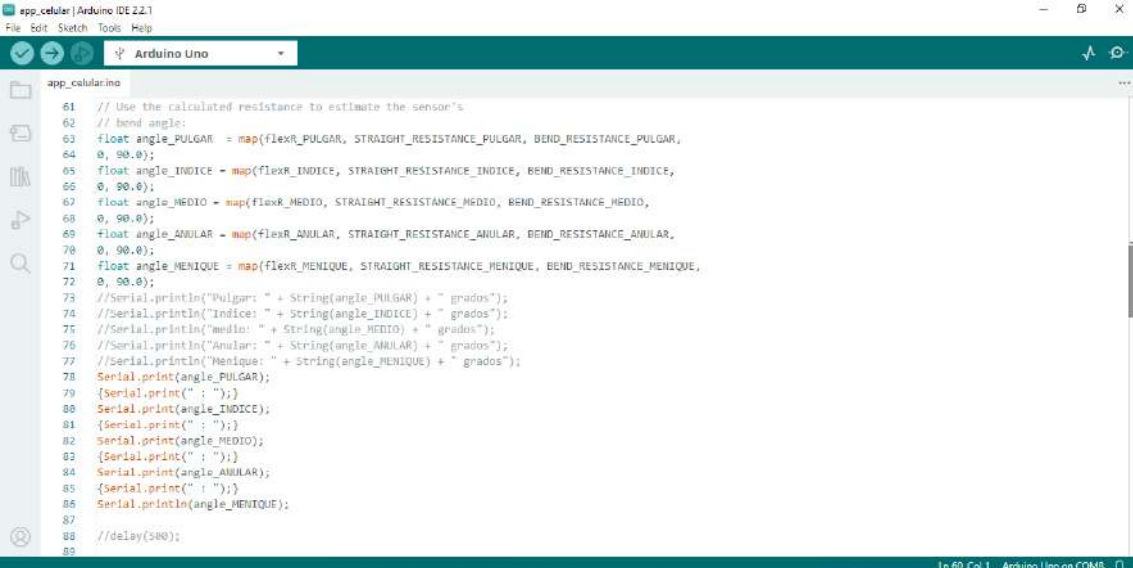
Para brindar una mejor comunicación y poder controlar el prototipo, se va a programar un sistema para lograr poder controlar a través de una aplicación celular por medio de un dispositivo bluetooth.

Con esto primeramente se debe de programar el modulo bluetooth compatible con Arduino, para poder interpretar el lenguaje de señas a voz artificial del guante electrónico, el código se programado de la siguiente manera:



```
app_celular | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
app_celular.ino
37
38 void loop()
39 {
40 // Read the ADC, and calculate voltage and resistance from it
41 int flexADC_PULGAR = analogRead(FLEX_PULGAR);
42 int flexADC_INDICE = analogRead(FLEX_INDICE);
43 int flexADC_MEDIO = analogRead(FLEX_MEDIO);
44 int flexADC_ANULAR = analogRead(FLEX_ANULAR);
45 int flexADC_MENIQUE = analogRead(FLEX_MENIQUE);
46 //VOLTAGE
47 float flexV_PULGAR = flexADC_PULGAR * VCC / 1023.0;
48 float flexV_INDICE = flexADC_INDICE * VCC / 1023.0;
49 float flexV_MEDIO = flexADC_MEDIO * VCC / 1023.0;
50 float flexV_ANULAR = flexADC_ANULAR * VCC / 1023.0;
51 float flexV_MENIQUE = flexADC_MENIQUE * VCC / 1023.0;
52 //RESISTENCIA
53 float flexR_PULGAR = R_DIV * (VCC / flexV_PULGAR - 1.0);
54 float flexR_INDICE = R_DIV * (VCC / flexV_INDICE - 1.0);
55 float flexR_MEDIO = R_DIV * (VCC / flexV_MEDIO - 1.0);
56 float flexR_ANULAR = R_DIV * (VCC / flexV_ANULAR - 1.0);
57 float flexR_MENIQUE = R_DIV * (VCC / flexV_MENIQUE - 1.0);
58 //Serial.println("Resistance: " + String(flexR) + " ohms");
59 //Serial.println("FlexADC: " + String(flexADC) + " ohms");
60
61 // Use the calculated resistance to estimate the sensor's
62 // bend angle:
63 float angle_PULGAR = map(flexR_PULGAR, STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR, BEND_RESISTANCE_PULGAR,
64 0, 90.0);
65 float angle_INDICE = map(flexR_INDICE, STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE, BEND_RESISTANCE_INDICE,
```

Figura 27. Programación inicial de código para el modulo bluetooth.



```
app_celular | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
app_celular.ino
61 // Use the calculated resistance to estimate the sensor's
62 // bend angle:
63 float angle_PULGAR = map(flexR_PULGAR, STRAIGHT_RESISTANCE_PULGAR, BEND_RESISTANCE_PULGAR,
64 0, 90.0);
65 float angle_INDICE = map(flexR_INDICE, STRAIGHT_RESISTANCE_INDICE, BEND_RESISTANCE_INDICE,
66 0, 90.0);
67 float angle_MEDIO = map(flexR_MEDIO, STRAIGHT_RESISTANCE_MEDIO, BEND_RESISTANCE_MEDIO,
68 0, 90.0);
69 float angle_ANULAR = map(flexR_ANULAR, STRAIGHT_RESISTANCE_ANULAR, BEND_RESISTANCE_ANULAR,
70 0, 90.0);
71 float angle_MENIQUE = map(flexR_MENIQUE, STRAIGHT_RESISTANCE_MENIQUE, BEND_RESISTANCE_MENIQUE,
72 0, 90.0);
73 //Serial.println("Pulgar: " + String(angle_PULGAR) + " grados");
74 //Serial.println("Indice: " + String(angle_INDICE) + " grados");
75 //Serial.println("medio: " + String(angle_MEDIO) + " grados");
76 //Serial.println("Anular: " + String(angle_ANULAR) + " grados");
77 //Serial.println("Menique: " + String(angle_MENIQUE) + " grados");
78 Serial.print(angle_PULGAR);
79 {Serial.print(" : ");}
80 Serial.print(angle_INDICE);
81 {Serial.print(" : ");}
82 Serial.print(angle_MEDIO);
83 {Serial.print(" : ");}
84 Serial.print(angle_ANULAR);
85 {Serial.print(" : ");}
86 Serial.println(angle_MENIQUE);
87
88 //delay(500);
89
```

Figura 28. Segunda parte de la programación del código para el modulo bluetooth.



```
app_celularino | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
app_celularino
87
88 //delay(500);
89
90 //Letra H
91 if(angle_PULGAR < estirado && angle_INDICE < 25 && angle_MEDIO < 30 && angle_ANULAR > doblado && angle_MENIQUE > doblado){
92 Serial.println("H");
93 delay(1000);
94 caracter = 'H';
95 escribir = true;
96 }
97 // LETRA O
98 if(angle_PULGAR > 30 && angle_INDICE > doblado && angle_MEDIO > doblado && angle_ANULAR > doblado && angle_MENIQUE > doblado && angle_PULGAR < 80)
99 {
100 Serial.println("O");
101 delay(1000);
102 caracter = 'O';
103 escribir = true;
104 }
105 // LETRA L
106 if(angle_PULGAR < estirado && angle_INDICE < estirado && angle_MEDIO > 55 && angle_ANULAR > 70 && angle_MENIQUE > 100)
107 {
108 Serial.println("L");
109 delay(1000);
110 caracter = 'L';
111 escribir = true;
112 }
113 //LETRA A
114 if(angle_PULGAR > 100 && angle_INDICE > doblado && angle_MEDIO > doblado && angle_ANULAR > doblado && angle_MENIQUE > doblado)
115 {
```

**Figura 29. Tercera parte de la programación del código para el modulo bluetooth.**



```
app_celularino | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
app_celularino
115 {
116 Serial.println("A");
117 delay(1000);
118 caracter = 'A';
119 escribir = true;
120 }
121 //LETRA S
122 if(angle_PULGAR < 8 && angle_INDICE < 10 && angle_MEDIO > 45 && angle_ANULAR < 30 && angle_MENIQUE < 10)
123 {
124 Serial.println("S");
125 delay(1000);
126 caracter = 'S';
127 escribir = true;
128 }
129 // ESPACIO
130 if(angle_PULGAR > 70 && angle_INDICE < 10 && angle_MEDIO > 35 && angle_ANULAR > doblado && angle_MENIQUE < 10)
131 {
132 Serial.println(" ");
133 delay(1000);
134 caracter = ' ';
135 escribir = true;
136 }
137 //LETRA Y
138 if(angle_PULGAR > 80 && angle_INDICE > doblado && angle_MEDIO > doblado && angle_ANULAR > doblado && angle_MENIQUE < 10)
139 {
140 Serial.println("Y");
141 delay(1000);
142 caracter = 'Y';
143 escribir = true;
```

**Figura 30. Cuarta parte de la programación del código para el modulo bluetooth.**



```
app_celularino
157 delay(1000);
158 caracter = 'D';
159 escribir = true;
160 }
161 if((angle_PULGAR < 10 && angle_INDICE > doblado && angle_MEDIO > doblado && angle_ANULAR > doblado && angle_MEÑIQUE > doblado))
162 {
163 caracter = '\n';
164 escribir = true;
165 }
166 //false
167 //Serial.print(".");
168 if(escribir == true)
169 {
170 if (caracter != '\n')
171 {
172 data.concat(caracter);
173 escribir = false;
174 }
175 else
176 {
177 Serial.println("\nCaracter " + data);
178 data = "";
179 caracter = "";
180 escribir = false;
181 }
182 }
183 delay(1000);
184 }
185 }
```

**Figura 31. Quinta parte de la programación del código para el modulo bluetooth.**

Una vez concluida la programación del módulo bluetooth este es cargado en el dispositivo, mismo método que el Arduino.

Finalizando este proceso lo siguiente es la programación de la aplicación celular para controlar el prototipo, esto se logra mediante el programa MIT app inventor.



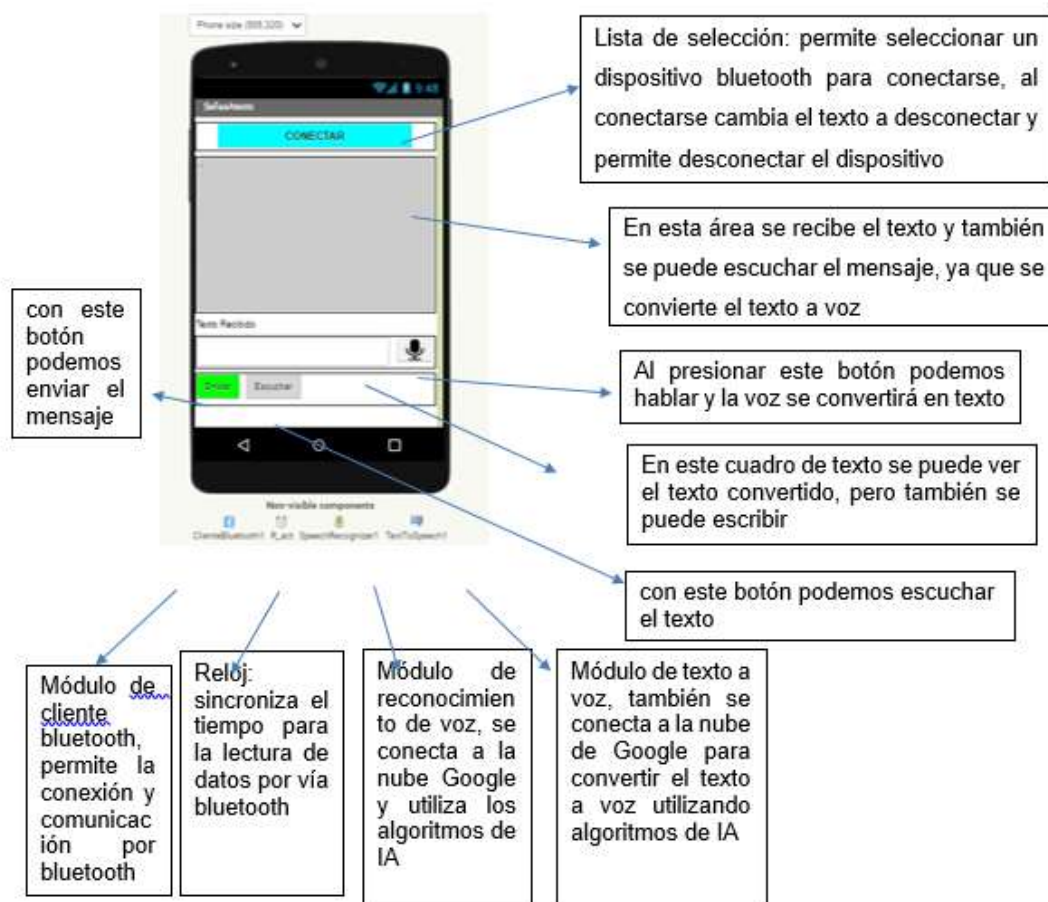
**Figura 32. App Móvil.**

Se identifican dos apps: la del guante que sería el emisor y la del usuario que se comunica con el sordomudo que sería el receptor

La app móvil fue desarrollada en la plataforma de app inventor del MIT, permite al usuario que desea comunicarse con el sordomudo envíe mensajes de texto o de voz a la interfaz de comunicación del guante, en el caso de que sea un mensaje de voz la app en el guante lo convierte a texto, la app en el guante convierte recibe el texto desde el microcontrolador del guante, lo convierte a voz y lo transmite a la app del receptor, en la app del emisor también se permite convertir la voz en texto.

### 8.5.3. Interfaz de la App móvil.

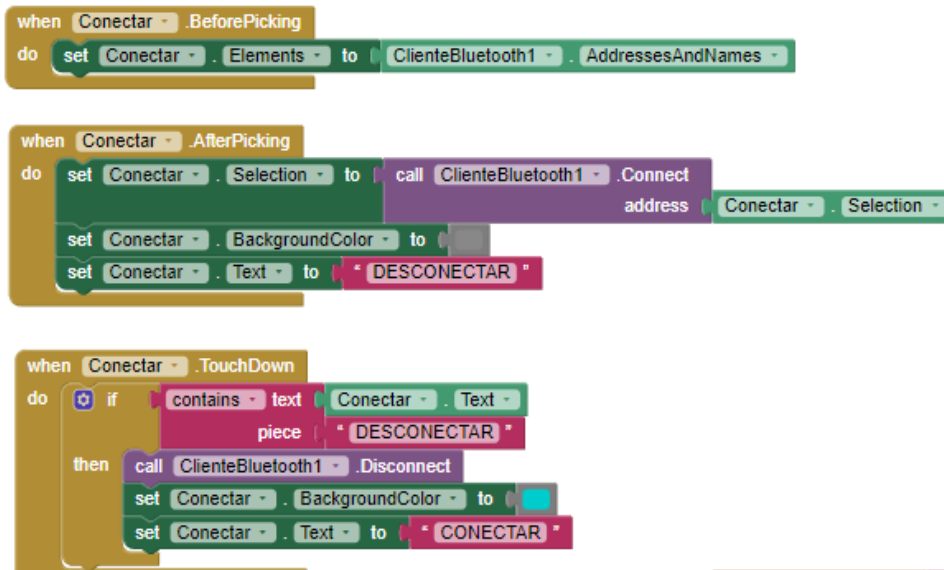
A continuación, describiremos los principales componentes de la interfaz.



**Figura 33. Interfaz de la app móvil.**

#### 8.5.4. Programación.

A continuación, describiremos los bloques de programación de la app móvil.

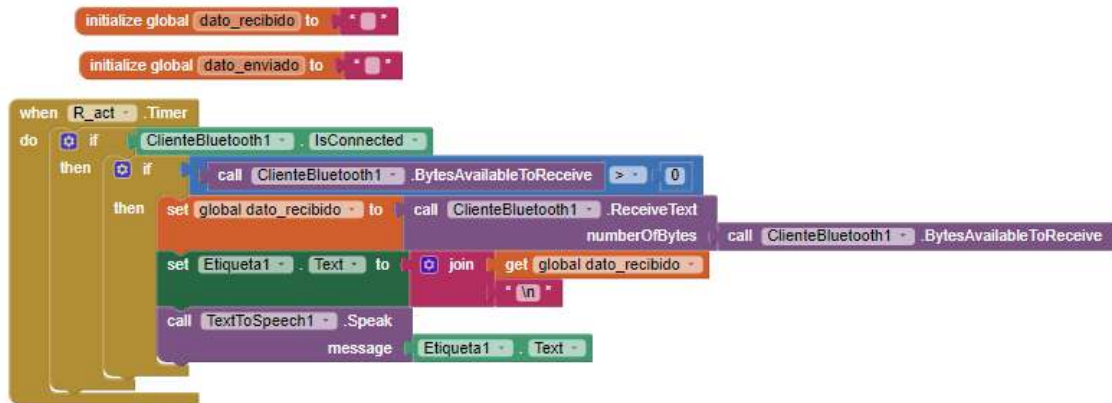


**Figura 34. Programación grafica 1.**

El primer bloque se programa la lista de selección antes de hacer click se pone una lista de direcciones y nombre de dispositivos bluetooth.

En el segundo bloque después de hacer click, se conecta al dispositivo seleccionado, se cambia el color de fondo del elemento y se cambia el texto a "DESCONECTAR"

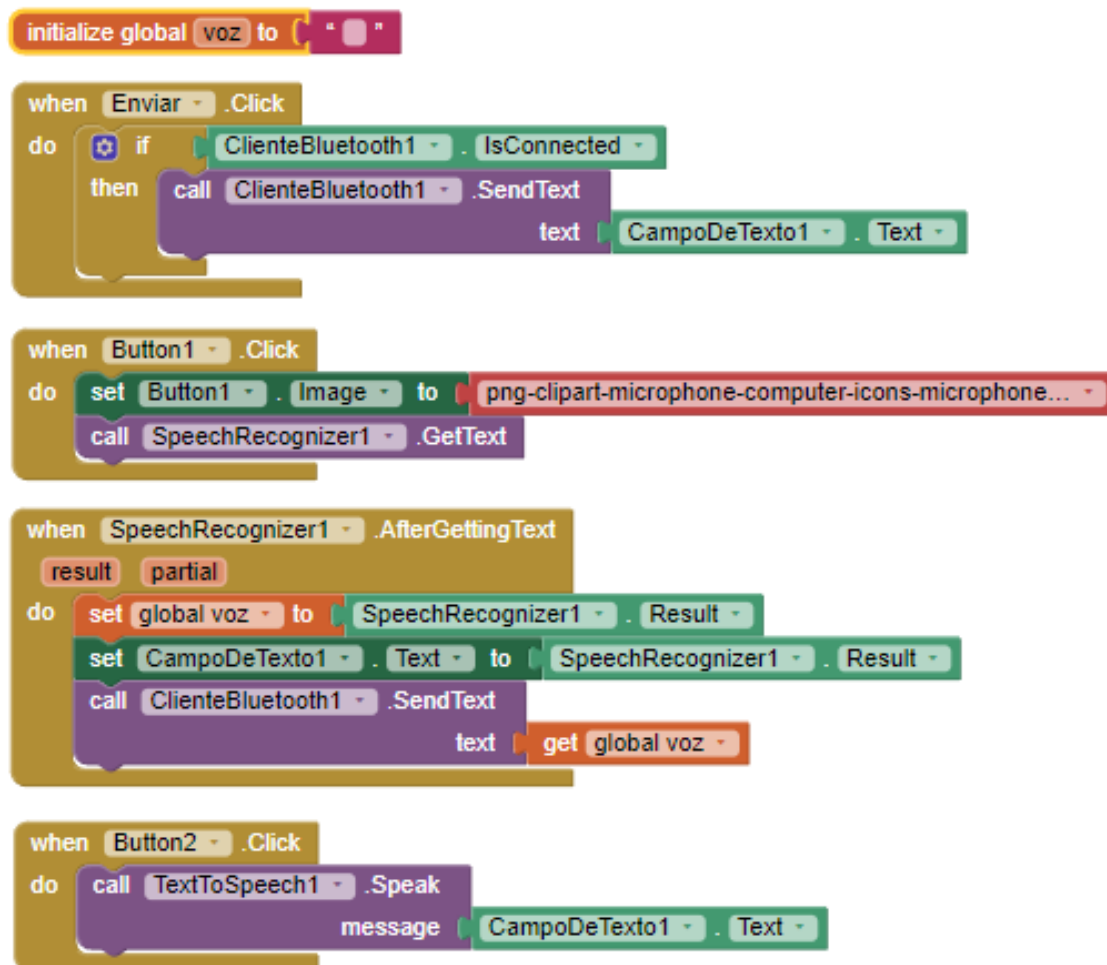
En el tercer bloque al tocar el elemento y si cambio el texto a desconectar, se desconecta del dispositivo bluetooth vuelve a cambiar el texto y el color a su estado inicial



**Figura 35. Programación grafica 2da parte.**

Se inicializa la variable dato\_recibido y dato\_enviado.

Se inicia el reloj y si el cliente bluetooth está conectado y si hay datos a recibirse guardan los datos de tipo cadena de caracteres en la variable dato recibido, luego los datos se muestran en la interfaz y se convierte el texto a voz



**Figura 36. Programación grafica 3ra parte.**

En el primer bloque se inicializa la variable voz

En el segundo bloque al hacer click en el botón enviar si el cliente bluetooth está conectado envía el texto que esta en el elemento campo de texto de la interfaz

En el tercer bloque en el botón de micrófono se llama al módulo de reconocimiento de voz y obtenemos la conversión

En el cuarto bloque después de obtener el texto se guarda el resultado de la conversión en la variable voz y muestra el texto en la interfaz y finalmente se envía a través de bluetooth.

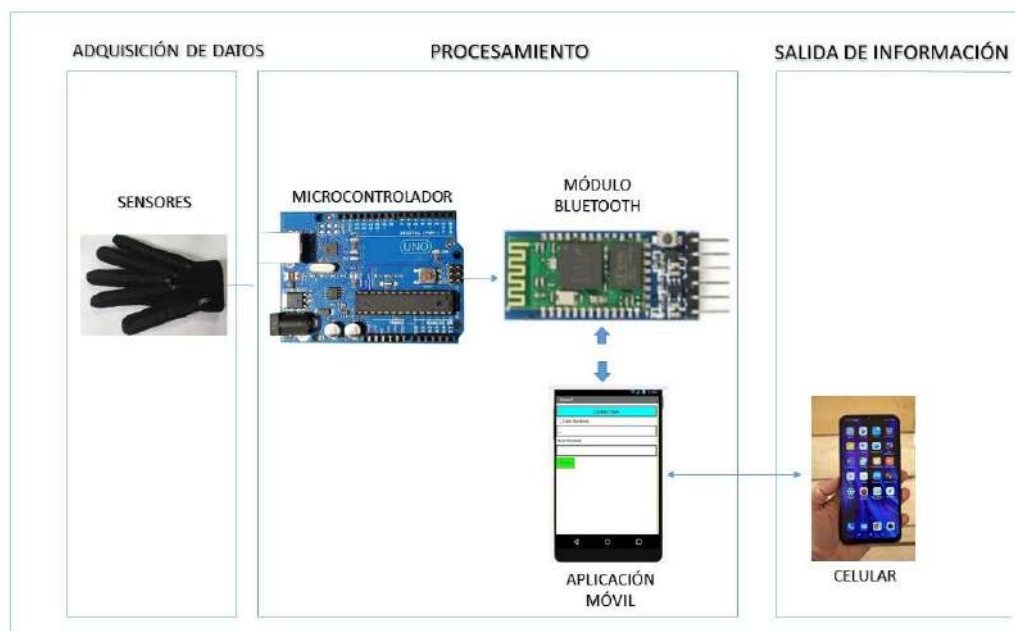
En el quinto bloque al hacer click en el botón de escuchar se convierte el texto del campo de texto.

Con todo esto, ya se podrá controlar el prototipo de guante electrónico para traducción de lenguaje de señas a voz artificial por medio de una aplicación celular para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje.

### 8.5.5. Diagrama físico de sistema traductor de lenguaje de señas a voz artificial para personas con discapacidad auditiva y de lenguaje.

En esta sección se puede describir el sistema de interface del prototipo planteado. Por un lado, se tiene el traductor de lengua de señas a voz, con sensores de flexibles que traducen letras del abecedario del lenguaje de señas a través de la inteligencia artificial utilizando un reconocimiento de voz y conversor de texto a voz speech to text mediante Google. Con el desarrollo de la aplicación se puede escuchar y visualizar las letras en un celular, la cual consta de un soporte Bluetooth, para correcto establecimiento de comunicación. La posibilidad del establecimiento de conexión inalámbrica entre el guante electrónico y la aplicación.

En el siguiente diagrama se puede observar como es el sistema traductor de lenguaje de señas a voz artificial del prototipo.



**Figura 37. Diagrama físico del sistema electrónico.**

## 8.6. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Guante electrónico diseñado para traducir la lengua de señas utilizando sensores flexibles. El guante electrónico utiliza la inteligencia artificial para reconocer las letras del abecedario del lenguaje de señas y convertirlas en texto, que luego se traduce a voz utilizando el servicio de reconocimiento de voz y texto a voz de Google. La traducción resultante se reproduce y visualiza en un celular a través de una conexión inalámbrica. A continuación, se describirá cada uno de los componentes y procesos involucrados en este prototipo.

**Sensores Flexibles para la Detección de Movimientos de los Dedos:** Uno de los componentes fundamentales del guante electrónico son los sensores flexibles colocados en cada uno de los dedos. Estos sensores están diseñados para detectar y registrar los movimientos y la posición de los dedos cuando se realizan señas en el lenguaje de señas. Los sensores flexibles se basan en tecnologías de medición de resistencia, y su flexión y deformación provocan cambios en la resistencia eléctrica. Estos cambios son luego interpretados por un microcontrolador, que los utiliza para traducir los movimientos de los dedos en letras y palabras del abecedario del lenguaje de señas.

**Reconocimiento de Voz y Conversión de Texto a Voz mediante Google:** Para traducir las letras del abecedario del lenguaje de señas a texto escrito, se utiliza el reconocimiento de voz basado en la inteligencia artificial. Se recopilan las letras del abecedario en lenguaje de señas y se entrenan algoritmos de aprendizaje automático utilizando conjuntos de datos anotados. Estos algoritmos son capaces de reconocer y clasificar las letras del abecedario y convertirlas en voz o texto escrito.

Una vez que se ha realizado la traducción a texto, el texto se convierte a voz utilizando las capacidades de conversión de texto a voz de Google. Este servicio utiliza tecnologías de procesamiento del lenguaje natural y síntesis de voz para generar una voz artificial que pronuncia el texto en el idioma deseado. El resultado de la traducción se reproduce y visualiza en un celular a través de una conexión inalámbrica.

**Conexión Inalámbrica entre el Guante Electrónico y el Celular:** La comunicación inalámbrica entre el guante electrónico y el celular se logra utilizando la tecnología Bluetooth. Esta tecnología permite establecer una conexión entre ambos dispositivos, lo que permite la transmisión de datos y comandos.

Para establecer la conexión Bluetooth, tanto el guante electrónico como el celular deben tener capacidad Bluetooth. El guante electrónico se pone en modo de emparejamiento o búsqueda de dispositivos Bluetooth, mientras que el celular busca dispositivos Bluetooth disponibles y selecciona el guante electrónico para emparejarlos. Una vez emparejados, se establece una conexión Bluetooth, lo que permite la transmisión de datos entre el guante electrónico y el celular.

En el caso de la conexión Wi-Fi, el guante electrónico y el celular deben estar conectados a una red Wi-Fi disponible. Ambos dispositivos se conectan a la misma red Wi-Fi y pueden comunicarse entre sí a través de esa red.

**Reproducción y Visualización en un Celular:** La traducción resultante, convertida a voz, se reproduce en un celular a través de una aplicación de traducción.

La selección de la estructura de guante se realizó teniendo en cuenta el cumplimiento de los requerimientos tanto de parte de los posibles usuarios y viendo la factibilidad técnica.

Es un guante de acrílico y elastano talla pequeña de a 20 centímetros de largo para la mano derecha; La excelente comodidad, flexibilidad y agarre de este material permite que los sensores flexibles de cada dedo de la mano derecha se adapten mejor, lo que hace que la manipulación y coordinación de los movimientos de los dedos sea excelente sin un mal manejo de sensores, dependiendo del material del guante. Para comenzar a diseñar las tiras finas para coser en el guante electrónico para los sensores flexibles, fue necesario llevar a cabo los siguientes pasos.

- **Medición:** Antes de comenzar a cortar la tela, se hizo la medición la cantidad necesaria para las tiras finas. Se utilizó una regla para medir la longitud y el ancho de las tiras para crear. Las tiras tienen una longitud

suficiente para cubrir los sensores flexibles y la tela lo suficientemente ancha para proporcionar una buena conexión.

- Corte: Una vez que se hizo las dimensiones para las tiras finas, se pudo proceder a cortar la tela. Utilizando una tijera afilada adecuada para lograr los cortes limpios y precisos. Asegurando de seguir las marcas o medidas previamente.
- Costura: Después de cortar las tiras finas, se procedió de coserlas en el guante electrónico. La costura se hizo a mano.



**Figura 38. Diseño de tiras para el guante electrónico.**

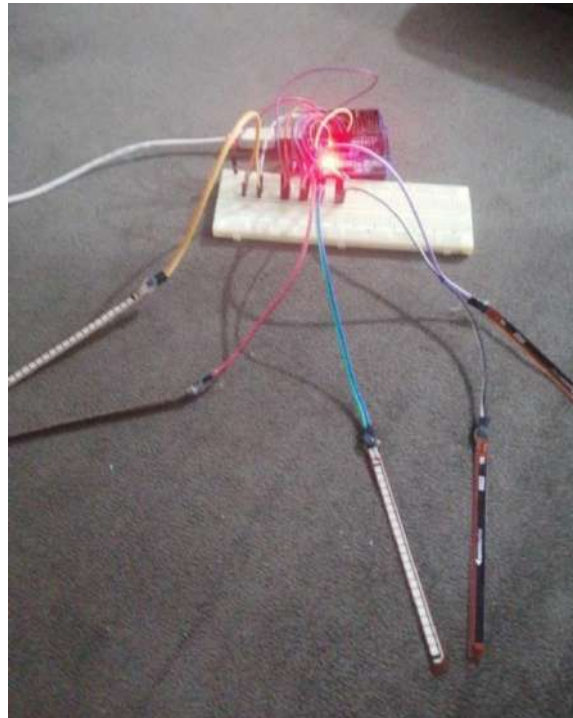
El guante ha sido confeccionado con acrílico elastano, tiene propiedades de resistencia y flexibilidad bastante apropiadas, además se evita la visibilidad de los cables mejorando la ergonomía del guante.

Prueba circuito en protoboard para el correcto funcionamiento de los sensores y la regulación de los mismos se procedió armar el Hardware en protoboard, como se muestra en la figura.



**Figura 39. Circuito en Protoboard.**

Activar las entradas del Arduino UNO se realiza la activación de las entradas mediante el envío de señales de los sensores hacia la tarjeta Arduino UNO, verificando las señales de recepción mediante inteligencia artificial utilizando un reconocimiento de voz y conversor de texto a voz speech to text mediante Google y reproduciéndolas en un celular se muestra en la figura.



**Figura 40. Activación de entradas.**

La figura muestra la distribución de los sensores flexibles representados con un total de 5.

Los sensores se distribuyen para cada dedo de la mano de la siguiente manera:

- Pulgar. - Un sensor flexible.
- Índice. - Un sensor flexible.
- Medio. - Un sensor flexible.
- Anular. - Un sensor flexible.

- Meñique. - Un sensor flexible.



**Figura 41. Distribución de sensores en el guante.**

Colocación de dispositivos y elementos en la placa física, se procede a soldar los elementos y colocando los dispositivos, luego se puede ver en la figura.



**Figura 42. Colocación de dispositivos y elementos.**

Acoplamiento de la tarjeta Arduino UNO, placa física y guante: se realiza el acoplamiento total entre la tarjeta Arduino UNO, la placa física y el guante, mostrando el diseño del prototipo en la figura.



**Figura 43. Presentación preliminar del prototipo.**

Prototipo completado, se dispuso el ensamblaje de todos los elementos para formar un guante, dando como resultado el prototipo final que se muestra en la figura.



**Figura 44. Prototipo terminado.**

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Este proyecto de fin de grado surge en respuesta a la necesidad de contar con un dispositivo capaz de mejorar la comunicación de las personas con discapacidad auditiva. Para alcanzar este objetivo, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

En primer lugar, se llevó a cabo un relevamiento y recopilación de datos sobre las distintas discapacidades asociadas a la audición. Este proceso permitió comprender las limitaciones existentes y diseñar una programación efectiva y eficiente para favorecer la comunicación.

A continuación, se definieron los requerimientos técnicos esenciales para la construcción del prototipo. La selección de dispositivos se realizó considerando su factibilidad técnica, viabilidad económica y disponibilidad en el mercado local.

El diseño del software se ejecutó de manera exitosa, incorporando múltiples interfaces para lograr un manejo fluido e interactivo del prototipo. La construcción del mismo resultó exitosa gracias a la adquisición de todos los materiales necesarios.

Finalmente, se llevó a cabo la estimación presupuestaria de cada componente que conforma el prototipo realizado, culminando así el proceso.

## 6. CONCLUSIONES.

La propuesta del guante electrónico como traductor de lengua de señas a voz representa una solución innovadora y prometedora para facilitar la comunicación entre personas sordas o con discapacidad auditiva y aquellos que no están familiarizados con el lenguaje de señas. La utilización de sensores flexibles en el guante permite capturar con precisión los movimientos de los dedos y traducirlos en letras del abecedario del lenguaje de señas, mediante el empleo de inteligencia artificial y reconocimiento de voz.

La integración de la tecnología de Google en el sistema brinda un conversor de texto a voz de alta precisión, posibilitando la transformación de las letras del abecedario en palabras habladas. Además, el desarrollo de la aplicación asociada permite que las letras se visualicen en un dispositivo móvil, facilitando así la comprensión tanto para los usuarios sordos como para aquellos que se comunican con ellos.

La inclusión del soporte Bluetooth en el guante electrónico asegura una comunicación efectiva y fluida. Por un lado, el usuario sordo puede visualizar las letras traducidas en su dispositivo móvil para comprender el mensaje. Por otro lado, el interlocutor que no domina el lenguaje de señas puede comunicarse con el sordo a través del dispositivo del sordo, convirtiendo su voz en texto que se muestra en el dispositivo del usuario sordo.

Es relevante tener en cuenta que esta propuesta aún se encuentra en fase de desarrollo y podría requerir mejoras adicionales. La precisión en el reconocimiento de los movimientos de los dedos y la traducción de las letras a palabras habladas debe seguir siendo una prioridad para asegurar una comunicación precisa. Además, se debe considerar la adaptabilidad del sistema a diferentes dialectos y variaciones regionales del lenguaje de señas.

## 7. RECOMENDACIONES.

- Para darle un seguimiento del desarrollo del proyecto de fin de grado, es esencial considerar las dimensiones de las manos del usuario para garantizar un rendimiento óptimo en la traducción. Se sugiere enfocar el desarrollo del prototipo en niños y adolescentes, ya que sus movimientos articulares son más cortos y los sensores no están actualmente configurados para estas dimensiones.
- Dada la presencia de movimientos involuntarios en los dedos durante la realización de gestos, es importante destacar que estos podrían afectar la precisión de la traducción. Por lo tanto, se recomienda implementar ajustes necesarios para lograr una mayor tolerancia y exactitud en la interpretación.
- Se aconseja realizar prácticas continuas para garantizar un uso fluido del prototipo, ya que cada flexión de los sensores puede influir en la interpretación de la programación.
- En relación al diseño, si bien cumple con los objetivos planteados y es funcional, el tamaño excesivo del dispositivo puede resultar incómodo para su portabilidad. Por lo tanto, se sugiere reducir su tamaño para mejorar la comodidad durante el transporte."

## Bibliografía

- [1] C. E. G. y. A. S. Sánchez, «Clasificaciones,» de *Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad*, Murcia, 2001, p. 16.
- [2] M. S. Caballero, *Baja visión y tecnología de acceso a la información*, Madrid, 2015, p. 35.
- [3] UNED, «La señal de audio,» 2010. [En línea]. Available: [http://ocw.innova.es/mmm3/audio\\_digital/contenidos/pdf/La\\_senal\\_de\\_audio.pdf](http://ocw.innova.es/mmm3/audio_digital/contenidos/pdf/La_senal_de_audio.pdf).
- [4] M. F. Jorge, «Anatomía y Fisiología. El Aparato Sensorial,» 2012. [En línea]. Available: [http://www.elmodernoprometeo.es/Sitio\\_web/Anatomia\\_files/sentidos.pdf](http://www.elmodernoprometeo.es/Sitio_web/Anatomia_files/sentidos.pdf).
- [5] Hipoacusia, «Discapacidad Auditiva,» [En línea]. Available: <http://www.queeshipoacusia.com/discapacidad-auditiva/>.
- [6] O. M. d. S. OMS, «Sordera y pérdida de la audición,» 2 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- [7] O. M. d. I. Salud, «Sordera y pérdida de la audición,» 02 03 2021. [En línea]. Available: <http://www.who.int/es/news/room/fact-sheets/detail/deafness-and>.
- [8] kiversal, «¿Que esla anacusia o cofosis?,» 24 07 2018. [En línea]. Available: <http://blog.kiversal.com/anacusiaocofosis?/>.
- [9] Cochlear, «¿Que es la hipoacusia o sordera?,» [En línea]. Available: <http://escucharahoraysiempre.com/que-es-la-hipoacusia-o-sordera/>.
- [10] C. Group.. [En línea]. Available: <https://www.riscogroup.com-7spain/products/56127..>
- [11] P. I. Velasco Carmela, «Sistemas y recursos de apoyo a la comunicación y al lenguaje de los alumnos sordos,» *Revista*, [En línea]. Available: <http://www.rinace.net/rlei/numeros/vol3num1/art6.pdf>.
- [12] JimenezOrieta, «Lenguaje de Señas,» [En línea]. Available: <http://www.discapacidadonline.com/wp-content/uploads/2013/04/La-lenguaje-desenas.pdf>.
- [13] L. d. Signos, «Parametros formativos de los signos,» Noviembre 2017. [En línea]. Available: <http://lenguadesignosnee.blogspot.com/p/222-parametros-formativos-de-los-signos.html>.
- [14] J. H. h. y. J. S. Allende, «Una mirada al mundo mundo arduino, Tecnología y desarrollo vol. 13,» 2015. [En línea].
- [15] B. Kuo, «Sistemas de Control Automático,» Peason , Mexico , 2004.
- [16] C. Gropup, p. <https://www.riscogroup.com/spain/products/product/56127..>
- [17] H.Luis, «Aplicaciones Móviles,» pp. <https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/>, 11 Junio 2012.