
**INSTITUTO TECNOLÓGICO
“PADRE ANTONIO BERTA”**

R. M. 091/2012

CARRERA: ELECTRÓNICA



PROTESIS ELECTRONICA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

Trabajo final para optar al grado académico de Técnico Superior,
otorgado por el Instituto Tecnológico Padre Antonio Berta.

Postulante:

Paolo Alejandro Saavedra Suarez

Tutor:

T.S. Carlos Sánchez Ballesteros

Colcapirhua - Cochabamba

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para mi Madre, mi Padre y a toda mi familia en general que siempre me han apoyado a lo largo de la carrera y formación estudiantil, gracias a su amor, esfuerzo y sacrificio, logrando de mí una persona de bien en el transcurso de mi carrera

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar mi camino, mi fortaleza, por darme sabiduría y a entender que la vida está llena de pruebas y que todo se puede superar.

El mayor agradecimiento es para mi querido abuelito Víctor Saavedra que se encuentra cuidándome desde el cielo, que siempre tenía un consejo de sabiduría para mí, a mis padres por el apoyo en el transcurso de la carrera

A mi tutor Ing. Carlos Sánchez por compartir sus conocimientos conmigo y aclarando todas mis dudas del proyecto.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1 TEMA	3
1.2 DIAGNÓSTICO Y JUSTIFICACIÓN	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1 Identificación del problema	3
1.3.2 Formulación de problema	4
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivos General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 ENFOQUE METODOLÓGICO	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	6
2.1 Prótesis	6
2.1.1 Tipos de prótesis.....	6
2.1.2 Prótesis dental	6
2.1.3 Prótesis de cadera	6
2.1.4 Prótesis Ortopédica.....	6
2.2 Motores	7
2.2.1 Tipos de motores	7
2.2.2 Motor paso a paso	7
2.2.3 Motor AC.....	8
2.2.4 Motor DC.....	9

2.2.5 Motor reductor.....	10
2.2.6 Servo motor.....	11
2.2.7 Características del Servo motor	12
2.2.8 Tipos de Servo motores	13
2.2.9 Especificaciones técnicas	15
2.3 Fuente de alimentación.....	18
2.3.1 Fuente de alimentación AC	20
2.3.2 Fuente de alimentación DC.....	20
2.4 Sensores	21
2.4.1 Tipos de Sensores	21
2.4.2 Sensor magnético	21
2.4.3 Sensor de temperatura	22
2.4.4 Sensor de proximidad	24
2.4.5 Sensor de presión	24
2.4.6 Sensor de iluminación.....	24
2.5 Tipos de módulos sensores	24
2.5.1 Modulo Sensor de movimiento.....	25
2.5.2 Modulo de sensor de humedad.....	26
2.5.3 Modulo de Sensor de sonido.....	27
2.5.4 Modulo de Sensor infrarrojo.....	28
2.5.5 Modulo Sensor muscular	28
2.5.6 Características del sensor muscular	29
2.5.7 Dimensiones del Sensor muscular.....	29
2.5.8 Funcionamiento.....	29
2.6 Amplificadores Operacionales	30

2.6.1 Tipos de Amplificadores Operacionales.....	30
2.6.1.1 Amplificador inversor.....	30
2.6.1.2 Amplificador no inversor.....	31
2.6.1.3 Amplificador sumador inversor.....	31
2.7 Electrónica analógica.....	32
2.8 Electrónica digital	33
2.9 Microcontroladores	33
2.9.1 Tipos de arquitectura de Microcontroladores	33
2.9.2 Características del PIC18F4550	34
2.9.3 Arduino.....	34
2.9.4 Tipos de Arduino	35
2.9.5 Arduino Nano	35
2.9.6 Características del Arduino Nano.....	35
2.9.7 Arduino Uno	36
2.9.8 Características del Arduino Uno.....	36
2.9.9 Arduino Mega.....	37
2.9.10 Características de Arduino Mega	37
2.9.11 Arduino Mega 2560 Pinout.....	38
2.9.12 Dimensiones del Arduino mega 2560	40
2.9.13 Programación.....	41
CAPÍTULO III	41
3.1 PROPUESTA DE INNOVACION O SOLUCION DEL PROBLEMA	42
3.1.1 Diagrama de bloques	42
3.2 Sistema de control	42
3.3 Dimensionamiento de sensor muscular.....	43

3.4 Dimensionamiento de servomotores.....	43
3.5 Dimensionamiento del Arduino	44
3.6 Materiales y componentes.....	45
3.7 Comparación entre PIC y Arduino	47
3.8 prototipo de prótesis con control muscular	48
3.9 sistema de control.....	49
3.10 Modulo Actuador	49
3.11 Implementación	50
3.12 Electromiografía	54
3.12.1 Sensor electromiográfico	54
3.9 Presupuesto.....	55
RESULTADOS ESPERADOS	56
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
FUENTES DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS	60

INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad física son aquellas que presentan una disminución importante en la capacidad de movimiento de una o varias partes del cuerpo. Puede referirse a la disminución o incoordinación del movimiento, trastornos en el tono muscular o trastornos del equilibrio.

El presente informe describe el diseño y la construcción de una prótesis electrónica de mano de grados de libertad necesitadas con la finalidad de validar la funcionalidad que ésta presenta, ante actividades cotidianas que realiza una persona que posee una amputación transradial debajo del hombro.

Este dispositivo electrónico cuenta con un sistema de control de presión de ajuste, que a través del procesamiento de las señales musculares (EMG) producidas por el miembro afectado, sensor muscular y servo motores que permiten un control autónomo en la sujeción de objetos prescindiendo de la atención del usuario.

También, el desarrollo de material protésico impreso en 3D, ha permitido el crecimiento de esta tecnología revolucionando la fabricación de prótesis de bajo costo y rápida producción, obteniendo así dispositivos funcionales más accesibles.

CAPÍTULO I

1.1 TEMA

Prótesis electrónica de extremidad superior

1.2 DIAGNÓSTICO Y JUSTIFICACIÓN

El diseño de una prótesis de extremidad superior, permitirá hacer uso de instrumentos de control la cual ayudaran y beneficiaran a personas con discapacidad física a realizar sus actividades con un poco más de facilidad en la zona de Cochabamba, la meta principal será ayudar a personas tanto del país como fuera del país mediante prótesis y eficientes, con la tecnología que se encuentra disponible en el medio.

Con el diseño de dicha prótesis permitirá beneficiar a personas de todas las edades que sufrieron alguna deficiencia en la extremidad superior ya sea desde nacimiento o por haber sufrido algún accidente en el ámbito laboral.

El procedimiento de dicha prótesis será automatizado con energía eléctrica, contribuyendo a las personas y dándoles un gran beneficio e incentivo a tener una vida mejor.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Identificación del problema

Las personas con discapacidad física son aquellas que presentan una disminución importante o incoordinación del movimiento, trastorno en el tono muscular o trastorno del equilibrio.

Este problema fue aumentando cada día más a medida que pasa el tiempo por accidentes automovilísticos dejando personas heridas o en peor de los casos muertas, y los que logran sobrevivir tienen que aprender a vivir con miembros o extremidades amputadas.

Según registros del CONADIS del año 2021 existen 95.884 personas con discapacidad física de la población total, de las cuales solo el 26% de las personas (24.929) tienen necesidades protésicas. Este material protésico se realiza a la medida que el paciente requiere.

Según los registros las personas con discapacidad física actualmente reciben todo tipo de discriminación ya sea en el ámbito laboral o social, causando así problemas de auto estima que incluso llegan al suicidio.

1.3.2 Formulación de problema

¿Cómo se podrá ayudar a las personas con discapacidad física en la ciudad de Cochabamba?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos General

Construir una prótesis electrónica de extremidad superior usando el microcontrolador para la manipulación de motores y sensor.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los procedimientos y materiales para el diseño y de dicha prótesis electrónica de extremidad superior.
- Analizar las características del circuito para los distintos tipos de grados de libertad.
- Dimensionar el microcontrolador para el control de la prótesis electrónica de extremidad superior
- Diseñar el soporte y ubicación de cada uno de los componentes específicos.
- Evaluar los beneficios de la prótesis electrónica de extremidad superior

1.5 ENFOQUE METODOLÓGICO

Para la fabricación de la prótesis electrónica de la extremidad superior se orienta a al tipo de investigación explicativa y descriptiva, debido a que esta actividad ayuda al beneficio de muchas personas de la sociedad, esta alternativa promueve a concientizar a la población.

Se utiliza la técnica de observación para recolectar información sobre la población que requieren necesidades protésicas.

Los instrumentos utilizados para recolectar información son las distintas páginas de internet, redes sociales y medios de comunicación como ser Google, Facebook, Instagram, Twitter, para esto se realizó una encuesta mediante google drive para ver si las personas tienen conocimiento de este tema.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Prótesis

Una prótesis es un artefacto mecánico que sustituye artificialmente cualquier parte del cuerpo humano.

2.1.1 Tipos de prótesis

- Prótesis dental
- Prótesis de cadera
- Prótesis ortopédica

2.1.2 Prótesis dental

Una prótesis dental es un elemento artificial que sirve para restaurar la anatomía de uno o varios dientes, consiguiendo que el paciente recupere la funcionalidad y estética de su dentición.

Las prótesis dentales se fabrican de manera personalizada en materiales como el acrílico o la porcelana. La base de la prótesis dental imita al tejido natural de la encía, con una cuidadosa pigmentación conocida como polimetilmetacrilato, que previene la acumulación de bacterias.

El profesional protésico es el encargado de fabricar las prótesis bajo las indicaciones del dentista, no estando cualificado ni facultado legalmente para trabajar directamente en el paciente ni realizar labores asistenciales.

2.1.3 Prótesis de cadera

Es el implante de un artefacto mecánico intra muscular que sustituye parte del hueso dañado en una cirugía llamada artroplastia.

2.1.4 Prótesis Ortopédica

Es un reemplazo artificial que sustituye completa o parcialmente alguna extremidad amputada ya sea inferior o superior.

Estas desempeñan un gran número de funciones indispensables tales como devolver gran parte de la movilidad, realizar actividades cotidianas sin ayuda de terceros y una notoria mejora de equilibrio y postura en general. Al igual, las prótesis ortopédicas evitan deficiencias causadas por la ausencia del miembro amputado.

2.2 Motores

Un motor es la parte sistemática de una maquina la cual hace funcionar cual un sistema, transformando cualquier tipo de energía, ya sea eléctrica de combustible, produciendo una fuerza que lo hace en movimiento.

2.2.1 Tipos de motores

- Motor paso a paso
- Motor AC
- Motor DC
- Motor reductor
- Servo motor

2.2.2 Motor paso a paso

Es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una gran cantidad de grados dependiendo de sus entradas de control.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90 grados hasta pequeños movimientos de 1.8 grados, es por eso que este tipo de motores son muy utilizados, ya que pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un microcontrolador.

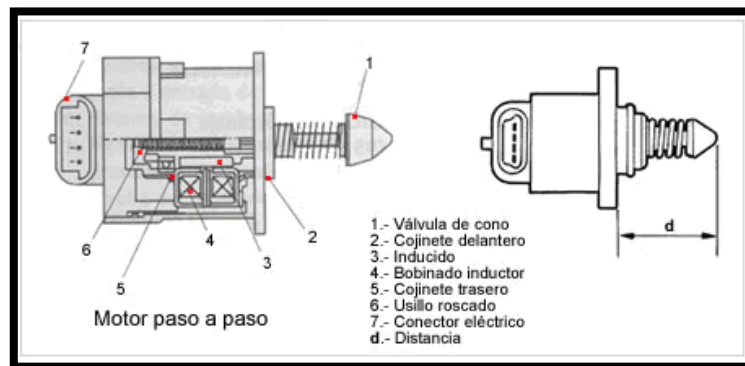
Estos motores poseen la habilidad de quedar enclavados en una posición si una o más de sus bobinas esta energizada o bien totalmente libres de corriente.

Este paso puede ser suave o brusco, dependiendo de la frecuencia y de la magnitud de los pasos en relación a la inercia del rotor.

Como todos los motores, los paso a paso conversores electromecánicos, pero debido a su aplicación específica forman una categoría aparte.

Este tipo de motores responden a una forma muy definida a ciertas señales digitales aplicadas a sus mecanismos de control.

FIGURA 1. Motor paso a paso



Fuente: [<https://www.todomecanica.com/blog/86-sistemas-inyeccion-gasolina.html>]

2.2.3 Motor AC

El motor de corriente alterna (AC) es aquel que funciona con este tipo de corriente y transforma energía eléctrica en energía mecánica. Estos motores basan su funcionamiento en un campo magnético giratorio.

Una de las características de un motor de corriente alterna es el número de polos del rotor.

Como el rotor de los polos son fijos y en estator la polaridad de los campos varia, los polos fijos del rotor, siguen las variaciones de polaridad de los devanados del estator. Habrá efectos de atracción y repulsión de campos magnéticos que causará la rotación del rotor.

Como el voltaje de alimentación del estator es periódica, entonces el movimiento del rotor sigue esta variación periódica del voltaje de alimentación y como consecuencia la velocidad de rotación es constante.

2.2.4 Motor DC

El motor DC (corriente directa) pertenece a la clase de los electromotores sirve principalmente para transformar la energía eléctrica en energía mecánica. La mayoría de los motores DC se basa en fuerzas magnéticas y dispone de mecanismos internos de tipo electrónico y electromecánico.

También característico de los motores de corriente continua convencionales es el acumulador, que cambia periódicamente la dirección de flujo de corriente dentro el motor.

La estructura del motor DC clásico sigue un modo de construcción sobrio y emplea pocos componentes. Los principales son el estator y el rotor. Como componente fijo, inmóvil, el estator suele estar compuesto de un electroimán o (sobre todo en máquinas pequeñas).

FIGURA 2. MOTORES DC



Fuente:[<https://www.tecnopura.com/wp-content/uploads/motor-dc-mediano-3v9v-para-proyectos-de-electronica-0.jpg>]

2.2.5 Motor reductor

Se conoce como motor reductor a una maquina muy compacta que combina un reductor de velocidad y un motor. Estos van unidos en una sola pieza y se usa para reducir la velocidad de un equipo de forma automática.

Es un mecanismo empleado en motores eléctricos a tal efecto, este tipo de mecanismo disponen de uno o varios engranajes que ajustan la potencia y la velocidad de máquinas y aparatos que funcionan con un motor. Así, el motor reductor regula el ritmo de funcionamiento del motor para que la maquina funcione perfectamente y no se resienta con los cambios de velocidades.

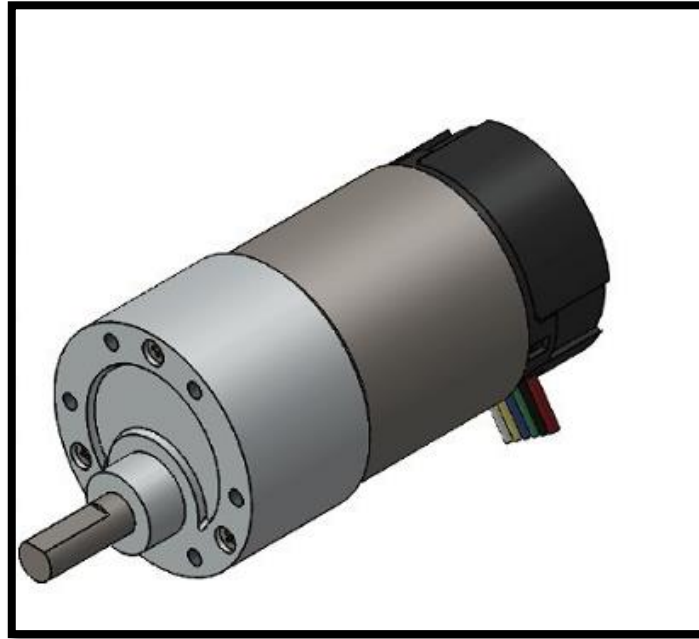
El motor reductor suele emplearse para reducir la velocidad de máquinas y aparatos empleados en el ámbito industrial en los que necesita precisión y eficacia. Entre sus aplicaciones más comunes, los reductores de velocidad o motor reductores suelen emplearse en máquinas como compresores industriales, en bandas transportadoras, una de las aplicaciones más frecuentes, siendo indispensables para el buen funcionamiento de cintas transportadoras, maquinas embotelladoras, etc.

Una variedad de usos que permiten controlar el transporte envasado y calificación de todo tipo de productos.

Además de su versatilidad, los motores reductores presentan muchas otras ventajas:

- Optimiza el equilibrio entre potencia y la velocidad que transmite el motor sincronizándolas.
- Reduce la velocidad de un motor eléctrico de forma eficiente y segura.
- Ofrece una gran velocidad y seguridad en la transmisión, reduciendo así el coste de mantenimiento.
- No precisan de mucho espacio para su montaje.
- Reduce el tiempo de instalación de la maquinaria.

FIGURA 3. Motor reductor



Fuente:[<https://sandorobotics.com/producto/4753/>]

- Velocidad de 100 RPM.
- Tiene una corriente mínima de 100mA
- Su corriente máxima es de 3000mA
- Funciona con un voltaje de 6 a 12V
- Pesa aproximadamente 205gr.
- Posee un largo de cable de 20cm.

2.2.6 Servo motor

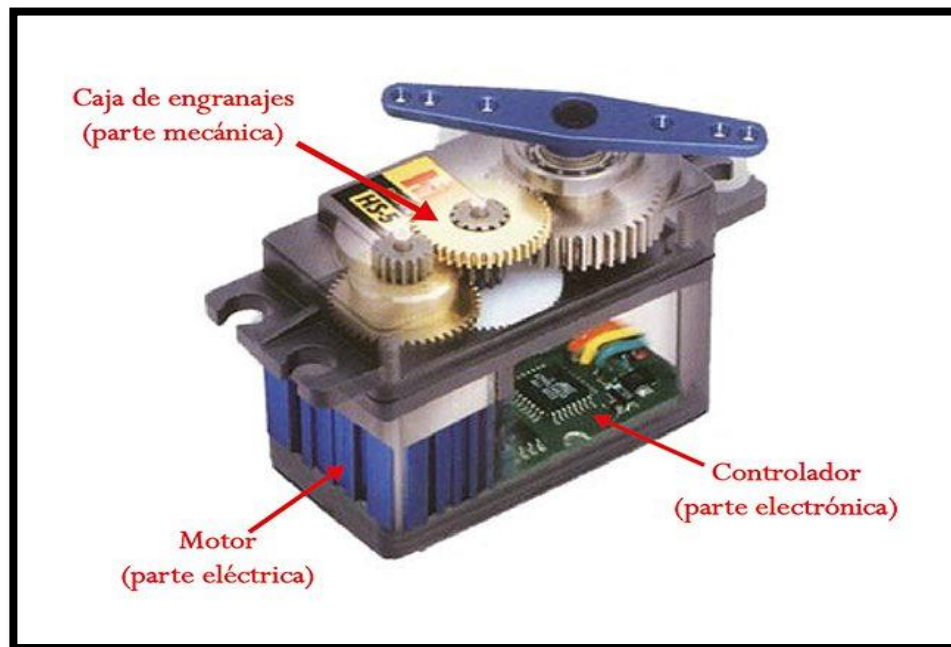
Es un dispositivo eléctrico que gira partes de una maquina con alta eficiencia y con gran precisión. El eje de salida de ese motor se puede mover a un ángulo, posición y velocidad particulares que un motor normal.

Este dispositivo es básico para cualquier proyecto electrónico y electromecánico cuando se requiere precisión máxima.

Constituyen un menor desempeño y precisión frente a accionamientos mediante convertidores de frecuencia, ya que estos no nos proporcionan control de posición y resultan poco efectivos en bajas de velocidades.

Un servo motor es aquel que contiene en su interior un encoder conocido como decodificador, que convierte el movimiento mecánico en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento.

FIGURA 4. SERVO MOTOR



Fuente:[<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>]

2.2.7 Características del Servo motor

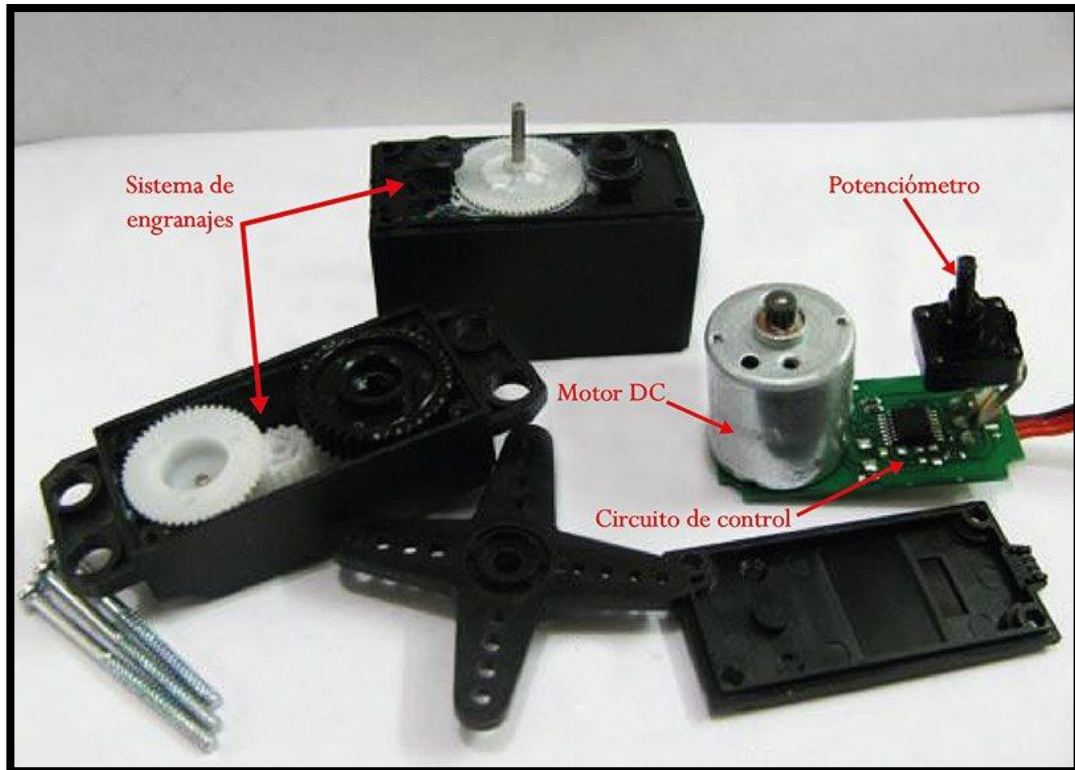
El servo motor tiene características especiales de control de posición. Al hablar de un servo motor se hace referencia a un sistema compuesto por componentes electrónicos y electromecánicos.

El motor en el interior de un servo motor es un motor DC común y corriente. El eje del motor acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión.

Esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera. De forma similar a un automóvil, a mayor velocidad, menor torque.

El circuito electrónico es el encargado de manejar el movimiento y la posición del motor.

FIGURA 5. INTERIOR DEL SERVO MOTOR



Fuente:[<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>]

La presencia del sistema de engranajes como el que se muestra en la figura hace que cuando movemos el eje motor se sienta una inercia muy superior a la de un motor común y corriente.

2.2.8 Tipos de Servo motores

Existen servomotores para todo tipo de usos. En la industria, la robótica, etc.

- **Servos motores de rango de giro limitado:** son el tipo más común de servomotor. Permiten una rotación de 180 grados, por lo cual son incapaces de completar una vuelta completa.

- **Servos motores de rotación continua:** se caracterizan por ser capaces de girar 360 grados, es decir una rotación completa. Su funcionamiento es similar al de un motor convencional, pero con las características propias de un servo. Esto quiere decir que podemos controlar su posición de velocidad de giro en un momento dado.

FIGURA 6. TIPOS DE SERVO MOTORES



Fuente: [<https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/control-de-servomotores-con-arduino>]

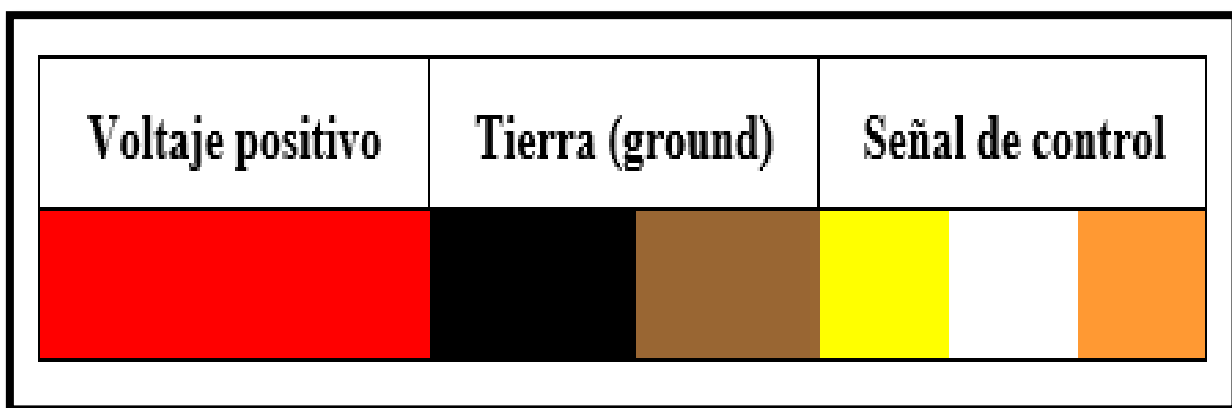
- **SG90.-** se trata de uno de los servomotores más populares, lo que lo hace tan popular sobre todo es su bajo precio. Son servos motores muy pequeños de 26.7 x 11.8 x 22.5mm, suele utilizarse a nivel educacional o como parte de pequeños robots. Son ideales para hacer pruebas para proyectos pequeños.
- **MG90S.-** Este motor es prácticamente idéntico al anterior, dimensionalmente no suelen variar mucho, la diferencia más notable entre ambos es que el MG90S cuenta con engranajes metálicos, algo que hace que sean más silenciosos, suaves y rápidos. Son mucho más robustos por tener este tipo de engranajes y no suelen dar problemas de movimiento.

- **MG995.-** Este servo motor ya tiene una talla más que los dos anteriores, se trata de un servo de 40.7 x 19.7 x 42.9mm capaz de desarrollar una fuerza de hasta 10Kg x cm, suele utilizarse en modelismos o en automatizaciones, internamente cuenta con un sistema de engranajes metálicos muy robustos que hacen que este servo sea ideal para aplicaciones exigentes.

2.2.9 Especificaciones técnicas

Los servos motores poseen tres cables, a diferencia de los motores comunes que solo tienen dos. Estos tres cables casi siempre tienen los mismos colores por lo que son fácilmente reconocibles.

FIGURA 7. COLORES COMUNES DE LOS CABLES DE UN SERVOMOTOR

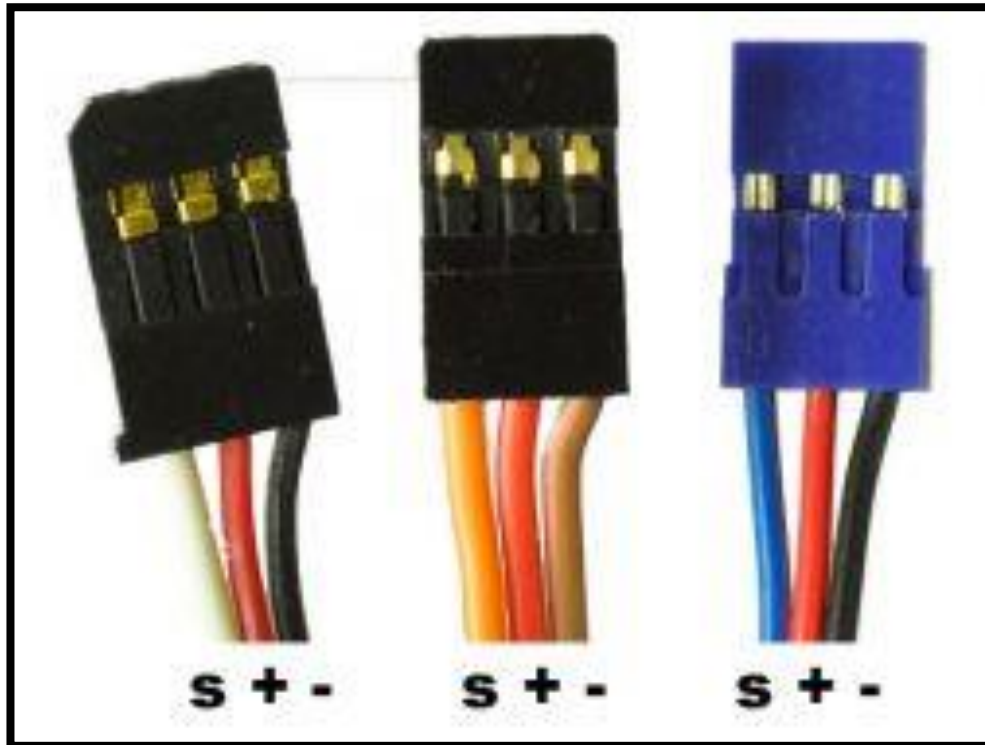


Fuente:[<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>]

La necesidad de una señal de control para el funcionamiento de este tipo de motores hace que sea imposible utilizarlos sin un circuito de control adecuado. Esto se debe a que para que el circuito de control interno funcione, es necesaria una señal de control modulada. Para esto se utiliza modulación por ancho de pulsos, es decir, PWM.

- **Conexión del circuito.** - Los servos motores que vamos a utilizar son muy sencillos de conectar, guiándonos en la figura anterior será muy sencillo de conectar. Otra cosa que se debe de tomar en cuenta con la alimentación, es que la alimentación del servo motor y la del Arduino puede ser independientes.

FIGURA 8. CABLES DE E/S Y SEÑAL DEL SERVO MOTOR

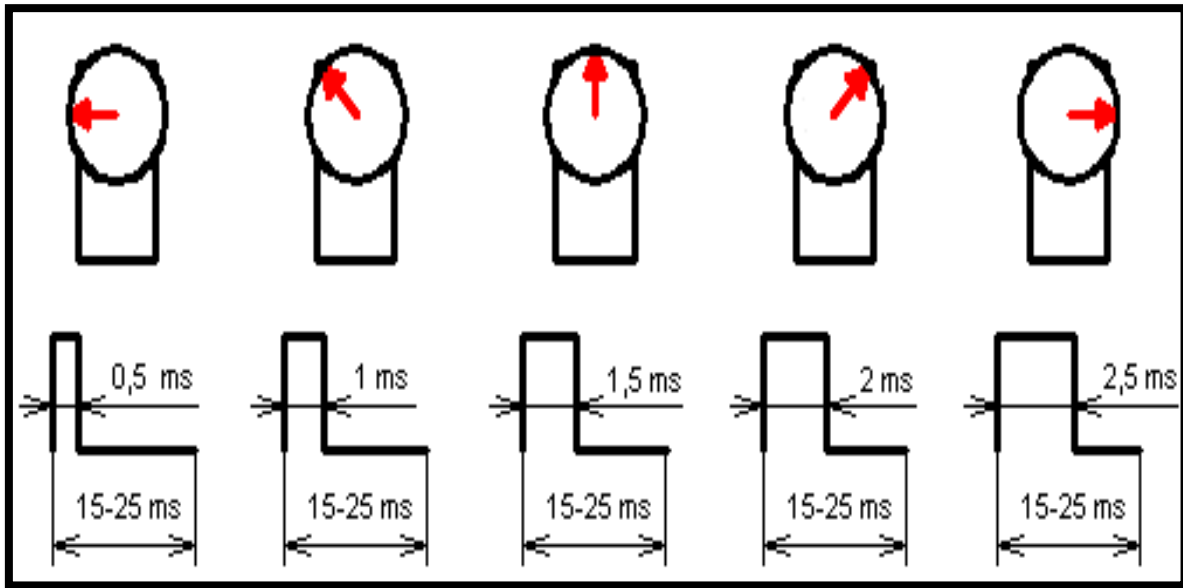


Fuente: <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/control-de-servomotores-con-arduino>

Los servos motores de rotación continua desacoplan el potenciómetro del eje del motor. Esto impide que el circuito de control pueda leer la posición del eje, por lo cual provoca un movimiento continuo al no ser capaz de cumplir la condición para que el servo se detenga.

Las señales requeridas para que los circuitos de control electrónico son similares para la mayoría de los modelos de servos. Esta señal tiene la forma de una onda cuadrada. Dependiendo del ancho de pulso, el motor adoptara una posición fija.

FIGURA 9. ANCHO DE PULSO DE DIFERENTES POSICIONES DEL SERVO



Fuente: [<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>]

Las señales que vemos en la imagen son las que permiten que el eje del motor adquiera determinada posición. Estas señales deben repetirse en el tiempo para que el motor mantenga una posición fija.

- **Consumo de energía.** - la energía consumida por una carga eléctrica será igual a la potencia multiplicada por el tiempo de uso de motor. Debido a que los servos motores son alimentados entre 4 y 6V, es posible asumir que el voltaje de alimentación es casi constante para la mayoría de los modelos. Lo que no es igual para uno u otro modelo de servo motor es el consumo de corriente.

La corriente demandada por un servomotor depende de diferentes parámetros:

A mayor consumo de corriente, mayor demanda de potencia y por extensión, mayor consumo de energía. Esto es especialmente importante a la hora de controlar este tipo de motores con un microcontrolador.

El consumo de corriente de un servo casi siempre es superior a la capacidad máxima del microcontrolador, por lo que se recomienda utilizar fuentes de alimentación externa.

2.3 Fuente de alimentación

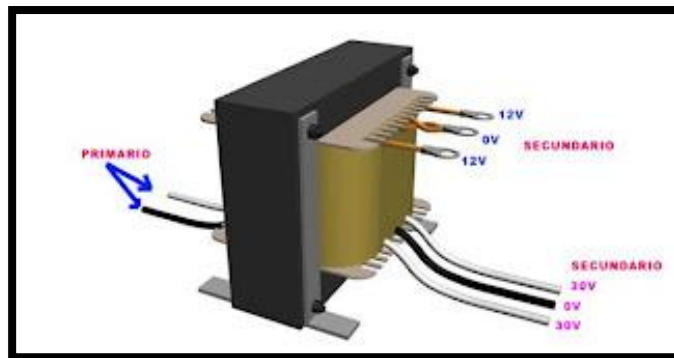
La fuente de alimentación se encarga de convertir la entrada de tensión alterna de la red en una tensión continua, el principal objetivo de una fuente de alimentación es de proporcionar un valor de tensión adecuado para el funcionamiento de cualquier dispositivo.

La fuente de alimentación consta de varias etapas que son:

- Transformación
 - Rectificación
 - Filtrado
 - Regulación
- **Etapas de transformación:** Esta etapa consta básicamente de un transformador que está formado por un bobinado primario y uno o varios bobinados secundario, que tiene como función principal. Convertir la energía eléctrica alterna de la red, en energía alterna de otro nivel de voltaje por medio de la acción de un campo magnético.

Además, provee una aislación galvánica entre la entrada y la salida.

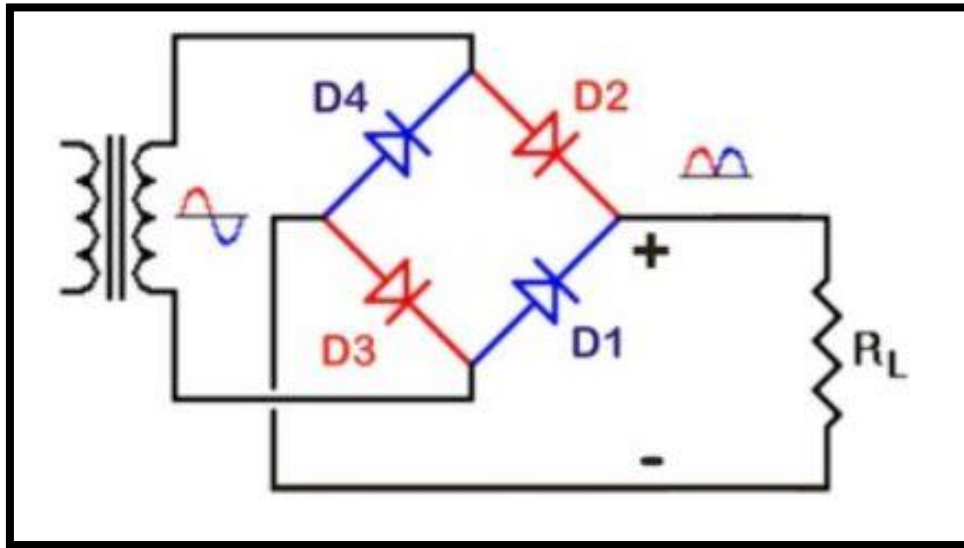
. FIGURA 10. ETAPA DE TRANSFORMACION



Fuente: [<http://fuentedealimentacionvoca3.blogspot.com/2010/11/etapa-de-transformacion.html>]

- **Etapas de rectificación:** esta etapa queda constituida por diodos rectificadores cuya función es de rectificar la señal proveniente del bobinado secundario del transformador. Existen dos tipos de configuraciones que son rectificación de media onda y de onda completa.

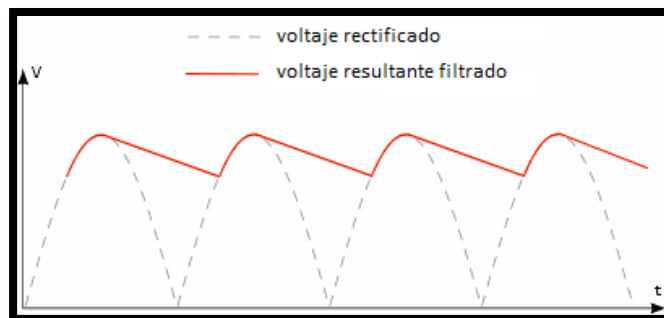
FIGURA 11. ETAPA DE RECTIFICACION



Fuente: [<http://www.electroclub.com.mx/2019/04/seleccion-y-calculo-de-componentes-en.html>]

- **Etapa de filtrado:** Esta etapa queda constituida por uno o varios capacitores que se utilizan para eliminar la componente tensión alterna que proviene de la etapa de rectificación. Los capacitores se cargan al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante desaparece.

FIGURA 12 . ETAPA DE FILTRADO



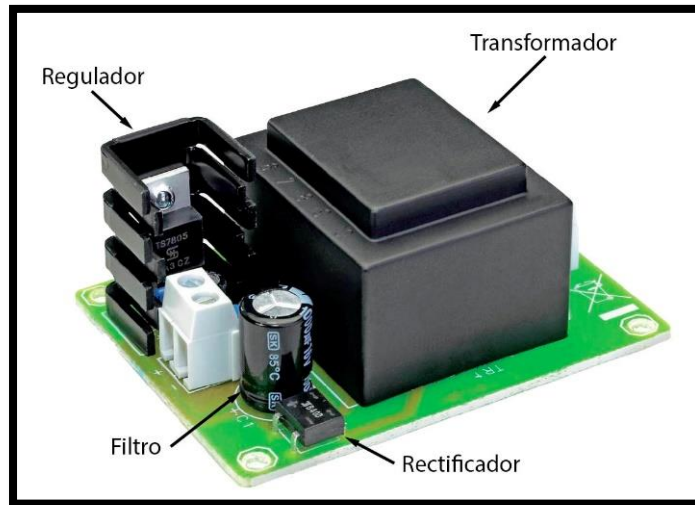
Fuente: [<https://cifpn1.com/electronica/?p=3096>]

- **Etapa de regulación:** Esta etapa consiste del uso de uno o varios circuitos integrados que tienen función de mantener constante las características del sistema y tienen la capacidad de mantener el estado de la salida independiente de la entrada.

Reguladores lineales y regulador de conmutación:

- **Reguladores lineales:** Son dispositivos electrónicos que permiten controlar la tensión de salida ajustando continuamente la caída de tensión en un transistor de potencia conectado en serie entre la entrada u la salida. Es decir que operan con una corriente continua, donde el nivel de tensión a la entrada siempre debe ser superior al de salida.

FIGURA 13. COMPONENTES PRINCIPALES PARA UNA FUENTE DE ALIMENTACION



Fuente: [<https://cifpn1.com/electronica/?p=3096>]

2.3.1 Fuente de alimentación AC

Una fuente de alimentación alterna es un dispositivo que a partir de la tensión de red es capaz de proporcionarnos una señal alterna, pero, de tensión variable y habitualmente de frecuencia variable.

Además de estas características básicas hay equipos capaces de simular perturbaciones red.

Las fuentes de alimentación AC se usan, habitualmente en ensayos de máquinas electrodomésticos, etc.

Para comprobar su comportamiento ante variaciones de tensión, ensayos a frecuencias diferentes a la red, por ejemplo, a 60Hz o a 400Hz.

2.3.2 Fuente de alimentación DC

Las fuentes de alimentación DC son aquellos equipos fundamentales en cualquier laboratorio de electrónica.

Son dispositivos que a partir de la tensión de red son capaces de proporcionarnos una señal de tensión continua para alimentar al circuito al que se conecta.

Según se realice la transformación de la señal AC a DC las fuentes de alimentación se califican en lineales y conmutadas. Las lineales siguen el esquema de transformador rectificador, filtro, regulación y salida. Las fuentes conmutadas transforman la energía eléctrica mediante la conmutación de transistores entre corte y saturación a altas frecuencias.

Las ventajas de las fuentes conmutadas, son su menor tamaño, peso y eficiencia, por lo contrario, sus inconvenientes son la mayor complejidad y el ruido eléctrico de alta frecuencia que generan.

2.4 Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema.

Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible o a veces en una señal digital convertido en una pantalla legible para humanos o transmitida para lectura o procesamiento adicional.

2.4.1 Tipos de Sensores

- Sensor magnético
- Sensor de temperatura
- Sensor de proximidad
- Sensor de presión
- Sensor de iluminación

2.4.2 Sensor magnético

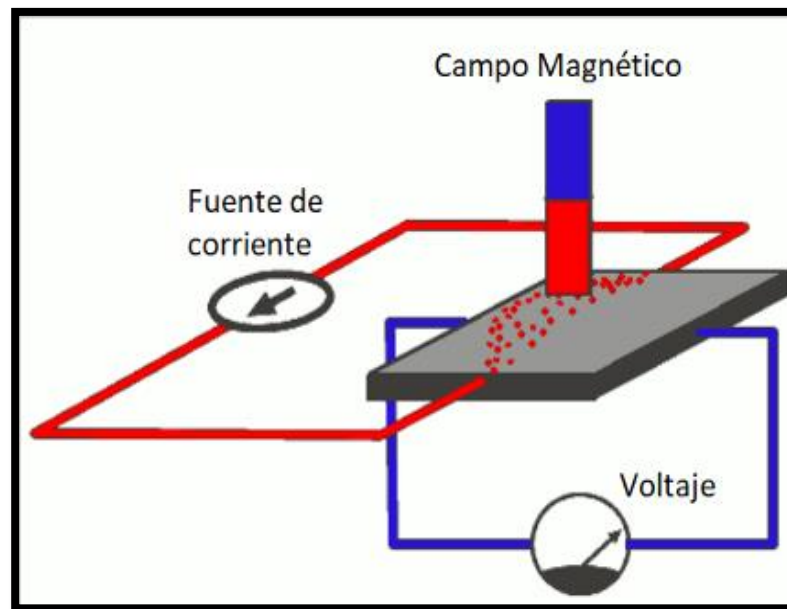
Son sensores que efectúan una conmutación electrónica mediante la presencia de un campo magnético externo, próximo y dentro del área sensible. Estos sensores pueden ser sensibles a los polos del imán, o solamente a un polo.

Presentan una conexión bastante sencilla, además sus componentes electrónicos son económicos, lo que vuelve una opción que cualquiera puede usar, incluso para funciones en áreas domésticas.

Cuando una corriente eléctrica fluye a través de cualquier material, los electrones dentro de la corriente se mueven naturalmente en línea recta, y la electricidad crea su propio campo magnético a medida que se carga.

Si el material cargado eléctricamente es colocado entre los polos de un imán permanente, los electrones, en vez de desplazarse en línea recta, se desviarán en una trayectoria curva a medida que se mueven a través del material. El fenómeno ocurre porque su propio campo magnético reacciona al campo de contraste del imán permanente. Lo que resulta de este nuevo movimiento curvo, es que más electrones se encontraran en un lado del material cargado eléctricamente. Aparecerá así una diferencia de voltaje potencial a través del material en ángulo recto con el campo magnético, tanto del flujo de la corriente eléctrica como el imán permanente.

FIGURA 14. DIAGRAMA DEL CAMPO MAGNETICO



Fuente:[<https://www.sepia.mx/que-son-los-sensores-magneticos-de-efecto-hall/>]

2.4.3 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura es un componente electrónico que permite medir la temperatura determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia.

TABLA 1. TABLA DE DISTINTOS SENSORES DE TEMPERATURA

Tipo de Sensor	Termistor	RTD	Termopar
Rango de Temperatura (típico)	0.05 to 1.5°C	-200 to 650°C	200 to 1750°C
Exactitud (típica)	0.05 to 1.5°C	0.1 to 1°C	0.5 to 5°C
Estabilidad a largo plazo @ 100°C	0.2°C/año	0.05°C/año	Variable
Linealidad	Exponencial	Bastante lineal	No-lineal
Potencia requerida	Voltaje o corriente constante	Voltaje o corriente constante	Autoalimentado
Tiempo de respuesta	Rápido 0.12 a 10s	Generalmente lento 1 a 50s	Rápido 0.10 a 10s
Susceptibilidad al ruido eléctrico	Raramente susceptible Alta resistencia solamente	Raramente susceptible	Susceptible Compensación de unión fría
Costo	Bajo y Moderado	Alto	Bajo

Fuente: [<https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#temperature-sensors>]

2.4.4 Sensor de proximidad

Los sensores de proximidad son módulos que se utilizan para detectar la presencia de objetos cercanos sin necesidad de contacto físico. Los sensores de proximidad utilizan una serie de métodos de detección físicos que incluye el acoplamiento capacitivo, captador inductivo, infrarrojo, foto detección de luz ambiental y ultrasónico.

Los sensores capacitivos detectan la presencia de un área conductiva que altera un campo eléctrico crea un cambio que es posible detectar. Esta técnica se utiliza para detectar la capacitancia del cuerpo humano como una entrada.

2.4.5 Sensor de presión

Un sensor de presión es un instrumento compuesto por un elemento detector de precisión con el que se determina la presión real aplicada al sensor y otros componentes que convierten esta información en una señal de salida.

2.4.6 Sensor de iluminación

Un sensor de iluminación es un dispositivo electrónico que responde al cambio de la intensidad de luz. Requieren de un emisor de luz, y un componente receptor.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal salida.

El sensor de luz más común es el LDR que es básicamente un resistor que cambia su resistencia a medida que cambia la intensidad de la luz.

2.5 Tipos de módulos sensores

- Modulo Sensor de movimiento
- Modulo Sensor de humedad
- Modulo Sensor de sonido
- Modulo Sensor infrarrojo
- Modulo Sensor de lluvia

- Modulo Sensor muscular

2.5.1 Modulo Sensor de movimiento

Este módulo tiene la función de detectar el movimiento de una persona dentro del rango del sensor.

Este módulo contiene sensor Piro eléctrico, el cual puede detectar niveles de radiación infrarroja. Todo este objeto emite cierto nivel de radiación, entre mayor temperatura tenga, mayor radiación emitirá.

El sensor es un detector de movimiento dividido en dos mitades, las dos mitades están unidas por cables de modo que se cancelan una a otra. Si una mitad recibe más o menos radiación IR, la salida cambiara Alto o Bajo.

Este tipo de sensores son perfectos para detectar cuando una persona ingresa o abandona un área, a partir de eso se puede programar muchas acciones como encendido/apagado automático de luces, sonidos, alarmas, etc.

FIGURA 15. MODULO SENSOR DE MOVIMIENTO



Fuente:[<https://ninoelectronico.cl/producto/arduino-modulo-sensor-de-movimiento-modsr501/>]

2.5.2 Modulo de sensor de humedad

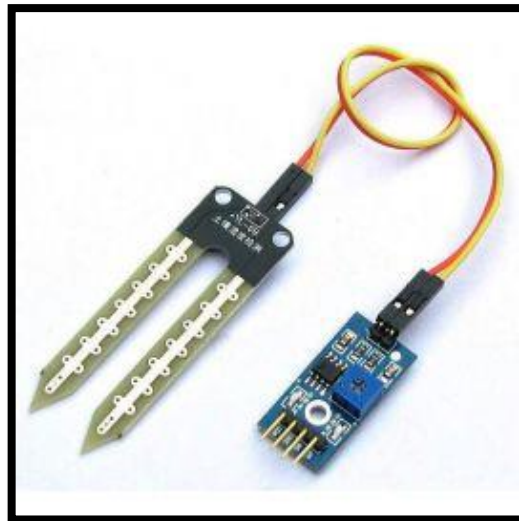
Este módulo se basa en medir la resistencia entre dos electrodos insertados dentro del suelo, la resistencia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un suelo muy húmedo tendremos una resistencia muy baja y para un suelo muy seco la resistencia será muy alta.

El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento que entrega una salida digital y otra analógica. La salida digital se activa cuando el nivel de humedad es menor al nivel deseado, se puede regular con el potenciómetro de la tarjeta.

La salida analógica es la salida de un divisor de tensión entre resistencia fija y la resistencia entre electrodos, entrega un voltaje analógico desde 0 voltios para un suelo muy húmedo hasta 5 voltios para un suelo muy seco.

Este sensor es ideal para monitorear el nivel de humedad de tus plantas y así recordar cuando necesitan ser regadas o incluso para realizar un sistema totalmente automatizado de riego añadiendo una válvula o bomba de agua.

FIGURA 16. MODULO DE SENSOR DE HUMEDAD



Fuente: [<https://www.electronicoscaldas.com/es/sensores-de-humedad-lluvia-inundacion/461-sensor-de-humedad-en-suelo-yl-69.html>]

2.5.3 Modulo de Sensor de sonido

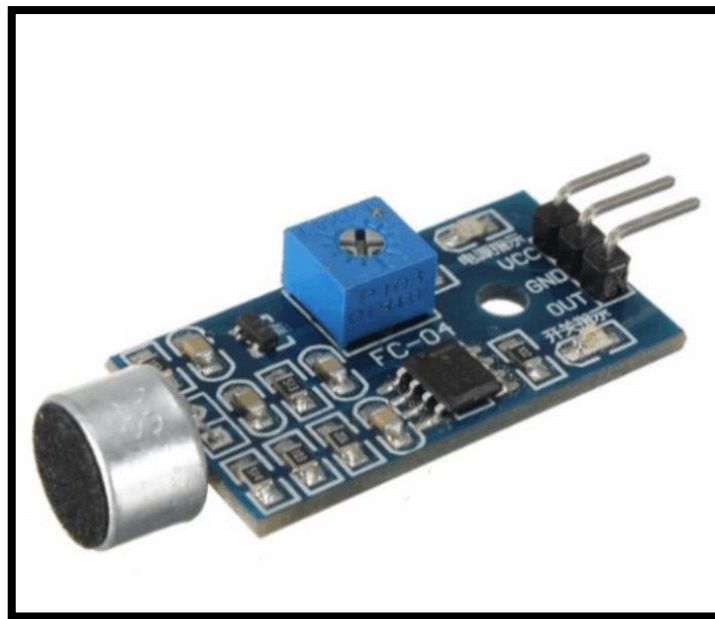
El módulo de sensor de sonido es un dispositivo con el cual se puede detectar todo tipo de sonidos incluso la voz y establecer una medición de sonido o detectar un nivel de sonido o ruido programado por el usuario. Se puede adquirir la señal análoga de sonido captado o adquirir digitalmente un nivel de sonido por cualquier microcontrolador.

Este módulo sensor es potencializada por un micrófono amplificando las señales eléctricas de este y pone a disposición de dos salidas una analógica y una digital.

Las vibraciones del aire mueven el diafragma del micrófono causando un cambio de capacitancia que se amplifica por modulo.

El modulo cuenta como ganancia ajustable para el micrófono para así tener una mejor lectura, además cuenta con tres pines para conectarlo con algún microcontrolador.

FIGURA 17. SENSOR DE SONIDO LM393



Fuente: [<https://electrocrea.com/products/sensor-de-sonido>]

2.5.4 Modulo de Sensor infrarrojo

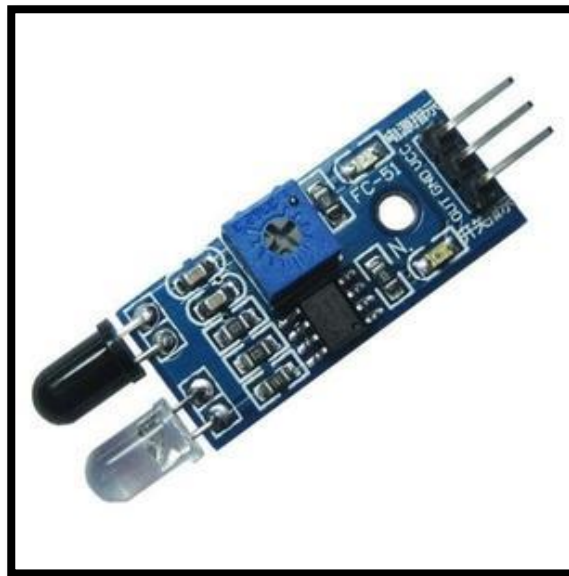
El modulo infrarrojo permite detectar señales, bajo consumo de energías es compatible con controles remotos comunes, diseño modular de fácil colocación.

Cuenta con un receptor de IR TSOP18 integrado lo que le brinda y eficaz respuesta a las señales recibidas.

Cuenta con tres pines de salida dos para la alimentación y un pin de salida que se conecta al Arduino, además esta salida cuenta con una protección contra pulsos no controlados.

Gracias al diseño este módulo puede alcanzar una distancia de hasta ocho metros de separación lo que lo convierte en una forma ideal para realizar el control de dispositivos a distancia.

FIGURA 18. MODULO DE SENSOR INFRARROJO



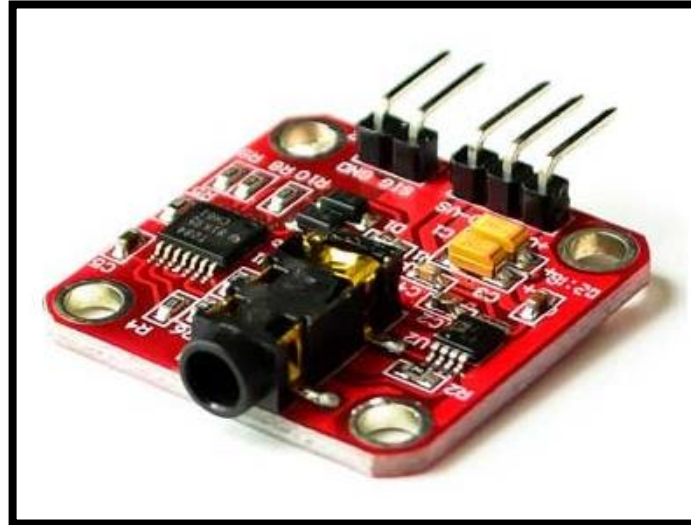
Fuente:[<https://www.arcaelectronica.com/products/modulo-sensor-infrarrojo-detector-objetos-obstaculos-arduino>]

2.5.5 Modulo Sensor muscular

Este tipo de sensor capta y registra la actividad muscular producida por el grupo de unidades motoras que se encuentra en el área ocupada por los electrodos.

El sensor cuenta con un nuevo diseño portátil que le permite conectar paneles sensores biomédicos directamente a la placa.

FIGURA 19. SENSOR MUSCULAR



Fuente:[<https://tienda.sawers.com.bo/EMG-Sensor-Muscular-V3-0-5V>]

2.5.6 Características del sensor muscular

- Tiene un diseño portátil.
- Es alimentada por una fuente de alimentación simétrica.
- Cuenta con una protección contra la inversión de polaridad.
- Cuenta con un led indicador
- Es diseñado especialmente para microcontroladores.
- Cuenta con tres tipos de parches electrodos desechables.

2.5.7 Dimensiones del Sensor muscular

Las dimensiones cuentan con 53.3mm x 20.3mm sin el cable del electrodo, que es aproximadamente de 76.2mm y pesa aproximadamente 7.5gr esto sin los electrodos.

2.5.8 Funcionamiento

Este sensor es alimentado de tres voltios has los dieciocho voltios para que la placa funcione correctamente tiene que ser alimentado con una fuente de alimentación simétrica.

La captación de señales eléctricas producidas por los músculos durante una contracción muscular conoce como electromiografía. Estas señales son generadas por el intercambio de iones a través de las membranas de las fibras musculares debido a contracción muscular.

La amplitud y las propiedades de las señales EMG tanto en el dominio del tiempo como en la frecuencia depende de factores como el tiempo y la intensidad de la contracción muscular.

- **Electrodos:** Se pueden obtener señales electromiográficas para el estudio del movimiento estos electrodos envían las señales a la placa del sensor muscular y dando como respuesta una salida tipo analógica o digital.

2.6 Amplificadores Operacionales

Es un circuito integrado de alta ganancia que permite realizar numerosas operaciones matemáticas entre señales que ingresan a sus terminales de entrada. Entre las posibles operaciones a realizar se encuentran suma, resta, amplificación de la diferencia entre señales de entrada, integración o diferenciación de señales con respecto al tiempo, ganancia positiva o negativa, comparación con otras señales, etc.

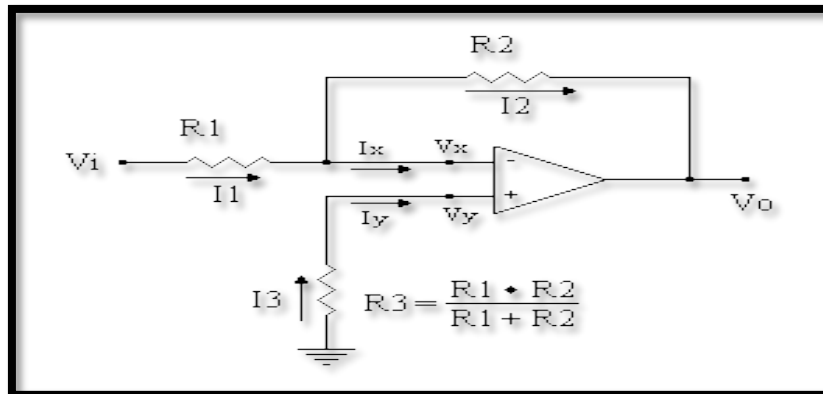
2.6.1 Tipos de Amplificadores Operacionales

- Amplificador inversor
- Amplificador no inversor
- Amplificador sumador inversor
- Amplificador diferencial
- Amplificador diferenciador

2.6.1.1 Amplificador inversor

Se llama así a este amplificador porque la señal de salida es inversa de la entrada, en la polaridad, aunque puede ser mayor, igual o menor, dependiendo esto de la ganancia que le demos al amplificador en lazo cerrado. La señal se aplica al terminal inversor o negativo del amplificador y el positivo o no inversor se lleva masa.

FIGURA 20. AMPLIFICADOR INVERSOR

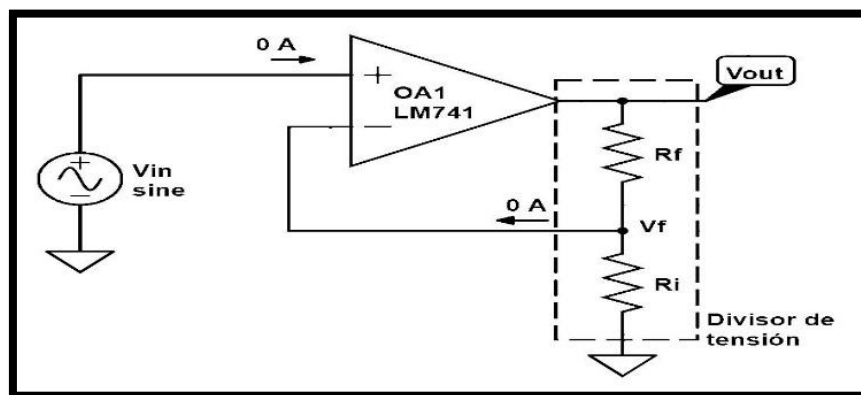


Fuente:[<https://www.electronicafacil.net/tutoriales/AMPLIFICADOR-INVERSOR.html>]

2.6.1.2 Amplificador no inversor

El amplificador no inversor es una de las configuraciones más típicas y usadas en la electrónica. Nos permite aumentar la señal eléctrica que queremos, multiplicada por una constante a la cual se llama ganancia.

FIGURA 21. AMPLIFICADOR NO INVERSOR



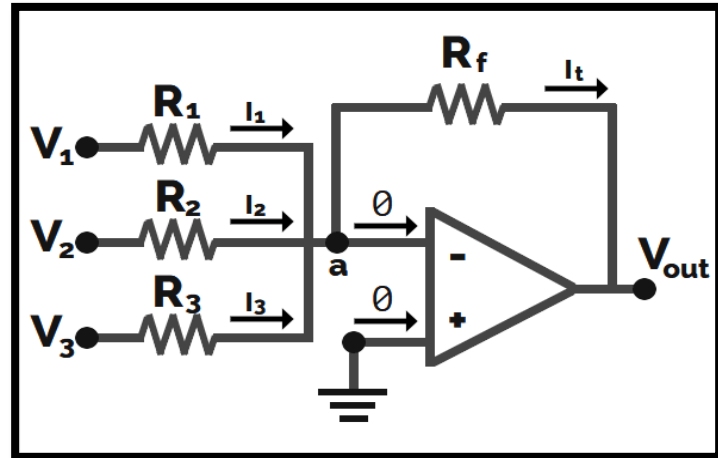
Fuente:[<https://www.amplificadoroperacional.com/amplificador-no-inversor/>]

2.6.1.3 Amplificador sumador inversor

Un amplificador sumador es aquel que está diseñado de tal manera que suma las señales de entrada aplicadas para generar una salida única.

Es muy simple construir y la funcionalidad de este amplificador es simple de analizar.

FIGURA 22. AMPLIFICADOR SUMADOR INVERSOR



Fuente: [<https://mielelectronicafacil.com/analogica/amplificador-sumador-inversor/#diagrama-del-circuito>]

2.7 Electrónica analógica

La electrónica analógica trata del estudio de circuitos cuya función se basan en señales variables desde el valor 0 a un valor indeterminado, por ejemplo, diferentes valores de temperatura para la entrada de un sensor de temperatura, las señales de sonido de un amplificador, etc.

Es una rama de la electrónica que estudia los sistemas cuyas variables varían de una forma de una forma continua en el tiempo y pueden tomar infinitos valores.

Las señales eléctricas son las diferentes tensiones o corrientes, variables con el tiempo, presentes en un sistema electrónico.

Las tensiones y corrientes de alimentación no se consideran señales del sistema, puesto que, aunque son imprescindibles desempeñan un papel secundario al tener en cuenta los objetivos para los que el sistema ha sido diseñado.

2.8 Electrónica digital

La electrónica digital es un campo de la electrónica que implica el estudio de señales digitales para procesar y controlar varios sistemas y subsistemas. Esto contrasta con la electrónica analógica y las señales analógicas.

Los circuitos digitales suelen estar hechos de grandes conjuntos de puertas lógicas, a menudo empaquetados de circuitos integrados.

La electrónica digital son aquellos sistemas electrónicos que utilizan una señal digital en lugar de una señal analógica. La electrónica digital es la representación más común del álgebra booleana y es la base de todos los circuitos digitales para computadoras, teléfonos y otros productos de consumo.

La unidad fundamental más común de la electrónica digital es la puerta lógica. Combinando numerosas puertas lógicas se pueden crear sistemas ms complejos.

2.9 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las ordenes grabadas en su memoria.

Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador.

2.9.1 Tipos de arquitectura de Microcontroladores

la arquitectura tradicional y microprocesadores está basada en la arquitectura Von Neumann, en la cual la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa y los datos.

El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus que comunica la memoria con la CPU. Así un microprocesador de 8 bits con un bus de 8 bits, tendrá que manejar datos e instrucciones de una o más unidades (1 byte) de longitud

Si tiene que acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, tendrá que realizar más de un acceso a la memoria.

Entre los tipos de microcontroladores existe el PIC18F4550 y los varios tipos de Arduino.

2.9.2 Características del PIC18F4550

El microcontrolador PIC18F4550 es un dispositivo muy potente principalmente porque tiene una memoria RAM muy buena en comparación con otros microcontroladores que ofrecen el mismo número de pines.

Es el microcontrolador ideal para proyectos que requieran un rendimiento más eficiente debido a que el diseño de este tiene una mejora al resto de microcontroladores.

La capacidad de procesamiento que tiene este microcontrolador lo vuelve ideal para proyectos donde se requiera una respuesta rápida del sistema, además de tener un

consumo de energía muy moderado ya que precisamente fue diseñado para mejorar el uso de energía para su funcionamiento.

2.9.3 Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos.

El microcontrolador de la placa se programa usando el lenguaje de programación de Arduino. Los proyectos de arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador.

Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarse pre ensambladas, el software se puede descargar gratuitamente.

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos de interactivos, que pueden funcionar de forma autónoma, sin necesidad de estar conectado a un ordenador, o puede conectarse a otro software que se esté ejecutando en un ordenador.

Con Arduino se puede tomar información del entorno a través de sensores conectados a sus entradas analógicas y digitales.

2.9.4 Tipos de Arduino

Entre el tema Arduino existe una variedad de tipos y de modelos de Arduinos y aquí nombrare a algunos:

- Arduino UNO
- Arduino DUE
- Arduino Leonardo
- Arduino Mega 2560
- Arduino Mega ADK
- Arduino Micro
- Arduino Nano
- Arduino YUN
- Arduino FIO

2.9.5 Arduino Nano

Arduino Nano es un pequeño microcontrolador basada en el ATmega328, a pesar de ser pequeña es un microcontrolador bastante completa.

Tiene la funcionalidad similar al Arduino Uno, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con cable USB mini-B en vez del cable estándar.

2.9.6 Características del Arduino Nano

- El Arduino Nano es una variante del Arduino uno, en una presentación pequeña, cumple la misma función que el Arduino Uno.
- No posee selección automática de la fuente de alimentación y puede ser alimentado a través de Mini-B USB.

- Recomendable es alimentar con una fuente no regulada de 6 a 20V
- Al alimentar el Arduino se obtiene una salida de 3.3V en el terminal 16 de la placa.
- Cada uno de los 14 terminales digitales del Nano operan a 5V y pueden ser usados en entradas y salidas.
- Cada terminal puede proveer o recibir un máximo de 40mA.
- Posee una resistencia pull-up de 20 a 50kohm.

2.9.7 Arduino Uno

Arduino Uno es un sistema basado en el microcontrolador de 8 bits Atmega328. Las placas de Arduino Uno tiene 14 pines (0 a 13), cada uno de los cuales se puede configurar como entrada/salida digital. Los pines configurados como salida pueden proporcionar o absorber una corriente de 40mA, suficiente para inducir multitud de circuitos, sensores, etc.

Para los que es preciso utilizar PWM (modulación de ancho de pulso) lo que permite variar el ciclo de trabajo de la señal cuadrada generada en el pin, obtener una tensión cuyo valor medio puede variar entre 0 y 5V y así simular una salida analógica sobre una salida digital.

2.9.8 Características del Arduino Uno

- La placa incluye un LED conectado al pin 13.
- Los pines 0 y 1 de E/S digital se pueden configurar para utilizarse como un puerto de serie.
- El Arduino Uno está basada en el microcontrolador Atmega328.
- El Arduino Uno incluye un conversor analógico/digital de 6 canales, con una resolución de 10 bits, retornando un valor entero entre 0 y 1023.
- El uso principal de dichos pines es para la lectura de sensores analógicos.
- La placa contiene un cristal del oscilador de 16MHz.
- La placa contiene un cable USB para conectar a la computadora que sirve para bajar el programa al Arduino
- La placa también puede ser alimentado por una batería externa con voltaje recomendado entre 7 a 9V.

2.9.9 Arduino Mega

Es una placa de microcontrolador basada en el microcontrolador Atmega2560. Las placas Arduino han revitalizado la industria de la automatización con su plataforma fácil de usar donde todos con poca o ninguna experiencia técnica pueden comenzar a aprender algunas habilidades básicas para programar y ejecutar la placa.

Hay algunas características básicas como el diseño PCB, el tamaño, el número de pines analógico y la naturaleza amigable de la placa de pruebas que los hace diferentes entre sí.

En términos de codificación, todas estas placas están programadas en el software Arduino IDE y no necesita conectar componentes o dispositivos adicionales para ponerlos en funcionamiento. Todo está integrado en la placa que hace que este dispositivo este fácilmente disponible.

2.9.10 Características de Arduino Mega

- Arduino Mega 2560 es una placa de microcontrolador basada en Atmega2560.
- Hay 54 pines E/S digitales y 16 pines analógicos incorporados e la placa que hacen que este dispositivo sea único y se destaque de los demás.
- De 54 entradas/salidas digitales, 15 se utilizan para PWM (modulación de ancho de pulso).
- Se agrega un oscilador de cristal con una frecuencia de 16MHz en la placa.
- Esta placa viene con un puerto de cable USB que se utiliza para conectar y transferir el código de la computadora a la placa.
- El conector de alimentación de CC esta acoplado con la placa que se utiliza para alimentar la placa.
- El encabezado ICSP es una adición notable a Arduino Mega, que se utiliza para programar o cargar el código desde la computadora.
- Esta placa viene con dos reguladores de voltaje, es decir, 5V y 3.3V, lo que proporciona la flexibilidad para regular el voltaje según los requisitos.
- No hay mucha diferencia entre en Arduino Uno y Arduino Mega, excepto que viene con más espacio de memoria, mayor tamaño y más pines de entrada/salida.

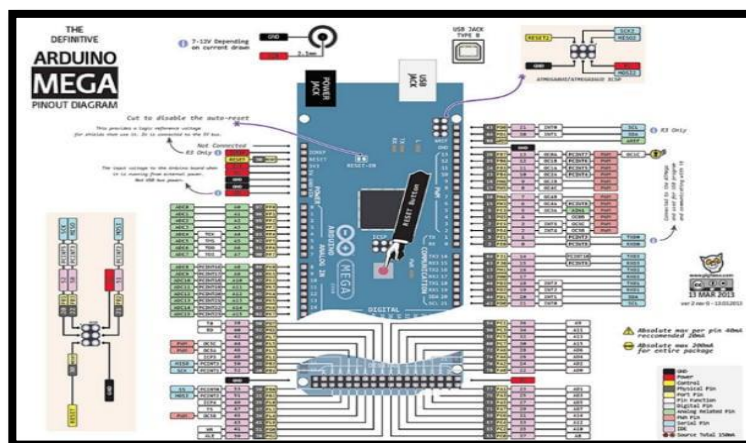
- El software Arduino llamado Arduino IDE se utiliza para programar la placa, que es un software común, utilizado para todas las placas pertenecientes a la familia Arduino.
- Hay un botón de reinicio y 4 puertos serie de hardware llamados USART que producen una velocidad máxima para configurar la comunicación.
- Arduino Mega está especialmente diseñado para proyectos que requieren circuitos complejos y más espacio de memoria.
- Hay tres formas de alimentar el tablero. Puede usar cable USB para alimentar la placa y transferir el código a la placa o puede encenderla utilizando un VIN de la placa o mediante un conector de alimentación o una batería.
- Se requieren las dos últimas fuentes para alimentar la placa a través del cable USB.
- Esta placa viene con un fusible múltiple reiniciable que evita que el puerto USB de su computadora se sobrecaliente en presencia de una alta corriente que fluye a través de la placa.

2.9.11 Arduino Mega 2560 Pinout

La siguiente figura muestra el pinout de Arduino Mega 2560.

- Cada pin tiene una función específica asociada a él. Todos los pines analógicos se pueden usar como pines de E/S digitales.

FIGURA 23. PINES DE ARDUINO MEGA 2560



Fuente: [<https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-mega-2560-overview>]

- **5V y 3.3V.-** Este pin se utiliza para proporcionar voltaje de salida regulado alrededor de 5V. Esta fuente de alimentación regulada enciende de controlador y otros componentes de la placa. Se puede obtener de Vin de la placa o del cable USB u otro suministro de voltaje de voltaje de 5V. Mientras que otra regulación de voltaje es proporcionada por un pin de 3.3V. La potencia máxima que puede extraer es de 50mA.
- **GND:** Hay 5 pines de tierra disponible en el tablero, lo que lo hace útil cuando se requieren más de un pin de tierra para el proyecto.
- **Reiniciar:** Este pin se usa para restablecer la placa. Establecer este pin en BAJO restablecerá la placa.
- **Vin:** Es el voltaje de entrada suministrado a la placa que varía de 7V a 20V. Se puede acceder al voltaje proporcionado por el conector de alimentación a través de este pin. Sin embargo, el voltaje de salida a través de este pin a la placa se configurará automáticamente 5V.
- **Comunicación serial, RXD TXD:** Son los pines en serie utilizados para transmitir y recibir datos en serie, es decir, Rx representa la transmisión de datos mientras que Tx se utiliza para recibir datos. Hay cuatro combinaciones de estos pines en serie donde Serial 0 contiene RX(0) y TX(1), la Serie 1 contiene TX(18) y RX(19), la Serie 2 contiene TX(16) y RX(17), y la Serie 3 contiene TX(14) y RX(15).
- **Interrupciones Externas:** Se utilizan seis pines para crear interrupciones externas, es decir, interrupción 0 (0), interrupción 1 (3), interrupción 2 (21), interrupción 3 (20), interrupción 4 (19), interrupción 5 (18). Estos pines producen interrupciones de varias maneras, es decir, proporcionan un valor BAJO, flanco ascendente o descendente o cambian el valor a los pines de interrupción.





- **LED:** Esta placa viene con un LED incorporado conectado al pin digital 13. El valor ALTO en este pin encenderá el LED y el valor BAJO lo apagará. Esto le permite cambiar sus habilidades de programación en tiempo real.
- **AREF.** - Significa Voltaje de referencia analógico, que es un voltaje de referencia para entradas analógicas.
- **Pines Analógicos:** Hay 16 pines analógicos incorporados en la placa etiquetados como A0 a A15. Es importante tener en cuenta que todos estos pines analógicos se pueden usar como pines de Entrada/Salida digital. Cada pin analógico viene con una resolución de 10 bits. Estos pines pueden medir desde tierra hasta 5V. sin embargo, el valor superior se puede cambiar usando la función AREF y analogReference ().
- **I2C.-** Dos pines 20 y 21 admiten comunicación I2C, donde 20 representa SDA (línea de datos serie utilizada principalmente para mantener los datos) y 21 representa SCL (línea de reloj serie utilizada principalmente para proporcionar sincronización de datos entre los dispositivos).
- **Comunicación SPI:** SPI significa interfaz serial periférica utilizada para la transmisión de datos entre el controlador y otros componentes periféricos. Cuatro pines, es decir 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) se utilizan para la comunicación SPI.

2.9.12 Dimensiones del Arduino mega 2560

Arduino Mega es comparativamente más grande que otras placas disponibles en el mercado. Viene de 4 pulgadas de largo y 2.1 pulgadas de ancho. Sin embargo, el

puerto USB y el conector de alimentación se extienden ligeramente de las dimensiones dada.

FIGURA 24. DIFERENCIAS ENTRE ARDUINOS

	Arduino Uno	Arduino Mega 2560	Arduino Micro
			
Price Points	\$19.99-\$23.00	\$36.61 - \$39.00	\$19.80 - \$24.38
Dimension	2.7 in x 2.1 in	4 in x 2.1 in	0.7 in x 1.9 in
Processor	Atmega328P	ATmega2560	ATmega32U4
Clock Speed	16MHz	16MHz	16MHz
Flash Memory (kB)	32	256	32
EEPROM (kB)	1	4	1
SRAM (kB)	2	8	2.5
Voltage Level	5V	5V	5V
Digital I/O Pins	14	54	20
Digital I/O with PWM Pins	6	15	7
Analog Pins	6	16	12
USB Connectivity	Standard A/B USB	Standard A/B USB	Micro-USB
Shield Compatibility	Yes	Yes	No
Ethernet/Wi-Fi/Bluetooth	No (a Shield/module can enable it)	No (a Shield/module can enable it)	No

Fuente: [<https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>]

2.9.13 Programación

- Arduino Mega 2560 se puede programar utilizando el software Arduino llamado IDE que admite la programación C.
- El código que crea en el software se llama boceto, que se graba en el software y luego se transfiere a la placa a través del cable USB.
- Esta placa viene con un gestor de arranque incorporado que descarta el uso de una grabadora externa para grabar el código en la placa.
- El gestor de arranque se comunica mediante protocolo STK500.
- Una vez que compila y graba el programa en la placa, puede desconectar el cable.

- USB que eventualmente elimina la alimentación de la placa. Cuando tenga la intención de incorporar la placa en su proyecto, puede encenderla usando el conector de alimentación o Vin de la placa.
- La multitarea es otra característica en la que Arduino mega es útil. Sin embargo, el software Arduino IDE no es compatible con la función multitarea, pero puede utilizar otros sistemas operativos como FreeRTOS y RTX para escribir un programa en C para este propósito. Esto le brinda la flexibilidad de utilizar su propio programa de compilación personalizado utilizando el conector ISP.

CAPÍTULO III

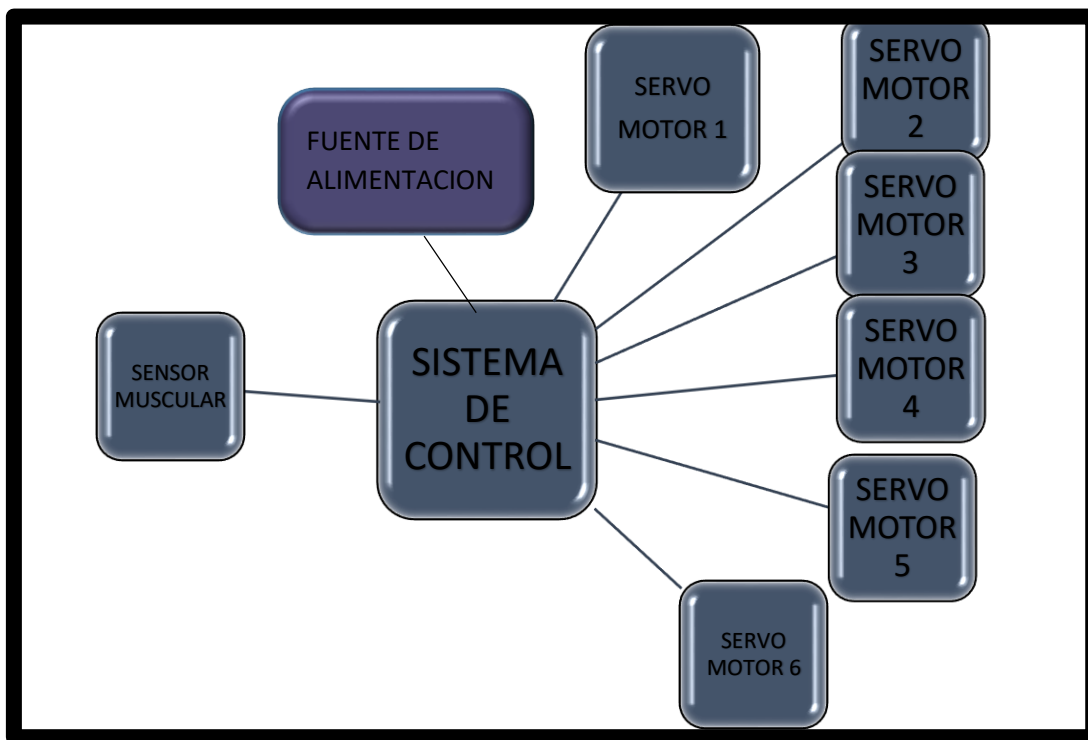
3.1 PROPUESTA DE INNOVACION O SOLUCION DEL PROBLEMA

Para la implementación de la siguiente propuesta de innovación se deben cumplir los siguientes objetivos que muestra a continuación:

3.1.1 Diagrama de bloques

El siguiente diagrama de bloque se diseñó en base a todos los componentes que tiene la prótesis electrónica.

FIGURA 25. DIAGAMA DE BLOQUE



FUENTE: [elaboración propia]

3.2 Sistema de control

En base al diagrama de bloque visto anteriormente, para la automatización del proceso se requerirá un microcontrolador, con una entrada analógica y cinco salidas digitales.

3.3 Dimensionamiento de sensor muscular

Para el proyecto elaborado se requerirá un sensor que sea accesible, económico y de un tamaño de 3cm x 2.5cm lo cual no consuma mucha corriente.

TABLA 2. TABLA COMPARATIVA DE SENSOR

	9925399L-22	MYOWARE
ALIMENTACION	3.3V A 9V	3.3V A 5V
CONSUMO DE CORRIENTE	4mA	10mA
TAMAÑO	3cm x 2.5cm	6cm x 2.6cm
PRECIO	250Bs	500Bs

FUENTE: [elaboración propia]

Mediante la tabla comparativa que se vio anteriormente la mejor opción tanto en tamaño alimentación y precio es el sensor muscular (EMG) 25399L-22 porque se acopla más a las características que se busca ya sea tanto como en dimensiones y precio.

3.4 Dimensionamiento de servomotores

Para el proyecto se requerirá 5 servomotores los cuales las características serán:

- Tipo de alimentación accesible.
- Consumo de corriente de al menos 5mA.
- Una fuerza de torque de 8kg a 12kg.
- Un tamaño de 22cm a 40cm.

TABLA 3. TABLA COMPARATIVA DE SERVOMOTORES

	SG90	MG90S	MG995
ALIMENTACION	4.8V A 6V	4.8 a 6V	4.8V a 9v
TORQUE	2.5KG	2.5KG	10 a 12Kg
TAMAÑO	22.4x12.5x22.8mm	22.4x12.5x22.8mm	40x20x36.5mm
CONSUMO DE CORRIENTE	5mA	5mA	4mA

FUENTE: [elaboración propia]

Basándome en la tabla comparativa el componente que decidí optar por sus características esenciales fueron 4 servo motores MG995 y un servomotor MG90s por su mayor fuerza de torque y consumo de corriente.

3.5 Dimensionamiento del Arduino

Para el proyecto que se realiza se busca un microcontrolador con dichas características:

- Una entrada analógica.
- Cinco salidas digitales.
- Voltaje de capacitancia de 5v
- Consumo de corriente de al menos 40mA
- Cristal de 16Mhz
- Dimensiones de 6cm hasta 10cm

TABLA 4. TABLA COMPARATIVA DE ARDUINO

	Arduino nano	Arduino Uno	Arduino mega
DIMENSIONES	4.5x1.8cm	6.83x5.34cm	10.16x5.33cm
ENTRADAS/SALIDAS	14pines	14pines	54pines
ENTRADA	Mini-B USB	Cable USB	Cable USB
VOLTAJE DE SALIDA	5V	3.3 a 5V	3.3 a 5V
CORRIENTE DE RECEPCION	40mA	40mA	40mA
CRISTAL	16Mhz	16Mhz	16Mhz







FUENTE: [Elaboración propia]

En base a la tabla comparativa que realice he decidido tomar el arduino mega como sistema de control que será el cerebro del proyecto realizado, ya que consta con los pines de entrada y de salida necesarias para realizar el circuito.

3.6 Materiales y componentes

Los materiales que se usaron para la prótesis electrónica de la extremidad superior se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 5. MATERIALES Y COMPONENTES

Materiales	Cantidad	Imagen
<p>Arduino Mega</p>	<p>1</p>	
<p>Sensor EMG</p>	<p>2</p>	
<p>Servomotor MG-995</p>	<p>5</p>	
<p>Servomotor MG-90S</p>	<p>1</p>	
<p>Electrodos tipo parche</p>	<p>6</p>	
<p>Fuente portátil 5V-5A</p>	<p>1</p>	

FUENTE: [Elaboración propia]

3.7 Comparación entre PIC y Arduino

En la siguiente tabla de comparación se muestra las diferentes ventajas que tiene el microcontrolador Mega y el microcontrolador PIC.

TABLA 6. VENTAJAS DEL ARDUINO Y PIC

ARDUINO	PIC
Simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores.	Son muy fácil de grabar, ya que solo necesitamos una computadora.
Bajos costos.	Se puede grabar mediante diferente puertos (serie o el USB).
Son más accesibles comparadas con otras plataformas de microcontroladores.	Permite controlar, programar y sincronizar tareas electrónicas a través del tiempo simplemente realizando una correcta programación.
El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows.	Software que nos ayudan a programar un microcontrolador de este tipo son el PIC, o el MPLAB, es decir, que los PIC, están muy extendidos y difundidos en la electrónica actual.
Entorno de programación simple y directo.	Se puede elegir entre diversas características que uno no tiene, pero otros si, como cantidad de puertos, cantidad de entradas y salidas, conversor Analógico al Digital, cantidad de memoria, al físico, y este tipo de cualidades que nos permiten tener una mejor elección de un PIC.
Software ampliable y de código abierto. El software Arduino es de distribución de licencia libre y programada para ser adaptado por programadores experimentos.	
El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++.	
Hardware ampliable y de código abierto.	
Arduino está basado en los microcontroladores ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280.	

FUENTE: [elaboración propia]

En la siguiente tabla de comparación se mostrará las diferentes desventajas que tiene el microcontrolador arduino Mega y el microcontrolador PIC.

TABLA 7. DESVENTAJAS DEL ARDUINO Y PIC

ARDUINO	PIC
Algunos microsegundos que en el caso de dispositivos de uso cotidiano son irrelevantes, pero significativos a la hora de hacer adquisición de datos.	Se necesitan llamar a muchas instrucciones para realizar una tarea en particular. Esto siempre y cuando el proyecto sea complejo.
El hecho de que la plataforma venga ya ensamblada le quita flexibilidad a los proyectos.	Los PIC no son tan barato como uno los puede esperar.

FUENTE: [Elaboración propia]

Para la selección del microcontrolador se decidió tomar en cuenta al microcontrolador **ARDUINO MEGA** debido a que cuenta con las librerías necesarias para el desarrollo del proyecto prótesis electrónica de la extremidad superior, además que es un costo bajo y tiene mayor número de entradas analógicas y tiene mayor número de entradas digitales.

3.8 prototipo de prótesis con control muscular

Es un sistema locomoción que funciona en base a una estructura de características similares a las de una mano, está impresa en 3D en material de filamento de alta resistencia.

El tipo de movimiento que acciona cada una de las falanges está dada por eslabones que se enlazan por dentro de la estructura para realizar el movimiento de cada dedo, para el control de la tensión que realiza cada dedo al ejecutar un movimiento, cuya resistencia ayuda a simular mejor los movimientos de los tendones de los dedos.

El movimiento proporcionado por servomotores de alta resolución es el encargado de realizar los agarres programados en el sistema de control (arduino). Las señales de control son recogidas por sensores EMG desde el antebrazo, desde el cual es posible enviar esta información recolectada de manera inalámbrica a la tarjeta programadora, la misma que se encargara de codificar la información y realizar el envío de las ordenes de control y las señales de funcionamiento.

3.9 sistema de control

El sistema de control cumple las siguientes características:

- Este sistema se encarga de recibir las señales de control enviadas a través de comunicación serial desde el sensor EMG, correspondientes a las señales musculares.
- Estas señales son procesadas en el sistema de control de tal manera que van formando grupos de señales correspondientes a movimientos musculares.
- El módulo de control se encarga también de tomar las señales de entrada y compararlas con los grupos de movimientos almacenados anteriormente dando origen a una señal de salida.

Estas señales de salida asociadas a los movimientos musculares son relacionadas con un conjunto de rutinas en las que se especifica el movimiento individual de cada dedo, formando en conjunto un movimiento completo de la mano (agarre).

Este sistema de control finalmente se encarga de realizar el control de los actuadores (servomotores), y de las correcciones de movimiento para mejorar los agarres de objetos dando la apariencia de movimiento más real aproximándola al movimiento natural de una mano.

3.10 Modulo Actuador

Se encarga de recibir las órdenes enviadas desde el sistema de control y ejecutar los movimientos programados. Este módulo alberga el control mecánico de la mano convirtiéndose así en un elemento terminal (actuador), sobre el cual se deben tener

consideraciones de construcción de los materiales y de los elementos que transmitirán los esfuerzos físicos de los motores y los convertirán en movimientos de la prótesis.

Es así que se han considerado diversos tipos de diseños de prótesis de uso libre sobre los cuales se realizaron pruebas de movimiento y adaptabilidad, partiendo de un criterio de ajustar y generar los movimientos básicos de manipulación de objetos y de movimientos que visualmente se ven naturales.

3.11 Implementación

La prótesis cuyo principal fin es el de cubrir el aspecto estético. Están diseñadas para ser lo más similar posible a un miembro real, pero tienen un mínimo de movimiento mecánico. Están construidos de materiales sintéticos y su función es el restablecimiento emocional del paciente, estas prótesis pueden ser diseñadas con especificaciones particulares de acuerdo a las necesidades del usuario

Estas prótesis se caracterizan por tener movilidad, tratan de ajustarse a los movimientos reales del miembro que intentan suplir.

Este tipo de prótesis son principalmente mecánicas, inicialmente utilizando esfuerzos mecánicos naturales del cuerpo humano para realizar los movimientos requeridos. De aquí se desprenden las prótesis, cuya principal característica es la de utilizar los impulsos eléctricos producidos por el cuerpo humano para controlar dispositivos electrónicos y mecánicos que realizan los movimientos. La aparición de materiales sintéticos facilitó la adaptabilidad de las prótesis mejorando la sensación de uso para los pacientes. Hoy en día con el desarrollo de nuevos tipos de materiales sintéticos, la cual permite realizar el escaneo de los miembros afectados y de los miembros funcionales. Este escaneo se realiza con dos propósitos:

- El primero propósito es el de obtener los datos (medidas) del miembro amputado para adaptar con un alto nivel de precisión la prótesis
- El segundo para utilizar la simetría del cuerpo del paciente en la creación del miembro faltante.

Con la aparición de las impresoras 3D y las plataformas de uso libre de diseños en 3D, es posible realizar diseños ajustados a la medida del usuario desde la comodidad del hogar. Esto

abre una gran posibilidad de opciones que pueden ser tomadas en cuenta para el desarrollo del prototipo de prótesis que se plantea en este proyecto. Las principales consideraciones a tener en cuenta en el desarrollo de la prótesis son:

- Ligero y de fácil instalación
- La prótesis está dirigida personas con inmovilidad de muñeca, amputación de dedos.
- La morfología del diseño de prótesis debe ser similar a la mano humana
- La morfología de la mano debe ser similar a la humana de tal manera que se puedan realizar los principales movimientos antes definidos para el proyecto (Agarre completo, agarre ligero, mano abierta).
- La prótesis es de uso habitual y no para uso en trabajos que realicen fuerzas que comprometan su desempeño.

La cual se adapta de manera óptima a los movimientos que serán programados. Esta impresión está realizada con filamento que es un plástico muy resistente que al ser moldeado a una temperatura de 240 grados centígrados y tomar forma adquiere una gran resistencia, lo cual le convierte en un material ideal para el desarrollo de un prototipo.

FIGURA 26. ROLLO DE FILAMENTO COLOR NEGRO



FUENTE: [<https://www.3dcpi.com/es/filamento3d-pla-abs/3D-Especiales-filaments/filamento-esd-pla-3dxstat.html>]

En la parte de implementación se empezó con el diseño de dicho mecanismo, lo cual este proyecto fue diseñar con la aplicación llamada “BLENDER” lo sirvió para trazar las dimensiones de la prótesis.

Es adaptable también a varias amputaciones que se pueden producir en las manos de los individuos. También es posible utilizarlo en cualquiera de las manos del usuario previo a su configuración e impresión.

El diseño de prótesis planeado previo a la instalación de los dispositivos electrónicos presenta las siguientes ventajas y desventajas:

TABLA 8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE DISEÑO DE PROTESIS EN 3D

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reduce el costo de construcción.	La resistencia de la prótesis se limita a la resistencia del material.
Reduce el tiempo de construcción.	Al reducir el tiempo también se reduce en la calidad.
Adaptabilidad a los requerimientos del usuario.	Número limitado de movimientos de agarre producido por la disposición.
Adaptabilidad a nuevas tecnologías.	Movimientos limitados de las falanges de forma individual.
Estéticamente agradable.	Movimiento de muñeca.

FUENTE: [Elaboración propia]

Una vez ya obtenida las dimensiones dependiendo al grado de movimiento que se requiere en el proyecto se pasa a la parte de la impresión.

Este mecanismo está fabricado con un material llamado filamento lo cual es un plástico muy resistente y a la vez muy ligero, lo cual con ayuda de una impresión en 3D ya se obtiene físicamente.

FIGURA 26. DISEÑO DE LA PROTESIS ELECTRONICA



FUENTE [elaboración propia]

Después la parte de programación que es el sistema de control lo cual se encargara de mandar señales a los motores para que el mecanismo funcione.

FIGURA 27. IMPRESIÓN A 3D



FUENTE: [elaboración propia]

3.12 Electromiografía

Es una prueba médica que fue desarrollada con el fin de estudiar el comportamiento de las fibras musculares en relación al sistema nervioso.

La prueba consiste en la medición de los potenciales eléctricos que resultan de la actividad electroquímica de las células excitables que están presentes en los tejidos musculares.

Esta prueba se realiza con electrodos especialmente diseñados para el uso médico (sensores mioeléctricos). Con esta prueba se pueden conocer características como:

- El número de fibras musculares que reaccionan ante dichos impulsos eléctricos.
- El tipo de movimiento que realizan las fibras musculares.
- El tiempo que tardan las fibras musculares en contraerse
- El tiempo que las fibras se mantienen contraídas.

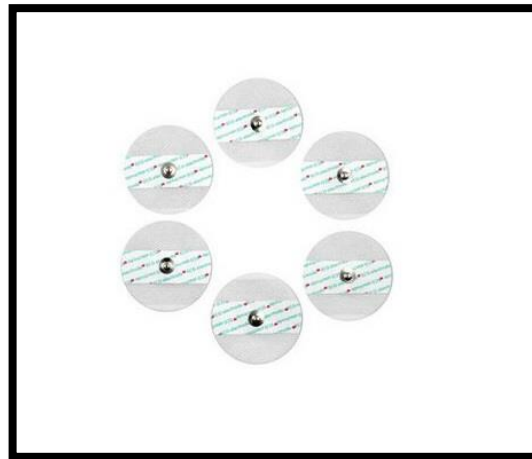
3.12.1 Sensor electromiográfico

Al realizar la recolección de datos a través de un sensor EMG, las señales obtenidas por los sensores mioeléctricos, al provenir de una fuente de energía muy pequeña, tienen la necesidad de pasar por un proceso de amplificación y filtrado, para luego identificar las características de la señal que los compone y clasificarlas de acuerdo a la actividad muscular que se quiere identificar.

Otros factores como la distancia de los electrodos entre sí, las propiedades físicas de la piel, la zona de actividad muscular; son utilizadas para determinar un movimiento, definirlo y que sea reconocible por el sensor.

En este proyecto se utilizará unos electrodos tipo parche que acompañará al sensor electromiográfico a recibir las señales musculares de la extremidad amputada.

FIGURA 28. ELECTRODOS TIPO PARCHE



FUENTE: [<https://www.estudioelectronica.com/tienda/sensores/electrodo-para-sensor-muscular-emg/>]

Uno de los criterios que persigue el desarrollo del prototipo es el de reducir considerablemente la cantidad de cableado entre cada dispositivo que forme parte del sistema. Una solución para ello es la utilización de un sensor mioeléctricos que sea capaz de recolectar la información de los músculos y que la transmita a la tarjeta de control la información recolectada. Las características a tener en cuenta para el desarrollo del prototipo tienen que ver con la recolección estable de las señales musculares. El consumo de energía bajo. Adaptabilidad a tarjetas de desarrollo de código abierto y comunicación inalámbrica con la tarjeta de desarrollo.

3.9 Presupuesto

TABLA 9. TABLA DE PRESUPUESTO

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
PIEZAS	29	580Bs	580Bs
SERVOMOTOR MG995	5	50Bs	250Bs
SERVOMOTOR MG90S	1	27Bs	27Bs
ARDUINO MEGA	1	75Bs	75Bs

SERSON MUSCULAR	2	250Bs	500Bs
ALIMENTACION	1	50Bs	50Bs
ELECTRODOS	3	5Bs	15Bs

TOTAL:	1497Bs		
---------------	---------------	--	--

FUENTE:[Elaboración propia]

RESULTADOS ESPERADOS

El proyecto “**Prótesis electrónica de extremidad superior**” cuyo principal resultado es ayudar a las personas que requieran necesidades protésicas, y beneficiar a dichas personas.

Lo cual tras una serie de pruebas se llegó al resultado esperado al ser el funcionamiento de dicha prótesis.

Lo cual es lograr captar las señales musculares para que la prótesis llegue a a funcionar.

Gracias a la construcción de la prótesis electrónica de extremidad superior genera dos beneficios importantes:

- Ayudar a las personas con discapacidad física a mejorar su calidad de vida y su estado emocional y psicológico por los que pasan.
- Implementar este tipo de proyecto a rama médica para beneficiar a todo el país.

CONCLUSIONES

- Según registros del año 2021, en Bolivia existen 95.884 personas con discapacidad física y en lo cual el 26% requieren necesidades protésicas (24.929).
- Los resultados son bajos comparados con la pérdida del miembro sufrido.
- Existe diversos diseños que se han desarrollado, para ofrecer la funcionalidad de dicha prótesis dependiendo a la gravedad de la persona que requiere.
- También el uso de equipos electrónicos para la implementación en el dispositivo.
- Estos materiales responden dinámicamente a estímulos externos presentes.

RECOMENDACIONES

- Tener un buen cuidado de la extremidad y buena higiene.
- Mantener en buen estado el proyecto y que no se sobre caliente.
- Dar mantenimiento cuando la prótesis no funcione como debe.
- Cuidar y resguardar todos los componentes del proyecto.

FUENTES DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFIA

- Todo mecánica. (25 de octubre de 2021). Motor paso a paso. Obtenido de <https://www.todomecanica.com/blog/86-sistemas-inyeccion-gasolina.html>
- Tecnopura. (25 de octubre de 2021). Motor DC. Obtenido de <https://www.tecnopura.com/wp-content/uploads/motor-dc-mediano-3v9v-para-proyectos-de-electronica-0.jpg>
- SanDorobotics. (25 de octubre de 2021). Motor reductor. Obtenido de <https://sandorobotics.com/producto/4753/>
- Panamahitek. (25 de octubre de 2021). Servo Motor. Obtenido de <https://sandorobotics.com/producto/4753/>
- Panamahitek. (25 de octubre de 2021). Interior de Servo Motor. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Zonamaker. (25 de octubre de 2021). Tipos de Servo Motores. Obtenido de <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/control-de-servomotores-con-arduino>
- Panamahitek (25 de octubre de 2021). Colores comunes de los cables de un Servomotor. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Zonamaker. (25 de octubre de 2021). Cables de señal de Servo Motor. Obtenido de <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/control-de-servomotores-con-arduino>
- Panamahitek. (25 de octubre de 2021). Ancho de pulso de diferentes posiciones del servo. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

- Fuentedealimentacion. (25 de octubre de 2021). Etapa de transformación. Obtenido de <http://fuentedealimentacionvoca3.blogspot.com/2010/11/etapa-de-transformacion.html>
- Electroclub. (25 de octubre de 2021). Etapa de rectificación. Obtenido de <http://www.electroclub.com.mx/2019/04/seleccion-y-calculo-de-componentes-en.html>
- Electrónica. (25 de octubre de 2021). Etapa de filtrado. Obtenido de <https://cifpn1.com/electronica/?p=3096>
- Electrónica. (25 de octubre de 2021). Componentes principales. Obtenido de <https://cifpn1.com/electronica/?p=3096>
- Sepia. (25 de octubre de 2021). Diagrama de campo magneto. Obtenido de <https://www.sepia.mx/que-son-los-sensores-magneticos-de-efecto-hall/>
- Dewesoft. (25 de octubre de 2021). Tabla de sensores de temperatura. Obtenido de <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#temperature-sensors>
- Ninoelectronico. (25 de octubre de 2021). Sensor de movimiento. Obtenido de <https://ninoelectronico.cl/producto/arduino-modulo-sensor-de-movimiento-modsr501/>
- Electronicoscaldas. (25 de octubre de 2021). Sensor de humedad. Obtenido de <https://www.electronicoscaldas.com/es/sensores-de-humedad-lluvia-inundacion/461-sensor-de-humedad-en-suelo-yl-69.html>
- Electrocrea. (25 de octubre de 2021). Sensor de sonido. Obtenido de <https://electrocrea.com/products/sensor-de-sonido>
- Arcaelectronica. (25 de octubre de 2021). Sensor infrarrojo. Obtenido de <https://www.arcaelectronica.com/products/modulo-sensor-infrarrojo-detector-objetos-obstaculos-arduino>
- Sawers. (25 de octubre de 2021). Sensor muscular. Obtenido de <https://tienda.sawers.com.bo/EMG-Sensor-Muscular-V3-0-5V>
- Electrofacil. (25 de octubre de 2021). Amplificador inversor. Obtenido de <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/AMPLIFICADOR-INVERSOR.html>
- Amplificadoroperacional. (25 de octubre de 2021). Amplificador no inversor. Obtenido de <https://www.amplificadoroperacional.com/amplificador-no-inversor/>
- Mielelectronica. (25 de octubre de 2021). Amplificador sumador inversor. Obtenido de <https://mielelectronicafacil.com/analogica/amplificador-sumador-inversor/#diagrama-del-circuito>

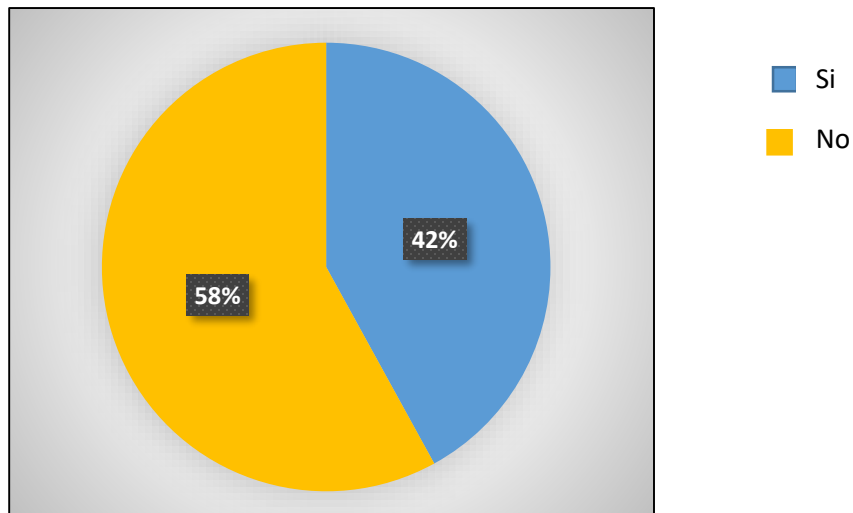
- Arrow. (25 de octubre de 2021). Diferencia entre Arduinos. Obtenido de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>
- FILAMENTO ESD PLA 3DXSTAT (24 de noviembre de 2021). Rollo de filamento. Obtenido de <https://www.3dcpi.com/es/filamento3d-pla-abs/3D-Especiales-filaments/filamento-esd-pla-3dxstat.html>
- Estudio electrónica (24 de noviembre de 2021). Electrodo tipo parche. Obtenido de <https://www.estudioelectronica.com/tienda/sensores/electrodo-para-sensor-muscular-emg/>

ANEXOS

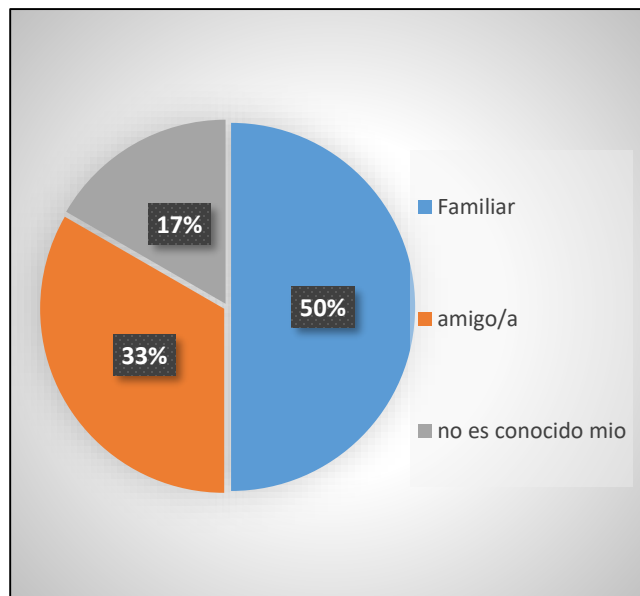
En la parte de los anexos les mostrare el procedimiento que se tomó para optar por este proyecto.

ANEXO 1: ESTADISTICAS DE LA ENCUESTA REALIZADA

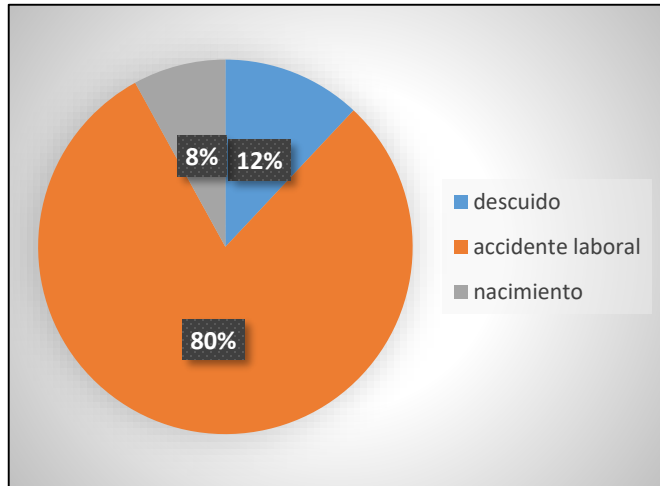
1.- Conoces a una persona con discapacidad física



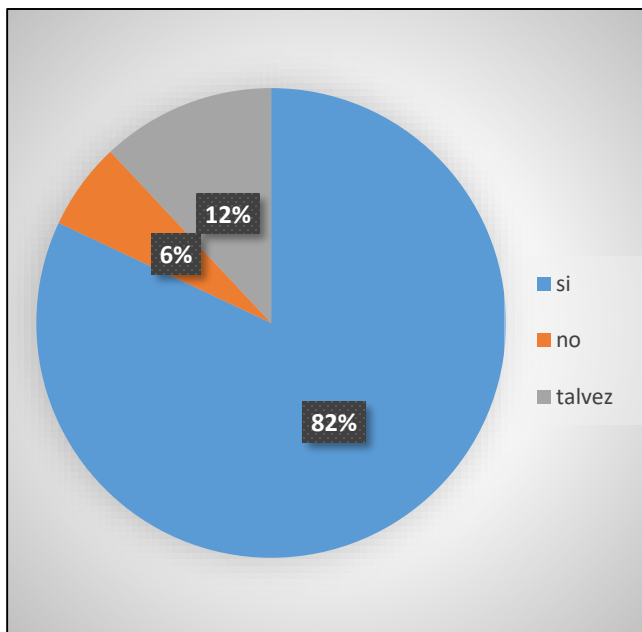
2.- Que relación tienes con esa persona



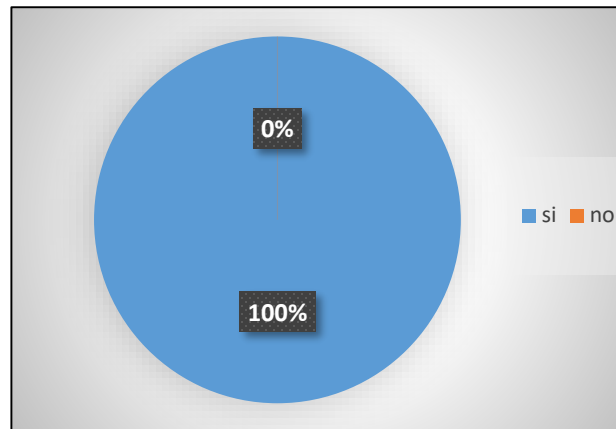
3.- Como fue que esa persona tiene discapacidad física



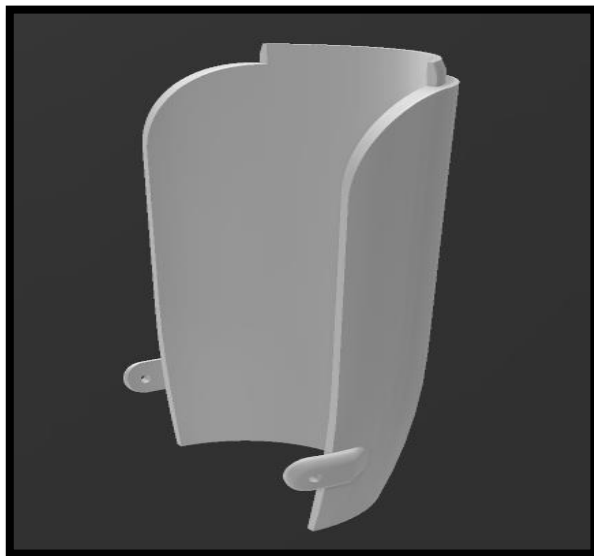
4.- ¿Te gustaría ayudar a las personas que sufren discapacidad física?



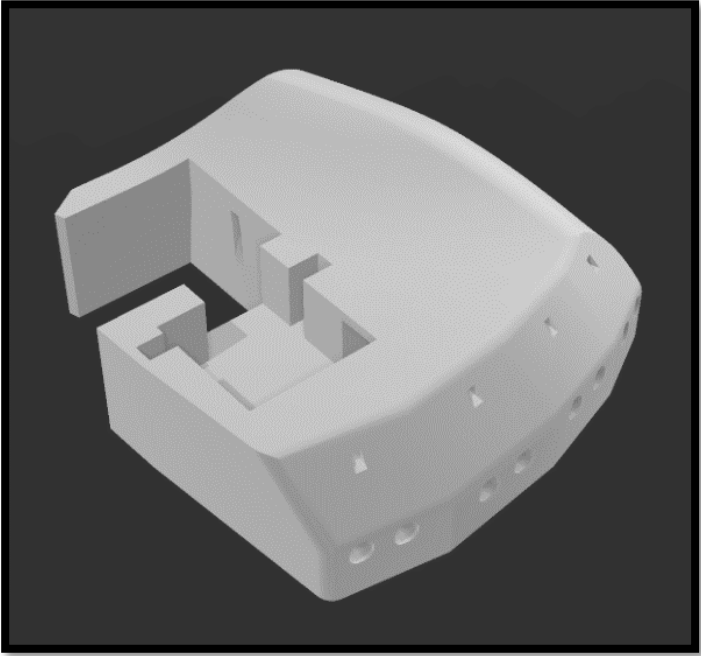
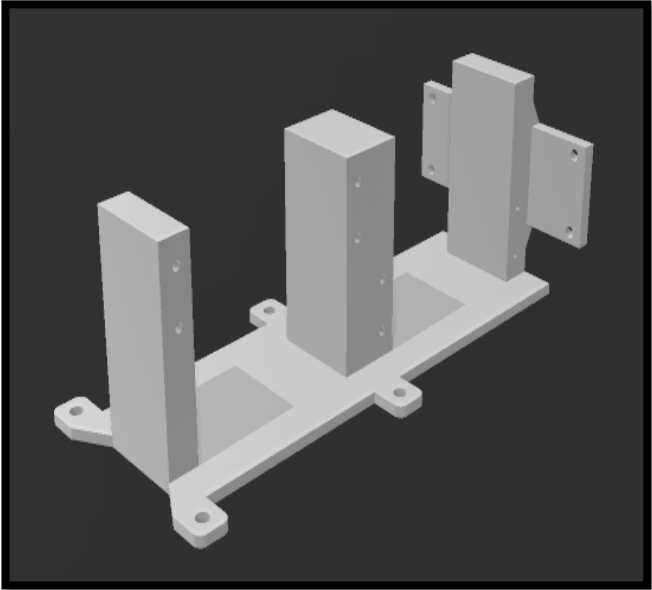
5.- ¿Crees que sería bueno implementar el proyecto de la prótesis electrónica?



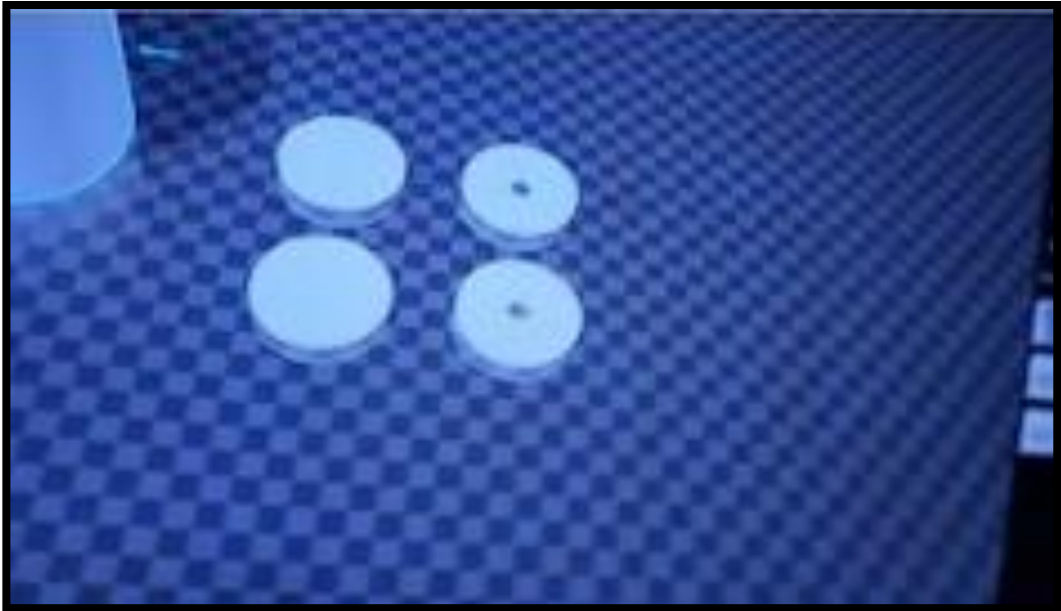
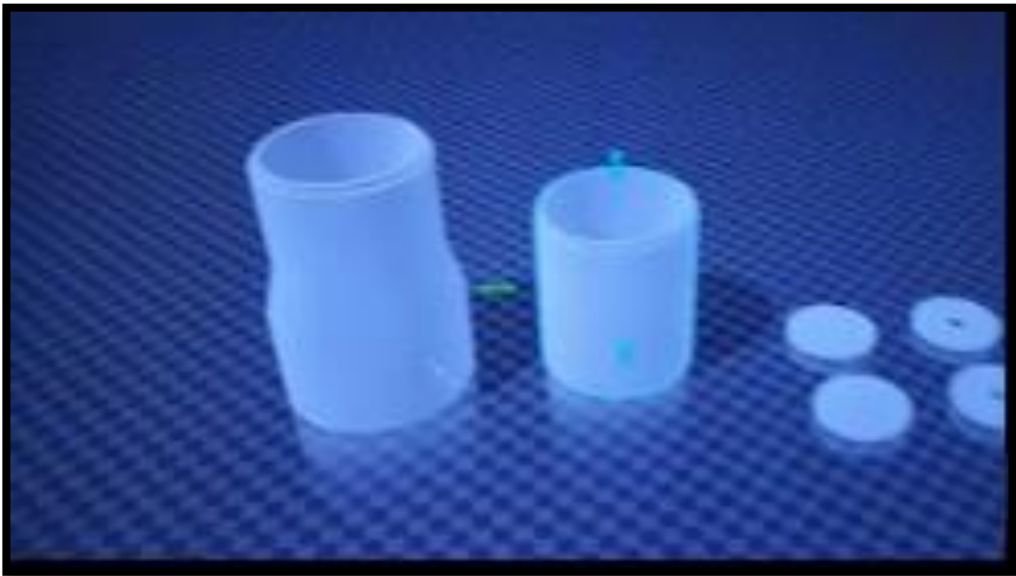
ANEXO 2: DISEÑO DE LAS PIEZAS DE LA PROTESIS



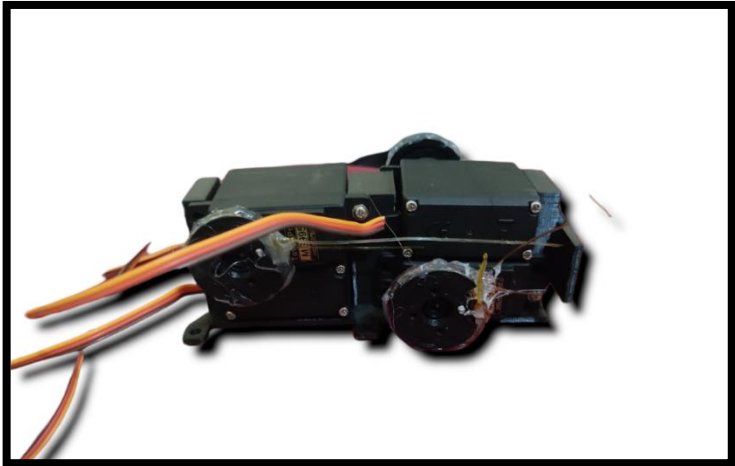
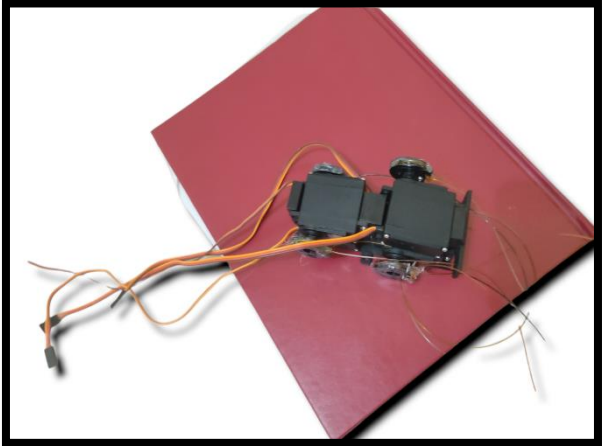
ANEXO 3: UBICACIÓN DE LOS SERVO MOTORES



ANEXO 4: DISEÑO EN LA PAGINA BLENDER



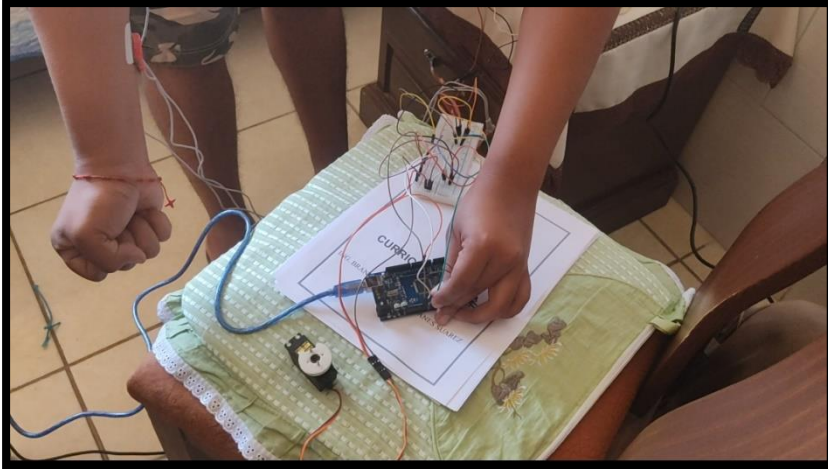
ANEXO 5: ARMADO DE LAS PIEZAS



ANEXO 6: PROGRAMACIÓN Y PRUEBA

```
#include <Servo.h>           //Libreria de servo
#define Sensor 250          //Definimos una constante a 250 (PWM)
#define EMG_PIN 0           //Conectas al A0
#define SERVO_PIN1 3        //Conectas al D3
#define SERVO_PIN2 5        //Conectas al D5
#define SERVO_PIN3 6        //Conectas al D6
#define SERVO_PIN4 9        //Conectas al D9
Servo Servo1;
Servo Servo2;
Servo Servo3;
Servo Servo4;
void setup(){
  Serial.begin(9600);        //Defines para la lectura en la PC
  Servo1.attach(SERVO_PIN1); //Defines que la variable Servo1 actuará en el D3
  Servo2.attach(SERVO_PIN2); //Defines que la variable Servo1 actuará en el D3
  Servo3.attach(SERVO_PIN3); //Defines que la variable Servo1 actuará en el D3
  Servo4.attach(SERVO_PIN4); //Defines que la variable Servo1 actuará en el D3
}
void loop(){
  int valor = analogRead(EMG_PIN); //Realizas lectura en la variable valor
  if(valor > Sensor){
    Servo1.write(170);          //Si el valor es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
}
```

```
    Servo1.write(170);          //Si el valor es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
  else{
    Servo1.write(10);          //Si el valor no es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
  int valor2 = analogRead(EMG_PIN); //Realizas lectura en la variable valor
  if(valor > Sensor){
    Servo2.write(170);          //Si el valor es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
  else{
    Servo2.write(10);          //Si el valor no es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
  int valor3 = analogRead(EMG_PIN); //Realizas lectura en la variable valor
  if(valor > Sensor){
    Servo3.write(170);          //Si el valor es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
  else{
    Servo3.write(10);          //Si el valor no es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
  int valor4 = analogRead(EMG_PIN); //Realizas lectura en la variable valor
  if(valor > Sensor){
    Servo4.write(170);          //Si el valor es mayor a 250 se mueve el servo a la posicion 170 definida por el PWM
  }
}
```



ANEXO 7: PROYECTO CONCLUIDO

