



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UNA PRÓTESIS ROBÓTICA MICRO CONTROLADA, UTILIZANDO SENSORES MYO Y ARDUINO.

AUTOR: LINDESON WLADIMIR PANCHI MOLINA

TUTOR: Mg. RENÉ ERNESTO CORTIJO LEYVA

QUITO - ECUADOR

ANO: 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

DECLARACIÓN

Yo, **LINDERSON WLADIMIR PANCHI MOLINA**, con cédula de identidad N° 0503336927 declaro que este trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PRÓTESIS ROBÓTICA MICRO CONTROLADA, UTILIZANDO SENSORES MYO Y ARDUINO”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

QUITO D.M. Septiembre del 2018

.....

PANCHI MOLINA LINDERSON WLADIMIR

C.I: 0503336927

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del componente práctico certifico:

Que el trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PRÓTESIS ROBÓTICA MICRO CONTROLADA, UTILIZANDO SENSORES MYO Y ARDUINO**”, presentado por la Sr. LINDERSON WLADIMIR PANCHI MOLINA, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

QUITO D.M. Septiembre del 2018

TUTOR

.....

ING. RENÉ ERNESTO CORTIJO LEYVA

AGRADECIMIENTO

A la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, por todas las oportunidades con la posibilidad de caminar y perfeccionarme en mi campo profesional con invaluables conocimientos científicos, académicos, para un futuro porvenir para así convertirme en un ente competitivo y de aporte positivo para la sociedad.

A mis maestros y profesores de la Universidad Tecnológica Israel por confiar en mí y los años compartidos de conocimientos y paciencia por su carisma en la enseñanza de sus clases, y apoyarme en los momentos difíciles como un ejemplo de profesionalismo con suficiente humildad a lo largo de mi vida.

A mi tutor de tesis Ing. Rene Cortijo por su ayuda, paciencia, y guía como gran profesional por su trato personal hacia mí, su esfuerzo e interés en todo momento de forma desinteresada, por brindarme su sabiduría en el transcurso de la investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su apoyo, cariño, confianza, carácter firme y dedicación absoluta hicieron de mí una persona responsable, aportando cada día amor, respeto confianza, esfuerzo y sacrificio, para que pueda alcanzar el sueño de graduarme.

A todos los docentes de la Universidad Tecnológica Israel quienes supieron compartir sus conocimientos con el único afán de hacer de mi persona una gran profesional brindándome sus conocimientos en lo teórico y práctico.

Dedico este trabajo de titulación a Dios por la sabiduría y perseverancia brindada para llegar a este objetivo.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
PORTADA	i
DECLARACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
ALCANCE	3
DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS	3
CAPÍTULO I	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1 Morfología de la mano	5
1.1.1 Anatomía de la mano humana	5
1.2 Huesos que conforman la mano	7
1.2.1 Partes de la mano	8

1.2.2	Superficie de la mano.....	8
1.3	Myo Armband	9
1.3.1	Funcionamiento Myo Armband	9
1.3.2	Especificaciones técnicas	9
1.3.3	Características del Myo.....	11
1.4	Bluetooth HM-10.....	12
1.4.1	Especificaciones del HM-10	12
1.4.2	Características del HM-10.....	13
1.5	Brazo robótico InMoov Hand.....	14
1.6	Arduino Uno	14
1.6.1	Especificaciones del Arduino Uno	15
1.7	Servo Motor MG996R	16
1.7.1	Especificaciones del Servo Motor MG996R.....	16
1.8	Baterías Li-Po	17
1.8.1	Equilibrio batería Li-Po	17
CAPÍTULO II.....		18
MARCO METODOLÓGICO		18
2.1	El tipo de investigación.....	18
2.2	Diseño de la investigación.....	18
CAPÍTULO III		19
PROPUESTA		19
3.1	Idea de la propuesta	19
3.2	Idea integral de la propuesta.....	19
3.3	Módulos de la propuesta	20
3.3.1	Módulo Sensor	20
3.3.2	Módulo de comunicación	21

3.3.3	Módulo de control	22
3.3.4	Actuadores.	22
3.3.5	Diseño InMoov Hand	22
3.4	Programas.....	23
3.4.1	Software SolidWork	23
3.4.2	Proteus 8 professional	24
3.4.3	Arduino.	24
3.5	Aspectos técnicos del producto	25
3.6	Análisis de costos del proyecto	26
3.6.1	Sensor muscular.....	26
3.6.2	Comunicación Bluetooth.....	27
3.6.3	Placa de control	28
3.6.4	Actuadores.....	28
3.7	Presupuesto requerido para la implementación del proyecto.....	29
3.8	Análisis del tiempo	30
3.9	Ventajas del producto	34
CAPÍTULO IV		35
IMPLEMENTACIÓN.....		35
4.1	Diseño de las partes que conforman la prótesis.....	35
4.2	Planos de ensamblaje de las piezas InMoov	36
4.3	Plano del brazo InMoov Hand.....	38
4.4	Plano de la mano InMoov Hand	38
4.5	Planos de conexión de los elementos electrónicos	39
4.6	Elaboración de la placa de control.	41
4.7	Diseño del programa de control para el sistema.....	42
4.5	Calculo de fuerza aplicada	43

4.6	Calculo del rendimiento de la prótesis	45
4.7	Implementación	45
4.8	Pruebas y resultados.....	54
4.8.1	Agarre de objetos.....	54
4.8.2	Fuerza aplicada a los objetos.....	56
4.9	Análisis de resultados	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		59
Conclusiones.....		59
Recomendaciones		60
BIBLIOGRAFÍA		61
ANEXOS.....		63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura. 1.1 Anatomía de la mano.....	5
Figura. 1.2 Tendón que conforma la mano	6
Figura. 1.3 Nervio periférico de la mano	6
Figura. 1.4 Vasos sanguíneos de la mano	7
Figura. 1.5 Huesos que conforman la mano	7
Figura. 1.6 Partes de la mano	8
Figura. 1.7 Anatomía de superficie de la mano	8
Figura. 1.8 Dimensiones y peso del Myo Armband	9
Figura. 1.9 Dispositivos compatibles Myo Armband	10
Figura. 1.10 Movimientos que tiene Myo Armband	10
Figura. 1.11 Comunicación de Myo Armband	11
Figura. 1.12 Principales componentes de Myo Armband	12
Figura. 1.13 Comunicación Bluetooth	12
Figura. 1.14 Especificaciones de modulo Bluetooth	13
Figura. 1.15 InMoov Hand mano.....	14
Figura. 1.16 Arduino Uno.	14
Figura. 1.17 Conector serial	15
Figura. 1.18 partes de un Arduino Uno.....	15
Figura. 1.19 motor no lineal MG996R.....	16
Figura. 1.20 Batería Li-Po.....	17
Figura. 3.1 Propuesta de la prótesis	19
Figura. 3.2 Elementos que conforman el proyecto	19
Figura. 3.3 Módulos que conforman el proyecto.....	20
Figura. 3.4 estado de LED del MYO	21
Figura. 3.5 Movimientos que detecta Myo Armband	21
Figura. 3.6 InMoov Hand.....	23
Figura. 3.7 Cronograma de actividades.....	31
Figura. 3.8 Cronograma de actividades.....	32
Figura. 3.9 Cronograma de actividades.....	33
Figura. 4.1 Piezas para impresión 3D	35
Figura. 4.2 Piezas dela mano y dedos	36
Figura. 4.3 Piezas del brazo y muñeca.....	36

Figura. 4.4 Piezas para instalación del motor	36
Figura. 4.5 Planos de ensamblaje del dedo	36
Figura. 4.6 Plano de ensamblaje de la palma	37
Figura. 4.7 Planos de ensamblaje de la mano.....	37
Figura. 4.8 Plano de ensamblaje de la muñeca.....	37
Figura. 4.9 Esquema de ensamblaje del antebrazo	37
Figura. 4.10 Instalación de los motores	38
Figura. 4.11 Dimensiones del brazo InMoov	38
Figura. 4.12 Plano y dimensiones de la mano InMoov.....	39
Figura. 4.13 Diagrama del circuito electrónico	40
Figura. 4.14 Plano de conexión de motores, bluetooth y Arduino Uno.....	41
Figura. 4.15 Diagrama del circuito electrónico	42
Figura. 4.17 Librerías de Myo para Arduino.....	42
Figura. 4.18 Librerías del control Myo	42
Figura. 4.19 Diagrama de programación.....	43
Figura. 4.20 Diagrama de adquisición de datos.....	43
Figura. 4.21 Valor de la resistencia	44
Figura. 4.22 Valor de la fuerza en gramos con la resistencia.....	44
Figura. 4.23 Falanges proximais.....	46
Figura. 4.24 Falanges médias	46
Figura. 4.25 Falanges distais	46
Figura. 4.26 Acople de la falange proximais y palma	47
Figura. 4.27 Unión de la falange médias y proximais con hilo ABS	47
Figura. 4.28 Falanges distais y medias	47
Figura. 4.29 Flexión del dedo	48
Figura. 4.30 Construcción de todos los dedos.....	48
Figura. 4.31 ensamblaje del motor y muñeca.....	48
Figura. 4.32 Utilización de tornillos para asegurar la muñeca	49
Figura. 4.33 Unión de muñeca y antebrazo.....	49
Figura. 4.34 Elaboración del Ante brazo InMoov	50
Figura. 4.35 Soportes para los servomotores	50
Figura. 4.36 Instalación de los motores e hilos nilón.	51
Figura. 4.37 Prueba de servomotores y la mano.....	51
Figura. 4.38 Elaboración de la PCB.....	52

Figura. 4.39 Montaje de los elementos en la PCB	52
Figura. 4.40 Implementación de la PCB en la prótesis	52
Figura. 4.41 Prótesis micro controlada por sensor Myo	53
Figura. 4.42 Funcionamiento del Myo	53
Figura. 4.43 Funcionamiento de la prótesis.	54
Figura. 4.45 Objetos para pruebas.	55
Figura. 4.46 Prueba de agarre botella	55
Figura. 4.47 Prueba de agarre botella	56
Figura. 4.48 Fuerza de la prótesis aplicada a la billetera y botella	57
Figura. 4.49 Fuerza de la mano humana aplicada a la billetera y botella	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla. 1.1 Hardware Myo Armband	11
Tabla. 3.1 Terminales del BLE HM-10	22
Tabla. 3.2 Comparación de precios	27
Tabla. 3.3 Comparación de precios módulo comunicación	27
Tabla. 3.4 Comparación de precios de la tarjeta de control	28
Tabla. 3.5 Comparación de precios actuadores	29
Tabla. 3.6 Presupuesto	29
Tabla. 4.1 Dimensiones de las partes que conforman los dedos	39
Tabla. 4.2 Conexión de pines al Arduino	41
Tabla. 4.3 Prueba de funcionamiento de la prótesis con movimientos.....	54
Tabla. 4.4 Pruebas de agarre.....	55
Tabla. 4.5 Pruebas de agarre billetera	56
Tabla. 4.6 Pruebas de fuerza aplicada a la botella de agua	57

RESUMEN

En este trabajo de titulación presento la investigación que servirá para implementar una prótesis robótica micro controlado, con el uso de sensores Myo y Arduino para generar los movimientos básicos al de una mano, de esta forma obtener un prototipo funcional. La estructura utilizada es de la plataforma virtual InMoov *Hand* y *forarm*, el cual se investigó en su forma, tamaño y grados de libertad que posee su diseño. La fabricación de la prótesis se realizó mediante impresión 3D que tiene tecnología de CNC (Control Numérico Computarizado) elaborado con material PLA *polylactic* ácido poli láctico (100% incompatible y biodegradable). El funcionamiento de la prótesis es a través del sensor Myo *Armband Gesture*, que capta señales micro eléctricas del miembro superior afectado, este dispositivo de alta tecnología e inalámbrico, está compuesto de ocho sensores en forma de pulsera y guarda gestos predeterminados que permite comunicarse mediante un módulo *bluetooth* MH-10 a un Arduino Uno, este permite realizar el programa de las señales analógicas emitidas del brazalete al circuito electrónico para activar y desactivar los servomotores MG996R de acuerdo al movimiento que se va definir, de esta forma se obtiene el movimiento de la muñeca, flexión y tensión, para un agarre cilíndrico y manipulación de objetos.

Palabras claves: **Myo, Arduino, servomotores, bluetooth, flexión, tensión**

ABSTRACT

In this work of titulación I present the investigation that will serve to implement a robotic prosthesis micro controlled, with the use of sensors Myo and Arduino to generate the basic movements to the one of hand, of this form to obtain a functional prototype. The structure used is the virtual platform InMoov Hand and forarm, which was investigated in its shape, size and degrees of freedom that has its design. The fabrication of the prosthesis was made by 3D printing that has CNC (Computer Numerical Control) technology made with PLA polylactic poly(lactic acid) material (100% incompatible and biodegradable). The operation of the prosthesis is through the Myo Armband Gesture sensor, which captures microelectric signals from the affected upper limb, this high-tech and wireless device is composed of eight sensors in the form of a wristband and saves predetermined gestures that allows communication through a bluetooth module MH-10 to an Arduino Uno, this allows you to program the analog signals emitted from the bracelet to the electronic circuit to activate and deactivate the MG996R servomotors according to the movement to be defined, in this way you get the movement of the wrist, flexion and tension, for a cylindrical grip and handling of objects.

Keywords: Myo, Arduino, servomotors, bluetooth, bending, tension

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

En el Ecuador, según el Conadis (CONADIS, 2018) existe alrededor de 206.571 personas que padecen de una discapacidad física, en ellas se puede encontrar personas que tienen discapacidad motriz que requieren de una prótesis de una mano.

En Ecuador la universidad de las fuerzas armadas ESPE Latacunga ha desarrollado un proyecto en el año 2017 por Katherine Johana Pinto García y David Fabrizzio López Hidalgo con tema investigación de la metodología para el diseño e implementación de un prototipo de prótesis de mano biónica controlada automáticamente para manipulación de objetos, el cual no posee movimiento de la muñeca y evita tener más grados de libertad a la prótesis. En la actualidad estos prototipos son inaccesibles para las personas que sufren de esta discapacidad por su alto costo, sin embargo es una situación que puede afectar a todos los seres humanos

En la actualidad la tecnología cada vez se perfecciona en dispositivos eléctricos y electrónicos, gracias a esto se obtiene en el mercado elementos tecnológicos, para ayudar a las personas. En este proyecto se implementa un sensor muscular Myo que sirve en la fusión de una prótesis automática, de esta forma se tiene las señales que se emiten vía *Bluetooth* cuando se realiza una contracción y relajación de los músculos, para simular movimientos de una mano y muñeca al manipular objetos, como una alternativa diferente e interesante para el usuario.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las personas que sufren de una amputación de miembro superior como las manos, son afectadas psicológicamente porque se les imposibilita realizar varias actividades en el día.

En la actualidad existen prótesis con todas las características de una mano real que permite simular y ejecutar todos los movimientos muy precisos al de la mano humana, su precio es muy elevado y genera a las personas que sufren de esta discapacidad con escasos

recursos no puedan adquirirlas. Por lo que implementar con dispositivos electrónicos que tiene el mismo funcionamiento reduce su costo y está al alcance de todas las personas.

Palou (PALOU, 2017) Publica en la página web EL PAIS un artículo de un brazo robótico artificial llamado Luke, este brazo fue construido por la empresa Deka para la agencia militar DARPA. La prótesis robótica utiliza los músculos de la persona afectada para permitirle hacer tareas precisas y complejas. Como recoger monedas del suelo, recoger una uva sin dañarla o sostener un huevo sin romperlo, según explican sus desarrolladores el brazo tiene un costo de cien millones.

Con las referencias obtenidas en el país se han diseñado varios tipos de brazos robóticos en forma de una mano, pero no son funcionales. Esta es la razón principal por el cual es necesario implementar una prótesis de mano, que sea micro controlado y simule sus movimientos a una mano real con un costo económico para la persona afectada por esta discapacidad.

JUSTIFICACIÓN

El porcentaje de las personas que sufren de amputaciones de sus brazos son elevadas en el Ecuador, por esto se ha construido prótesis para suplantar los miembros superiores y mejorar su calidad de vida, ya que es un problema al adquirirlo debido a los elevados costos y la gran mayoría no cumple con la antropometría de la mano.

En vista de la importancia que tiene la prótesis en las personas que sufren de amputación de los brazos, se implementará y facilitará el acceso a estos prototipos a un menor costo, que servirá para cubrir las distintas necesidades que se ven inmersas y no se limiten en realizar actividades.

OBJETIVOS

Objetivo general

Adquirir las señales musculares del antebrazo mediante sensores Myo y tarjeta Arduino para el control de una prótesis robótica en forma de una mano.

Objetivos específicos

- Adquirir las señales enviadas del brazalete Myo, mediante un módulo *bluetooth* y

una tarjeta Arduino.

- Desarrollar un programa en Arduino para el control de los movimientos de los dedos y muñeca para la manipulación de objetos.
- Fabricar la prótesis con impresión 3D en una máquina de control numérico computarizado CNC.
- Realizar pruebas de validación y funcionamiento con sus movimientos y agarre cilíndrico.

ALCANCE

El proyecto permitirá controlar una prótesis mediante la contracción y relajación de los músculos del miembro superior por medio de comunicación *Bluetooth* a una tarjeta micro controladora Arduino Uno. Este dispositivo receptara las señales micro eléctricas y se realizará un programa para controlar los motores y generar movimientos de los dedos y muñeca, para crear movimientos de flexión, tensión y operar objetos menores a 0.15Kg

DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS

En el Capítulo I Fundamentación Teórica, se presentan los materiales eléctricos, electrónicos de avanzada tecnología que se utilizan, el tipo de prótesis para obtener los movimientos reales al de una mano a un bajo costo, cabe resaltar que las prótesis micro controladas en la actualidad son casi inaccesibles para las personas que sufren de una amputación, sin embargo la discapacidad es una situación que puede afectar a todos los seres humanos.

En el Capítulo II se muestra el marco metodológico, en este capítulo se aplicará los diferentes métodos de investigación, aplicación e implementación para el desarrollo de la prótesis de un brazo robótico.

En el Capítulo III se desarrolla la propuesta de los elementos eléctricos y electrónicos de alta tecnología que se utilizará, para elaborar la prótesis robótica de una mano como el sensor Myo que obtiene señales micro eléctricas según el estado de los músculos, un micro controlador Arduino que servirá para el control de los servomotores no

lineales y el diseño e impresión del brazo robótico *InMoov Hand*. Estos dispositivos garantizarán un movimiento casi igual al de una mano real.

En el Capítulo IV se implementará, el brazo robótico *InMoov Hand* con la tecnología de impresión 3D, con la ayuda del sensor muscular Myo se obtendrá las señales micro eléctricas del ante brazo, mediante una conexión *bluetooth* se enviara los datos obtenidos a la tarjeta de programación Arduino, para realizar el control de movimiento de los servomotores y de esta forma realizar las pruebas de la mano con diferentes objetos.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Morfología de la mano

1.1.1 Anatomía de la mano humana

La mano humana es de estructura delicada y compleja como se observa en la Figura 1.1, en el que se distribuyen diferentes fuerzas, que permite a los músculos y articulaciones generar una gran variedad de movimientos precisos. La mano es vulnerable y está compuesta por: vasos sanguíneos, tendones y fibras nerviosas, tienen huesos muy delgados que se ubican por debajo de la piel, estos se protegen por una capa de grasa y músculo. La palma se protege por una almohadilla de tendones para un buen agarre. Las manos se exponen a diversas actividades diarias entre ellas manipular objetos y herramientas de peligro. Esto trae como consecuencia la lesión y problemas comunes a las manos.

La mano derecha y la mano izquierda están controladas por el hemisferio opuesto del cerebro. A estas personas se las conoce como diestras o zurdas porque utilizan las manos en movimientos finos y complejos en todo momento.

Se considera un apéndice muy complejo en toda la naturaleza a la mano humana, por su uso para agarrar grandes objetos firmemente y pequeños objetos suavemente. (Educandose, 2017)



Figura. 1 Anatomía de la mano
Fuente: (Panchi, 2018)

- Tendones flexores y extensores de la mano humana

Son los que permiten la flexión de los dedos como muestra la Figura. 1.2, en los dedos largos tiene un flexor superficial y un flexor profundo a diferencia del pulgar donde se tiene un flexor largo y un flexor corto.

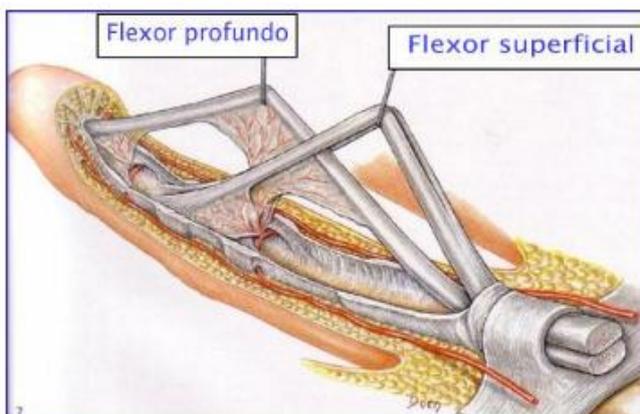


Figura. 2 Tendón que conforma la mano

Fuente: (Villanueva, 2018)

- Fibras nerviosas de la mano

Los nervios periféricos están formados por fibras o axones y están rodeados por el tejido endoneural de tubos de célula de schawann como se aprecia en la Figura. 1.3, estos contienen vasos sanguíneos y tejidos conjuntivos de sostén, estos dan protección a la mano contra las infecciones y las distensiones. Posee un epineuro externo e interno este reúne a los fascículos para la intervención en la reparación del nervio y protege de la compresión. (Velarde, 2010)

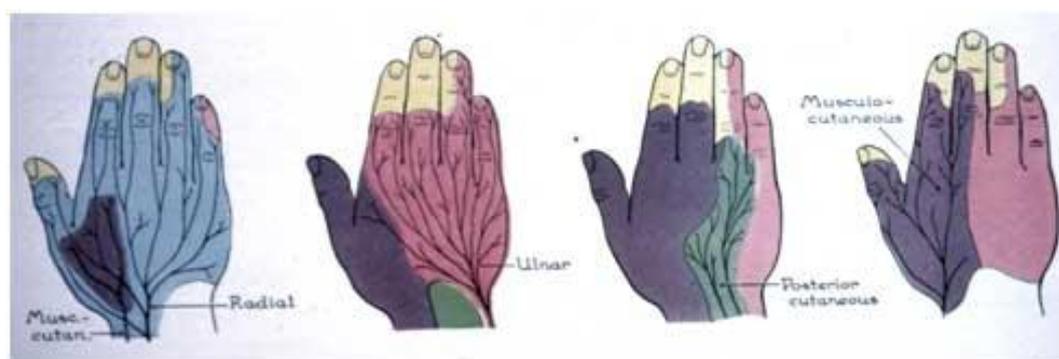


Figura. 3 Nervio periférico de la mano

Fuente: (Velarde, 2010).

- Vasos sanguíneos de la mano

Un vaso sanguíneo es una estructura hueca y tubular que conduce la sangre impulsada por la acción del corazón como se muestra en la Figura. 1.4, cuya función principal es transportar nutrientes, oxígeno y desechos del cuerpo. Se clasifican en arterias, arteriolas, venas, vénulas y capilares. Los vasos sanguíneos forman parte del sistema cardiovascular. (Espinosa, 2017)

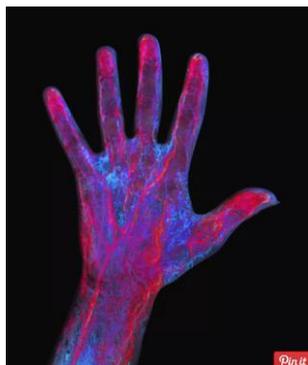


Figura. 4 Vasos sanguíneos de la mano

Fuente: (Espinosa, 2017)

1.2 Huesos que conforman la mano

En la mano humana hay 27 huesos como muestra en la Figura. 1.5, que están distribuidas en: ocho huesos que forman parte del carpo inferior de la palma, en medio del metacarpo con cinco huesos, en el pulgar y en las base existen cinco falanges, en la punta de los dedos y en el pulgar tienen cinco falanges distales y en los huesos medios del dedo posee cuatro falanges intermedias.

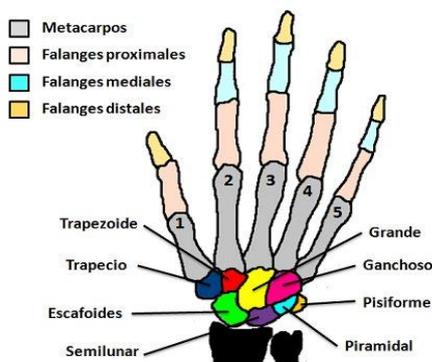


Figura. 5 Huesos que conforman la mano

Fuente: (práctico, 2017)

1.2.1 Partes de la mano

La mano humana tiene tres partes principales como el dorso, los dígitos y la palma como se observa en la Figura. 1.6, está compuesta por un pulgar y cuatro dedos con dígitos.

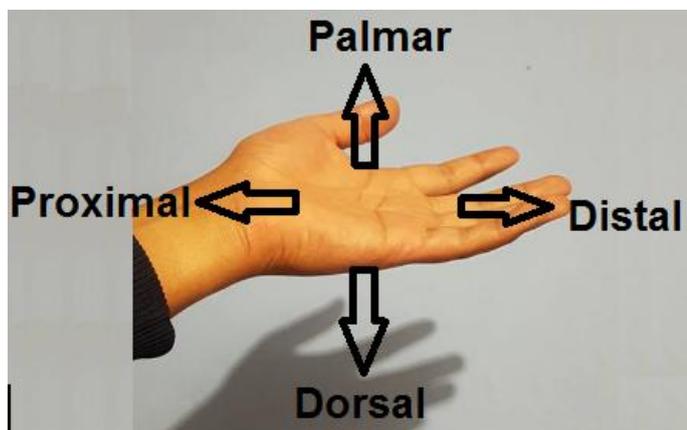


Figura. 6 Partes de la mano
Fuente: (Panchi, 2018)

1.2.2 Superficie de la mano

Las yemas se encuentran ubicados en las puntas de los dedos mostrada en la Figura. 1.7 por debajo de las uñas, estos permiten a las personas tener sentido del tacto y en cada una con huellas dactilares que son únicas de cada ser.

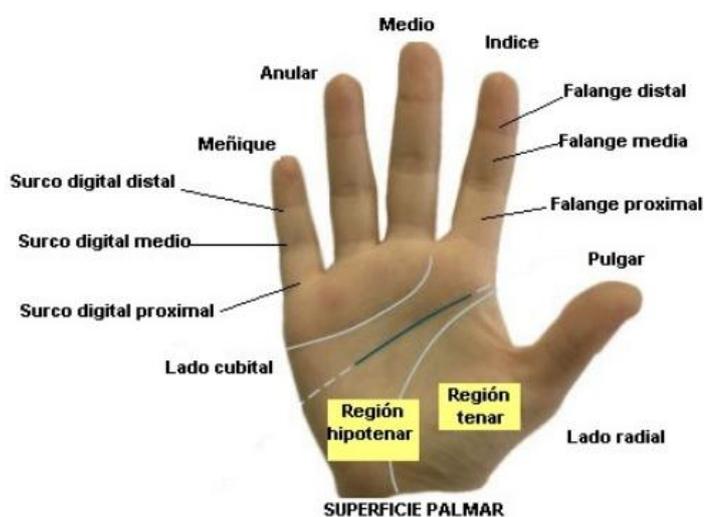


Figura. 7 Anatomía de superficie de la mano
Fuente: (Educandose, 2017)

1.3 Myo Armband

Es un brazalete inalámbrico con ocho sensores ubicados en forma de un brazalete muy sensible, el Myo es capaz de interpretar y reconocer actividades eléctricas que producen los músculos cuando estos están contraídos y relajados.

1.3.1 Funcionamiento Myo Armband

Myo Armband utiliza una tecnología EMG (sistemas de electromiografía superficial) que permiten determinar patrones reales de activación muscular, mediante la señal eléctrica generada por los grupos musculares que es el proceso de activación, de esta forma la pulsera funciona mediante comandos de movimiento y conexión *Bluetooth*, el cual se sincroniza el dispositivo que se quiere controlar con Myo Armband (Trends, 2017).

Este dispositivo tiene comandos pre programado que permiten controlar un computador. Se puede añadir nuevos comandos a través del control de los músculos de los brazos y se puede configurar al mover el brazo o al apretar el puño para que realice diversas actividades, se conecta automáticamente al detectar movimiento y se apaga si se retira el brazalete del brazo.

1.3.2 Especificaciones técnicas

En la Figura. 1.8, se aprecia su dimensionamiento y peso:

- Tamaño del brazalete: Ampliable de 7,5 a 13 pulgadas, la circunferencia del antebrazo es de 19 a 34 cm
- Peso: 93 gramos
- Espesor: 0.45 pulgadas

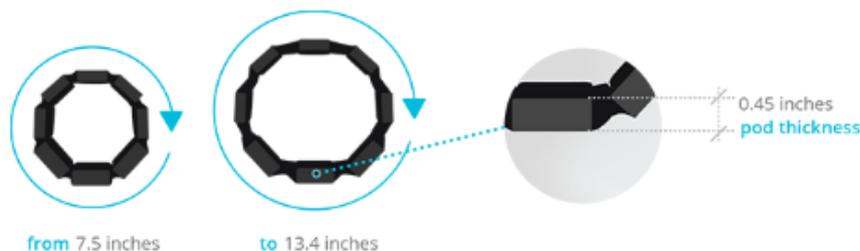


Figura. 8 Dimensiones y peso del Myo Armband
Fuente: (MYO, 2018).

Dispositivos compatibles con Myo Armband se muestra en la Figura. 1.9,

WINDOWS

- Windows 7
- Windows 8
- Windows 10

(Con el adaptador USB *Bluetooth*® incluido y OpenGL 2.1 o superior)

MAC

- OS X 10.8 (Mountain Lion) y superior (con adaptador USB *Bluetooth*® incluido)



Figura. 9 Dispositivos compatibles Myo Armband
Fuente: (MYO, 2018)

Los gestos y movimientos que posee Myo Armband se observa en la Figura. 1.10.

- Gestos manuales detectados por sensores musculares EMG patentados
- Sensor de movimiento altamente sensible



Figura. 10 Movimientos que tiene Myo Armband
Fuente: (MYO, 2018)

El Hardware de Myo Armband esta descrita en la Tabla No. 1.1.

Tabla. 1 Hardware Myo Armband

Sensores	Sensores EMG de acero inoxidable de grado médico, IMU de nueve ejes altamente sensible que contiene giroscopio de tres ejes, acelerómetro de tres ejes, magnetómetro de tres ejes
LEDs	LEDs Indicadores LED duales
Procesador	ARM Cortex M4
Haptic Feedback	Vibraciones cortas, medianas y largas

La comunicación de Myo Armband con el ordenador la fuente y batería se muestra en la Figura. 1.11.

- Carga micro-USB
- Batería de iones de litio recargable incorporada
- Un día completo de uso sin cargo
- *Bluetooth® Smart Wireless Technology*



Figura. 11 Comunicación de Myo Armband
Fuente: (MYO, 2018)

1.3.3 Características del Myo

Son sensores eléctricos que están ubicados en cada segmento extensible de la carcasa como muestra la Figura. 1.12, este facilita la contracción y expansión entre ellos, para el uso de varias personas sin importar su fisiología. Estos sensores miden las señales que van a través del brazo y el brazalete traduce en poses y gestos. (MYO, 2018)

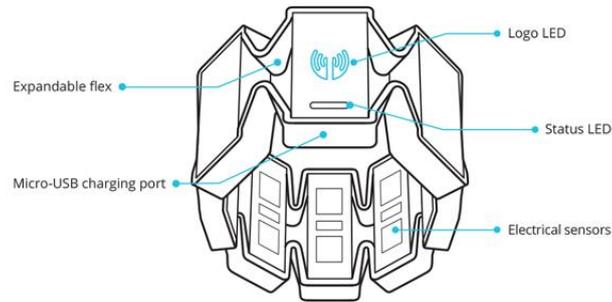


Figura. 12 Principales componentes de Myo Armband

Fuente: (MYO, 2018)

1.4 Bluetooth HM-10

Este módulo se basa en el chip TI CC2541 como se aprecia en la Figura. 1.13, permite construir nodos de red robustos con costos bajos, la comunicación es serial a través de los pines RX y TX, muy adecuados para sistemas de consumo de energía bajos. El módulo es de dimensiones pequeñas y de fácil uso, con el firmware pre programado del fabricante, se puede construir comunicaciones BLE (*Bluetooth Low Energy*) rápidamente a través de su comando AT. Admite las comunicaciones BLE con (iPhone 4S, S5 y S6, Samsung de modelo S4, S5, S6,)

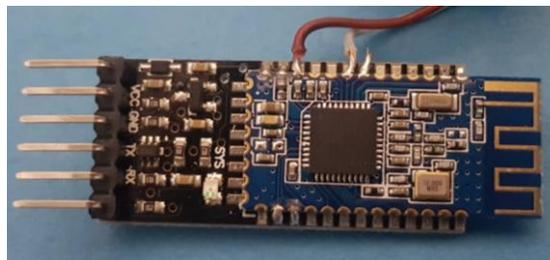


Figura. 13 Comunicación Bluetooth

Fuente: (Mechatronics, 2018)

1.4.1 Especificaciones del HM-10

Las especificaciones del BLE se muestran de forma gráfica en la Figura. 1.14, son:

- El voltaje que opera es: 3.3V - 5V
- La corriente: 8.5 mA
- La corriente en modo reposo: 60uA a 1.5mA
- Chip: CC2541 de Texas Instruments

- Alcance: menor a cien metros
- *Baudrate* de operacion: 9600
- EL *Bluetooth* es de versión. V4.0
- Frecuencia en la que trabaja es: 2,4 GHz
- La modulacion: es GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*)
- La potencia de radio frecuencia va desde los -23dbm, -6dBm, 0dBm, 6dBm, y se puede modificar con comandos AT
- La seguridad que posee es en la: encriptación y autenticación
- Capas de recibir y enviar bytes sin límite.

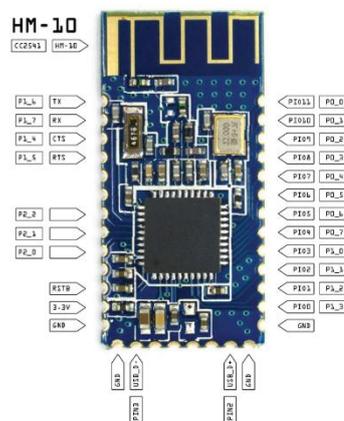


Figura. 14 Especificaciones de módulo Bluetooth
Fuente: (Mechatronics, 2018)

1.4.2 Características del HM-10

Las características de BLE son.

- Permite la comunicación con dispositivos de Apple iPhone y iPod
- Módulo HM10 con tarjeta adaptadora a helador estándar
- Funcionamiento a 3.3 y 5 volts de alimentación
- Interfaz UART 3.3 Volts
- Comunicación con micro controlador por medio de la interfaz serial
- Utilizado el chip CC-2541
- Es un módulo compatible con *Bluetooth* V4.0 (BLE)

1.5 Brazo robótico InMoov Hand

El brazo robótico es un proyecto creado en open-source InMoov como muestra la Figura. 1.15. Dicho brazo robótico imita los movimientos de la mano humana, el comportamiento y la naturalidad de su equivalente humano, Esta mano se puede controlar con muchos dispositivos para muchos propósitos. La placa Nervo en conjunción con el software MyRobotLab permite controlar por de voz, control de Kinect, control Myo, control de salto, agregar sensores etc. Las copias impresas están disponibles en www.InMoov.fr de forma gratuita bajo la Licencia CC-BY-NC. (Inmoov.fr, 2017)

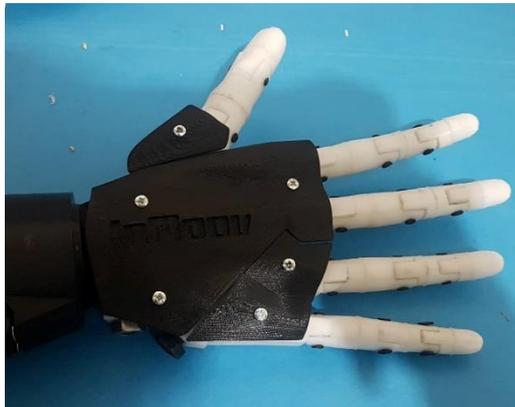


Figura. 15 InMoov Hand mano.
Fuente: (Panchi, 2018)

1.6 Arduino Uno

Arduino es un micro controlador mundialmente conocida por estudiantes que desarrollan proyectos de electrónica como se observa en la Figura 1.16. Este es un Open Source que está a disposición de los sus usuarios una gran variedad dispositivos de alta gama basadas en el micro controlador AtMega.



Figura. 16 Arduino Uno.
Fuente: (Panchi, 2018)

El Arduino Uno R3 utiliza el micro controlador ATmega328 para el manejo mediante USB. De esta forma se obtiene una transferencia más rápida y más memoria. Para Linux y Mac no se necesitan drivers. La tarjeta Arduino Uno añade pins SDA y SCL cercanos al AREF. La comunicación entre el Arduino y la computadora se da a través de un Puerto Serie como se observa en la Figura. 1.17). En su interior tiene un convertidor USB-serie, esto facilita conectar el Arduino a la computadora solo con un cable USB como el de las impresoras.



Figura. 17 Conector serial
Fuente: (Arduino, 2018)

1.6.1 Especificaciones del Arduino Uno

Las partes que conforma la tarjeta programadora Arduino se muestra en la Figura. 1.18 y son:

- Utiliza un micro controlador ATmega328.
- El voltaje que puede operar es de 7-12V.
- Consta de 14 pines digitales entre ellos 6 son de PWM.
- Tiene 6 pines análogos.
- Posee una memoria flash de 32 k.
- Su reloj interno de velocidad es de 16MHz.

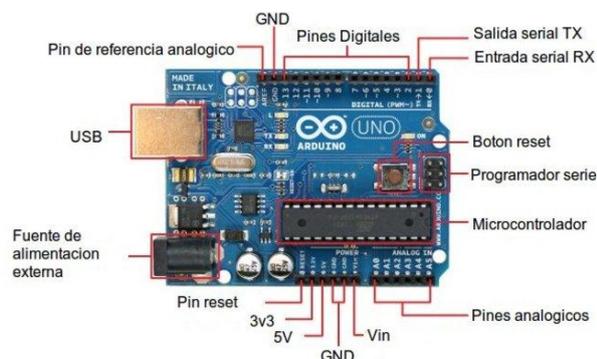


Figura. 188 partes de un Arduino Uno
Fuente: (Arduino, 2018)

1.7 Servo Motor MG996R

El servo MG996R mostrado en la Figura. 1.19 Tower Pro, destaca por que tiene el buen torque que posee ya que es de 11Kg, tiene engranajes metálicos y robustos. Este se utiliza para proyectos electrónicos y de robótica, como un brazo robótico, robots insectos y robots bailarines, y este puede rotar aproximadamente 180 grados (90° en cada dirección).



Figura. 19 motor no lineal MG996R
Fuente. (Panchi, 2018)

Este motor funciona con plataformas de desarrollo como Arduino, PICs, Raspberry Pi, o cualquier micro controlador. Si se desea obtener una posición en 0 grados el pulso será de 0.6 ms, para un posición de 90 grados será de 1,5 ms y para 180 grados el pulso será de 2.4ms.

1.7.1 Especificaciones del Servo Motor MG996R

Según la publicación (SAC, 2017) se tiene las siguientes especificaciones

- Su modelo es un MG-996R
- El torque que posee es de 9.4kg/cm a 11kg/cm según el voltaje
- El voltaje de operación va desde los 4.8 a 7.2 Volts
- La velocidad de operación en 4.8V sin su carga: 0.2 s/ 60 grad
- La velocidad de operación en 6V sin su carga): 0.16 s/ 60 grad
- Tiene un tamaño de: 40,6 por 19,8 y por 42,9 mm
- Su peso es de 55 gramos
- El ángulo de rotación como máximo es: 180 grados.

- El material de los engranajes es de metal
- Pulso de ciclo es de 20 mS
- El ancho de pulso esta entre los 600 uS y los 2400 uS
- Su rango de temperatura va desde los -30 a los +60 °C

1.8 Baterías Li-Po

Las baterías Li-Po como se muestra en la Figura. 1.20, son de Litio y polímero, estas baterías son recargables que se utilizan en sistemas eléctricos por lo general en radio control o proyectos electrónicos y robóticos por sus celdas que brindan voltajes a mayores corrientes por cada hora.



Figura. 20 Batería Li-Po
Fuente. (Icharger, 2018)

1.8.1 Equilibrio batería Li-Po

El equilibrio de cada celda de la batería Li-Po es normalmente de 3,7 voltios al cargar esta sube a un voltaje de 4,2 voltios entonces si se desea tener una batería de dos celdas esta tendrá un valor de 7,4 y al cargar será de 8,4 voltios conectadas en serie. La gran ventaja es su corriente ya que esta se descarga por hora y para este proyecto es muy importante el uso de corriente por los motores que se utilizara.

Las baterías Li-Po sirven para realizar prototipos robóticos ya que estos tienen un mejor desempeño a la hora de competir, además su peso es menor a comparación de las baterías convencionales.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 El tipo de investigación

Es la investigación aplicada ya que en este proyecto se centra en encontrar mecanismos y elementos capaces de lograr fabricar una prótesis de brazo robótica el cual se acercará a los movimientos casi iguales al que de una mano real, este proyecto abordará el problema de las personas que sufren de amputación de su antebrazo y con este proyecto la persona pueda dar uso y mejore su aspecto físico.

2.2 Diseño de la investigación

La metodología utilizada en el proyecto será de tipo deductivo puesto que se aplicarán principios descubiertos en el funcionamiento de dispositivos electrónicos.

Se utilizará el método experimental en la adaptación del sistema mecánico de control, porque actualmente no se dispone de referencias teórico - prácticas en el tema. Sin embargo este es un método empírico que resulta más complejo y eficaz debido al desarrollo de la técnica y el conocimiento.

Para la parte de diseño se utilizará el método experimental e inductivo, debido a que se deberá acoplar módulos de electrónica, comunicaciones y radio frecuencia para el desarrollo teórico del proyecto se utilizara el método hipotético-deductivo, ya que se partirá de hipótesis como consecuencia de inferencias del conjunto de datos empíricos.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

3.1 Idea de la propuesta

Se implementa una prótesis de brazo micro controlada con dispositivos electrónicos de alta tecnología, como sensores musculares Myo, módulos de programación Arduino, tarjetas de comunicación inalámbrica y el diseño del brazo InMoov *Hand* para simular movimientos reales al de una mano a bajo costo, de esta forma mejorar la apariencia física de la persona como se muestra en la Figura 3.1, y le permita realizar actividades diarias para insertarse en el ámbito laboral.



Figura. 21 Propuesta de la prótesis

3.2 Idea integral de la propuesta

Lo conforman los siguientes elementos electrónicos planteados en la Figura. 3.2, Brazaletes Myo Armband, *bluetooth* HM-10, tarjeta Arduino UNO, Servomotores no lineales MG-996R y el diseño de la prótesis Inmoov *Hand*.



Figura. 22 Elementos que conforman el proyecto

3.3 Módulos de la propuesta

El funcionamiento de la prótesis está compuesta por diferentes módulos planteados en la Figura. 3.3, este inicia con la adquisición de señales micro eléctrico del miembro superior, mediante el módulo de comunicación inalámbrica transmite y envía datos hacia el controlador Arduino, este se encargará de activar y desactivar los actuadores mediante programación, de esta forma generar movimientos de los dedos en la prótesis.

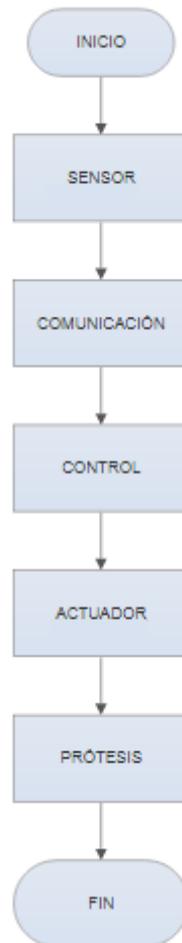


Figura. 23 Módulos que conforman el proyecto
Fuente. (Panchi, 2018)

3.3.1 Módulo Sensor

Es un sensor Myo Armband que permite obtener señales micro eléctricas del miembro superior del brazo para enviar al Arduino mediante *bluetooth*, esta señal analógica varía según la contracción y relajación de los músculos.

El sensor Myo Armband posee un LED indicador del estado el brazalete como se observa en la Figura. 3.4 el cual realiza diferentes estados según sus colores.

- LED de color azul indica que el brazalete está conectado y sincronizado con el *bluetooth*
- LED de color naranja indica la carga del dispositivo
- LED de color verde indica la carga de batería completa.

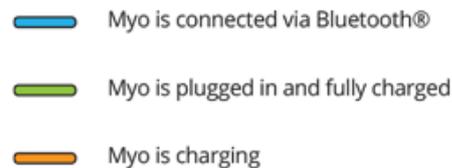


Figura. 24 estado de LED del MYO

Fuente. (Thalmiclabs, 2017)

Myo responde a gestos y movimientos de dos maneras: La actividad muscular y de detección de movimiento. Al detectar los movimientos de los músculos del usuario, el dispositivo puede reconocer cambios en gesto de la mano derecha hacia abajo a cada dedo individual de manera precisa como se aprecia en la Figura. 3.5.

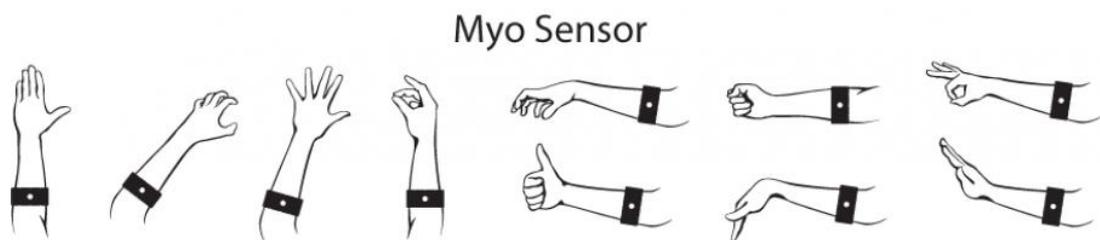


Figura. 25 Movimientos que detecta Myo Armband

Fuente. (Thalmiclabs, 2017)

3.3.2 Módulo de comunicación

Es un dispositivo *Bluetooth* HM-10 de bajo consumo o BLE que obtiene las señales enviadas por el sensor MYO Armband para transmitir las mediante radio frecuencia a la tarjeta de programación Arduino uno. Este módulo permite la comunicación a través del pin Rx y Tx, para sistemas de consumo de energía ultra bajos. Tiene el firmware pre programado del fabricante, se puede construir comunicaciones a través de su comando AT y tener configuraciones de maestro o esclavo.

En la Tabla. 3.1 se describen las funciones que realizan los terminales del dispositivo *bluetooth* HM-10.

Tabla. 2 Terminales del BLE HM-10

No	Nombre	Descripción	CC254X
1	UART_RTS	UART interface	P1_5
2	UART_TX	UART interface	P1_6
3	UART_CTS	UART interface	P1_4
4	UART_RX	UART interface	P1_7
9	VCC	V3.3	VCC

3.3.3 Módulo de control

La tarjeta Arduino se programa al recibir las señales enviadas del sensor MYO Armband a través del módulo de comunicación a la tarjeta programadora, se crea un código de programación que genera la activación de los seis servos motores para obtener movimientos reales al de una mano humano.

3.3.4 Actuadores.

El servomotor MG996R, se utiliza para el movimiento de la parte de los dedos con la señal que envía el Arduino ya que puede ser controlado por código de servo hardware, es de alta velocidad, estable y a prueba de golpes estos sirven para tener movimiento de los dedos de la prótesis, los engranajes son de metal con un torque de 10 Kg y puede girar 180 grados (90 en cada dirección)

3.3.5 Diseño InMoov Hand

El diseño de la prótesis a utilizar es un bosquejo creado en la página web *open-source* InMoov como muestra la Figura. 3.6, es un brazo derecho con características iguales al de una mano humana, es de libre acceso a sus librerías, que permite fabricar las piezas de forma gratuita y ser rediseñada según su software. Este realizará los movimientos de la mano según la programación de sus motores.



Figura. 26 InMoov Hand
Fuente. (Inmoov.fr, 2017)

3.4 Programas

En el diseño del circuito impreso, la programación en Arduino, el diseño del prototipo es necesario la utilización de programas específicos de cada uno de los diseños, para lo cual se describe a continuación el software escogido.

3.4.1 Software SolidWork

Es un programa utilizado para diseñar objetos sólidos, con el objetivo de ser modelado de manera real e imprimir o construir según lo amerite. SolidWork es de diseño CAD 3D (Diseño Asistido por Computador en 3D), tiene una interfaz sencilla e intuitiva que incluye cinco líneas de productos:

- Tiene herramientas de diseño en el que se puede modelar y ensamblar.
- Se puede generar planos en formato de 2D.
- Las herramientas de simulación pueden evaluar el producto.
- Permite evaluar el impacto en el sector medioambiental.
- Gestiona y desarrolla un método de diseño para cualquier tipo de sistema.

El programa SolidWork se utiliza para mostrar los diseños descargados de la página *InMoov Hand and Forum* con el fin de fabricarlos con uso de la impresión 3D, el material que se utiliza es un filamento de plástico llamado PLA (Ácido Poli Láctico) de 0.3 mm.

3.4.2 Proteus 8 professional

Es un programa que permite el diseño de los circuitos electrónicos, con una amplia librería de elementos que permiten un óptimo desempeño en la fabricación de los mismos, entre sus principales ventajas está el diseño esquemático electrónico, la simulación del circuito con todos los elementos que lo conforman, con el fin de diseñar la construcción del circuito impreso. Las ventanas de trabajos soportan las siguientes funciones:

- Diseño del circuito electrónico ISIS
- Diseño del circuito impreso ARES
- Simulación del circuito y de la programación
- Visualización del circuito impreso con todos sus elementos
- Pruebas de funcionamiento

El programa Proteus permite el diseño del circuito del *bluetooth*, módulo de potencia de los motores y el Shield del Arduino UNO. En el cual se puede simular su funcionamiento.

3.4.3 Arduino.

Es un programa que permite programar a sus diferente placas y módulos con sus librerías, para este proyecto se utilizará librerías de Myo controller y de servo ya que se adquiere la señal del musculo para programar el giro del motor y dar movilidad a las partes que conforman la prótesis, el lenguaje de programación de Arduino está basado en C++ con las siguientes características.

- Es el lenguaje de programación de propósito general asociado al sistema operativo UNIX.
- Es un lenguaje de medio nivel. Trata con objetos básicos como caracteres, números, etc... también con bits y direcciones de memoria.
- Posee una gran portabilidad
- Se utiliza para la programación de sistemas: construcción de intérpretes, compiladores, editores de texto, etc

3.5 Aspectos técnicos del producto

La prótesis se realizó en beneficio de personas que sufren de esta discapacidad ya que sirve para cubrir el miembro superior derecho del cuerpo, con la finalidad de lograr un equilibrio estético y lograr integrarse de nuevo a su entorno social, familiar y laboral

La prótesis funciona en comunicación Bluetooth con un sensor en forma de brazalete, este capta señales del musculo al realizar la contracción o relajación y envía a la placa controladora para programar el movimiento de los cinco servomotores interconectados con los dedos de la prótesis, de esta forma se crea el movimiento de tensión y flexión de la mano para manipular objetos.

Está compuesta por dos partes.

|Parte externa.

- Está fabricado con material PLA (Ácido poli láctico)
- Su diseño es desarrollado por software SolidWork
- El dimensionamiento está basado en el prototipo InMoov Hand
- Interruptor de ON / OFF
- Dos puertos de carga
- El cargador de batería

Parte interna.

- Ubica la tarjeta programadora Arduino uno
- Un módulo de comunicación *Bluetooth*
- Seis servomotores de 11kgf a 7,4 voltios 500mA
- Una placa PCB
- Doce hilos nilón de 3kg con diámetro de 0.1 mm
- Dos baterías de Lipo

Características

- Su autonomía es de 150 minutos,
- Dimensión de 10 cm x 47cm x 17 cm
- Tiene un peso de 1.195 Kg
- Realiza movimiento de muñeca

- Para recoger objetos utiliza el movimiento de flexión y tensión
- La fuerza aplicada a los diferentes objetos está en el rango de 70 a 100 Kgf.

3.6 Análisis de costos del proyecto

Se toma en cuenta los objetivos planteados para analizar los costos del proyecto, estos servirán de base para investigar los materiales que sean acordes a las necesidades del proyecto como las características y funciones requeridas con el fin de buscar en el mercado diferentes opciones que presenten las mismas especificaciones y su valor económico sea más adecuado.

3.6.1 Sensor muscular

Para adquirir señales musculares se debe escoger sensores capaces de leer todos los movimientos del miembro superior y sus datos sean analógicos, sea compatible con placas de Arduino y cuente con una comunicación *bluetooth*, por lo cual se realiza una comparación de los dos dispositivos tanto en sus especificaciones como en sus costos.

La primera opción es usar el sensor MyoWare que es un sensor de electromiografía (EMG), es compatible con Arduino y actúa por la actividad eléctrica filtrada y ratificada de un musculo, en relación al voltaje de 0 a 5V, carece de electrodos, su comunicación es por cables por lo que se utiliza varios sensores, diferentes tipos de conectores, el controlador debe tener amplia capacidad de pines de entradas y salidas por lo que la placa PCB será de mayor tamaño, para este proyecto se busca es comunicación bluetooth por lo que se descarta este sensor.

La segunda opción es utilizar el sensor Myo Armband compuesto por ocho sensores de electromiografía (EMG) que garantiza adquirir datos analógicos de todo el miembro superior, la comunicación es mediante bluetooth y es compatible con placas Arduino ya que es el más idóneo para utilizar en este proyecto.

En la tabla 3.2 se presenta una comparación entre los precios que están en el mercado electrónico.

Tabla. 3 Comparación de precios

Sensor	MyoWare	Myo Armband
Cantidad	8	8
Valor	527.6 dólares	518.7 dólares

Los dos sensores cumplen con las condiciones requeridas para el proyecto, pero Myo Armband tiene dos ventajas importantes, la una es su diseño en forma de brazalete y posee comunicación bluetooth y su costo es 518.70 dólares.

3.6.2 Comunicación Bluetooth

Para determinar cuál es el transmisor que se requiere en el sistema, se seleccionó a los que trabajan en 2.4 GHz de frecuencia, además de que tenga una alimentación menor a los 5 voltios, compatible con placas Arduino, la velocidad de transmisión y sean pequeñas.

La primera opción es utilizar el módulo *bluetooth* HC-05 este módulo transmite a 2,4 GHz, trabaja a 5 voltios y compatible con placas Arduino la distancia de comunicación es de 5 metros pero el problema se presenta en la configuración del fileware en modo maestro.

La segunda opción es utilizar el módulo *bluetooth* HM-10 es un módulo de bajo consumo de energía 3.3 voltios, transmite a 2,4 GHz y se puede configurar su fileware en modo maestro para administrar los dispositivos, en la Tabla 3.3 se aprecia la comparación de precios de los módulos de comunicación.

Tabla. 4 Comparación de precios módulo comunicación

<i>bluetooth</i>	HM-10	HC-05
Cantidad	1	1
Valor	10 dólares	6 dólares

Los dos *bluetooth* cumplen con las condiciones requeridas para el proyecto, pero el modelo HM-11, trabaja a menor voltaje y configurar el fileware en modo maestro, su costo es de 10.

3.6.3 Placa de control

Para determinar la placa se requiera que no sea de gran tamaño, posea entradas analógicas y salidas PWM, voltajes variables de 5 y 3.3 Voltios.

La primera opción es trabajar con Arduino Mega posee 13 salidas digitales y 16 entradas analógicas posee voltaje de 5 y 3,3 voltios, su tamaño es de 11.2 cm de largo, 5,4 cm de ancho por lo que esta no es una opción ya que la prótesis aumentaría de tamaño.

La segunda opción es trabajar con Arduino uno posee 13 salidas digitales y 6 entradas analógicas posee voltaje de 5 y 3,3 voltios, su tamaño es de 7.0 cm de largo, 5,5 cm de ancho por lo que esta es una opción ya que ocupara menor espacio en la prótesis.

Tabla. 5 Comparación de precios de la tarjeta de control

Placa	Arduino Mega	Arduino Uno
Cantidad	1	1
Valor	18 dólares	9 dólares

Las dos placas de control cumplen con las condiciones requeridas para el proyecto, pero el Arduino uno tiene menores dimensiones y tiene un costo de 7 dólares.

3.6.4 Actuadores

Para determinar los actuadores se requiera que el control pueda ser mediante Arduino, los engranajes sean de metal, los giros de 90 grados, su fuerza en kilogramos, opere a 7 voltios y capacidad de corriente que consume.

Como primera opción se presenta un servomotor Futaba S3003 es controlado por Arduino, produce un consumo de corriente de 600 mA a 7,4 voltios, la fuerza máxima de 4.1 kgf, los giros son de 45 grados en cada dirección y su sistema de engranajes es de plástico, por lo tanto no se puede utilizar ya que sus engranajes al no ser de material resistente se destruye según el tiempo de uso esto produce des calibración en los giros y un movimiento incorrecto de los dedos de la mano y su corriente es alta por tanto las baterías aumentarían de tamaño.

Como segunda opción se presenta un servomotor MG-996R, su sistema de engranajes es de metal por lo que garantiza un giro de 90 grados y avala los movimientos de la mano de la prótesis, su control es por Arduino, el consumo de corriente es de 200mA a 7,4 Voltios con una fuerza de 11 kgf. El cual es opción para este proyecto por su capacidad de torque y su mecanismo, en la Tabla 3.5 se muestra la comparación de precios.

Tabla. 6 Comparación de precios actuadores

Motor	S3003	MG-996R
Cantidad	1	1
Valor	15	18

Los dos servomotores cumplen con las condiciones requeridas para el proyecto, pero el Modelo MG-996R, tiene un sistema de engranajes metálicos que garantizan el movimiento de giro, el consumo de corriente es menor y tiene mayor fuerza su costo es de 18 dólares.

3.7 Presupuesto requerido para la implementación del proyecto

Como parte del desarrollo del proyecto se pone a consideración el presupuesto de la prótesis robótica controlada por sensores micro eléctrico del miembro superior y controlar los servomotores para generar el movimiento de la mano, referente a los materiales, costos de implementación y mano de obra se refleja en la Tabla 3.6.

Tabla. 7 Presupuesto

Unidad	Descripción	Especificación	Valor unitario	Valor total
Dispositivos electrónicos				
1	Sensor	Myo Armband	\$ 518,7	\$ 518,7
6	Servomotores	Servomotor MG-996R	\$ 18	\$ 72
1	Tarjeta programadora	Arduino UNO	\$ 9	\$ 9
1	Bluetooth	Modelo HM-10	\$ 10	\$ 10
2	Batería LiPo	Batería Turnigy Nano-tech 7.4V, 2 celdas	\$ 15	\$ 30
1	LED	Diodo LED rojo	\$ 0,20	\$ 0,20
1	Espadines	Regleta espatides para PCB	\$ 0,40	\$ 0,40
1	Swith	Swith	\$ 0,50	\$ 0,50
1 m	Cable	Cable UTP	\$ 0,80	\$ 0,80
1	PCB	Baquelita	\$ 2,50	\$ 2,50

1	Papel	Papel termotransferible	\$ 1,20	\$ 1,20
Fabricación de la prótesis				
1	Brazo	Impresión del prototipo	\$ 350	\$ 350
1	Software	SolidWork	\$ 10	\$ 10
3m	Hilo nilón	Hilo de 1 mm a 3kgf	\$ 3	\$ 9
Tiempo de desarrollo del proyecto				
20 h	Internet	Tiempo de investigación internet	\$ 0,80	\$ 16
50 h	Laborables	Implementación del prototipo	\$ 1	\$ 50
Movilización				
1	Transporte	Compra de materiales a otras ciudades	\$ 40	\$ 40
Impresión borradores y empastado				
1	Anillados	Impresión de documentos	\$ 30	\$ 30
1	Empastado	Documento final	\$ 20	\$ 20
Varios			\$ 20	\$ 20
			TOTAL	\$ 1190,30

3.8 Análisis del tiempo

En el análisis de tiempo se realiza una descripción del cronograma realizado durante las fases que comprenden el desarrollo completo del proyecto, en la primera etapa se define los elementos electrónicos de la prótesis micro controlada por sensores y tarjeta de control, para ello se buscó en el mercado cuales son los dispositivos electrónicos que cumplen con las especificaciones técnicas y luego escoger el idóneo para el proyecto. Se tomó 22 días, del 01 de mayo al 24 de mayo del 2018 como se aprecia en la Figura 3.7.

La siguiente etapa está dedicada a la comunicación entre el sensor Myo y Arduino para adquirir las diferentes señales que envía el brazalete para programar el control de los servomotores. Su tiempo es de 9 días, desde el 04 de junio al 12 de junio del 2018 como se observa en la Figura 3.8.

La elaboración de la prótesis se realizó con el software SolidWord en el que plasma los diseños de la prótesis InMoov para ser impresa en 3D con material PLA, la implementación de la PCB con diseño para los motores, Arduino y módulo de comunicación. Su tiempo de 5 días, mostrada en la Figura 3.8. Y las etapas finales corresponden a las pruebas de validación y funcionamiento con la elaboración del trabajo escrito que concluyo hasta el 25 de agosto del 2018 según figura 3.9

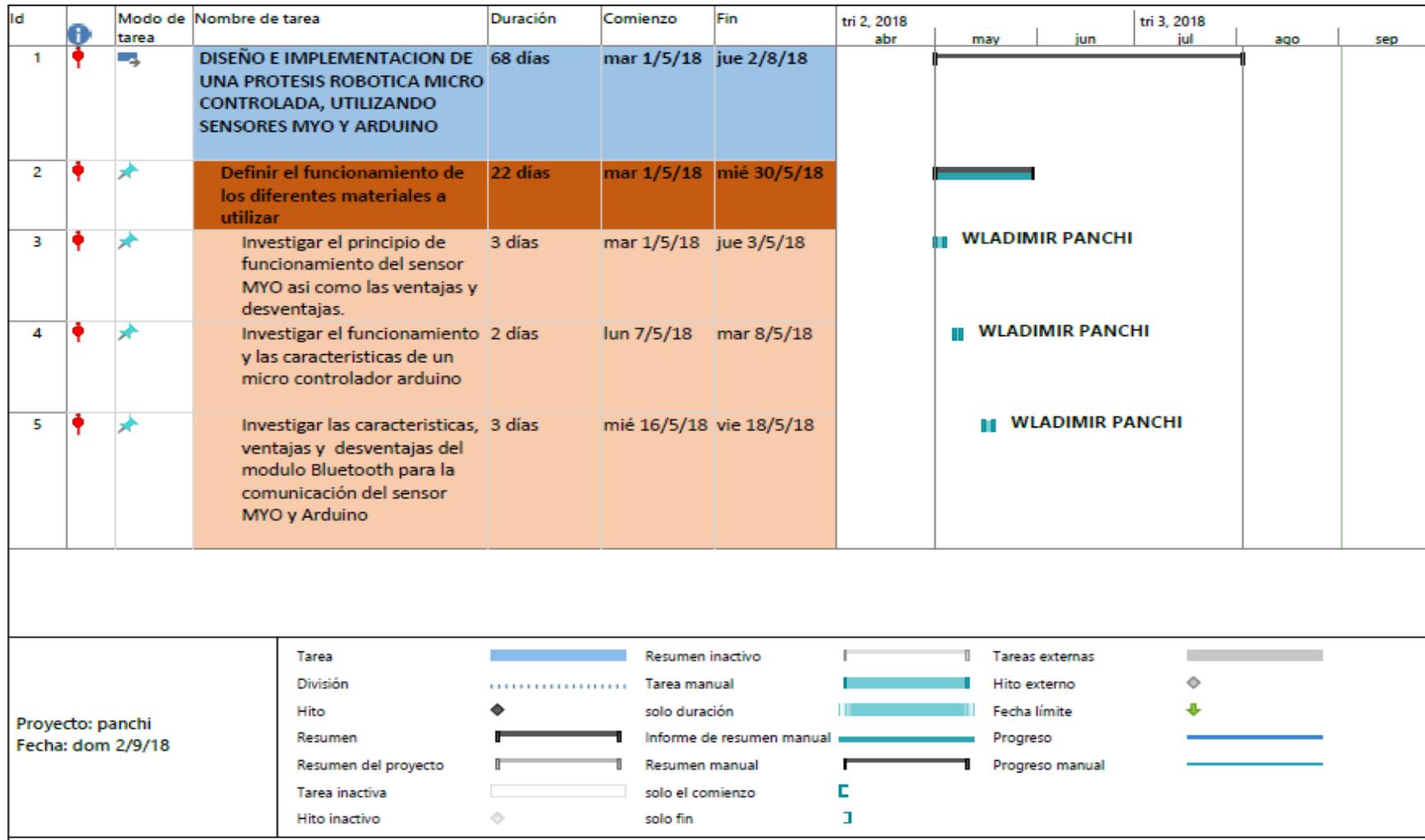


Figura. 27 Cronograma de actividades
 Fuente. (Panchi, 2018)

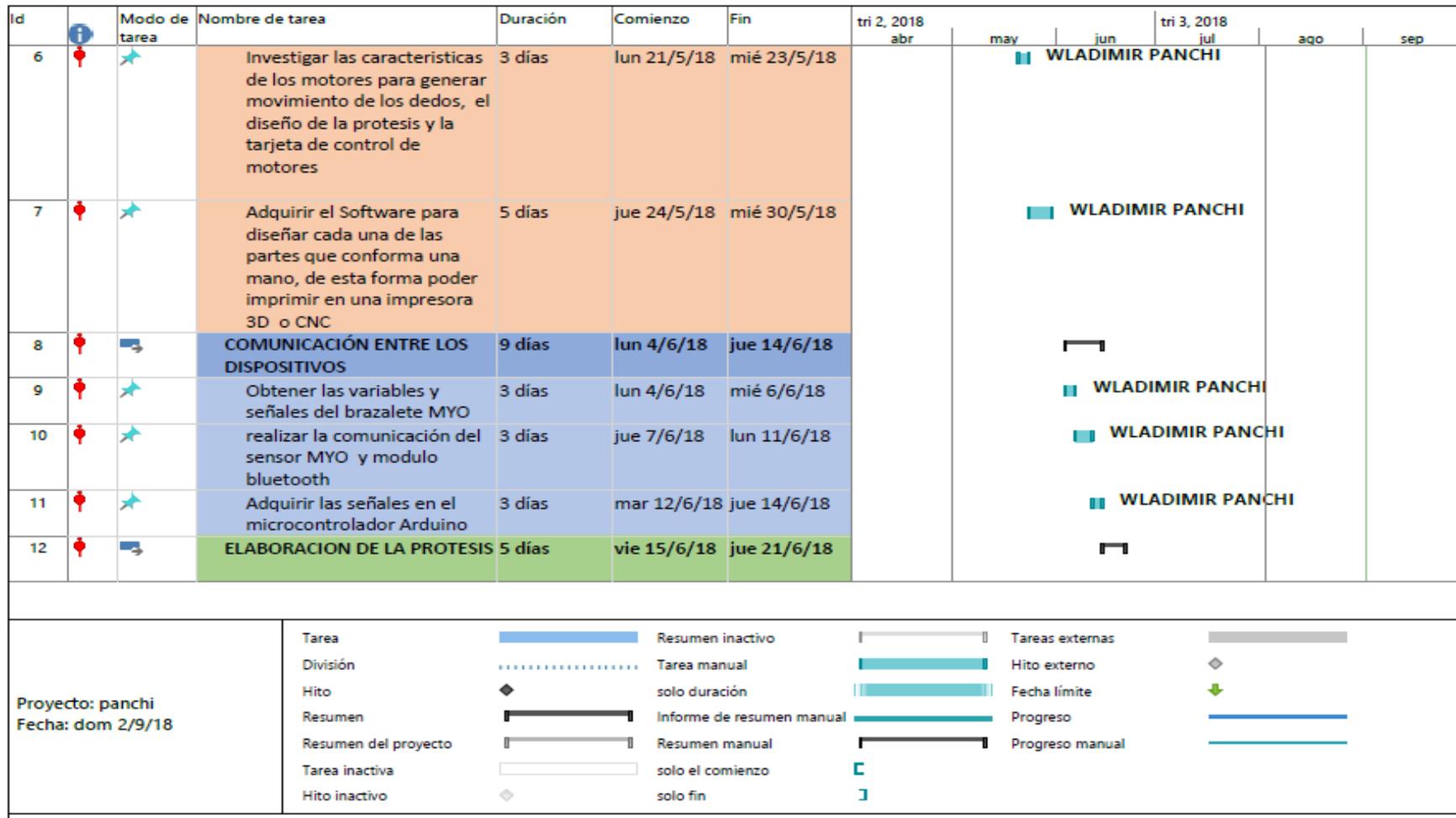


Figura. 28 Cronograma de actividades
 Fuente. (Panchi, 2018)

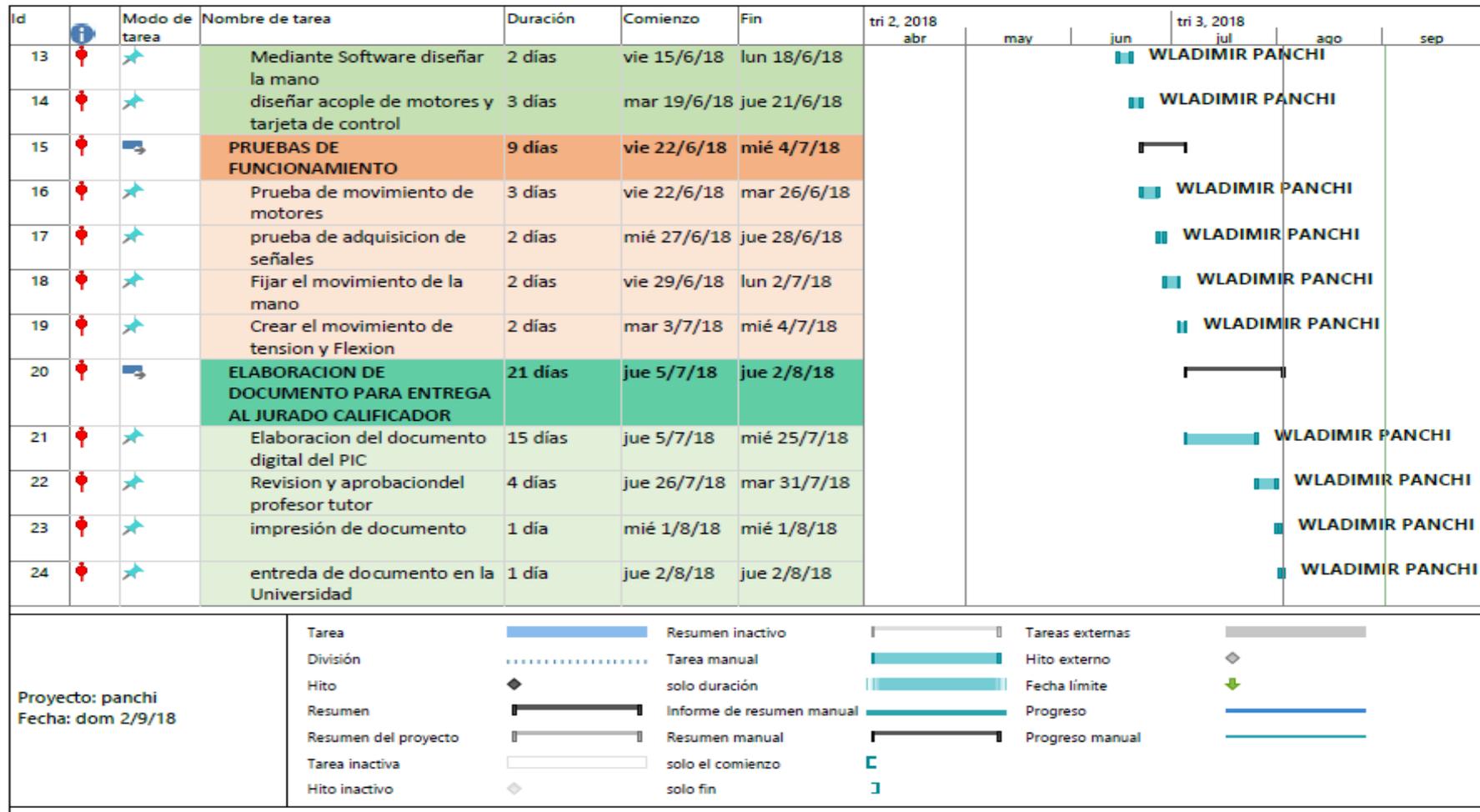


Figura. 29 Cronograma de actividades
 Fuente. (Panchi, 2018)

3.9 Ventajas del producto

Ventajas

- Opera la prótesis con comunicación inalámbrica
- Simula el movimiento de flexión y tensión al de una mano humana
- Las piezas de su diseño es igual al de la mano
- Se puede programar varios gestos
- Es removible

Desventajas

- El prototipo por sus elementos que lo componen es pesado
- Utiliza la misma fuerza de sujeción para todos los objetos
- El agarre puede hacer hasta productos con diámetro 4 cm
- El prototipo es IP00 sin protección para agua y polvo

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se presenta el diseño e implementación del proyecto de manera detallada, por lo que se ha dividido en los planos y construcción de la prótesis InMoov, la fabricación del circuito impreso correspondiente al control de servo motores y módulo de comunicación.

4.1 Diseño de las partes que conforman la prótesis

En el diseño de la prótesis robótica se utilizó el programa SolidWork, el cual permite diseñar en CAD 3D (Diseño Asistido por Computadora en 3D), para realizar el modelo del proyecto se tomó referencias de los diseñadores de Inmoov *Hand and Foram* con sus medidas en cada pieza que la conforma. Como primer paso se diseña las partes que conforman la prótesis las cuales están representadas en la Figura 4.1 el bosquejo de los dedos y palma,



Figura. 30 Piezas para impresión 3D

Fuente. (Inmoov.fr, 2017)

El diseño de los dedos con sus accesorios se observa en la Figura. 4.2, también se muestra el bosquejo de la muñeca y ante brazo en la Figura. 4.3, por último en la Figura. 4.4 se muestra los accesorios para los motores, estos son elaborados con uso de impresión 3D con el software SolidWord.



Figura. 31 Piezas de la mano y dedos



Figura. 32 Piezas del brazo y muñeca

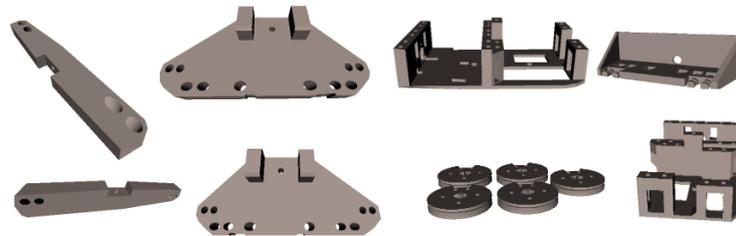


Figura. 33 Piezas para instalación del motor

Fuente. (Inmoov.fr, 2017)

4.2 Planos de ensamblaje de las piezas InMoov

Los planos para ensamblar las piezas que conforman el dedo, palma, muñeca y la instalación de motores con los hilos nilón se puede apreciar en la Figura 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7, Figura 4.8, Figura 4.9 y Figura 4.10.

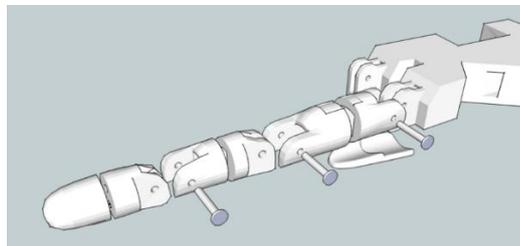


Figura. 34 Planos de ensamblaje del dedo

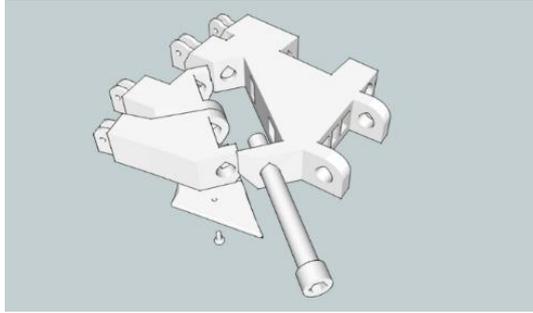


Figura. 35 Plano de ensamblaje de la palma

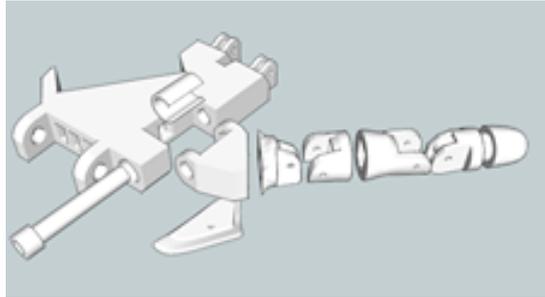


Figura. 36 Planos de ensamblaje de la mano

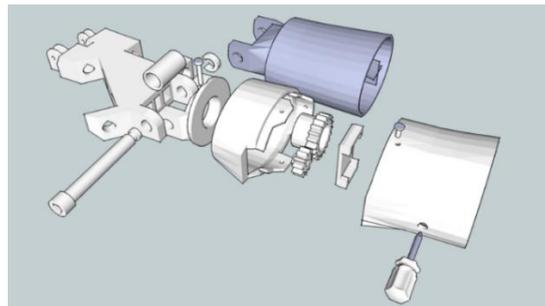


Figura. 37 Plano de ensamblaje de la muñeca

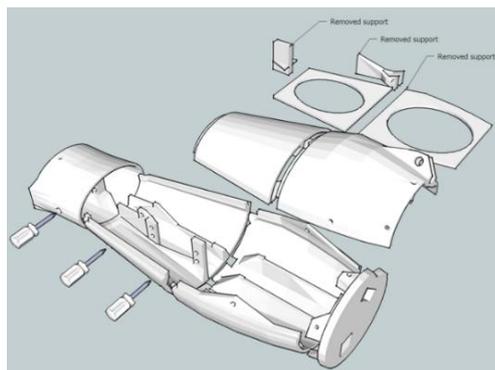


Figura. 38 Esquema de ensamblaje del antebrazo

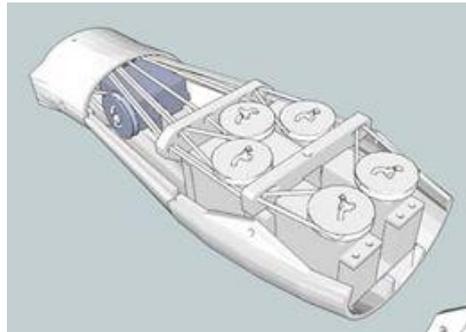


Figura. 39 Instalación de los motores
Fuente. (Inmoov.fr, 2017)

4.3 Plano del brazo InMoov Hand

Es un brazo derecho como se aprecia en la Figura. 4.11, creado para personas adultas mayores a 20 años, está impresa en material PLA (Ácido Poli Láctico) de 0.3 mm, es un plástico que sometido a la exposición de temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible al derretirse, mientras que cuando se enfría lo suficiente, se endurece.

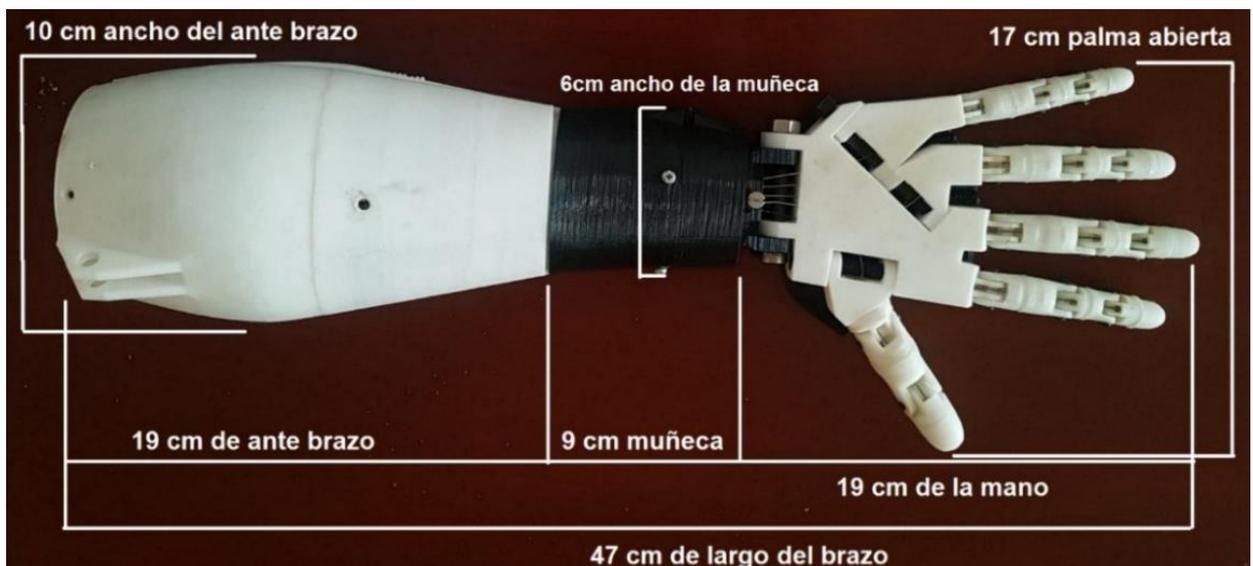


Figura. 40 Dimensiones del brazo InMoov

4.4 Plano de la mano InMoov Hand

Las partes que conforman la mano están nombradas como, Falanges proximales, Falanges medias, Falanges distales como muestra la Figura 4.12, las dimensiones de largo y ancho de cada elemento esta detallada en la Tabla 4.1.

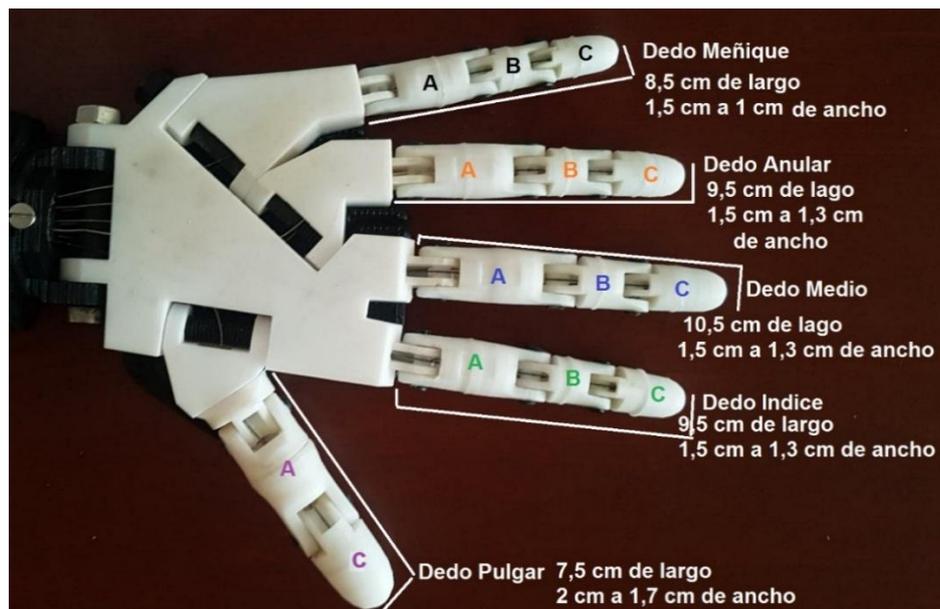


Figura. 41 Plano y dimensiones de la mano InMoov

Fuente. (Inmoov.fr, 2017)

Tabla. 8 Dimensiones de las partes que conforman los dedos

Partes del dedo		DEDOS							
		Meñique		Anular e Índice		Medio		Pulgar	
		Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
Falanges proximales	A	4 cm	1,5 cm	4,5 cm	1,5 cm	5 cm	1,5 cm	5cm	2 cm
Falanges medias	B	2 cm	1,2 cm	2 cm	1,5 cm	2,5 cm	1,5 cm	-	-
Falanges distales	C	2,5 cm	1 cm	2,5 cm	1,3 cm	2,5 cm	1,3 cm	2,5 cm	1,7 cm

4.5 Planos de conexión de los elementos electrónicos

Para elaborar la placa de control se diseñó el esquema electrónico mostrado en la Figura. 4.13, mediante software de simulación EasyEDA. Su alimentación de energía es de dos baterías que están distribuidas para la parte de potencia a los motores y a la tarjeta Arduino misma que energiza al módulo bluetooth, sensor de fuerza y LED indicador. En la Tabla. 4.2, se describe las conexiones a los diferentes elementos electrónicos.

El funcionamiento de la prótesis inicia al recibir señales del brazalete Myo Armband por comunicación bluetooth al Arduino UNO, esta tarjeta programadora al recibir datos enviara una señal PWM (Modulación por Ancho de Pulso) a los motores para realizaran movimientos al de una mano humana, el diodo LED indica la señal receptada y los sensores miden la fuerza aplicada a los objetos.

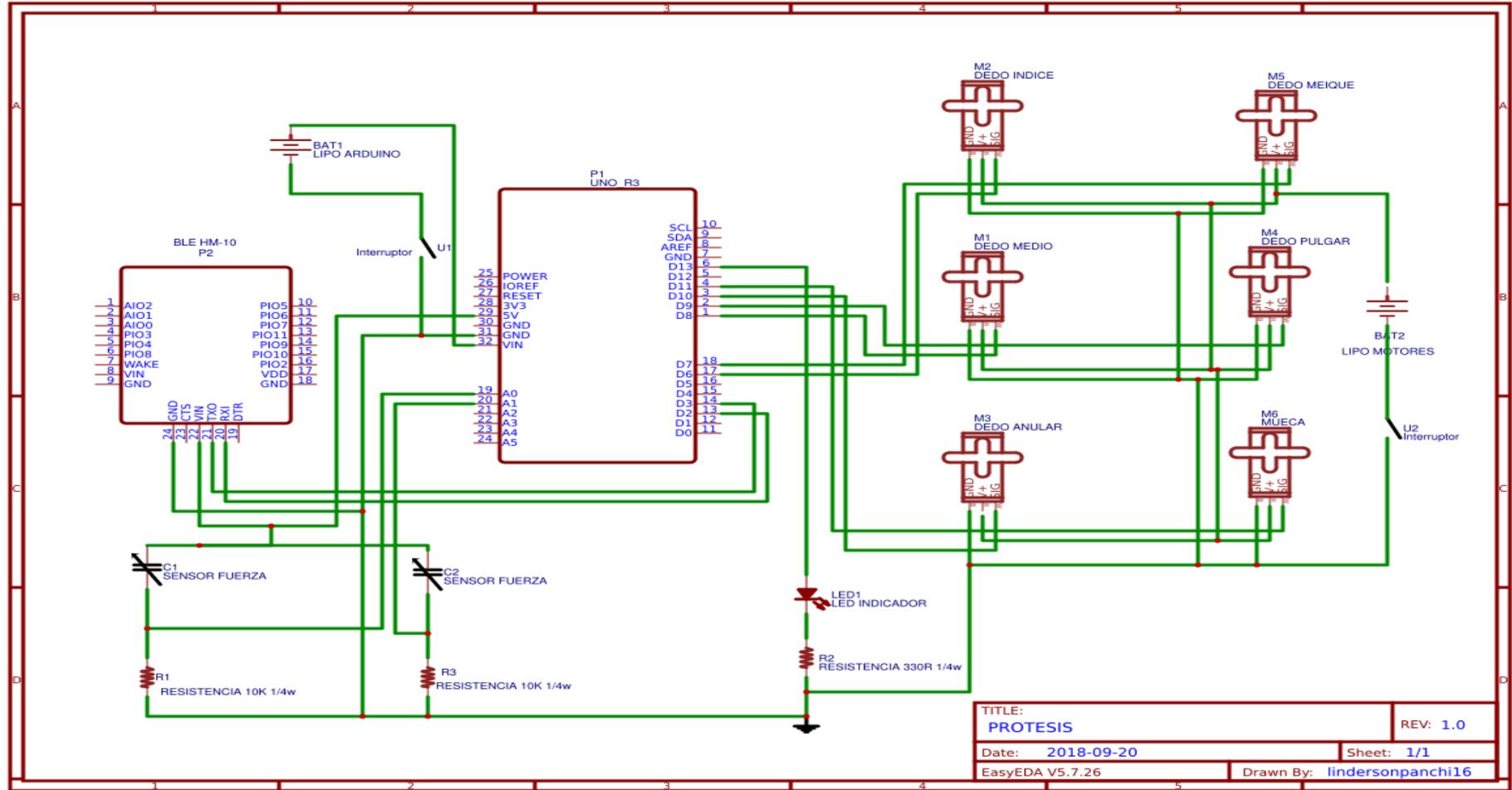


Figura. 42 Diagrama del circuito electrónico
Fuente. (Panchi, 2018)

Tabla. 9 Conexión de pines al Arduino

Pin del Arduino	Características	Observaciones
A0	Pin analógico	Entrada del sensor de fuerza dedo Medio
A1	Pin analógico	Entrada del sensor de fuerza dedo Anular
D2	TX Pin digital	Conexión modulo bluetooth
D3	RX Pin digital	Conexión modulo bluetooth
D6	Salida digital motor	Dedo Índice
D7	Salida digital motor	Dedo Medio
D8	Salida digital motor	Dedo Anular
D9	Salida digital motor	Dedo Meñique
D10	Salida digital motor	Dedo Pulgar
D11	Salida digital motor	Muñeca
D13	Pin Digital	LED Indicador

4.6 Elaboración de la placa de control.

Para el diseño de la PCB se utiliza el programa proteus el cual permite simular los elementos en ISIS, en esta interfaz se realiza las conexiones de los materiales electrónicos que forman parte de la tarjeta de control como es el Arduino Uno, seis servomotores, LED indicador y bluetooth, para la simulación y elaboración de PCB como se observa en la Figura 4.14 con el Software Proteus 8.0

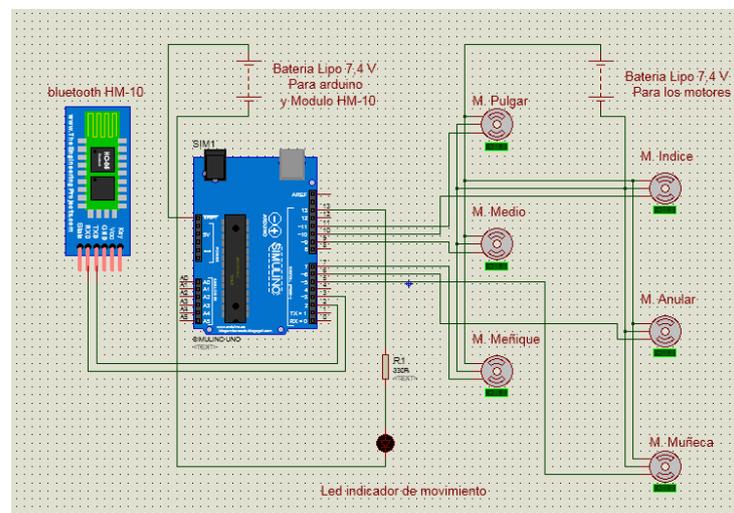


Figura. 43 Plano de conexión de motores, bluetooth y Arduino Uno

En el mismo software se tiene la interfaz denominada ARES el cual permite elaborar el diseño de la tarjeta de control para PCB como se aprecia en la Figura 4.15

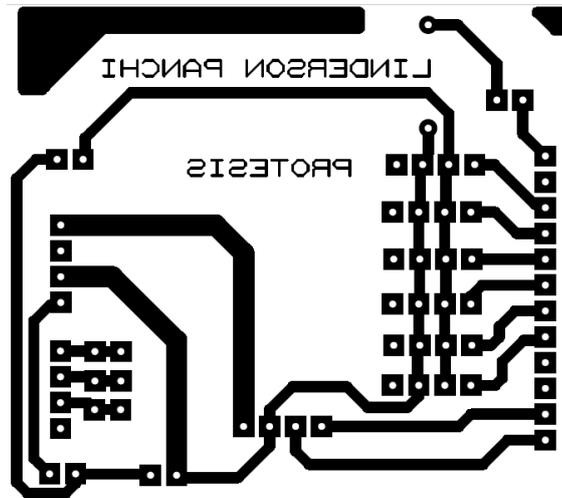


Figura. 44 Diagrama del circuito electrónico

4.7 Diseño del programa de control para el sistema

Para el control de los servomotores y el módulo bluetooth se utiliza el programa Arduino para esto se debe instalar librerías del módulo de comunicación, sensor y servomotor

En la primera parte se descarga el programa Arduino con las librerías MyoIMUGestureController-master como muestra en la Figura 4.17, este comando servirá para comunicar el sensor brazaletes Myo con la tarjeta programadora

MyoBridge	04/09/2018 17:45	Carpeta de archivos
MyoController	01/06/2018 12:38	Carpeta de archivos
MyoIMUGestureController-master	04/09/2018 17:45	Carpeta de archivos
QTRSensors	26/07/2016 12:12	Carpeta de archivos
Robot_Control	25/07/2016 9:23	Carpeta de archivos
Robot_Motor	25/07/2016 9:23	Carpeta de archivos

Figura. 45 Librerías de Myo para Arduino

En la segunda parte incluir las librerías del brazaletes Myo. Comunicación y control de servos como se observa en la figura 4.18 para realizar la programación que controlara los servomotores según la señal recibida.

```
#include <MyoBridge.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <MyoIMUGestureController.h>
```

Figura. 46 Librerías del control Myo

Por último la programación está realizada por sub funciones como se muestra en el diagrama de flujo en la Figura 4.19 y con movimientos como mano arriba, abajo, brazo a la izquierda, a la derecha, giro de muñeca en sentido horario e anti horario, al ejecutar estos movimiento los servomotores se activaran y desactivaran para realizaran movimientos igual que la mano humana, la programación completa se encuentra en los anexos

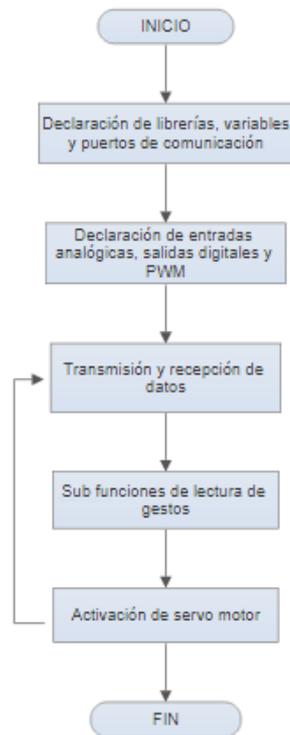


Figura. 47 Diagrama de programación

4.5 Cálculo de fuerza aplicada

Para el cálculo de la fuerza se utiliza el sensor FSR 400, realizar las conexiones para adquirir los datos según la figura 4.20, en el que se utilizó una resistencia de 10K en serie con el sensor.

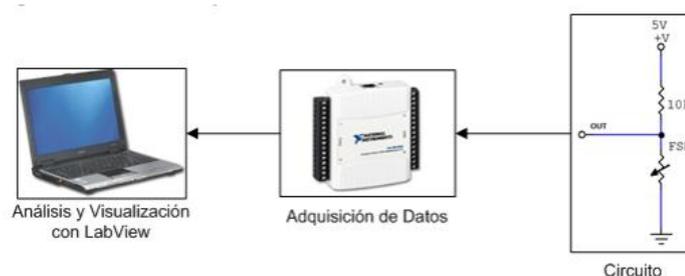


Figura. 48 Diagrama de adquisición de datos

Para realizar los cálculos se presiona el sensor y con la ayuda de un multímetro verificar el valor de voltaje de la salida (VA), para realizar los cálculos como muestra la figura 4.21. En este caso el sensor da un valor de 3,3 voltios, entonces el valor de la resistencia de fuerza es 3,3 v

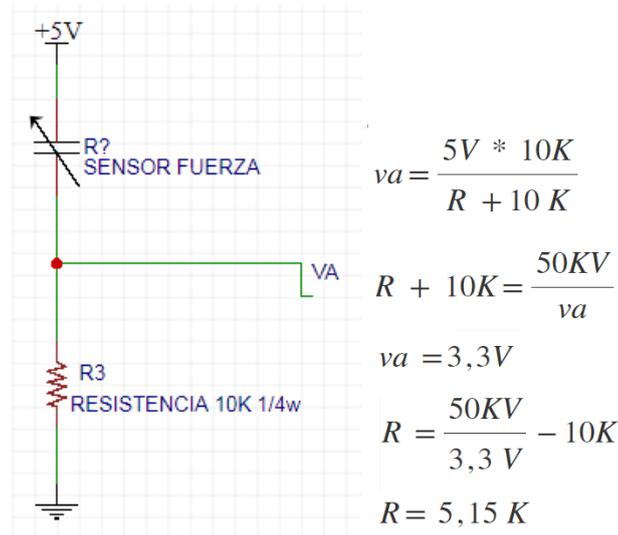


Figura. 49 Valor de la resistencia

Con ayuda del grafico de Fuerza vs Resistencia se verifica el valor de la fuerza aplicada cuando la resistencia es 5.5 K, como muestra la Figura 4.22.

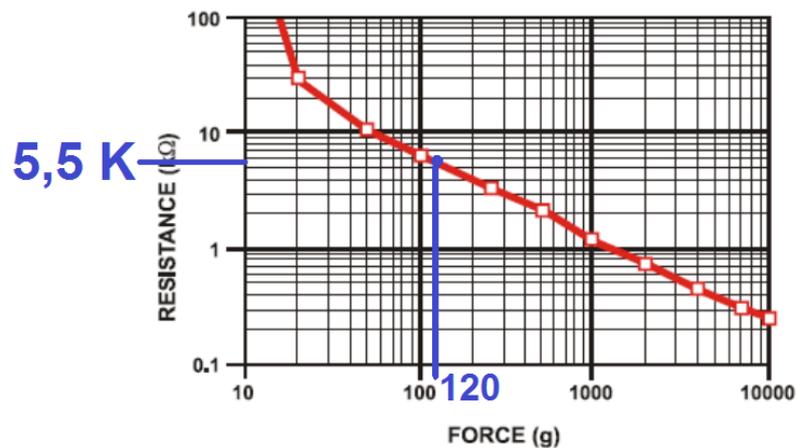


Figura. 50 Valor de la fuerza en gramos con la resistencia

Nota. Entonces cuando el voltaje de salida máxima es 3,3 voltios, la fuerza aplicada será de 120 gramos.

4.6 Cálculo del rendimiento de la prótesis

La batería tiene 0,5 AH que es la cantidad de corriente que puede suministrar en una hora, ese valor debe multiplicarse por 20C que es la máxima corriente que puede suministrar la fuente, pero a un tiempo mucho más corto. Para calcular cual será el tiempo máximo de alimentación del circuito se realiza de la siguiente manera:

Corriente máxima

$$0,5 A * 20 h = 10 Ah$$

$$c = \frac{0,2 A * 20 h}{10 Ah}$$

$$c = 0,4$$

Tiempo de funcionamiento

$$tiempo = \frac{60 min}{0,4} = 150 min$$

4.7 Implementación

Para construir la mano de la prótesis se revisa el plano de la figura 4.12 y cada parte de los dedos se encuentra detallada en la Tabla 4.1. Este ensamblaje se realiza con hilo nilón de 1mm que atraviesa cada pieza hasta llegar a los motores.

Primero identificar las partes que conforman los dedos según la Figura 4.12 como son: cinco Falanges proximais mostrada en la Figura. 4.23, las cuatro falanges medias como se observa en la Figura. 4.24 y los cinco falanges distáis como indica la Figura. 4.25.

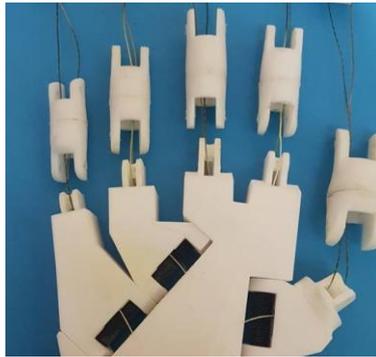


Figura. 51 Falanges proximais

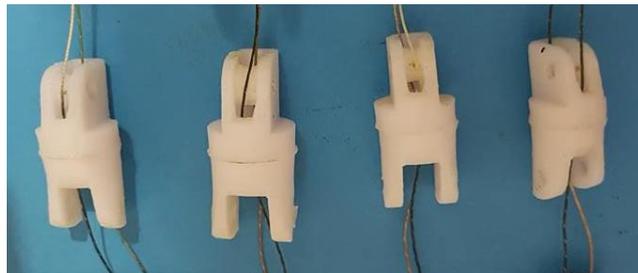


Figura. 52 Falanges médias

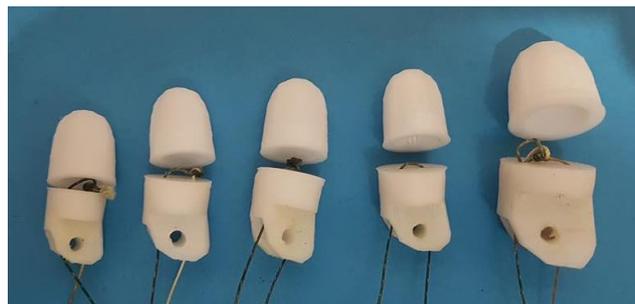


Figura. 53 Falanges distais

La mano y los dedos se montan siguiendo los planos mostrados en la figura 4.5 y en la Figura 4.7 utilizar cable ABS (acrionitrilo butadieno estireno), para la unión de las piezas.

Primero acoplar la falange proximais con la estructura de la palma la mano con cable ABS como se muestra en la Figura. 4.26.

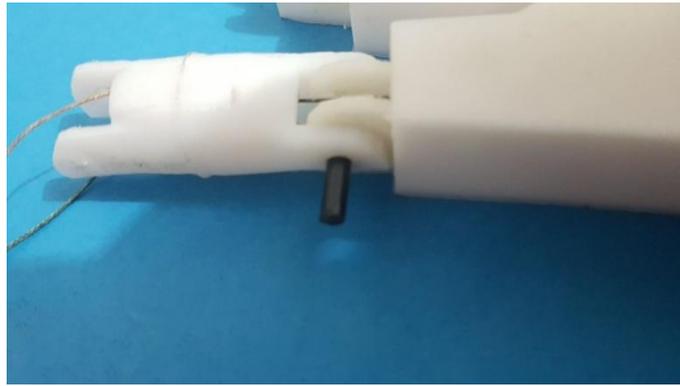


Figura. 54 Acople de la falange proximalis y palma

Segundo unir la pieza falanges proximalis con la falange medias, como muestra la Figura 4.27.



Figura. 55 Unión de la falange medias y proximalis con hilo ABS

Tercero acoplar la pieza falanges medias con la falange distalis como muestra la Figura 4.28.



Figura. 56 Falanges distalis y medias

Cuarto con la ayuda de los hilos nilón se realiza un estiramiento para ver la movilidad del dedo como muestra la Figura 4.29.



Figura. 57 Flexión del dedo

Por último se realiza el mismo procedimiento anterior para armar los dedos restantes y acoplar a la mano como muestra la Figura 4.30.

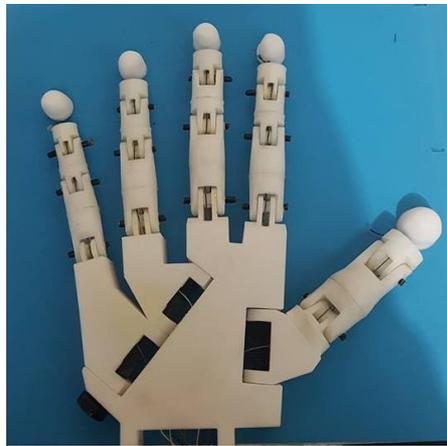


Figura. 58 Construcción de todos los dedos

Para la construcción de la muñeca se revisa el esquema mostrado en la Figura. 4.8. Para asegurar cada pieza es necesario utilizar pegamento o tornillos de 1 pulgada.

Primero se ensambla la muñeca según el plano mostrado en la Figura 4.8, e instalar el motor como se observa en la figura 4.31



Figura. 59 Ensamblaje del motor y muñeca

Segundo asegurar la muñeca con pernos de media pulgada ya que al existir fuerza en la muñeca por el motor puede desprenderse las piezas como muestra la Figura. 4.32).

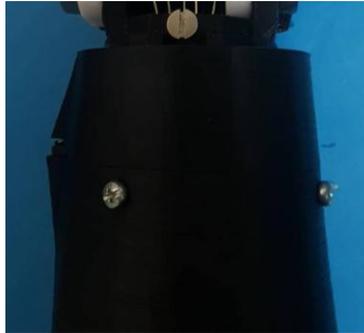


Figura. 60 Utilización de tornillos para asegurar la muñeca

Por último se realiza el acople de la muñeca y el ante brazo como muestra la Figura. 4.33, según el diagrama.

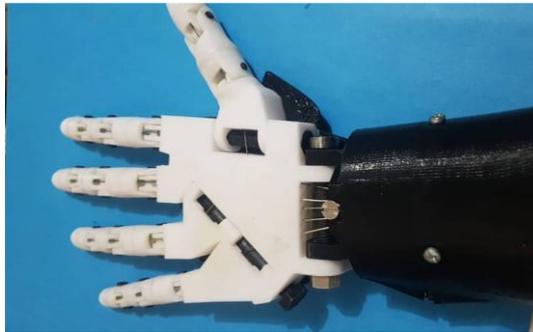


Figura. 61 Unión de muñeca y antebrazo

Para la construcción del brazo se revisar el plano mostrado en la Figura. 4.1. Es necesario el uso de pegamento ya que en esta parte se instalarán las piezas que acoplan a los motores.

Primero identificar las partes del antebrazo según el esquema, armar con la ayuda de pinzas y pegamento para acoplar los fragmentos como se muestra la Figura 4.34.



Figura. 62 Elaboración del Ante brazo InMoov

Para la instalación de los servomotores realiza con las piezas mostradas en la Figura 4.4, con ayuda del plano de la Figura. 4.10.

Primero instalar las piezas en el brazo con ayuda de pegamento o tornillos ya que en esta parte se instalarán los motores y realizarán el movimiento para tensar los hilos nilón que mueve los dedos como se aprecia en la Figura 4.35.

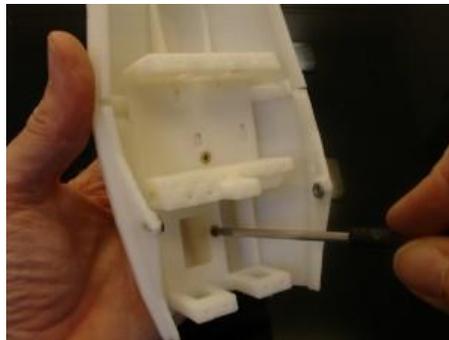


Figura. 63 Soportes para los servomotores

Segundo se instala los motores como muestra el plano de la Figura 4.10. Y se colocan los hilos nilón a cada uno de los motores como se aprecia en la Figura 4.36, para instalar deberán estar en cero grados para esto se utiliza un programa en Arduino y fijar los grados del motor, de esta forma se evita romper los hilos al generar movimiento.

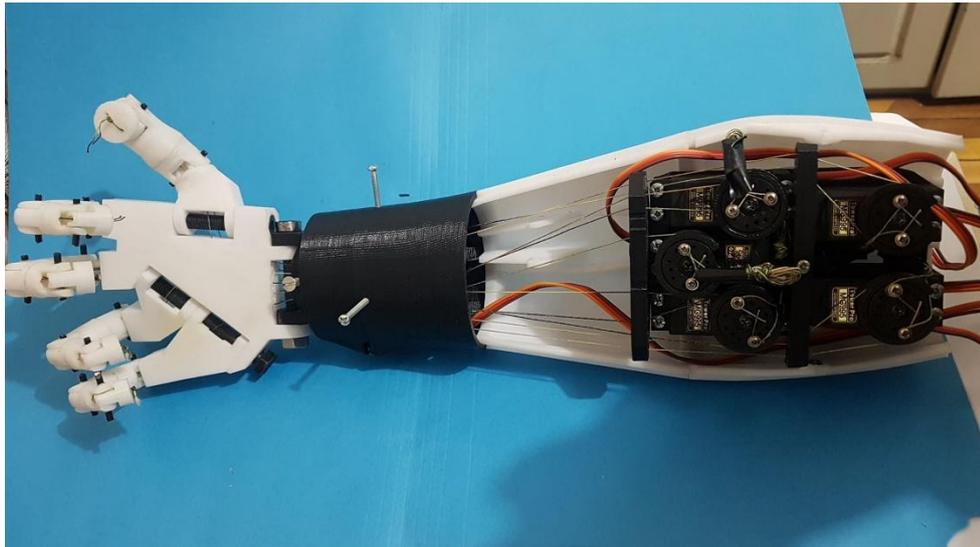


Figura. 64 Instalación de los motores e hilos nilón.

Segundo se realizan las pruebas de tensión de todos los dedos con un programa creado por la librería Arduino servomotor y alimentación de voltaje como se muestra en la Figura 4.37



Figura. 65 Prueba de servomotores y la mano

Para la parte de control se elabora la placa PCB según el diagrama mostrado en la Figura. 4.15, en el cual se suelda los espadines para los motores y el modulo bluetooth como muestra la Figura 4.38.

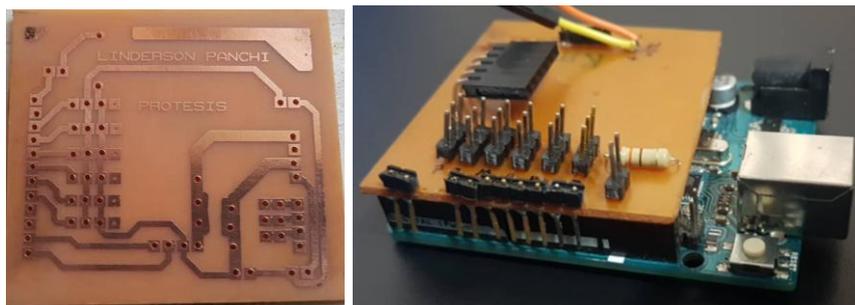


Figura. 66 Elaboración de la PCB

Se colocan los elementos electrónicos en la placa para subir la programación como muestra la Figura 4.39 y realizar pruebas posee dimensiones de 5,5 cm de largo y 5 cm de ancho.

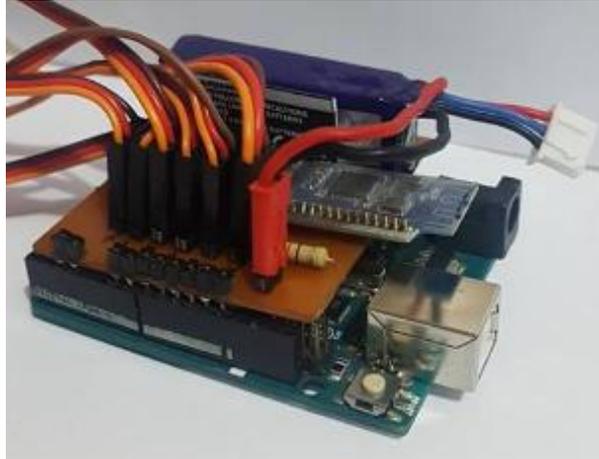


Figura. 67 Montaje de los elementos en la PCB

Por último se instala la PCB en la prótesis como muestra la Figura. 4.40 para realizar la pruebas.

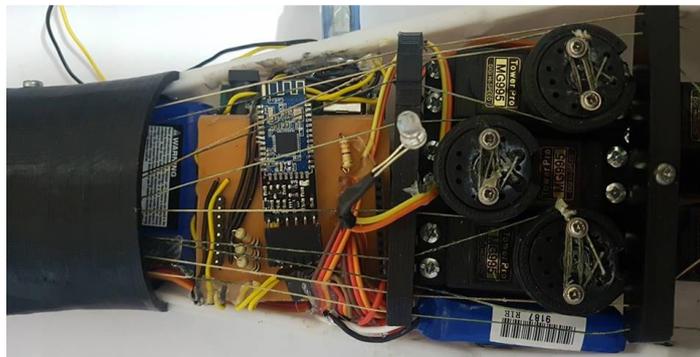


Figura. 68 Implementación de la PCB en la prótesis

En la Figura 4.41 se muestra el modulo sensor y la prótesis robótica para realizar las diferentes pruebas de validación del producto.



Figura. 69 Prótesis micro controlada por sensor Myo

Para el funcionamiento se coloca el brazalete Myo Armband en el brazo con el led vista al rostro del usuario, esperar que el LED del sensor se sincronice con el bluetooth mostrando un color azul, una vez sincronizado recibirá una vibración por parte del brazalete por un largo periodo en el cual se realizar una contracción de los músculos para guardar el gesto como muestra la Figura 4.42. Este gesto servirá para activar y desactivar los movimientos programados en el Arduino.



Figura. 70 Funcionamiento del Myo

Segundo es realizar los gestos que reconoce el Arduino para generar movimientos en los dedos y verificar por parte de la prótesis su correcto funcionamiento, estos gestos se detalla en la tabla 4.2. Y en la Figura 4.43 la puesta en marcha.

Tabla. 10 Prueba de funcionamiento de la prótesis con movimientos

Movimiento del brazo	Movimiento de la prótesis
Brazo arriba	Movimiento de tensión
Brazo abajo	Movimiento de flexión
Giro del brazo anti horario	Movimiento de muñeca anti horario
Giro del brazo horario	Movimiento de muñeca horario
Giro del brazo a la izquierda	Movimiento de cada uno de los dedos

**Figura. 71 Funcionamiento de la prótesis.**

4.8 Pruebas y resultados

Finalizado el proceso de ensamblaje del prototipo, se realiza las distintas pruebas de funcionamiento con objetos para validar el desempeño funcional de la prótesis.

4.8.1 Agarre de objetos

Para realizar la prueba del prototipo se consideraron objetos con distintas medidas y formas de sección transversal como se muestra en la Figura 4.45.



Figura. 72 Objetos para pruebas.

La primera prueba se realiza a la botella de agua Dasani, para esto se realiza un movimiento de flexión en la mano para que recoja el objeto como se aprecia en la Figura 4.46.



Figura. 73 Prueba de agarre botella

En la Tabla. 6, muestra el número de agarres correctos e incorrectos a la botella de agua Dasani.

Tabla. 11 Pruebas de agarre

Numero de agarres	Correctos	Incorrectos
5	3	2
Observaciones		
Para mejorar el agarre es necesario colocar en la palma de la mano un guante o material adherente ya que al ser de material solido ocasiona un deslizamiento y dificulta recoger el objeto.		

La segunda prueba se realiza a la billetera igual se realiza un movimiento de flexión para que recoja el objeto como se muestra en la Figura 4.47.



Figura. 74 Prueba de agarre botella

En la Tabla. 4.5, se muestra el número de agarres correctos e incorrectos a la billetera a si mismo las observación que da el producto.

Tabla. 12 Pruebas de agarre billetera

Numero de agarres	Correctos	Incorrectos
5	4	1
Observaciones		
El agarre es correcto ya que la billetera esta hecho de material adherente y esto no ocasiona un deslizamiento y facilita recoger el objeto.		

4.8.2 Fuerza aplicada a los objetos

Se realiza las pruebas de fuerza con los objetos mencionados, utilizar el brazo robótico como muestra la Figura. 4.48 y la mano Humana como se aprecia en la Figura. 4.49.



Figura. 758 Fuerza de la prótesis aplicada a la billetera y botella

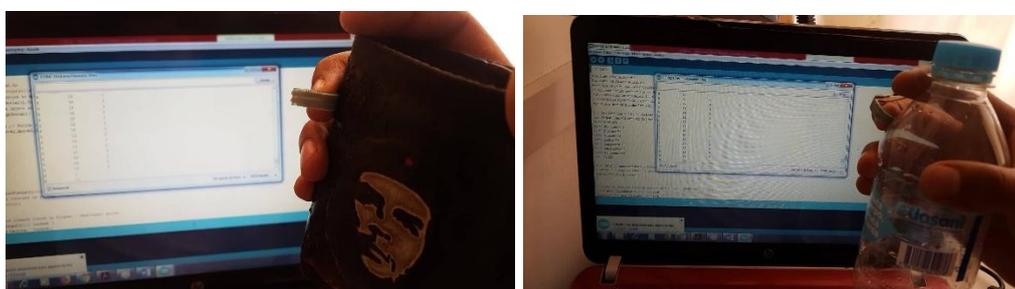


Figura. 76 Fuerza de la mano humana aplicada a la billetera y botella

En la Tabla. 4.6 se muestra los resultados de los datos obtenidos al aplicar la fuerza a los objetos con la prótesis y con la mano humana.

Tabla. 13 Pruebas de fuerza aplicada a la botella de agua

Objeto	Fuerza de la prótesis	Fuerza Humana
Botella de agua	78 gramos	15 gramos
Billetera	65 gramos	10 gramos
Observaciones La fuerza de la prótesis aplicada a los objetos es alta ya que este sistema no tiene sentido al tacto por lo que es recomendable utilizar para objetos que no sean solidos		

4.9 Análisis de resultados

Las pruebas realizadas con el proyecto concluido dan como resultado que la prótesis podrá mantener objetos en el aire según el peso ya que entre más pesado sea el objeto menor será su tiempo de agarre.

Al recoger productos que tienen superficie adherente el número de fallidos serán mínimos por lo que se descarta ya que en su gran mayoría son satisfactorios por esta razón es recomendable utilizar un guante adherente para varios tipos de plano y garantizar la manipulación de objetos.

El hilo que interconecta el mecanismo de los dedos con los motores es nilón por lo que al inicio del ensamblaje de la prótesis este tiende a ceder su longitud y los movimientos no son correctos, entonces en cada prueba realizada se tuvo que tensionar el hilo hasta que alcance su máxima longitud y el movimiento que se realice la prótesis sea siempre igual.

Se realizó pruebas de la prótesis a dos personas que sufren de esta discapacidad por lo que se tomaron el tiempo de cuarenta y cinco minutos en dominar el movimiento de tensión y flexión de la prótesis ya que al ser un prototipo que trabaja con señales musculares deben mantener en un solo gesto para que se activen los servomotores.

Las primeras pruebas fueron monitoreadas con el computador, para verificar la comunicación entre el sensor y el Arduino, dando como resultado una respuesta rápida del sensor con la tarjeta de control cuando se realiza los movimientos programados como son brazo arriba, abajo, izquierda y derecha.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El módulo *bluetooth* se configuro en modo maestro para que el sensor Myo se sincronice y pueda enviar las señales al Arduino.
- Las fuerza que aplica la prótesis al tomar un objeto es alta en comparación a la mano humana, ya que este no tiene sentido del tacto por lo que imposibilita medir su fuerza por lo cual es necesario utilizar materiales que no sean sólidos.
- La fabricación de las piezas fue a través de impresión 3D, con material PLA que es resistente y biodegradable que no afecta al medio ambiente, este permite elaborar las partes de la prótesis igual al de una mano y al ser de este material se puede pintar, perforar y lijar porque así lo permite.
- El programa desarrollado en Arduino permite a la persona guardar un gesto, este se denomina señal de bloqueo y desbloqueo, el cual permitirá mantener un control total de los gestos y movimientos programados en la tarjeta de la prótesis cuando la utilice.
- Se definieron los dispositivos a utilizar de las diferentes etapas de construcción del prototipo

Recomendaciones

- Se recomienda alimentar por separado el micro controlador y los servos, porque el ruido eléctrico puede generar errores en la ejecución del programa
- Colocar material adherente a la mano para facilitar manipular objetos, el mismo que no deben ser solidos ya que el brazo no mide la fuerza al recoger los cuerpos.
- Este brazo no puede ser utilizado en actividades acuáticas, polvo y temperaturas altas ya que su sistema es de protección IP 00, y no posee sistemas de protección aparte utiliza dispositivos electrónicos en su interior.
- Cuando se recargue la batería, se recomienda monitorear hasta que el indicador del LED del cargador este encendido, puesto que la batería estará al 100% de su carga de esta forma se evitara el daño de batería y prolongara su vida útil.
- Realizar un mantenimiento de los servomotores, hilos nilón y la placa electrónica por personas especializadas ya que son elementos que no garantizan un funcionamiento correcto de por vida.

BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (2018). *Arduino Mega*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- Company, J. T. (03 de agosto de 2014). *Bluetooth 4.0 BLE module* . Obtenido de https://www.elecrow.com/download/bluetooth40_en.pdf
- CONADIS. (08 de 2018). *Consejo Nacional para la Igualdad de discapacidades*. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/persona.html>
- Educandose. (2017). *Mano Anatomía y Definición*. Obtenido de <https://www.educandose.com/mano/>
- Espinosa, C. (28 de Julio de 2017). *Vasos Sanguíneos*. Obtenido de <https://www.aboutespanol.com/tipos-de-vasos-sanguineos-1185214>
- Icharger. (2018). *Introduction to lipo batteries*. Obtenido de <https://www.icharger.co.nz/buying/resources-faq/introduction-to-lipo-batteries/>
- Inmoov.fr. (2017). *Right Hand VI*. Obtenido de <http://inmoov.fr/product/right-hand-v1/>
- Mechatronics, N. (2018). *Modulo Bluetooth 4.0 ble HM-10*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/133-modulo-bluetooth-40-ble-hm-10.html>
- MYO. (2018). *Myo Gesture Control Armband*. Obtenido de <https://www.myo.com/>
- PALOU, N. (24 de Julio de 2017). *EL PAÍS*. Obtenido de El brazo robot Luke: https://elpais.com/tecnologia/2017/07/19/actualidad/1500468441_020165.html
- Panchi, L. (2018). *Prótesis*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- práctico, S. e. (15 de 09 de 2017). *Huesos que conforman la mano*.
- rec, P. (2017). *MYO el brazalete tecnológico*. Obtenido de <https://www.pulsarec.es/myo-el-brazalete-tecnologico-blog-de-la-productora-audiovisual-en-madrid-pulsa-rec/>
- SAC, N. M. (2017). *SERVO-MG996-11K*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/servomotores/343-servo-mg996r-11kg.html>
- Silicio.mx. (2016). *módulo ble bluetooth V 4.0 HM-11*. Obtenido de <http://silicio.mx/modulo-ble-bluetooth-v40-hm11>
- Thalmiclabs. (2017). *SDK MYO* . Obtenido de https://developer.thalmic.com/docs/api_reference/platform/getting-started.html#physical
- Trends, M. (2017). *Myo, la pulsera que controla remotamente todos tus dispositivos*. Obtenido de <https://www.mediatrends.es/a/51101/myo-brazalete-thalmic/>

Velarde, D. P. (enero-julio de 2010). *Lesiones de Nervios Periféricos en Miembro Superior*. Obtenido de http://www.medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2010_1/Art9_Vol10_N1.pdf

Villanueva, D. (2018). *Tendones flexores y extensores de la mano*. Obtenido de <https://doctorvillanueva.com/lesiones-de-mano-y-muneca-tendones-flexores-y-extensores-de-la-mano/>

ANEXOS

Programación de la prótesis en la tarjeta controladora Arduino

```

#include <MyoBridge.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <MyoIMUGestureController.h>
//SoftwareSerial connection to MyoBridge
SoftwareSerial bridgeSerial(2,3); /////// (2,3) (Rx arduino,Tx arduino)
//initialize MyoBridge object with software serial connection
MyoBridge bridge(bridgeSerial);
int Led_Lectura = 13; // Salida pin de estado de lectura
int Izq=A0,Der=A1,Arr=A2,Abj=A3,Antih=A4,Hor=A5;
String GESTO;
byte sw=0,sw1=0;
byte pulgar=6;
byte indice=7;
byte medio=8;
byte anular=9;
byte menique=10;
byte muneca=11;
int f1,f2;
void printConnectionStatus(MyoConnectionStatus status) {
//print the status constant as string
Serial.println(status);
}
//Esta función es llamada cuando un bloqueo / desbloqueo sucede
void updateLockOutput(bool locked) {
digitalWrite(Led_Lectura, !locked);
}
void updateControls(GestureType gesture) {
GESTO = gestureToString(gesture);
//Serial.println(gestureToString(gesture));
bridge.vibrate(1);
if (gesture == ARM_UP && sw==0) //Abrir mano
{
digitalWrite(Izq,LOW);
digitalWrite(Der,LOW);
digitalWrite(Arr,HIGH);
digitalWrite(Abj,LOW);
digitalWrite(Antih,LOW);
digitalWrite(Hor,LOW);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(pulgar, HIGH);
digitalWrite(indice, HIGH);
digitalWrite(medio, HIGH);
}
}
}

```

```

digitalWrite(anular, HIGH);
digitalWrite(menique, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(pulgar, LOW);
digitalWrite(indice, LOW);
digitalWrite(medio, LOW);
digitalWrite(anular, LOW);
digitalWrite(menique, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
sw=1;
}
if (gesture == ARM_DOWN && sw==1 )
{
digitalWrite(Izq,LOW);
digitalWrite(Der,LOW);
digitalWrite(Arr,LOW);
digitalWrite(Abj,HIGH);
digitalWrite(Antih,LOW);
digitalWrite(Hor,LOW);
for(int i=0; i<50; i++) //Cerrar mano
{
digitalWrite(pulgar, HIGH);
digitalWrite(indice, HIGH);
digitalWrite(medio, HIGH);
digitalWrite(anular, HIGH);
digitalWrite(menique, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(pulgar, LOW);
digitalWrite(indice, LOW);
digitalWrite(medio, LOW);
digitalWrite(anular, LOW);
digitalWrite(menique, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
sw=0;
}
if (gesture == ARM_ROTATE_CCW && sw1==0 )
{
digitalWrite(Izq,LOW);
digitalWrite(Der,HIGH);
digitalWrite(Arr,LOW);
digitalWrite(Abj,LOW);
digitalWrite(Antih,LOW);
digitalWrite(Hor,LOW);
for(int i=0; i<50; i++) //gitar muñeca
{
digitalWrite(munieca, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(munieca, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
}

```

```

}
sw1=1;
}
if (gesture == ARM_ROTATE_CW && sw1==1 )
{
digitalWrite(Izq,HIGH);
digitalWrite(Der,LOW);
digitalWrite(Arr,LOW);
digitalWrite(Abj,LOW);
digitalWrite(Antih,LOW);
digitalWrite(Hor,LOW);
for(int i=0; i<50; i++) //girar muñeca
{
digitalWrite(munieca, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(munieca, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
sw1=0;
}
if (gesture == ARM_LEFT && sw==0)
{
digitalWrite(Izq,LOW);
digitalWrite(Der,LOW);
digitalWrite(Arr,LOW);
digitalWrite(Abj,LOW);
digitalWrite(Antih,HIGH);
digitalWrite(Hor,LOW);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(pulgar, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(pulgar, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(indice, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(indice, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(medio, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(medio, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
}

```

```

delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(anular, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(anular, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(menique, HIGH);
delayMicroseconds(2500);
digitalWrite(menique, LOW);
delayMicroseconds(25000-2500);
}
sw=2;
}
if (gesture == ARM_RIGHT && sw==2)
{
digitalWrite(Izq,LOW);
digitalWrite(Der,LOW);
digitalWrite(Arr,LOW);
digitalWrite(Abj,LOW);
digitalWrite(Antih,LOW);
digitalWrite(Hor,HIGH);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(menique, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(menique, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(anular, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(anular, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(medio, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(medio, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)

```

```

{
digitalWrite(indice, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(indice, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
delay(1000);
for(int i=0; i<50; i++)
{
digitalWrite(pulgar, HIGH);
delayMicroseconds(500);
digitalWrite(pulgar, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
sw=0;
}
void setup() {
Serial.begin(9600);
bridgeSerial.begin(115200);
Serial.println(F("Searching for Myo..."));
bridge.begin(printConnectionStatus);
Serial.println(F("connected!"));
byte NivelBateria = bridge.getBatteryLevel();
Serial.print("% de Bateria: ");
Serial.println(NivelBateria);
pinMode(Izq, OUTPUT);
pinMode(Der, OUTPUT);
pinMode(Arr, OUTPUT);
pinMode(Abj, OUTPUT);
pinMode(Antih, OUTPUT);
pinMode(Hor, OUTPUT);
pinMode(Led_Lectura, OUTPUT);
pinMode(pulgar,OUTPUT);
pinMode(indice,OUTPUT);
pinMode(medio,OUTPUT);
pinMode(anular,OUTPUT);
pinMode(menique,OUTPUT);
pinMode(munieca,OUTPUT);
for(int i=0; i<50; i++) //Cerrar mano {
digitalWrite(pulgar, HIGH);
digitalWrite(indice, HIGH);
digitalWrite(medio, HIGH);
digitalWrite(anular, HIGH);
digitalWrite(menique, HIGH);
digitalWrite(munieca, HIGH);
delayMicroseconds(500);
//digitalWrite(pulgar, LOW);
digitalWrite(indice, LOW);
digitalWrite(medio, LOW);
digitalWrite(anular, LOW);
digitalWrite(menique, LOW);
}
}

```

```
digitalWrite(munieca, LOW);
delayMicroseconds(25000-500);
}
MyoIMUGestureController::begin(bridge, updateControls, updateLockOutput);
}
void loop() {
bridge.update();
f1=12*(analogRead(0)-2);
f2=12*(analogRead(1)-2);
f3=12*(analogRead(2)-2);
if(f1>12)
{
f1=f1;
}
if(f1<12)
{
f1=0;
}
if(f2>12)
{
f2=f2;
}
if(f2<12)
{
f2=0;
}
if(f3>30)
{
f3=f3;
}
if(f3<30)
{
f3=0;
}
Serial.println("Indice(gr) Medio(gr) Anular(gr)");
Serial.print(f1);
Serial.print(" ");
Serial.print(f2);
Serial.print(" ");
Serial.println(analogRead(2));
}
```

 adafruit learning system

Myo Armband Teardown

Created by Becky Stern



Last updated on 2018-08-22 03:51:37 PM UTC

Guide Contents

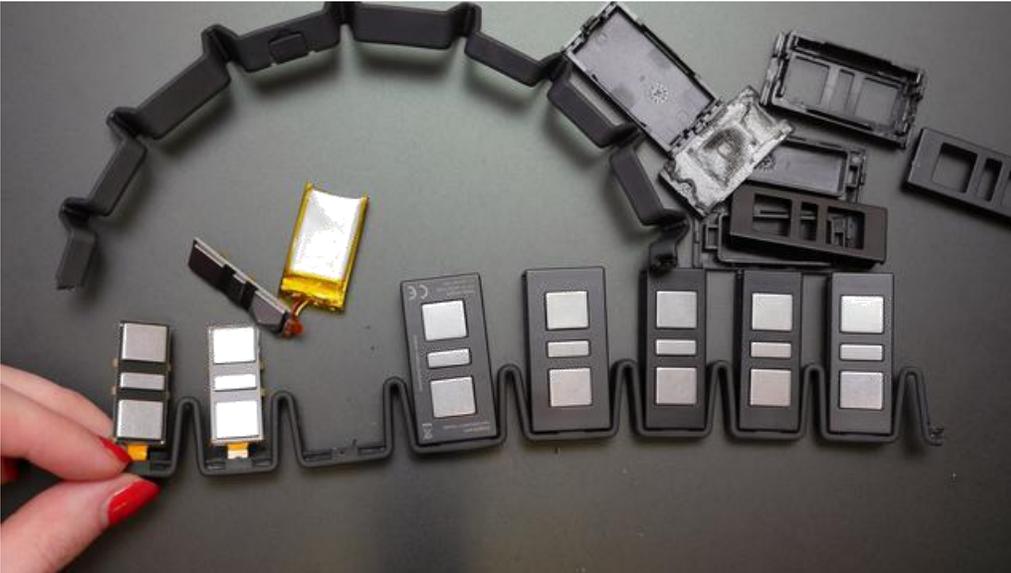
Guide Contents	2
Inside Myo	3

Inside Myo

The [Myo armband](https://adafru.it/Cgg) (<https://adafru.it/Cgg>) is a gesture controller that triggers a variety of actions on the computer based on the contractions of your muscles and the movements of your arm. It is intended for a variety of applications like controlling a slideshow presentation, controlling video playback while you're AFK, gaming, and more. We couldn't help but peek inside to take a closer look at how this interesting design was put together.



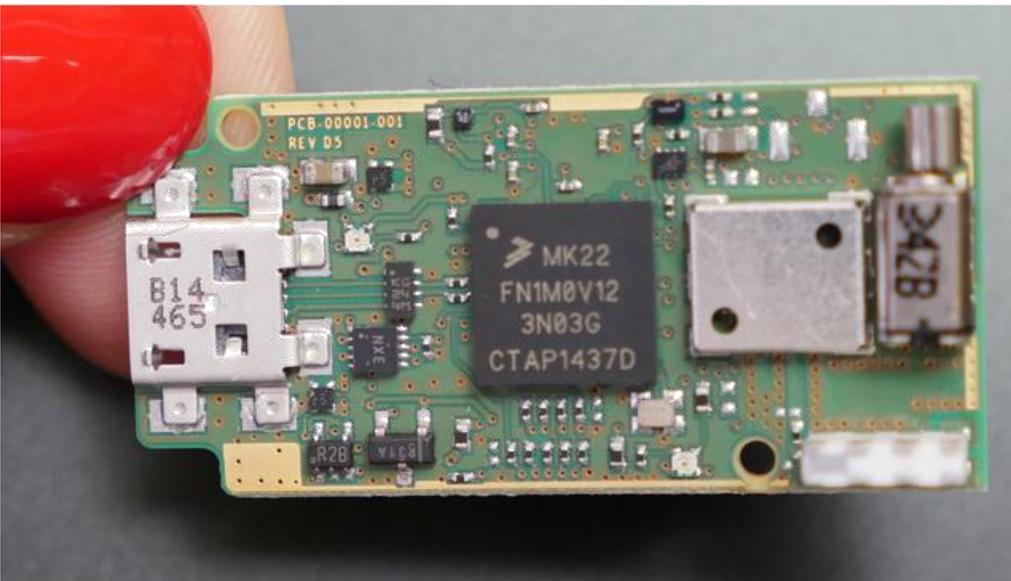
Inside the box is the Myo armband itself, some size-adjusting clips, bluetooth dongle, USB cable, and info card.



Upon clipping through the rubber gasket to unfold the ring, the EMG electrode units were unveiled.



Inside each cubby was a small circuit board, and there are two batteries tucked in different cubbies.

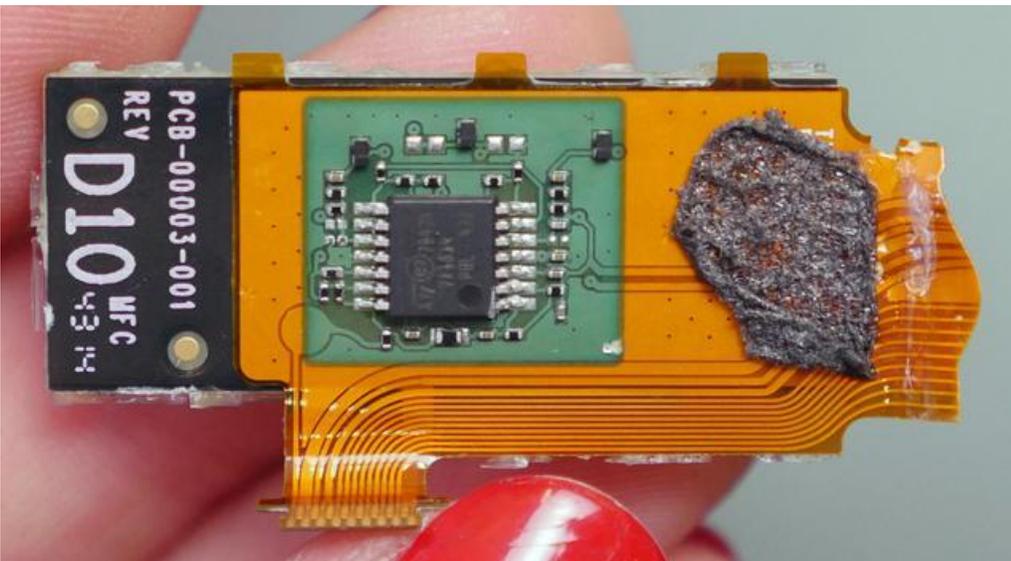


On the front of the main board we found a MK22FN1M0 - [Freescale Kinetis Cortex M4](#)

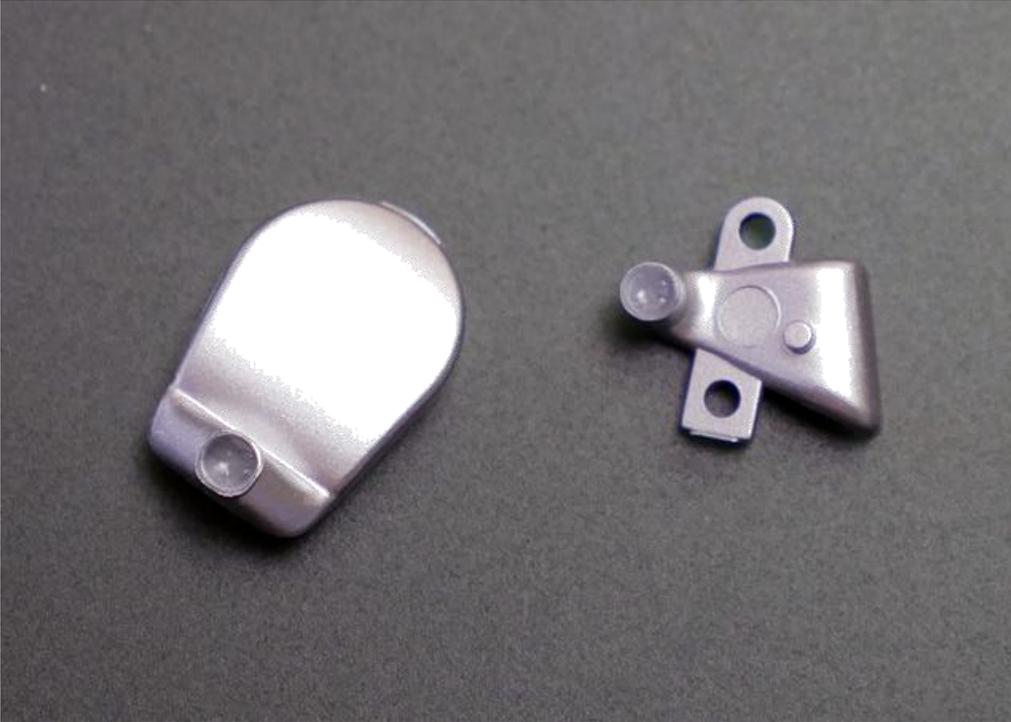
[120MHz \(https://adafru.it/Cgh\)](#) processor, a NRF51822 bluetooth low energy [transceiver/processor](#) under a can, and a vibration motor.



On the back there's an [Invensense MPU-9150 9-dof motion sensor](https://adafru.it/Cgi) (<https://adafru.it/Cgi>)



On each sensor board we found a precision quad opamp connected to the very elaborately shaped flex PCB.



Two light pipes translate the surface mount LEDs to the Myo logo and indicator light on the exterior of the device body.

What an interesting design! We enjoyed taking apart this complex wearable device.

Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
info@highlights.com.ec Casilla 01.05.1879
CUENCA – ECUADOR

NOTA DE APLICACIÓN

Autores: Luis Carrión, Darío Ochoa, Juan Andrés Valverde,

Programa de Pasantías Académicas, UPS Cuenca, 2009

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE FUERZA RESISTIVO (FSR) CON LabVIEW

Marca: Interlink

Serie: 400

El sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Su sensibilidad a la fuerza está optimizada para uso en el control por toque humano de dispositivos electrónicos. **Las FSRs no son células de carga o galgas extensiométricas aunque tengan propiedades similares. Las FSRs no son adecuadas para medidas de precisión.**

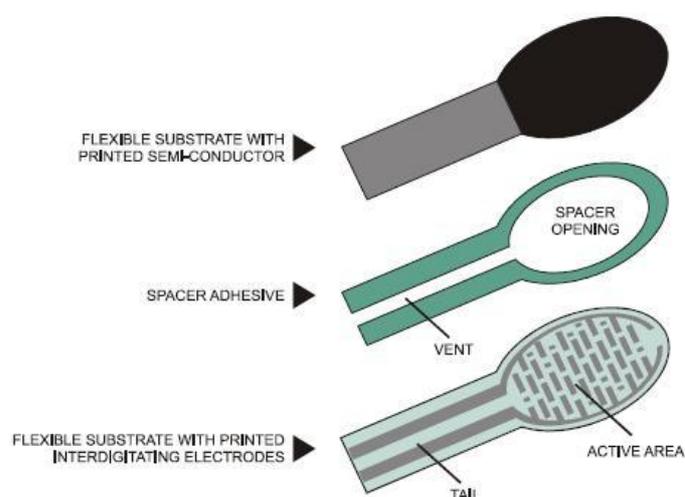


Figura 1. Construcción del FSR

Fuerza contra resistencia

La característica de fuerza vs resistencia se muestra en la Figura 2, esta muestra el comportamiento típico del FSR (representado en formato log/log). En particular la característica de fuerza resistencia es la respuesta del sensor #402 (0.5" [12.7 mm] del diámetro de su área activa circular). Un actuador de acero inoxidable semiesférico de diámetro 0,4" [10.0 mm] y con punta de goma de poliuretano con dureza 60 se utiliza para accionar el dispositivo de FSR. La respuesta del FSR es aproximadamente $1 / R$.

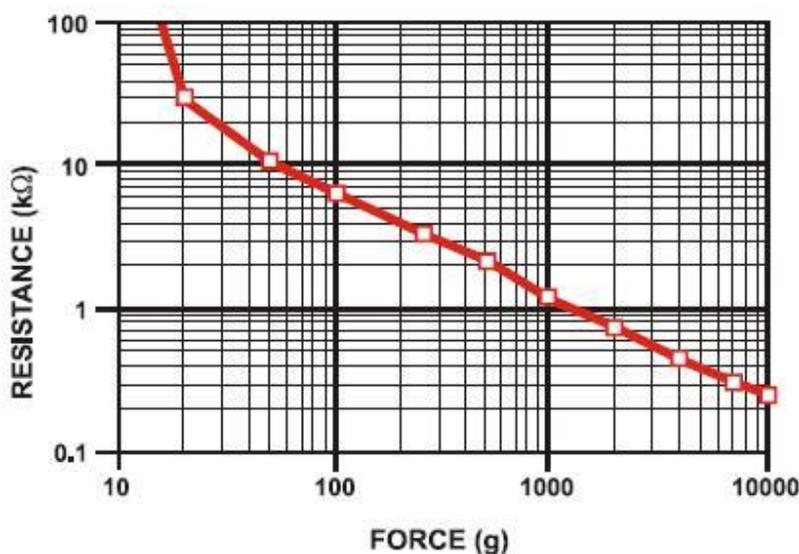


Figura 2. Fuerza vs resistencia

En la figura 2, en el extremo de baja fuerza un interruptor como respuesta es evidente. Además el umbral, o "fuerza de ruptura", (más de 100 kΩ). Al iniciar la gama dinámica está determinada por el sustrato, el espesor del recubrimiento y la flexibilidad, el tamaño y la forma del accionador, y el separador de espesor adhesivo. Eliminar el adhesivo, o mantenerlo lejos del área donde la fuerza se está aplicando, dará una menor resistencia de reposo (stand-off).

Al final de la gama dinámica (fuerza de alta), la respuesta se desvía de la a ley $1/R$, y finalmente se satura a un punto donde los aumentos en vigor suponen muy poca o ninguna disminución en la resistencia. En estas condiciones en la figura 2, esta fuerza es la saturación de más de 10 kg. El punto de saturación es más una función de la presión de la fuerza.

La presión de saturación de un FSR típico es del orden de 100 a 200 psi.

se pueden medir mediante la difusión de la fuerza sobre un área mayor, la presión general luego se mantuvo por debajo del punto de saturación, y la respuesta dinámica se mantiene. Sin embargo, lo contrario de este efecto también es cierto, más pequeños actuadores saturará FSRs anteriormente en el rango dinámico, desde el punto de saturación que se llegó a un menor vigor.

Fuerza vs Conductancia

En la figura 3, la conductividad ($1/R$) se representa frente a la fuerza. Este formato permite la interpretación en una escala lineal (los valores de resistencia correspondientes también se incluyen en el eje vertical derecho). Un circuito simple llamada convertidor corriente-tensión da una salida de tensión directamente proporcional a la conductancia de FSR y puede ser útil cuando se requiere una linealidad de la respuesta. La Figura 3 también incluye una curva típica de repetitividad. Esta banda de error determina la máxima precisión de cualquier medida de la fuerza en general. La difusión o la anchura de la banda dependen en gran medida la capacidad de repetición de cualquier sistema de medición y de accionamiento, así como la tolerancia de repetición durante la producción. Generalmente la tolerancia de repetitividad durante intervalos de fabricación (parte-parte) es de $\pm 15\% \pm 25\%$ de la resistencia nominal establecida.

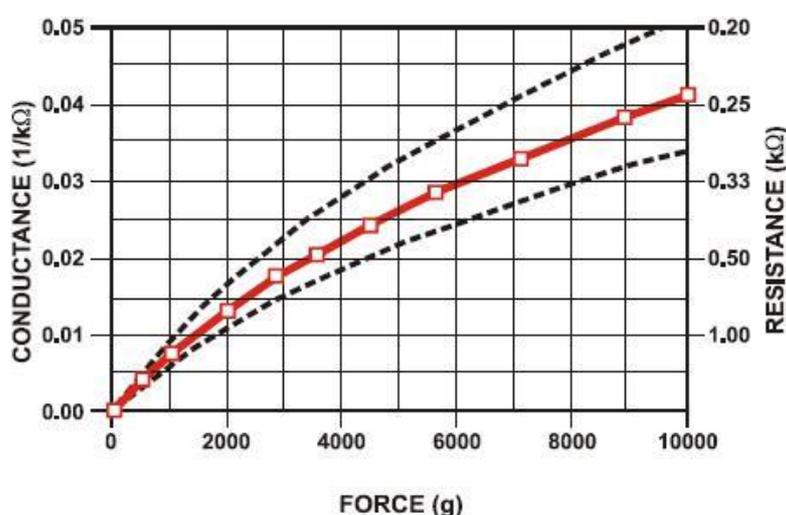


Figura 3. Conductancia vs fuerza (0-10 kg)

Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
 Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
 info@highlights.com.ec Casilla 01.05.1879
 CUENCA – ECUADOR

Figura 4 pone de relieve el 0 - 1 kg (0 - 2.2 lbs) la gama de la conductancia para aplicaciones de interfaz humana. Dado que la respuesta de la conductancia en este rango es bastante lineal, la resolución de la fuerza será uniforme y la aplicación e interpretación de datos será simplificada. También se muestra de la banda de error típica. En la mayoría de aplicaciones de control de interfaz humana este error es insignificante, ya que toque humano es bastante inexacto. Los estudios humanos han demostrado que los errores de repetibilidad de la fuerza son menores que $\pm 50\%$, es decir, son difíciles de distinguir por el tacto.

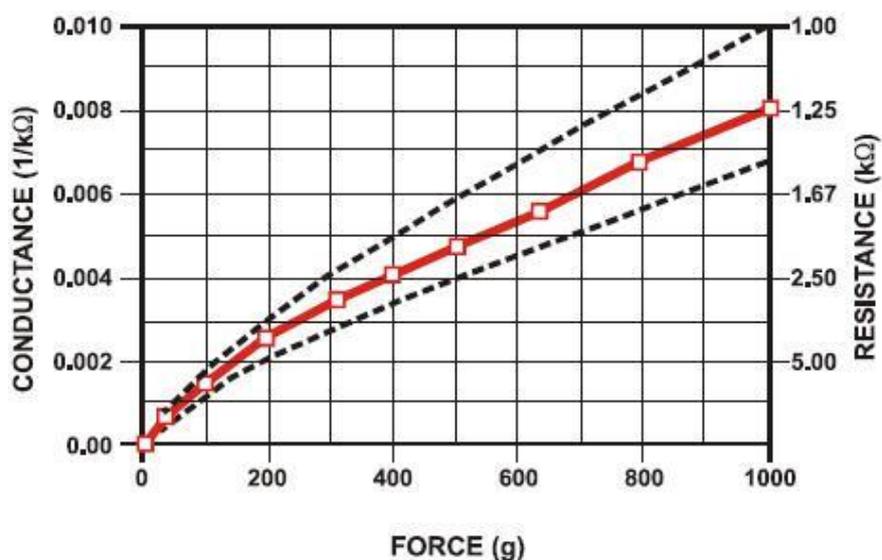


Figura 4. Conductancia vs fuerza (0-1 kg) rango de baja fuerza (toque humano)

Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
 Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
 info@highlights.com.ec Casilla 01.05.1879
 CUENCA – ECUADOR

Modelos:

MODELO 400 (Circular de 0.2")

Área Activa	0.2" [5.0] diámetro
--------------------	---------------------

Espesor nominal	0.012" [0.30 mm]
------------------------	------------------

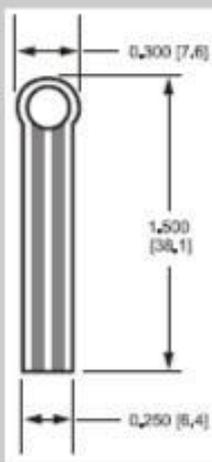
Materiales	Capa Semiconductiva	0.004" [0.10] PES
-------------------	----------------------------	-------------------

Espacio Adhesivo	0.002" [0.05] Acrílico
-------------------------	------------------------

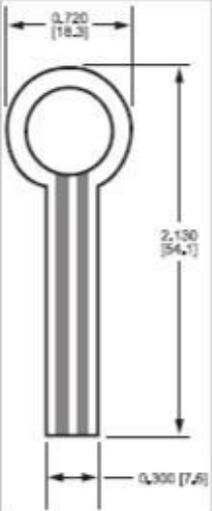
Capa Conductiva	0.004" [0.10] PES
------------------------	-------------------

Adhesivo Trasero	0.002" [0.05] Acrílico
-------------------------	------------------------

Opciones de Conector	<ul style="list-style-type: none"> a. Sin conector b. Conector para soldar (no mostrado) c. Conector AMP Hembra
-----------------------------	--



MODELO 402 (Circular de 0.5")

Área Activa	0.5" [12.7] diámetro		
Espesor nominal	0.018" [0.46 mm]		
	Capa Semiconductiva	0.005" [0.13]	Ultem
	Espacio Adhesivo	0.006" [0.15]	Acrílico
	Capa Conductiva	0.005" [0.13]	Ultem
	Adhesivo Trasero	0.002" [0.05]	Acrílico
	Opciones de Conector	<ul style="list-style-type: none"> a. Sin conector b. Pata para soldar (no mostrado) c. Conector AMP Hembra 	

PARAMETRO	VALOR	NOTAS
Rango de sensibilidad de la Fuerza	<100 g hasta> 10 kg	Depende de la mecánica
Rango de sensibilidad de la Presión	<1,5 psi hasta> 150 psi <0,1 kg/cm ² hasta> 10 kg/cm ²	Depende de la mecánica
Parte-a-Parte Repetibilidad de la Fuerza	± 15% a ± 25% de la resistencia nominal establecida	Con un sistema de accionamiento repetible
Parte individual Repetibilidad de la Fuerza	± 2% a ± 5% de la resistencia nominal establecida	Con un sistema de accionamiento repetible
Resolución de la Fuerza	mejor que 0,5% (Full escala)	
Resistencia sin aplicar fuerza	> 1MΩ	Descargado, sin doblar
Rango de temperatura	-30 ° C a +70 ° C	
Máxima Corriente	1 mA/cm ² de la fuerza aplicada	

PRUEBAS DEL SENSOR

Adquisición de datos y circuito de acondicionamiento



Figura 5. Esquema de Adquisición de Datos y Visualización.

En la figura 5 podemos apreciar un esquema básico para la utilización de un FSR. El circuito de acondicionamiento es un partidor de tensión simple, con lo cual la salida va a ser un voltaje analógico de 0-5V que varía de acuerdo a la fuerza ejercida sobre el FSR.

La segunda etapa del esquema es la adquisición de datos, la cual se ha desarrollado con una tarjeta NI USB-6009 y el análisis y visualización de las mediciones por medio de LabView.

El software de Análisis y Visualización de las mediciones del sensor, consta de cuatro etapas, las cuales son: etapa de adquisición, acondicionamiento, linealización y visualización.

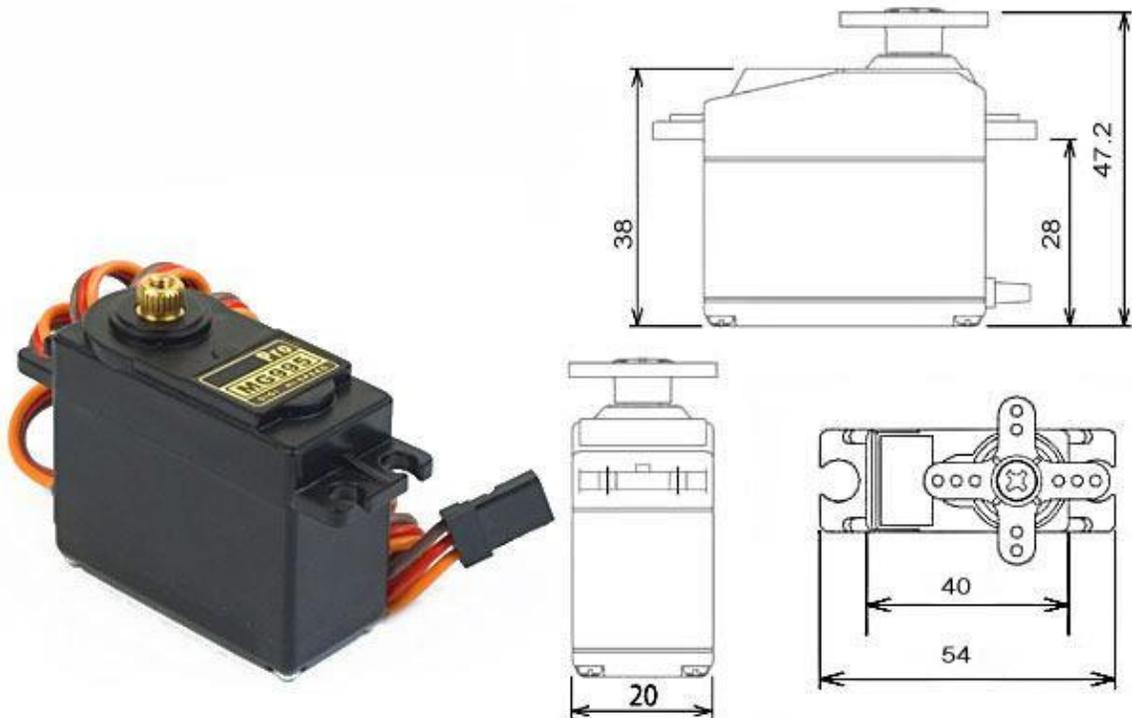
En la etapa de adquisición, se utilizan las herramientas para leer la NI USB 6009 de una manera óptima y sin esforzar el rendimiento del computador. En esta etapa se puede configura para poder leer tanto una señal analógica o varias, según el caso de aplicación que se requiera y el número de sensores.

La etapa de acondicionamiento es principalmente un paso donde adecuamos la señal de voltaje recibida para poder tener un equivalente a su valor resistivo. Simplemente se usa un nodo de fórmula para introducir la ecuación que caracteriza al circuito. En esta etapa también se realiza un promedio de las muestras leídas con el fin de reducir la inestabilidad de la lectura.

La linealización hace referencia a la construcción de la curva característica del sensor y realizando la respectiva interpolación de los datos extraídos de la curva, para poder así trabajar en todo el rango de fuerza dado por el sensor. Se recomienda trabajar con las curvas de conductancia vs fuerza, ya que estas son mucho más lineales que la de resistencia vs fuerza.

MG995 High Speed

Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



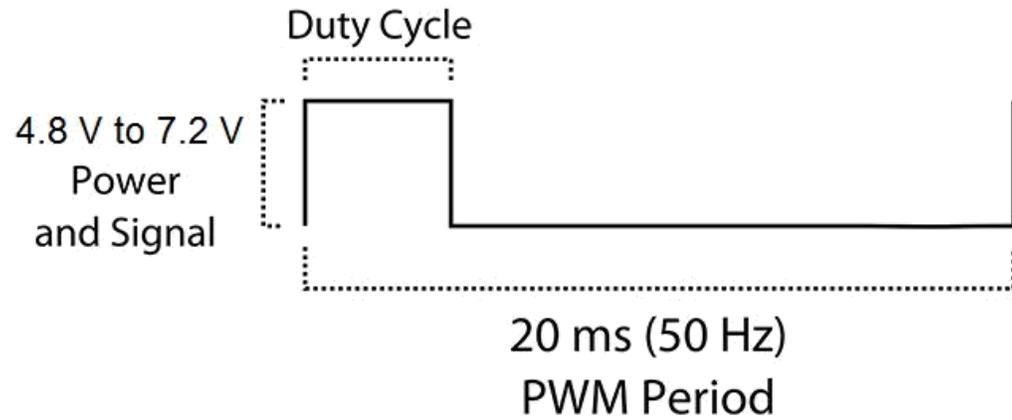
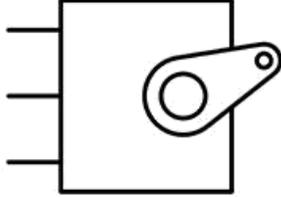
The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-speed standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG995 Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 8.5 kgf·cm (4.8 V), 10 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 °C – 55 °C

PWM=Orange (\square)
Vcc = Red (+)
Ground=Brown (-)





Lithium Polymer Battery

Safety Data Sheet

Version: 2.2

SECTION 1. Product and Company identification

Product Name	: Li-Polymer Battery
Synonyms	: LiPo – [See APPENDIX A]
Use of the substance/preparation	: Lithium polymer rechargeable cells
Company identification	: Vertical Partners West 14028 North Ohio Street Rathdrum, ID 83858
Telephone number for information	: 1-800-705-0620 (USA)
24 hour emergency contact	: Chemtrec 1-800-424-9300

SECTION 2. Hazards identification

2.1. OSHA Regulatory Status

The batteries are hermetically sealed articles under normal conditions of use. The products referenced herein are exempt articles and are not subject to OSHA's Hazard Communication Standard requirements for preparation of safety data sheets. This information is provided as a service to our customers.

2.2. Potential health effects

Lithium cobalt oxide: Odorless blue-black powder - cobalt and cobalt compounds are considered to be possible human carcinogens. By International Agency for Research on Cancer (IARC): May irritate eyes, skin, nose, throat and respiratory system and may cause allergic skin sensitization.

Carbon: Odorless black powder - no cases of carbon being harmful to humans have been reported. World Health Organization (WHO), and International Labour Organization (ILO) have never verified that carbon causes irritation of the skin and mucous membrane, etc.

Electric agent: Black powder (Garlic-Like), Toxicity (Am. Conf. Of Gov. Ind. Hygienists ACGIH 2000 Edition) - Simple

Asphyxiant, Flammability limits in air (STP conditions): 2.4-83vol% (The upper limit could reach 100%)

Bond: Odorless white powder - inhalation and skin contact are expected to be the primary routes of occupational exposure to this material. As a finished product, it is a synthetic, high molecular weight polymer. Due to its chemical and physical properties, this material does not require special handling other than the good industrial hygiene and safety practices employed with any industrial material of this type. Under normal processing conditions this material releases fume or vapor. Components of these releases may vary with processing time and temperature. Process releases may produce eye, skin and/respiratory tract irritation and with repeated or prolonged exposures, nausea,

drowsiness, headache and weakness. Although unlikely under normal handling conditions, if this material is heated in excess of 600°F (315°C), hazardous, decomposition products will be produced. Hazardous decomposition products include hydrogen fluoride and oxides of carbon, the concentrations of which vary with temperature and heating regimens.

Electrolyte: Colorless liquid - may cause moderate to severe irritation, burning, and dryness of the skin. May cause eye irritation or burning. Breathing of the mists, vapors or fumes may irritate the nose, throat and lungs. Exposure of material with areas which contain water may generate hydrofluoric acid which can cause immediate burns on skin, severe eye burns to the mouth and gastrointestinal tract if inhaled. Direct exposure to areas of the body needs to be treated immediately to prevent injury.

2.3. Potential environmental effects

No additional information available.

Safety Data Sheet

Name	CAS number	%
Carbon (C)	133-86-4	10-25
Lithium-polymer Cobalt Oxide (LCoO ₂)	12057-24-8 1308-04-9	20-40
Lithium-Polymer Hexafluorophosphate (LiPF ₆)	21340-40-3	1.4
Organic Carbonates (EC/EMC/DEC)	N/A	8-18
Polyvinylidene Fluoride (PVDF)	24937-79-9	1-5
PP+PE	9003-07-0 9002-8804	4-6
Copper (Cu)	7440-50-8	15-30
Aluminum (Al)	7429-50-5	10-20
Nickel	7440-02-0	0.5-1

SECTION: 4. First aid measures

4.1. First aid procedures

First-aid measures general

: The following first aid measures are required in the case of exposure to

interior battery components after damage of the external battery casing.

Undamaged, closed cells do not represent a danger to health.

First-aid measures after inhalation

: Assure fresh air breathing. If breathing difficulty or discomfort occurs and

persists, see a physician. If breathing stops, give artificial respiration and see

a physician immediately.

First-aid measures after skin contact

: Remove contaminated clothing and thoroughly wash with soap and plenty of

water. If irritation persists, consult a physician.

First-aid measures after eye contact

: Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes. If symptoms

persist contact a physician.

First-aid measures after ingestion

: Contents of an open battery can cause serious chemical burns of mouth,

esophagus, and gastrointestinal tract. If open battery is ingested, do not

induce vomiting or give food or drink. Seek medical attention immediately.

SECTION: 5. Firefighting measures

5.1. Extinguishing media

Hazardous combustion: When burned, hazardous products of combustion including fumes of carbon monoxide, carbon dioxide, and fluorine can occur.

Fire and explosion: This material does not represent an unusual fire or explosion hazard.

Flash point: N/A

Auto ignition: N/A

Flammability limits: N/A

5.2. Extinguishing media

Suitable extinguishing media

: Carbon dioxide, dry chemical or foam

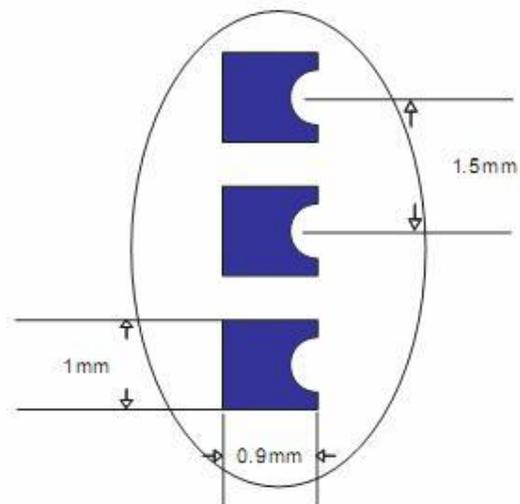
Protection during firefighting

: Wear protective clothing and self-contained breathing apparatus to avoid fume inhalation.

Bluetooth 4.0 BLE module

Datasheet V303

1.3 HM-10 package information



1.4 HM-10 Device Terminal Functions

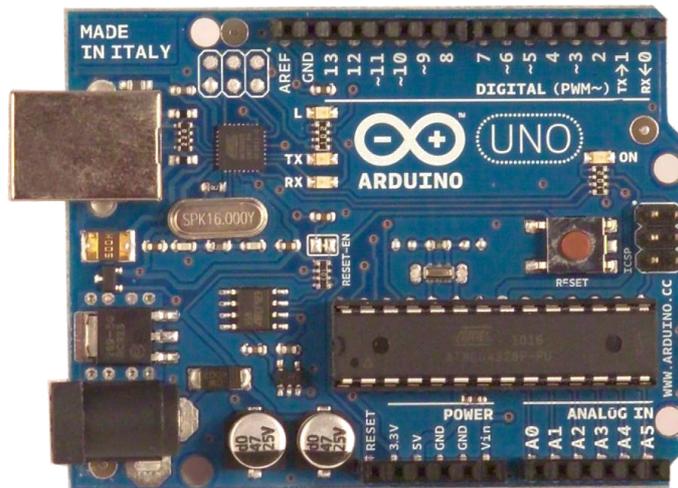
No	Name	Description
1	UART_TX	UART interface
2	UART_RX	UART interface
3	UART_CTS	UART interface

HM Bluetooth module datasheet

4	UART_RTS	UART interface
5	NC	NC
6	NC	NC
7	NC	NC
8	NC	NC
9	NC	NC
10	NC	NC
11	RESETB	Reset if low >100ms.
12	VCC	3.3V
13	GND	Ground
14	GND	Ground
15	USB_D-	USB interface
16	NC	NC
17	NC	NC
18	NC	NC
19	NC	NC

20	UB_D+	USB interface
21	GND	Ground
22	GND	Ground
23	PIO0	System Key
24	PIO1	System LED
25	PIO2	Programmable input/output line
26	PIO3	Programmable input/output line
27	PIO4	Programmable input/output line
28	PIO5	Programmable input/output line
29	PIO6	Programmable input/output line
30	PIO7	Programmable input/output line
31	PIO8	Programmable input/output line
32	PIO9	Programmable input/output line

Arduino UNO



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

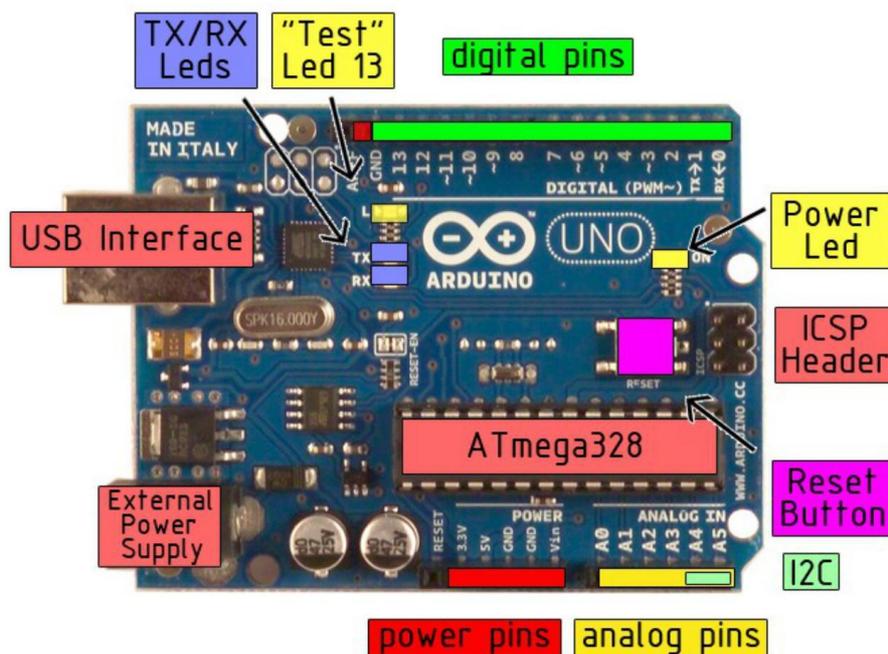


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	• mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

How to use Arduino



The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



RADIOSPARES

RADIONICS



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

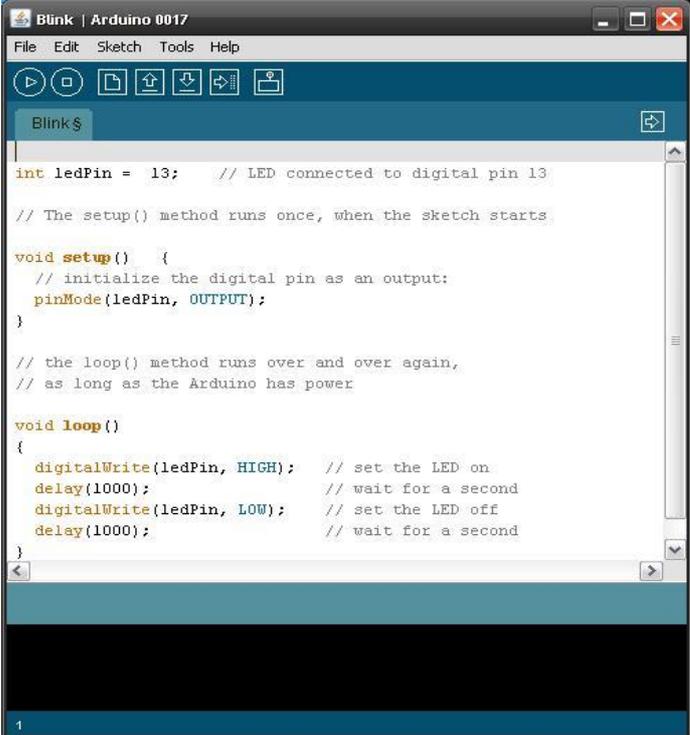
Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To

select “blink led”, the physical translation of the well known programming “hello world”, select

**File>Sketchbook>
 Arduino-0017>Examples>
 Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.



```

Blink | Arduino 0017
File Edit Sketch Tools Help
Blink $
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13

// The setup() method runs once, when the sketch starts.

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power

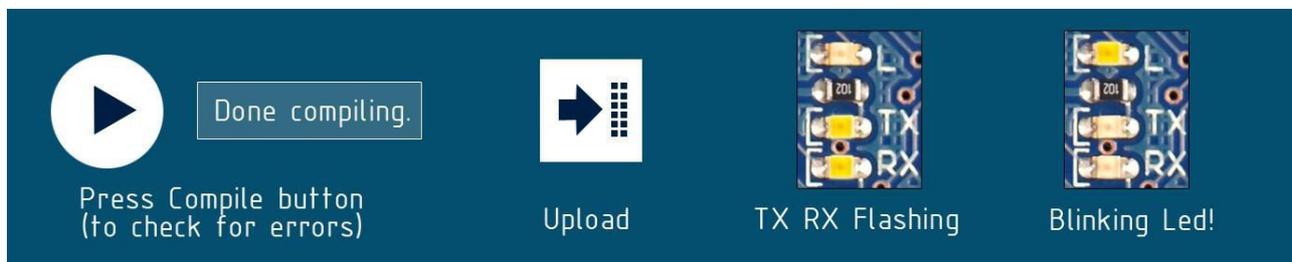
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
  
```

In **Tools>Board** select

Now you have to go to

Tools>SerialPort

and select the right serial port,
 the one arduino is attached to.



 Done compiling.
 Press Compile button (to check for errors)

 Upload

 TX RX Flashing

 Blinking Led!



radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing

