



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE
MOVIMIENTO PARA UN VEHICULO NO TRIPULADO
TERRESTRE MEDIANTE SEÑALES
ELECTROMIOGRÁFICAS ADQUIRIDAS POR EL
BRAZALETE MYO”**

AUTOR: BALTAZACA ANTE EFRAIN VINICIO

DIRECTOR: ING. CHUCHICO ARCOS CRISTIAN PAÚL

LATACUNGA

2019



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN

INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE MOVIMIENTO PARA UN VEHICULO NO TRIPULADO TERRESTRE MEDIANTE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS ADQUIRIDAS POR EL BRAZALETE MYO**” realizado por el señor **BALTAZACA ANTE EFRAIN VINICIO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **BALTAZACA ANTE EFRAIN VINICIO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 12 de febrero del 2019

ING. CHUCHICO ARCOS CRISTIAN PAUL
DIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  **TÉCNOLOGÍAS**

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN

INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **BALAZACA ANTE EFRAIN VINICIO**, con cédula de identidad N° 0503628752, declaro que este trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE MOVIMIENTO PARA UN VEHICULO NO TRIPULADO TERRESTRE MEDIANTE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS ADQUIRIDAS POR EL BRAZALETE MYO”** 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.

Latacunga, 12 de febrero del 2019

BALAZACA ANTE EFRAIN VINICIO

C.C 0503628752



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TÉCNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **BALTAZACA ANTE EFRAIN VINICIO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE MOVIMIENTO PARA UN VEHICULO NO TRIPULADO TERRESTRE MEDIANTE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS ADQUIRIDAS POR EL BRAZALETE MYO”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 12 de febrero del 2019

BALTAZACA ANTE EFRAIN VINICIO

C.C 0503628752

DEDICATORIA

Dedico con gratitud eterna a mis padres Olmedo y Florinda quienes son un ejemplo maravilloso de fe, amor y sacrificio incomparable, meta y razón de mis ideales, quienes siempre han estado brindándome su apoyo incondicional.

A la vez dedico a mis hermanos Norma, Saúl, y Cristian ya que de alguna manera me han apoyado para que yo pueda culminar mi estudio.

Efraín

AGRADECIMIENTO

Ante todo, a mi Dios por guiar mi camino, a la vez a mis queridos padres por destinar su recurso económico junto a su gran esfuerzo laboral, y siempre estuvieron guiándome por el camino del bien para culminar mi sueño y culminar la carrera.

Al Ing. Pablo Panchi quien propuso y estuvo guiándome, compartiendo sus conocimientos el cual ha sido de gran ayuda para el desarrollo este trabajo de titulación del mismo modo al Ing. Chuchico Cristian

Al IECE quien financio para empezar mi estudio.

Efraín

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Alcance.....	5
CAPITULO II.....	6
2.1 Control.....	6
2.2 Sistema.....	6
2.3 Sistema de control.....	6
2.4 Electromiografía.....	6
2.4.1 Señales electromiográficas.....	7
2.4.2 Las Bioseñales.....	8
2.4.3 Señal mioeléctrica.....	8

2.4.4	Factores que influyen en las señales EMG.....	8
2.4.5	Beneficio de las señales EMG.....	10
2.5	Reconocimiento Gestual.....	10
2.6	Lenguaje de programación.....	11
2.7	Brazalete MYO.....	11
2.7.1	Componentes del brazalete Myo.....	12
2.7.2	Estado de LED Myo.....	13
2.7.3	Arquitectura de Myo.....	13
2.7.4	Posición del dispositivo Myo en el antebrazo.....	14
2.7.5	Aplicaciones Disponibles del Myo.....	15
2.8	Etapas de reconocimiento de patrones.....	15
2.9	Arduino UNO.....	16
2.9.1	Hardware Arduino Uno.....	16
2.9.1.1	Especificaciones técnicas.....	17
2.9.2	Software Arduino.....	17
2.9.2.1	Funciones básicas y operadores.....	18
2.9.2.2	Sintaxis básica.....	18
2.9.2.3	Estructuras de control.....	18
2.9.2.4	Comunicación por puerto serie.....	19
2.10	Módulo bluetooth HM11.....	19
2.10.1	Características Modulo Bluetooth HM11.....	19
2.10.2	Características eléctricas del Módulo Bluetooth HM11.....	20
2.10.3	Funciones del terminal del Módulo Bluetooth HM11.....	21
2.11	Vehículos no tripulados.....	22
2.11.1	Vehículo Aero no tripulado.....	22
2.11.2	Vehículo marítimo no tripulado.....	23
2.11.3	Vehículo Terrestre no tripulado.....	23

2.12	Actuador.....	24
2.12.1	Motor DC.....	24
2.12.1.1	Características de motor DC.....	25
2.13	Sistema de alimentación	26
2.13.1	Batería de lipo.....	26
2.13.1.1	Características de la batería de Lipo.....	26
2.13.2	Puente H L298N	27
2.13.2.1	Características del puente H L298N.....	27
CAPÍTULO III.....		28
3	Desarrollo del tema.....	28
3.1	Sincronización Brazaletes MYO.....	28
3.1.1	Instalación del Software MYO.....	28
3.2	Diseño del soporte del Bluetooth 4.0 Modulo HM11.....	35
3.3	Interfaz de Comunicación brazaletes Myo y Arduino Uno.....	36
3.3.1	Cargar Firmware Myo en Bluetooth 4.0 módulo MH11	36
3.4	Diseño del vehículo no tripulado terrestre.....	40
3.5	Lenguaje de programación.....	42
3.5.1	Instalación de librerías Myo al Arduino.....	42
3.5.2	Organización general del Software	43
3.5.3	Diagrama de flujo.....	43
3.5.4	Descripción del código de programa principal.....	44
3.6	Prueba de movimientos de señales	48
3.7	Diseño e implementación del sistema de control.....	49
3.8	Diseño del sistema electrónico	50
3.8.1	Placa de Circuito impreso.....	50
3.8.2	Pruebas del Interfaz comunicación entre el Arduino y el brazaletes Myo	52
3.8.3	Indicador de Leds	53

3.9	Alimentación.....	54
3.10	Armado y Estética del Vehículo no tripulado terrestre.....	55
3.11	Pruebas.....	56
3.11.1	Colocación de Brazaletes Myo	56
3.11.2	Funcionamiento movimientos	57
3.11.3	Funcionamiento de los Leds	58
3.12	Expendio económico.....	59
CAPITULO IV		60
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	60
4.1	Conclusiones.....	60
4.2	Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA.....		62
GLOSARIO DE TÉRMINOS		65
ANEXO		66

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Sistema.....	6
Figura 2 Tipos de EMG.....	7
Figura 3 Señal EMG dependiendo de las señales EMG.....	9
Figura 4 Señal EMG contaminada con una señal ECG.....	9
Figura 5 Áreas de aplicación de las señales EMG	10
Figura 6 Dispositivo Myo.....	11
Figura 7 Componentes del Dispositivo Myo.....	13
Figura 8 Colores de los LEDs Myo y sus significados	13
Figura 9 Músculos que tienen mayor actividad del antebrazo y pueden ser detectados por sensores EMG	14
Figura 10 Placa Arduino uno.....	16
Figura 11 Software Arduino.....	18
Figura 12 Modulo bluetooth HM11	19
Figura 13 Dimensiones del Bluetooth HM11.....	22
Figura 14 Motor DC con caja reductora y Ruedas	25
Figura 15 Batería de lipo	26
Figura 16 L298N Dual H-Bridge Motor Driver	27
Figura 17 Configuración de Myo Connect.....	29
Figura 18 Instalar el controlador para el Adaptador.....	29
Figura 19 Guía de inicio como usar el Myo en la computadora	30
Figura 20 Como conectar el adaptador Bluetooth USB ,	30
Figura 21 Asignar nombre al brazalete Myo.....	31
Figura 22 Registro del brazalete Myo con dirección del correo electrónico.....	31
Figura 23 Actualización Firmware disponible para el Myo	32
Figura 24 Finalización de la actualización del firmware del Myo	32
Figura 25 Video sobre cómo usar Myo	33
Figura 26 Gesto de Sincronización del brazalete Myo.....	33
Figura 27 Posición del brazalete Myo en la mano correcta	34
Figura 28 Realizar los 5 Gestos predeterminados del brazalete Myo	34
Figura 29 Practicar los 5 Gestos predeterminados del brazalete Myo	35
Figura 30 Diferentes aplicaciones que puede hacer Myo.....	35

Figura 31 Circuito impreso y soldado del Bluetooth 4.0 módulo HM11	36
Figura 32 Diseño del Circuito en Proteus 8 Profesional PBC para el Bluetooth 4.0 módulo HM11	37
Figura 33 Pines a utilizar para el Bluetooth 4.0 módulo HM11	37
Figura 34 Diagrama de bloques conexión de Hardware	38
Figura 35 Abrir Símbolo de sistema.....	38
Figura 36 Ejecutar CCLoader.....	39
Figura 37 Conexión exitosa del bluetooth 4.0 HM11 con el Brazalete Myo	39
Figura 38 Esquema de conexión Bluetooth 4.0 HM11 y Arduino Uno	40
Figura 39 Vistas del Prototipo del Vehículo no tripulado terrestre.....	41
Figura 40 Estructura del prototipo vehículo no tripulado terrestre	41
Figura 41 Conexión de las ruedas del prototipo vehículo no tripulado terrestre ..	42
Figura 42 Diagrama de Bloque Organización general del Software.....	43
Figura 43 Diagrama de flujo del programa principal	44
Figura 44 Pantalla principal software Arduino	45
Figura 45 Importar Variables y declaración de variables.....	46
Figura 46 Estado de conexión Myo, Bloqueo y desbloqueo	46
Figura 47 Actualizar gestos y Vibrar el Myo	47
Figura 48 Patrones para el movimiento del vehículo a) Adelante, b)Atrás, c) Izquierda y d) Derecha	47
Figura 49 Comunicación serial y velocidad de operación	47
Figura 50 Circuitos montados en la tapa del prototipo para las pruebas de movimiento.....	48
Figura 51 Esquema electrónico conexión de todo el sistema de control.....	50
Figura 52 Diseño de Circuito Impreso en PBC Layout.....	51
Figura 53 Procedimiento para la implantación de circuito impreso y soldado de dispositivos electrónicos.....	52
Figura 54 Prueba de conexión entre arduino Uno y Brazalete Myo	52
Figura 55 Distribución de leds para su indicación	53
Figura 56 Alimentación y Conexión de los motores DC al	54
Figura 57 Conexión de motores al Puente L298N, ubicación.....	55
Figura 58 Proceso de Armado Final del Vehículo no tripulado terrestre.....	56
Figura 59 Colocación del Brazalete Myo	57
Figura 60 Conexión para observar la Tx y Rx por el puerto serial	57

Figura 61 Pantalla principal monitor serial Arduino	58
Figura 62 Indicación leds: a) Bloqueo, b) Movimiento Adelante, c) Movimiento Atrás, d) Movimiento Izquierda, e) Movimiento Derecha	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Gestos Predeterminados del Dispositivo Myo	12
Tabla 2 Características del Módulo bluetooth V4.0 BLE HM11	20
Tabla 3 Características eléctricas del HM11	21
Tabla 4 Terminal de conexión Bluetooth HM11.....	21
Tabla 5 Gestos para el movimiento del vehículo no tripulado terrestre.....	48
Tabla 6 Indicación de Leds acorde a los movimientos del vehículo.....	53
Tabla 7 Analices económico del desarrollo del proyecto.....	59

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1, Divisor de Tensión para recepción de datos del Bluetooth 4.0 HM11	40
---	----

RESUMEN

El presente trabajo surge con el fin de implementar un sistema de mando remoto para un vehículo no tripulado terrestre, mediante señales electromiográficas adquiridas por el brazalete Myo, el cual utiliza sensores EMG e IMU (giroscopio, acelerómetro y magnetómetro) los cuales miden los impulsos eléctricos emitidos por el brazo, muñeca y dedos, esta actividad es generada en la tensión y extensión del músculo.

A partir de aquellas señales los desarrolladores han realizado los análisis estadísticos y han creado nuevas funciones para la implementación de nuevos gestos, ya que el dispositivo cuenta con cinco gestos preestablecidos con la posibilidad de ser incrementados posteriormente.

El sistema de control está diseñado para utilizar gestos y eventualmente controlar los motores DC, de esta manera se podrá obtener el desplazamiento y determinar la dirección del vehículo no tripulado terrestre.

Toda la información se trasmite de forma inalámbrica mediante comunicación bluetooth, para ello es necesario realizar la interface de comunicación, y que la transmisión y recepción sea directa entre el brazalete Myo y el microcontrolador Arduino Uno, sin tener que depender de cableado o cualquier dispositivo inteligente.

Palabras claves:

Brazalete Myo

EMG

IMU

Software

Arduino

Interface

ABSTRACT

The present work arises with the purpose of implementing a remote control system for an unmanned land vehicle, through electromiographic signals acquired by the Myo bracelet, which uses EMG and IMU sensors (gyroscope, accelerometer and magnetometer) that measure the electrical impulses emitted by the arm, wrist and fingers, this activity is generated in the tension and extension of the muscle.

From those signals the developers have performed statistical analysis and have created new functions for the implementation of new gestures, since the device has five pre-established gestures with the possibility of being increased later.

The control system is designed to use gestures and possibly control DC motors, in this way it will be possible to obtain the displacement and determine direction of the unmanned land vehicle.

All information is transmitted wirelessly via Bluetooth communication, for this it is necessary to make the communication interface, and that the transmission and reception is direct between the Myo bracelet and the Arduino Uno microcontroller, without having to depend on wiring or any intelligent device.

Keywords:

Bracelet Myo

Electromiographic (EMG)

Inertial unit measure (IMU)

Software

Arduino

Interface

Checked by:

Lic. Yolanda Santos E.

DOCENTE UGT

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes

El uso de dispositivos inalámbricos basados en gestos en los últimos años ha tomado auge, de los cuales utilizan señales electromiográficas (EMG) adquiridas por brazaletes MYO que fueron diseñados para diagnosticar y evaluar la salud de los músculos y las neuronas que los controlan. Las señales EMG muestran el comportamiento del sistema biológico muscular del cuerpo humano. Dentro de las diversas investigaciones que se han llevado a cabo, en el campo de la medicina adquieren una gran importancia en los sistemas de rehabilitación.

Es así que se han realizado algunas investigaciones en base a este dispositivo como; “Un adecuado reconocimiento de gestos permite reducir el tiempo de ejecución y el error de precisión, gracias a un control más eficiente del sistema” según (USECHE M., JIMENEZ M, & F AVILÉS , 2016) quienes desarrollaron una publicación con el tema “CARACTERIZACIÓN MIOGRÁFICA MULTIUSUARIO PARA MANIPULACIÓN DE BRAZO ROBÓTICO” argumentan que “se presenta un análisis de las características de las señales electromiográficas extraídas del sensor Myo, cuyo objetivo es proporcionar información estadística de los movimientos reconocidos por este sensor, con el fin de abrir la puerta a futuras investigaciones”

“El MYO se construye alrededor de ocho sensores EMG (electromiografía) que representan la actividad muscular según junto con una unidad de medición inercial de tres ejes” según (CAMACHO, ERAZO, MERA, & VELASCO, 2016) quienes desarrollaron una publicación con el tema “CONTROL DE UN BRAZO ROBÓTICO LYNX AL5D EMPLEANDO ELECTROMIOGRAFÍA A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA MYO ARMBAND” argumentan que “Al realizar un gesto, el cual es interpretado por el brazalete y enviado inalámbricamente por Bluetooth al computador, este es interpretado por MYODUINO quien se encarga de enlazar la señal entre MYO ARMBAND y Arduino que envía la señal con el gesto

prestablecido al servo correspondiente permitiendo el control de la posición del Brazo Robótico en todos sus grados de libertad”

El tercer trabajo revisado pertenece al autor (ZUGASTI ROYUELA, 2015), donde desarrollo un proyecto de un “VEHÍCULO MÓVIL NO TRIPULADO PROVISTO DE SENSORES Y ACTUADORES PARA RECONOCER ENTORNOS” describe que. “Los sensores que pueden integrarse en esta plataforma son prácticamente todos los que existen en el mercado, dependiendo del objetivo que se quiera cubrir”. “Los datos gestuales indican el movimiento de la mano del usuario. Es un dato entregado como una de las varias posiciones preestablecidas que representa una configuración específica de la mano del usuario. Estos datos se obtienen mediante la aplicación MyoDataCapture (desarrollada por los diseñadores de Myo).” (LOPEZ R, 2017)

1.2 Planteamiento del problema

En la Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica poseen Laboratorios que cuentan con varios equipos y módulos última tecnológica. Sin embargo, se ha evidenciado que no existe un módulo o equipo que permite implementar un control mediante gestos.

En la actualidad existen muchas circunstancias en las cuales no es conveniente emplear personas para la realización de algunas labores debido al alto riesgo a que ellos se exponen; por esta razón se han desarrollado diversas herramientas o equipos que permiten reemplazar al hombre al realizar estas operaciones. Dentro de estos equipos se encuentran los dispositivos móviles o a su vez conocidos como robots a pesar de no ser autónomos, son controlados por un usuario a distancia.

Los equipos que permiten reemplazar al hombre al realizar estas operaciones a distancia, supone una gran ventaja desde el punto de vista de la protección y seguridad el hombre, ya que en caso de realizar trabajos en ambientes inseguros o inestables o con sustancias potencialmente peligrosas, como químicos o explosivos, no se arriesga su integridad física.

Teniendo en cuenta lo anterior. El dispositivo MYO es un dispositivo de reconocimiento de gestos es fabricado Thalmic Labs. El Myo permite al usuario controlar la tecnología electromiografía (EMG) que detectan la actividad eléctrica en los músculos de forma inalámbrica utilizando los movimientos de la mano y el brazo que comprenden varios movimientos.

Para la clasificación de gestos se utilizan métodos estadísticos, algoritmos de programación con el fin de detectar los patrones que describan el comportamiento de las señales, lo que conlleva al desarrollo de nuevas habilidades y destrezas y la consecuente creatividad de los estudiantes de la carrera con estos equipos.

La finalidad del proyecto es implementar un control de movimiento para un vehículo no tripulado terrestre mediante las señales electromiográficas adquiridas por el brazalete Myo, el sistema debe ser capaz de clasificar los gestos realizado por el brazo de una persona para direccionar el vehículo a una corta distancia. Dada su gran utilidad, este sistema de control puede ser empleado en diversos campos de aplicación, por ejemplo, se puede aplicar para controlar una silla de ruedas para desplazamiento de aquellas personas con discapacidad motriz, paraplejia, o movilidad reducida, debido a lesiones o enfermedades y contemplar las posibilidades que ofrecerá a estas personas, que podrían desenvolverse en su hogar sin tener que hacer complicados gestos.

1.3 Justificación

Los sistemas electromiográficos son una innovación en el campo tecnológico porque lo cual se ha visto la necesidad de incorporar este tipo de módulos o dispositivos en los laboratorios de la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) ESPE, el estar a la vanguardia de nuevas tecnologías ha permitido dar soluciones eficaces en cada campo de estudio, aportando a al proceso de enseñanza aprendizaje para preparar profesionales calificados de acuerdo a las necesidades.

Los alumnos de la UGT ESPE, tendrán la facilidad de adentrarse primero en la comunicación de sistemas inalámbricos de corto alcance como Bluetooth para

familiarización y adquisición de datos mediante señales mioeléctricas para realizar sistemas de control o monitoreo.

En base a un estudio previo se determina que existe un dispositivo Myo que es capaz de recoger los impulsos eléctricos mediante EMG de movimiento de brazo, incluido muñeca y dedos que recogen una gran cantidad de movimientos. Una vez obtenidos estas señales ya depende de cada dispositivo para configurar órdenes. El brazalete Myo existe en el mercado y fue adquirida en Estados Unidos para lo cual es factible realizar el control de un prototipo robot.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

“Implementar un control para el movimiento de un vehículo no tripulado terrestre mediante señales electromiográficas adquiridas por el brazalete MYO”

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el interfaz de comunicación entre el brazalete Myo y Arduino Uno cargando el firmware del Bluetooth 4.0 modulo HM-11 para la transmisión y recepción de datos inalámbricamente.
- Desarrollar una programación (algoritmo o patrones) en Arduino, mediante las señales EMG e IMU que conforma el brazalete Myo para que el microcontrolador pueda comandar acciones adecuados y obtener un sistema de control
- Construir el prototipo e implementar el sistema control de giro de los motores DC montados en el prototipo para determinar el movimiento del mismo.
- Realizar las pruebas de funcionamiento para evaluar el comportamiento del vehículo no tripulado terrestre poniendo en marcha el prototipo.

1.5 Alcance

La implementación del control de un vehículo no tripulado terrestre mediante señales electromiografías adquiridas por el brazalete MYO, va dirigido a docentes y estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica, el cual permitirá familiarizarse con dispositivos inalámbricos basados en gestos obtenidos a través de señales mioelèctricas, donde cada gesto del dispositivo genera señales de control específicas para el manipulador correspondiente.

CAPITULO II

2.1 Control

Desde el punto de vista de ingeniería se define como la regulación en forma predeterminada de la energía suministrada al sistema, buscando un comportamiento deseado del mismo. (Carrillo Paz, 2011)

2.2 Sistema

Es un ensamblaje de componentes que proporcionan acciones interrelacionadas entre sí, los cuales se caracterizan por poseer parámetros inherentes que los definen y por mostrar condiciones físicas asociadas. (Cosco Grimaney, 2008)



Figura 1 Sistema

Fuente: (Cosco Grimaney, 2008)

2.3 Sistema de control

De acuerdo con (Carrillo Paz, 2011) Definimos un sistema de control “como el conjunto de elementos que funcionan de manera concatenada para proporcionar una salida o respuesta deseada”

2.4 Electromiografía

La electromiografía EMG es la técnica que consiste en la adquisición, registro y análisis de la actividad eléctrica generada en nervios y músculos a través del uso de electrodos. Estos son insertados dentro de los músculos (EMG invasiva) o colocados

en la superficie de la piel sobre el músculo (EMG superficial) (Huitzil, Pajaro, & Ramírez, 2017) observar Figura 2.

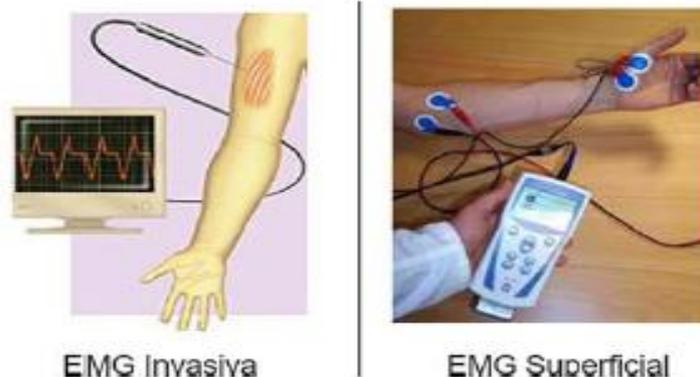


Figura 2 Tipos de EMG

Fuente: (Huitzil, Pajaro, & Ramírez, 2017)

- **Intramusculares (iEMG).** Permite la lectura de las señales MES a través de agujas insertadas en el músculo en el cual se desea medir la diferencia de potencial o controlar su actividad. Por lo general, requiere anestesia y posterior reposo del sujeto luego de su uso. Este método es considerado invasivo.
- **Superficiales (sEMG).** Este tipo de electrodo, se coloca sobre la piel y directamente sobre el músculo del cual requiere medir su actividad. Por lo general, es necesaria la aplicación de un gel para bajar la alta impedancia de la pila. No requiere anestesia y es el más usado, por ser considerado no invasivo.

2.4.1 Señales electromiográficas

La señal EMG es un tipo de bioseñal generada en el músculo esquelético en respuesta a la actividad neuronal y que provoca la contracción y expansión de la masa muscular pertinente. Dichas señales, posibilitan el reconocimiento gestual basándose en las lecturas de la actividad eléctrica obtenidas de aquellos músculos del brazo, antebrazo y mano que intervienen en la formación del gesto.

2.4.2 Las Bioseñales

Una bioseñal o también llamada señales biomédicas transmite información de aquel componente orgánico que género. La captura de una señal biomédica, posibilita obtener información del sistema fisiológico y que determinado momento representa la variable de interés.

2.4.3 Señal mioeléctrica

La señal Mioelèctrica (MES, por sus siglas en inglés) es una señal biomédica que refleja las variaciones eléctricas generadas en los músculos durante su estimulación (contracción-extensión). (Pomboza, 2017)

2.4.4 Factores que influyen en las señales EMG

En su camino desde la membrana celular donde se genera la señal eléctrica al movimiento de un músculo hasta los electrodos, la señal EMG puede verse afectada por diversos factores externos, alterando su forma y características. Entre ellas pueden ser las siguientes:

1. **Características del tejido:** El cuerpo humano es un buen conductor eléctrico, pero desafortunadamente la conductividad eléctrica varía con el tipo de tejido, la enfermedad cambios fisiológicos y de temperatura. Estas condiciones pueden variar mucho de un sujeto a otro (e incluso dentro de un mismo sujeto) y prohíben una comparación cuantitativa directa de los parámetros de amplitud del EMG calculados sobre la señal EMG no procesada.

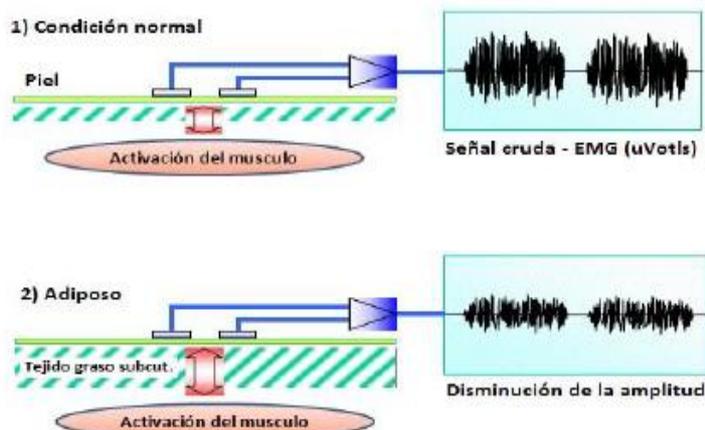


Figura 3 Señal EMG dependiendo de las señales EMG

Fuente: (Konrad, 2006)

2. **Interconexión fisiológica.** Los músculos vecinos pueden producir una cantidad significativa de EMG que es detectada por el sitio del electrodo local. Típicamente, este "Cross Talk" no excede el 10% -15% del contenido total de la señal o no está disponible en absoluto. Sin embargo, se debe tener cuidado con los arreglos estrechos dentro de los grupos musculares. Los picos de ECG pueden interferir con el registro del EMG, especialmente cuando realizado en la parte superior del tronco y los músculos de los hombros. Son fáciles de y se desarrollan nuevos algoritmos para eliminarlos.

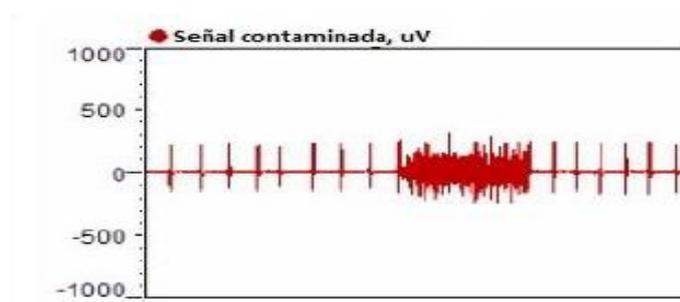


Figura 4 Señal EMG contaminada con una señal ECG

Fuente: (Konrad, 2006)

3. **Cambios en la geometría entre el vientre del músculo y el sitio del electrodo:** Cualquier cambio de distancia entre el origen de la señal y el lugar de detección puede alterar la lectura del EMG. Es un problema inherente a toda dinámica de movimiento y también puede ser causado por presión externa.

4. **Ruido externo:** Se debe tener especial cuidado en entornos eléctricos muy ruidosos. El más exigente es la interferencia directa del zumbido de potencia, típicamente producido por una conexión a tierra incorrecta de otros dispositivos externos.
5. **Electrodo y amplificadores:** La selección/calidad de los electrodos y el ruido interno del amplificador pueden añadir contenido de señal a la línea de base del EMG. La relación de amplificación puede superar los 60dB. El ancho de banda es de 40 Hz a 10kHz. En general, las características electrónicas del amplificador varían según el tipo de estudio a realizar. La mayoría de estos factores pueden minimizarse o controlarse mediante una preparación precisa y la comprobación de los datos dados. condiciones de la sala/laboratorio. (Konrad, 2006)

2.4.5 Beneficio de las señales EMG

Las señales EMG no solo están dedicadas al estudio fisiológico, también han sido aplicadas para la investigación, rehabilitación, entrenamiento deportivo e interacción con el ser humano. (Chimal, 2017) En la Figura 5, se muestran las áreas de aplicación de las señales EMG.



Figura 5 Áreas de aplicación de las señales EMG

2.5 Reconocimiento Gestual

El reconocimiento gestual tiene como objetivo interpretar gestos humanos con la ayuda sistemas compuestos de sensores y algoritmos matemáticos, los gestos son

movimientos corporales como la postura y el caminar, pero principalmente los gestos se realizan con la cara y las manos.

2.6 Lenguaje de programación

Es un lenguaje con el cual podemos describir un conjunto de acciones consecutivas que un equipo deberá interpretar y traducir para que el equipo final pueda comprenderlas, los lenguajes de programación fueron diseñados para que los humanos puedan dar órdenes a las maquinas. (Cubillo, 2016)

2.7 Brazalete MYO

El dispositivo Myo está compuesto por un conjunto de eslabones que integran sensores de grado médico de acero inoxidable de alta sensibilidad. Estos dispositivos son capaces de reconocer e interpretar la actividad eléctrica de los músculos y utilizar estas señales como instrucciones para controlar los aparatos electrónicos a distancia y sin necesidad de cables.

Además, también está equipado con un procesador ARM Cortex M4, un sistema de feedback háptico basado en vibraciones, conectividad bluetooth e indicadores LED. Utilizar el brazalete es muy sencillo. Lo único que hay que hacer es sincronizarlo con los terminales que quieres controlar a través del cable USB o conectarlo a través de bluetooth. (Thalmic, 2013)



Figura 6 Dispositivo Myo

Fuente: (Thalmic, 2013)

El brazalete Myo cuenta con un conjunto de gestos prediseñados que no se pueden cambiar debido a algoritmos de aprendizaje automático, estos cinco gestos se pueden encontrar en la Tabla 1, (Thalmic, 2013).

Tabla 1
Gestos Predeterminados del Dispositivo Myo

	Gesto	Movimiento	Acción muscular
Puño		Flexión de Mano	Flexores de Mano
Palma hacia dentro		Flexión de Muñeca	Muñeca Flexores de Muñeca
Palma hacia fuera		Extensión de Muñeca	Extensores de Muñeca
Dedos abiertos		Extensión y abducción de dedos	Abducción de dedos
Doble tap		Movimiento de oposición de pulgar	Músculos del pulgar

2.7.1 Componentes del brazalete Myo

Los ocho segmentos del brazalete están conectados mediante material elástico que les permite expandirse y contraerse uno con el otro para que puedan adaptarse dependiendo la estructura física del usuario. Los sensores miden las señales eléctricas del brazo, las cuales son traducidas en gestos. El Myo a pesar de ser un dispositivo pequeño cuenta con una amplia cantidad de componentes con los cuales le permiten medir variables como: aceleración, posición y señales electromiográficas. Figura 7 muestra los principales componentes del brazalete Myo



Figura 7 Componentes del Dispositivo Myo

Fuente: (Thalmic, 2013)

2.7.2 Estado de LED Myo

De acuerdo (Thalmic, 2013) se muestra el código de color en la Figura 7

- **Azul:** Myo se conecta a través de Bluetooth Smart.
- **Naranja:** Batería baja o enchufada y cargando.
- **Verde:** Conectado y cargado

Figura 8 Colores de los LEDs Myo y sus significados

Fuente: (Thalmic, 2013)

2.7.3 Arquitectura de Myo

En esta sección se detalla de las características de la arquitectura en hardware y software del brazalete Myo. En cuestión de hardware Myo está constituido de lo siguiente:

- 8 sensores médicos EMG (frecuencia de muestreo de 200Hz).
- Una (IMU) Unidad de Medición Inercial (giroscopio, acelerómetro y magnetómetro) de alta sensibilidad de 9 ejes (frecuencia de muestreo de 50Hz)
- Un indicador LED
- Un procesador ARM Cortex M4 de 1200MHz
- Retroalimentación háptica (vibración).
- Conexión bluetooth inteligente
- Una batería recargable de litio que se carga a través de micro USB

Myo tiene un tamaño de 13 a 34 cm y un peso de 93 gramos. Es compatible con las plataformas de computadoras de escritorio Windows 7, 8, 10 y Mac OS X 10.8. Para dispositivos móviles en iPads con IOS 7.0 y nuevas versiones, dispositivos Android con versión 4.3 y actuales que soporten Bluetooth 4.0. El fabricante de Myo ofrece el programa Myo Connect para configurar aspectos de hardware, un software administrador de aplicaciones. (Thalmic, 2013)

2.7.4 Posición del dispositivo Myo en el antebrazo

El Myo es colocado en el antebrazo para que los sensores puedan detectar las señales eléctricas provenientes de ciertos músculos como los braquiorradiales, flexores, extensores, palmares, pronador redondo, entre otros. El antebrazo se refiere a la extremidad inferior, entre el codo y la muñeca. El antebrazo tiene dos huesos largos, el radio y el cúbito, formando la articulación radioulnar, la membrana interósea conecta estos huesos, por último, el antebrazo está cubierto por la piel. El antebrazo se divide en dos partes, un compartimiento flexor y un compartimiento extensor. Los músculos de cada antebrazo son distribuidos en estos compartimientos, que consisten en un grupo anterior (flexores de la muñeca y los dedos y los pronadores) y un grupo posterior (extensor de la muñeca y los dedos y supinador) los cuales pueden ser vistos en la Figura 9 (Chimal, 2017)

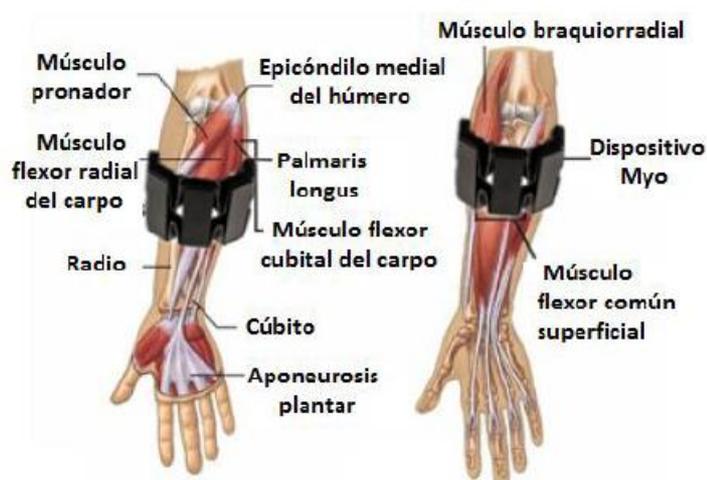


Figura 9 Músculos que tienen mayor actividad del antebrazo y pueden ser detectados por sensores EMG

Fuente: (Chimal, 2017)

2.7.5 Aplicaciones Disponibles del Myo

Existen diversas aplicaciones que están clasificadas de acuerdo al funcionamiento que el usuario requiera, cabe señalar que las aplicaciones funcionan con los gestos mencionados en la Tabla 1.

- Cosas Relacionadas: Conexión con dispositivos digitales como: Drones, relojes, Arduino, inclusive cámaras deportivas.
- Juegos: Se puede conectar a una PC para jugar videojuegos.
- Herramientas y productividad: Existen aplicaciones con las cuales se pueden utilizar gestos en aplicaciones de la PC.
- Multimedia: Con las aplicaciones multimedia se pueden controlar películas, programas de TV, música. El Myo puede controlar las acciones de Pause, Play, Stop, entre otras funciones.
- Presentaciones: Existen aplicaciones con las cuales se pueden hacer presentaciones remotas, es decir, en PowerPoint se puede hacer un cambio de diapositiva a través de un gesto. (Thalmic, 2013)

2.8 Etapas de reconocimiento de patrones

El Reconocimiento de patrones es una ciencia que permite establecer propiedades (patrones) en los objetos y en función de estos patrones, determinar la medida en que una forma difiere de la otra. De manera general, existen tres etapas fundamentales en un sistema de reconocimiento de patrones:

1. Adquisición y preprocesamiento de los datos: En esta etapa se adquieren los datos que describen al patrón que se desea clasificar, para ello se requiere de algún tipo de sensor que permita captar los datos a clasificar. Posteriormente se continúa con la fase de preprocesamiento de los datos donde se eliminan ruidos y se reduce la dimensionalidad de los datos, lo que mejora substancialmente la ejecución del sistema.
2. Extracción de característica. En este proceso consiste en encontrar la manera óptima de representar la información original que describe a cada uno de los patrones, es decir, un vector de características que represente de la mejor forma posible al patrón original.

3. Reconocimiento. Consiste en asignar las diferentes partes del vector de características a grupos o clases, basándose en las características extraídas (patrones). (Lopez, 2017)

2.9 Arduino UNO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar.

2.9.1 Hardware Arduino Uno

Es una placa para microcontroladores basado en el ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conectar a una computadora con un cable USB o encender con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar.

"Uno" significa uno en italiano y se eligió para marcar el lanzamiento de Arduino Software (IDE) 1.0. La placa Uno y la versión 1.0 de Arduino Software (IDE) fueron las versiones de referencia de Arduino, ahora evolucionaron a versiones más recientes. La tarjeta Uno es la primera de una serie de tarjetas Arduino USB y el modelo de referencia para la plataforma Arduino (Arduino, 2018)



Figura 10 Placa Arduino uno

Fuente: (Arduino, 2018)

2.9.1.1 Especificaciones técnicas

- Microcontrolador ATmega328
- Voltaje de funcionamiento 5V
- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12V
- Voltaje de entrada (límite) 6-20V
- Pines digitales Entrada y salida 14
- Pines digitales PWM Entrada y salida 6
- Pines de entrada analógica 6
- Corriente DC por pin 40 mA
- Corriente DC para el pin 3.3V 50 mA
- Memoria Flash 32 KB
- Memoria Flash para el Bootloader 0.5 KB
- SRAM 2 KB
- EEPROM 1 KB
- Velocidad de reloj 16 MHz

2.9.2 Software Arduino

Para programar las placas Arduino/Genuino utilizar el Software Arduino (IDE), que le permite programar en el lenguaje que entiende Arduino. El entorno de desarrollo integrado Arduino, o Arduino Software (IDE), contiene un editor de texto para escribir código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y una serie de menús. Se conecta al hardware Arduino y Genuino para cargar programas y comunicarse con ellos. Entonces la placa Arduino llevará a cabo esas instrucciones y actuar con el mundo exterior. En el mundo de Arduino, programas se conocen como Sketches, Códigos o Bocetos. (Figura 11).



Figura 11 Software Arduino

Fuente: (Arduino, 2018)

2.9.2.1 Funciones básicas y operadores

Arduino está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas de C++. A continuación, se muestra un resumen con la estructura y sintaxis del lenguaje Arduino.

2.9.2.2 Sintaxis básica

- Delimitadores: ;, { }
- Comentarios: //, /* */
- Cabeceras: #define, #include
- Operadores aritméticos: +, -, *, /, %
- Asignación: =
- Operadores de comparación: ==, !=, <, >, <=, >=
- Operadores Booleanos: &&, ||, !
- Operadores de acceso a punteros: *, &
- Operadores de bits: &, |, ^, ~, <<, >>

2.9.2.3 Estructuras de control

- Condicionales: if, if...else, switch case

- Bucles: for, while, do... while

2.9.2.4 Comunicación por puerto serie

Las funciones de manejo del puerto serie deben ir precedidas de la palabra "Serial" aunque no necesitan ninguna declaración en la cabecera del programa. Por esto se consideran funciones base del lenguaje. Estas son las funciones para transmisión serial:

- begin (), available (), read(), flush(), print(), println(), write().

2.10 Módulo bluetooth HM11

Este es un módulo SMD BLE utilizado en BLE Bee y Xadow BLE. Se basa en el chip TI CC2541, permite que se construyan nodos de red robustos con bajos costos totales de la lista de materiales y altamente adecuados para sistemas de consumo de energía ultra bajos. El módulo es pequeño y fácil de usar, con el firmware preprogramado del fabricante, puede construir rápidamente comunicaciones BLE a través de su comando AT. Soporta comunicaciones BLE con iPhone, iPad y Android 4.3.

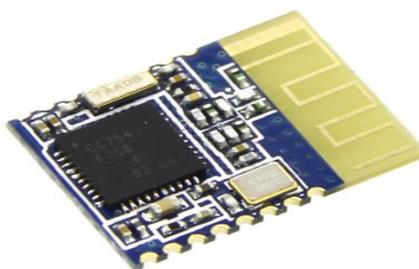


Figura 12 Modulo bluetooth HM11

Fuente: (Seeed, 2019)

2.10.1 Características Modulo Bluetooth HM11

En la Tabla 2, se muestra las características del Módulo Bluetooth HM11

Tabla 2**Características del Módulo bluetooth V4.0 BLE HM11**

Características	Descripción
Protocolo Bluetooth	Especificación Bluetooth V4.0 BLE
Frecuencia de trabajo	Banda de 2,4 GHz ISM
Modo de interfaz	Puerto serie
Entorno abierto	30 metros puede realizar comunicación entre módulos
Para enviar y recibir	Sin límite de bytes entre módulos.
Método de modulación	GFSK (codificación de cambio de frecuencia gaussiana)
Potencia de transmisión	-DBM, 23-6 DBM, 0 DBM, 6 DBM
Microprocesador	TI CC2541, espacio de configuración de 256 KB
Dimensión del esquema	13.5 mm x 18.5 mm x 2.3 mm
Recursos	Apoyar el comando AT, el usuario puede según la necesidad de cambiar la función (maestro, modo esclavo) y la velocidad en baudios del puerto serie, el nombre del equipo, los parámetros correspondientes, como la contraseña, el uso de flexible.
Fuente de alimentación	+ 3.3 VDC 50 mA
Temperatura de trabajo	-5_+65 Grados centígrados
Protocolo de comunicación	UART (3.3V LVTTTL)
IO cuenta	2
Entrada clave IO	1
Indicadores LED IO	1
Conectividad	Zócalo compatible con XBee

Fuente: (Seeed, 2019)

2.10.2 Características eléctricas del Módulo Bluetooth HM11

En la Tabla 3, se muestra las características eléctricas Modulo Bluetooth HM11.

Tabla 3**Características eléctricas del HM11**

Especificación	Min	Tipo	Max	Unidad
Voltaje de entrada máximo	-0.3		3.6	V
Voltaje de entrada de trabajo	2.0	3.3	3.6	V
Corriente de transmisión		15		mA
Recibir corriente		8.5		mA
Corriente de sueño profundo		600		uA
Temperatura de funcionamiento	-40		+65	°C

Fuente: (Seeed, 2019)

2.10.3 Funciones del terminal del Módulo Bluetooth HM11

En la Tabla 4, se muestra los Pines de conexión del Bluetooth HM11

Tabla 4**Terminal de conexión Bluetooth HM11**

Pines	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
5	NC	NC	P1_1
6	NC	NC	P1_2
7	NC	NC	PIN2
8	NC	NC	PIN2
9	VCC	V3.3	VCC
10	NC	NC or Vcc	
11	RESETB	Reset, in flow <100ms.	RESET_N
12	GND	Ground	GND
13	PIO3	Input/output line	P1_1
14	PIO2	Input/output line	P1_0
15	PIO1	System LED	P0_7
16	PIO0	System Key	P0_6

Fuente: (Seeed, 2019)

En la Figura 13, se muestra las dimensiones del Bluetooth HM11

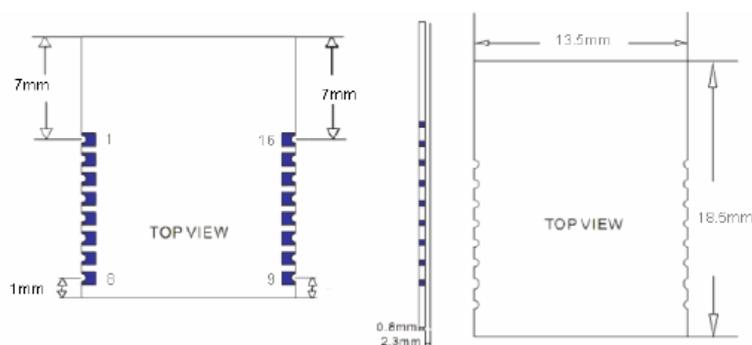


Figura 13 Dimensiones del Bluetooth HM11

Fuente: (Seed, 2019)

2.11 Vehículos no tripulados

Es aquel que, sin presencia de un piloto humano a bordo, puede desplazarse sobre una superficie. Por lo general, estos vehículos son capaces de analizar el entorno en el que deben moverse, tomar decisiones acerca de la mejor manera de afrontar el terreno y enviar información necesaria para su control. En los últimos años, el diseño y desarrollo de vehículos no tripulados ha formado parte de las principales líneas de trabajo en el campo de la ingeniería mecánica. Su capacidad para actuar en zonas inaccesibles o peligrosas para el ser humano los dota de grandes ventajas aplicables a diferentes entornos de actividad. (Robles, 2015)

2.11.1 Vehículo Aero no tripulado

El mercado de los vehículos aéreos no tripulados (UAV) ha crecido significativamente en los últimos años cinco años. Es evidente el liderazgo del sector comercial. Los UAV comercialmente disponibles se venden en tres modalidades: listos para volar con el transmisor personalizable, y con la posibilidad de personalizar el transmisor, el receptor, la batería y el cargador. Los modelos más comunes son los multicolores con 4, 6 u 8 hélices. Los usuarios que buscan aumentar la capacidad de carga, el tiempo de vuelo y alcance de los UAV es más probable que construyan drones

personalizados a partir de componentes, lo que requiere conocimientos técnicos básicos.

2.11.2 Vehículo marítimo no tripulado

Los vehículos marítimos no tripulados (UMV) engloban dos clases: submarinos y de superficie. Los más comunes son los submarinos, cuyas principales aplicaciones comerciales son la investigación marina y las actividades petrolíferas y gasística. Varios factores afectan a las operaciones de los UMC. Generalmente, los modelos de mayor precio tienen mayor capacidad de carga, mas tecnologías de imagen, mayor alcance y mayor profundidad. El alcance y la profundidad de inmersión son las características operativas más importantes para los vehículos no tripulados submarinos. Por su parte, los de superficie dependen de la velocidad, la capacidad de carga y alcance.

2.11.3 Vehículo Terrestre no tripulado

Los vehículos terrestres no tripulados (UGV) están disponibles desde hace varias décadas. El ejemplo más simple son los coches teledirigidos. En el otro extremo están los vehículos autónomos comerciales y la robótica militar avanzada actualmente en desarrollo. Existen dos categorías de UGV. En primer lugar, los vehículos controlados a distancia por humanos, que los conducen a distancia. La otras son los vehículos autónomos que conducen por sí mismo usando algoritmos, entradas de sensores y coordenadas GPS prefijas. Solamente unas pocas especificaciones son comunes a todas las clases de vehículos terrestres no tripulado. La diversidad de tecnologías hace que sea complicado precisar los atributos operativos de los UGV. (Eva, Martinez , 2017)

Estos vehículos pueden tener múltiples utilidades, tanto civiles como militares. Su principal ventaja es la de poder operar en zonas que podrían resultar peligrosas o incluso inaccesibles para los humanos. De este modo pueden desarrollar las tareas más arduas y arriesgadas, reduciendo los daños y abriendo nuevos frentes de trabajo.

Sus principales usos son los siguientes:

- **Militar:** En este ámbito es en el que mayores desarrollos se están efectuando. Los UGVs se utilizan principalmente para explorar zonas no seguras o desconocidas, transporte de material y desactivación de explosivos.
- **Ayuda humanitaria:** Facilitan la llegada a zonas devastadas o de difícil acceso para el hombre con el fin de transportar alimentos y medicinas e incluso atender a las víctimas de catástrofes.
- **Seguridad:** Equipados con cámaras de videovigilancia pueden recorrer grandes distancias fácilmente y captar todos los ángulos requeridos. También se están desarrollando vehículos no tripulados destinados a la extinción de incendios.
- **Industria:** Sus principales utilidades en este campo son el manejo de herramientas, inspección de equipo y transporte de materiales.

2.12 Actuador

Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar”. De manera de se busca darle variedad al movimiento del vehículo no tripulado, se necesita hacer un control de los movimientos; Adelante, Atrás, Izquierda y Derecha, esto se puede llevar acabo acoplando motores DC y Rueda.

2.12.1 Motor DC

El motor de corriente continua (motor DC) (correspondiente a las iniciales en inglés “direct current”), es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, son muy utilizados en diseños de ingeniería debido a las características torque-velocidad que poseen con diferentes configuraciones eléctricas o mecánicas.



Figura 14 Motor DC con caja reductora y Ruedas

Fuente: (Electronica, 2019)

Una gran ventaja de los motores de CD se debe a que es posible controlarlos con suavidad y en la mayoría de los casos son reversibles, responden rápidamente gracias a que cuentan con una gran razón de torque a la inercia del rotor. (Dea, 2015)

2.12.1.1 Características de motor DC

- Motor individual con caja de engranajes, también conocido motorreductor
- Voltaje de operación: 3 a 6VDC
- Velocidad: sin carga: 90 +/-10 RPM (3.5V)
- Relación: 48:1
- Corriente de consumo sin carga: 190mA (Max. 250mA)
- Torque: 4,5 Kg.cm
- Carga que soporta: 2 libras (entre dos motores en caso de realizar un robot móvil)
- Corriente: 250 mA
- Dimensión del motor: 7.0 cm x 3.6 cm x 2.2 cm
- Peso: 28 gramos

Muy utilizado en proyectos para robots móviles, por ejemplo, seguidores de línea, de luz, entre otros.

2.13 Sistema de alimentación

2.13.1 Batería de lipo

Las baterías basadas en polímero de litio consiguen un almacenamiento muy superior de energía. Son también muy ligeras, pesando cerca de la mitad de una batería de Ni-Cd equivalente.

A pesar del precio elevado las ventajas de las baterías de litio las han popularizado y han hecho que se tornen equipos de serie para muchos modelos de teléfonos móviles.



Figura 15 Batería de lipo

Fuente: (EcuRed, s.f.)

Los elementos de Li-Po se pueden agrupar en serie (S), para aumentar el voltaje total, o en paralelo (P), para aumentar la capacidad total, además de especificar su capacidad (en mAh) y su número de elementos (voltaje= $nx3.7$), indican la corriente máxima que son capaces de suministrar sin sufrir daños, en múltiplos de C (capacidad). (EcuRed, s.f.)

2.13.1.1 Características de la batería de Lipo

- Capacidad: 1000mAh
- Voltaje: 2S1P / 2 Cell / 7.4V
- Discharge: 30C Constant / 40C Burst
- Peso: 70g (including wire, plug & case)
- Dimensiones: 73x34x15mm
- Balance Plug: JST-XH
- Conector de Descarga: XT60

2.13.2 Puente H L298N

Es un módulo basado en el Chip L298N, que es un controlador de doble puente diseñado para accionar cargas inductivas como relés, solenoides, motores DC y motor paso a paso. Permite controlar dos Motores de corriente continua, que controlan la velocidad y el sentido de giro, velocidad y la acción de frenado de cada uno de ellos de forma independiente.

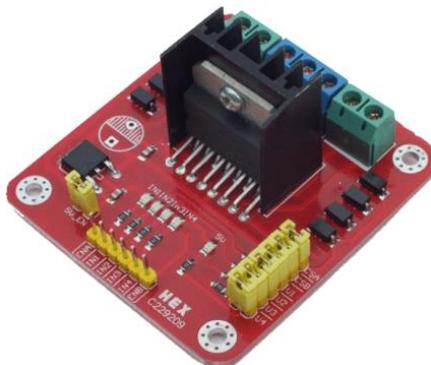


Figura 16 L298N Dual H-Bridge Motor Driver

Fuente: (Robotics,Banana, s.f.)

Esta placa proporciona un práctico regulador de 5 V que puede usarse para alimentar otros circuitos, como el microcontrolador de su robot. Su diseño modular se adapta fácilmente a una amplia variedad de controladores de robot, incluida la popular familia Arduino. (Robotics,Banana, s.f.)

2.13.2.1 Características del puente H L298N

- Popular L298N Dual H-Bridge Motor Driver chip
- Controlador de Motores de 5-35V hasta 2A por canal
- Proporciona 4 LEDs que reflejan el estado de la lógica de control
- Dirección, velocidad y frenado independientes para cada motor
- Terminales de tornillo para una fácil conexión a los motores y a la potencia
- Incluye un disipador de calor de alta resistencia para un máximo rendimiento
- Fácil de interconectar con la mayoría de los controladores de robots
- Soporta la detección de corriente, Práctico LED de encendido

CAPÍTULO III

3 Desarrollo del tema

En este capítulo se detalla los procedimientos, diseño, análisis e implementación, del control de movimiento de un vehículo no tripulado terrestre mediante señales electromiográficas adquiridas por el brazalete MYO.

Como etapa principal se basa en realizar un código de programa en la tarjeta Arduino UNO, determinar los movimientos EMG del antebrazo mediante el brazalete MYO y esto se realizará previamente con un interfaz de comunicación entre el MYO y el Bluetooth 4.0 HM11 de bajo consumo de energía.

Finalmente se realiza el diseño de las placas de circuito impreso que conforman el sistema para implementar y obtener el control de movimiento inalámbrico de un prototipo (vehículo no tripulado terrestre).

3.1 Sincronización Brazalete MYO

3.1.1 Instalación del Software MYO

Myo es compatible con Windows 7 y superior

- Descargar el instalador de Myo Connect en la página oficial THALMIC LABS MYO GESTURE CONTROL ARMBAND.
- Una vez finalizada la descarga, dar CLIC DERECHO y ejecutar como administrador.
- Seguir los pasos de configuración de Myo Connect.

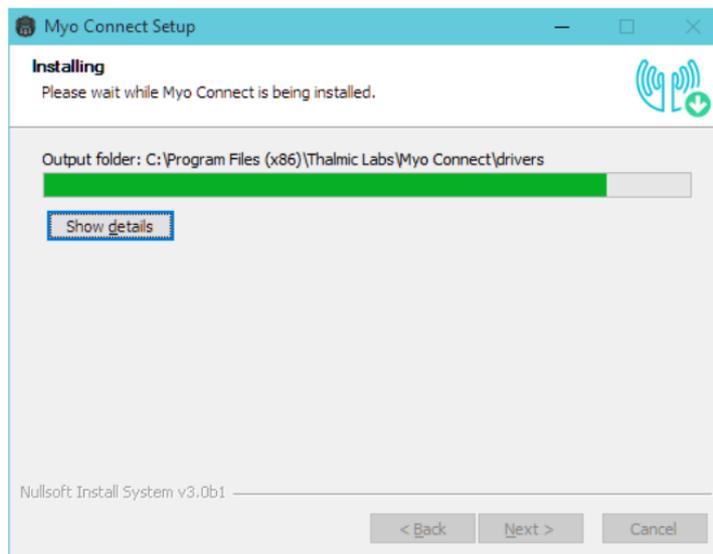


Figura 17 Configuración de Myo Connect

- Durante la instalación, recibirá el siguiente cuadro de diálogo de seguridad para instalar el controlador para el adaptador Bluetooth USB que viene incluido el brazalete Myo. Dar CLIC en **Intall** para continuar.

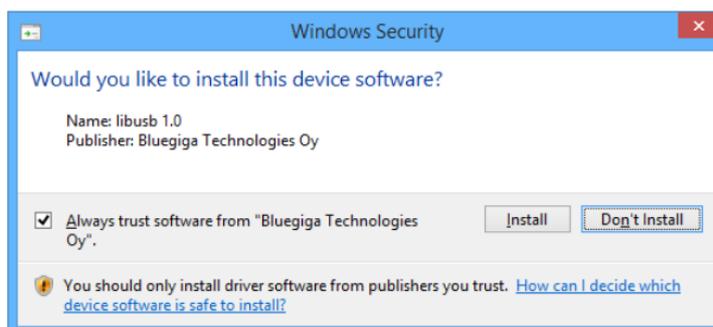


Figura 18 Instalar el controlador para el Adaptador Bluetooth USB

- Una vez que Myo Connect se haya instalado correctamente, se iniciará automáticamente y se mostrará la Guía de inicio. Dar clic en **Continúe** para comenzar a aprender cómo usar su Myo con su computadora.



Figura 19 Guía de inicio como usar el Myo en la computadora

- Conectar el adaptador Bluetooth USB a la computadora, luego el cable Micro-USB estándar, luego al brazalete Myo. Dar CLIC en **Continue** cuando todos hayan sido reconocidos.

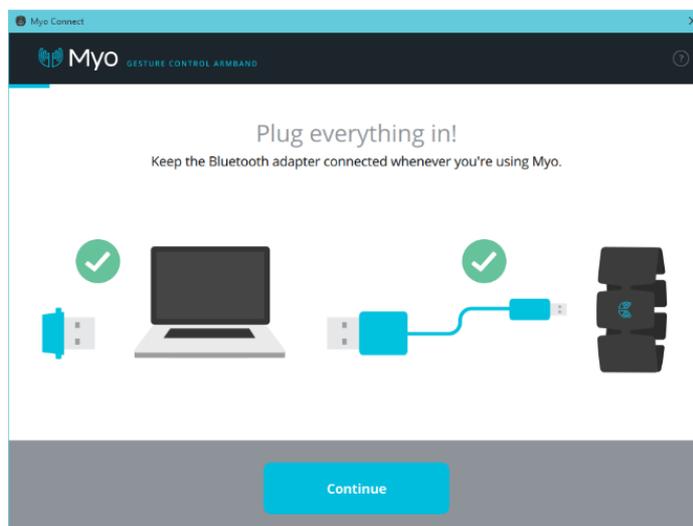


Figura 20 Como conectar el adaptador Bluetooth USB , el cable Micro-USB y el brazalete Myo a la computadora

- Asignar un nombre al brazalete Myo y hacer clic en Continuar. Este es el nombre que ve cuando conecta Myo a cualquier dispositivo.

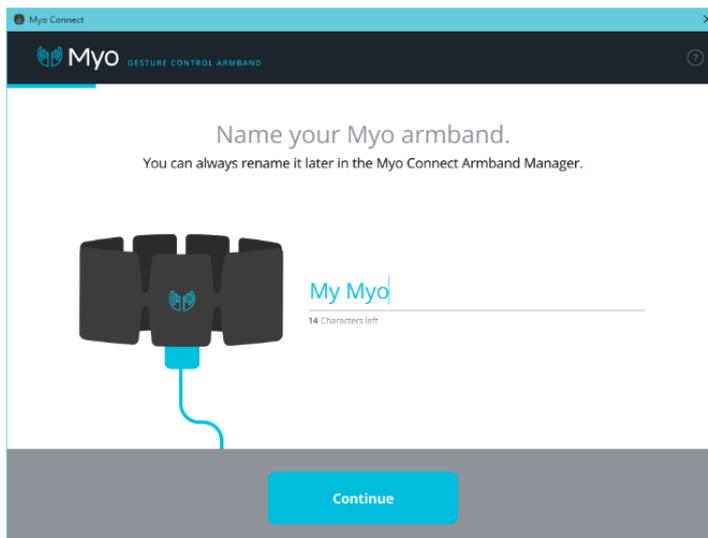


Figura 21 Asignar nombre al brazalete Myo

- Registre su brazalete Myo ingresando su dirección de correo electrónico y haciendo clic en **Register Myo**. Dar clic en **Omitir** en la esquina inferior derecha si no desea registrarse.

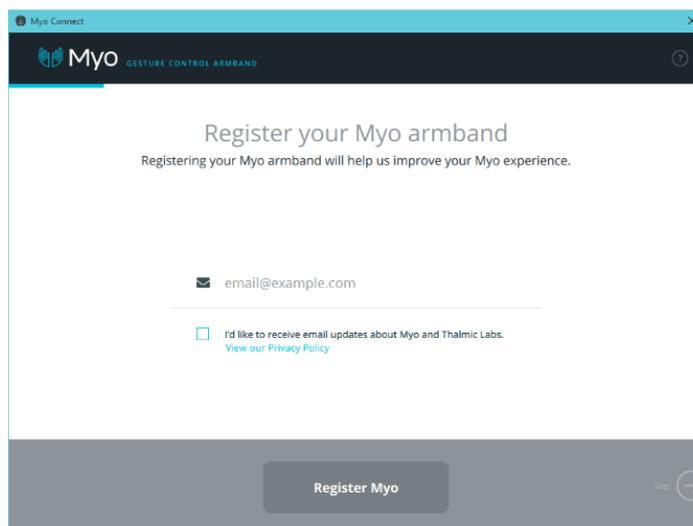


Figura 22 Registro del brazalete Myo con dirección del correo electrónico

- Si hay una actualización de firmware disponible para su Myo, se le solicitará que la actualice antes de continuar. Dar CLIC en **Update Myo** para continuar.

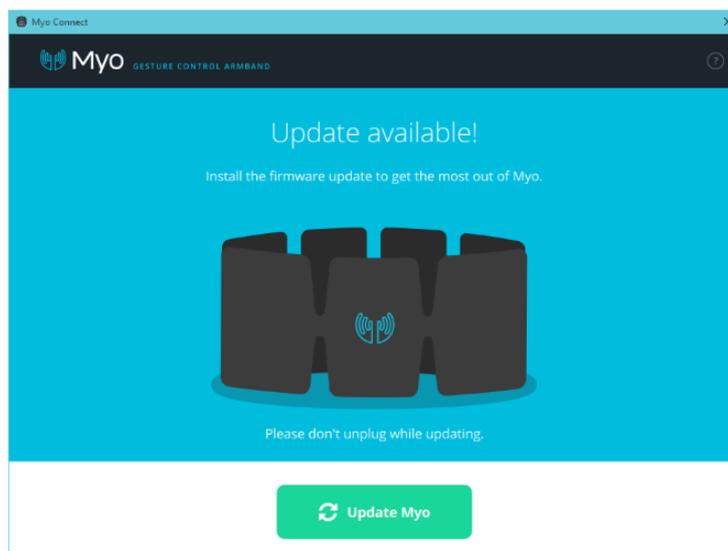


Figura 23 Actualización Firmware disponible para el Myo

- Cuando la actualización haya finalizado, desconectar el brazalete Myo del cable USB y Dar CLIC en **Continue** para avanzar a la siguiente pantalla.

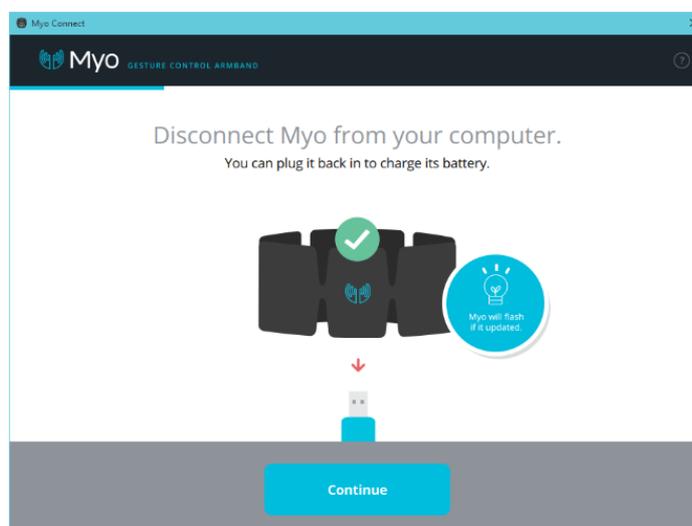


Figura 24 Finalización de la actualización del firmware del Myo

- Una vez conectado el Myo a la computadora a través de Bluetooth, mirar el video sobre cómo usarlo y sincronizar con Myo, luego dar CLIC en **Continue**.

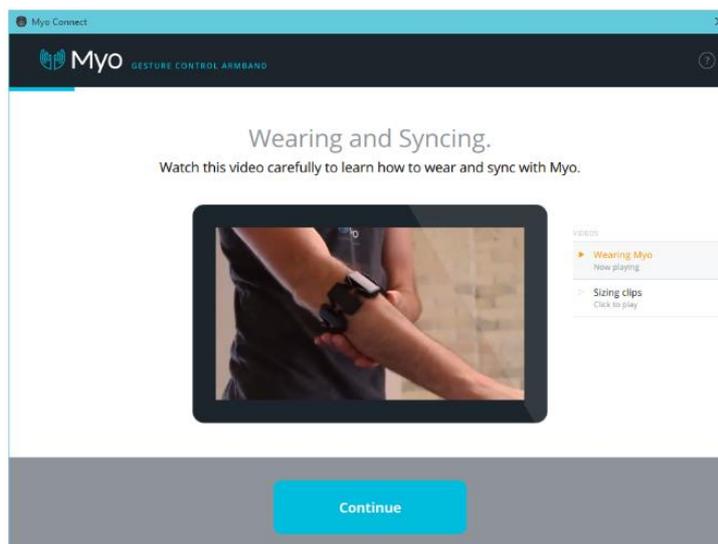


Figura 25 Video sobre cómo usar Myo

- Realiza el gesto de sincronización por ti mismo para continuar con el siguiente paso.



Figura 26 Gesto de Sincronización del brazalete Myo

- Myo Connect descubrirá en qué brazo está Myo. Dar CLIC en **Continue** para continuar. Si se detecta el brazo equivocado, deslizar hacia abajo, vuelva a colocarlo con el puerto USB orientado hacia la muñeca y vuelva a realizar el gesto de sincronización.

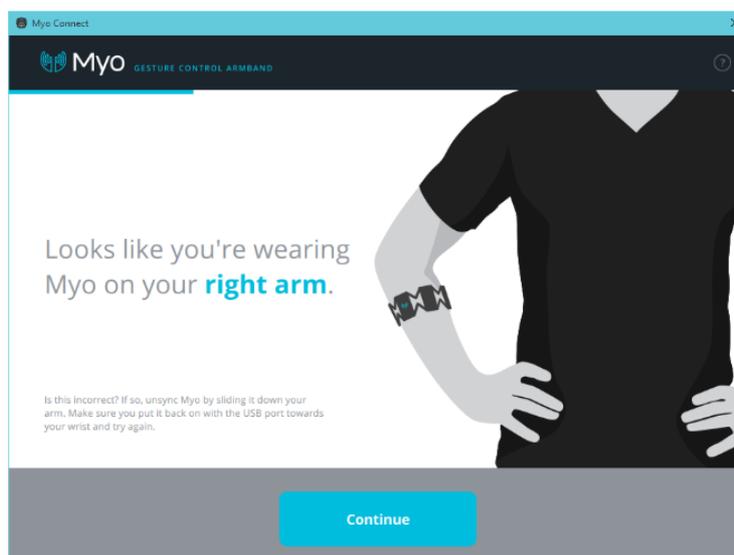


Figura 27 Posición del brazalete Myo en la mano correcta

- Realizar los **5 gestos básicos** y dar CLIC en **Continúe** cuando esté listo. El orden de los gestos puede ser diferente al que se muestra a continuación, “es aleatorio”

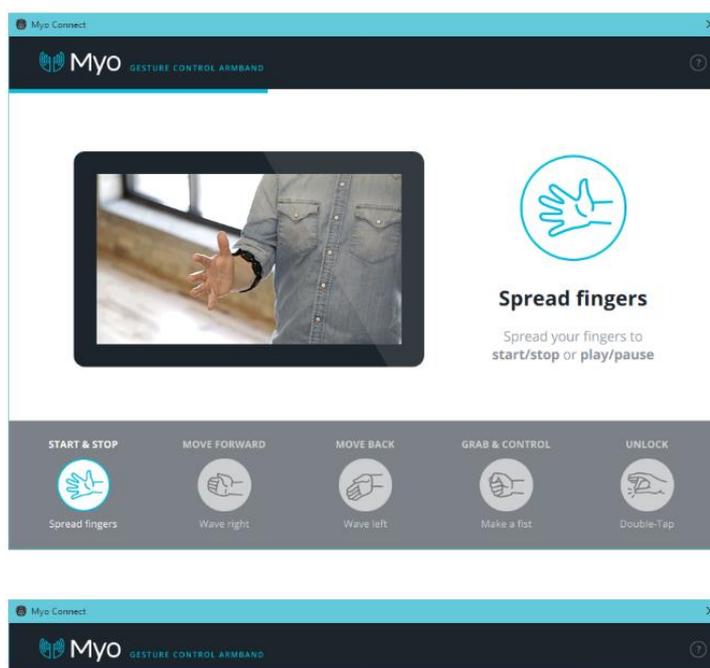


Figura 28 Realizar los 5 Gestos predeterminados del brazalete Myo

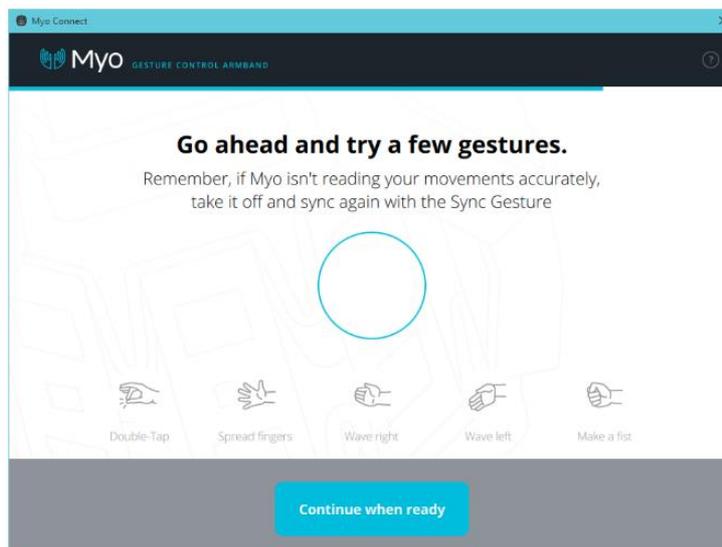


Figura 29 Practicar los 5 Gestos predeterminados del brazalete Myo

- Recuerde: cada vez que ponga el Myo, debe hacer el gesto de sincronización. Dar CLIC en **Continue**.

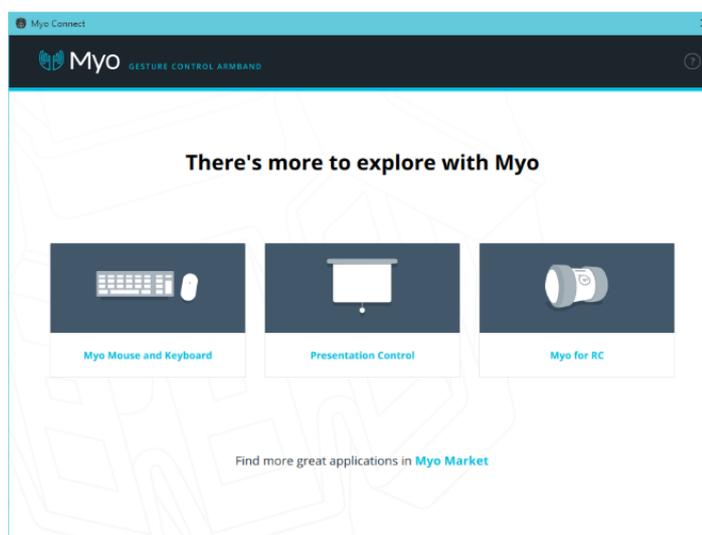


Figura 30 Diferentes aplicaciones que puede hacer Myo

3.2 Diseño del soporte del Bluetooth 4.0 Modulo HM11

En la Figura 31 se puede visualizar específicamente el bluetooth 4.0 módulo HM11, debido a sus pequeñas dimensiones se opta para diseñar el circuito impreso como soporte para que se facilite su manipulación y utilidad.

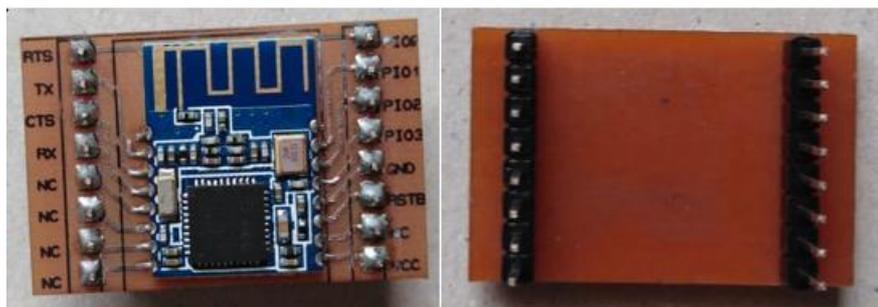


Figura 31 Circuito impreso y soldado del Bluetooth 4.0 módulo HM11

3.3 Interfaz de Comunicación brazaletes Myo y Arduino Uno

El brazalete Myo utiliza sensores electromiográficas (EMG) para medir y registrar los impulsos eléctricos emitidos por los músculos del brazo. Al realizar estos pulsos, el brazalete Myo controla un dispositivo basado en el gesto, el cual cuenta con reconocimiento de gestos preestablecidos, toda la información se transmite de forma inalámbrica a través de la interfaz de comunicación bluetooth. Para ello es necesario realizar el interfaz de comunicación, y que la transmisión y recepción sea directa entre el brazalete Myo y el Arduino Uno sin necesidad de depender de cableado o cualquier dispositivo inteligente es necesario utilizar dependientemente del módulo HM-11.

3.3.1 Cargar Firmware Myo en Bluetooth 4.0 módulo MH11

La mayoría de los modelos bluetooth HM, específicamente son de bajo consumo de energía y su dimensión pequeña poseen características muy limitado porque ninguno de estos es capaz de conectarse directamente con el brazalete Myo.

Para resolver este inconveniente es necesario cargar un firmware personalizado para el Módulo bluetooth HM-11, y para cargar el firmware en el HM-11 es necesario utilizar la placa Arduino Uno con un código de programa CCLoader.

A continuación, se detalla los pasos que se realizó.

1. Es necesario realizar una placa de circuito impreso con la configuración de pines del bluetooth HM-11 para facilitar en la conexión y manipulación efectiva del módulo.

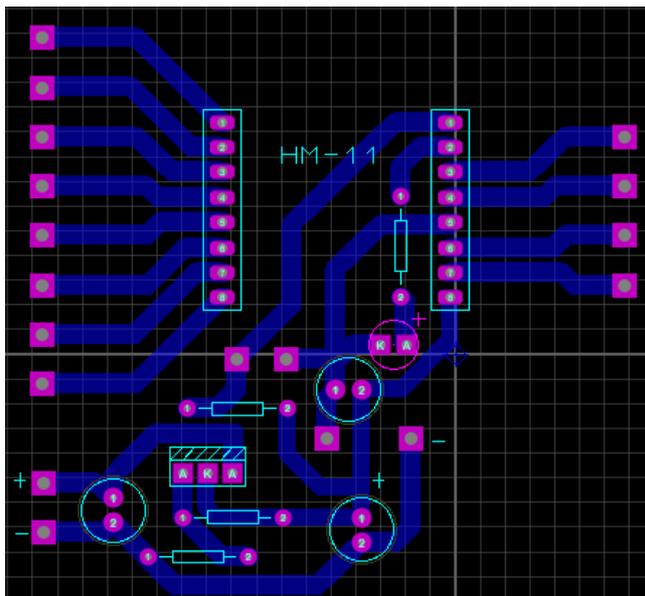


Figura 32 Diseño del Circuito en Proteus 8 Profesional PBC para el Bluetooth 4.0 módulo HM11

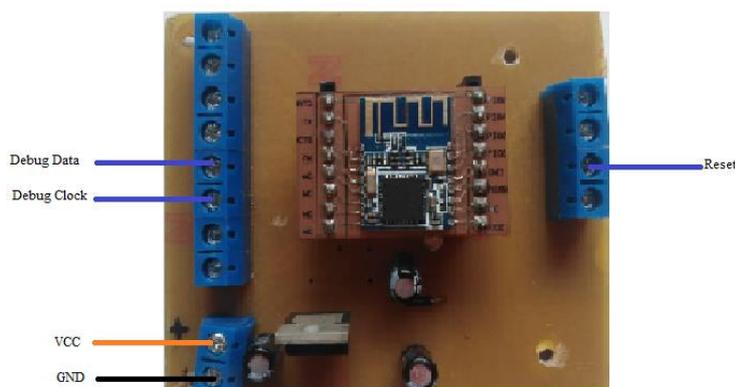


Figura 33 Pines a utilizar para el Bluetooth 4.0 módulo HM11

2. Descargar el Firmware CCLoader-master (GitHub, 2017)
3. Cargar al Arduino Uno el programa CCLoader.ino que se encuentra dentro de la carpeta CCLoader-master, Arduino, CCLoader.
4. Realizar las conexiones entre el Arduino Uno y el Bluetooth 4.0 módulo HM-11, debemos tener en cuenta los puertos declarados dentro del código que hemos cargado a la Tarjeta Arduino Uno, como se muestra en la Figura 34.
 - Tener en cuenta que el módulo HM11 se alimenta con 3.3V, en este caso tenemos un regulador de voltaje LM1117 que regula a 3.3V, porque estamos tomando los 5V y GND directamente del Arduino.

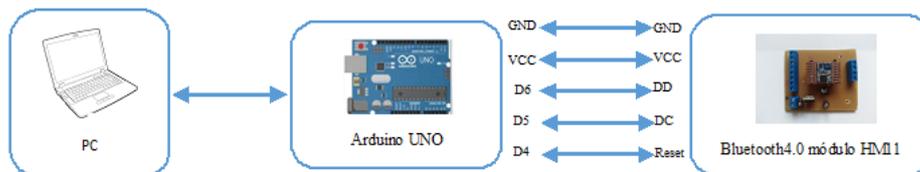


Figura 34 Diagrama de bloques conexión de Hardware

5. Abrir Símbolo de sistema y escribir CMD como se muestra en la Figura 35.

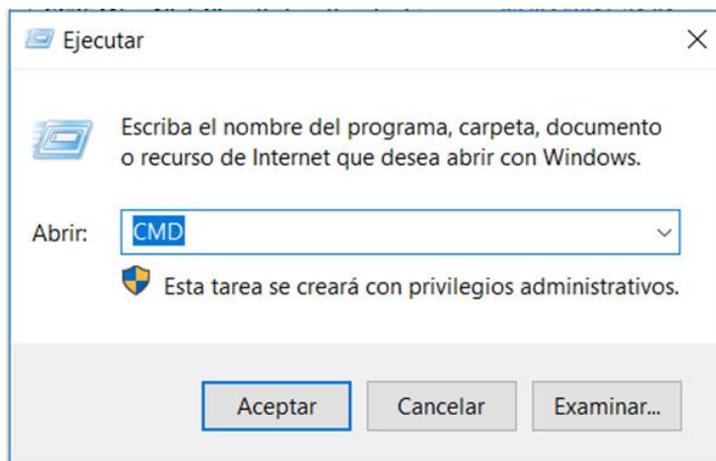


Figura 35 Abrir Símbolo de sistema

6. Escribir el comando `cd + ubicación de CcLoader.exe`, luego el programa nos indica que debemos ingresar lo siguiente:
- Dirección del archivo CcLoader.exe - # de puerto COM donde se encuentra conectada la tarjeta Arduino UNO - Dirección del archivo. Bin – 1 en caso de utilizar un Arduino Nano o 0 en caso de utilizar cualquier otra placa Arduino. Como se muestra en la Figura 36.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\CCLoader-master\Windows>CCLoader.exe 4 C:\CCLoader-master\MyoBridge_CC2541.bin 0
Copyright (c) 2013 RedBearLab.com
CCLoader.exe version 0.5
Comport : COM4
Bin file: C:\CCLoader-master\MyoBridge_CC2541.bin
Device : Default (e.g. UNO)

Comport open!
<Baud:115200> <data:8> <parity:none> <stopbit:1> <DTR:off> <RTS:off>

File open!
!!WARNING: File's size isn't the integer multiples of 512 bytes, and
           the last block will be filled in up to 512 bytes with 0xFF!
Block total: 274

Enable transmission...
Request sent already!
/*****
* If there is no respond last for 3s, please press "Ctrl+C" to exit!
* And pay attention to :
*   1. The connection between computer and Arduino;
*   2. The connection between Arduino and CC2540;
*   3. Whether the device you using is Leonardo or not;
*   4. Other unexpected errors.
*****/

Waiting for respond from Arduino...

Uploading firmware...
1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33
3  34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63
3  64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93
3  94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118
  119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142
  143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166
  167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190
  191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214
  215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238
  239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262
  263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 Upload successfully!
File closed!
Comport closed!

```

Figura 36 Ejecutar CCLoader

- Una vez finalizada la carga el HM-11 está listo para poder conectarse con el brazalete Myo.

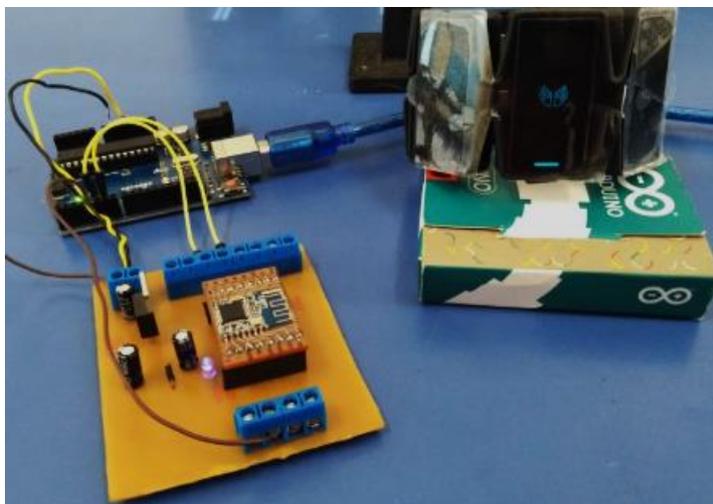


Figura 37 Conexión exitosa del bluetooth 4.0 HM11 con el Brazalete Myo

8. Finalmente, para empezar con la transmisión y recepción de datos con Arduino Uno, realizar las conexiones que se indican en la Figura 38.

- También debemos realizar un divisor de tensión entre la Tx de Arduino Uno y el Rx del Bluetooth HM-11 por el motivo que al momento de Transmitir datos desde el Arduino Uno envía 5V y el Bluetooth HM-11 puede recibir voltajes a no superiores de 3.3V para evitar estropear al módulo.

Ecuación 1, Divisor de Tensión para recepción de datos del Bluetooth 4.0 HM11

$$V_{out} = \frac{R2 * V_{in}}{R1 + R2}$$

$$V_{out} = \frac{25.5}{7.8K\Omega}$$

$$V_{out} = 3.26 V$$

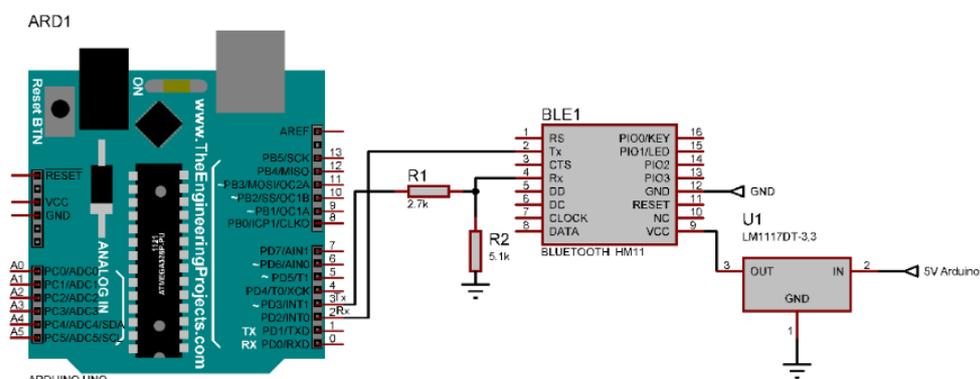


Figura 38 Esquema de conexión Bluetooth 4.0 HM11 y Arduino Uno

3.4 Diseño del vehículo no tripulado terrestre

El prototipo del vehículo no tripulado terrestre ver Figura 39, fue diseñado con las siguientes características.

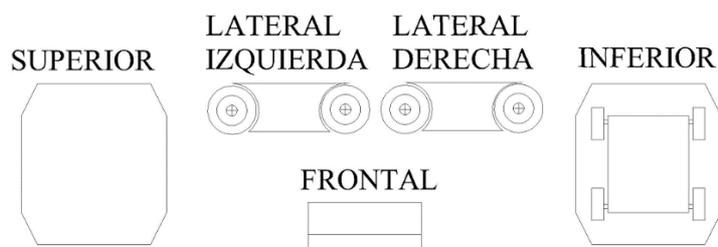


Figura 39 Vistas del Prototipo del Vehículo no tripulado terrestre

- La estructura de este prototipo fue diseñada con vibra de aluminio y MDF con sus respectivos pernos de sujeción como se muestra en la Figura 40.
- Dimensión 18cm x 20cm y altura de 6 cm.

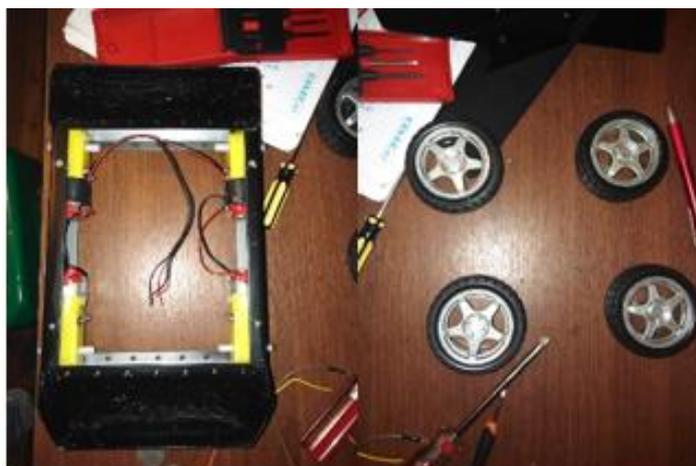


Figura 40 Estructura del prototipo vehículo no tripulado terrestre

- Las ruedas se pueden disponer en distintas configuraciones para obtener la estabilidad y maniobrabilidad deseada en este caso, se considera conectar motores DC en paralelo entre 2 en total utilizando 4 motores DC como se muestra en Figura 41.

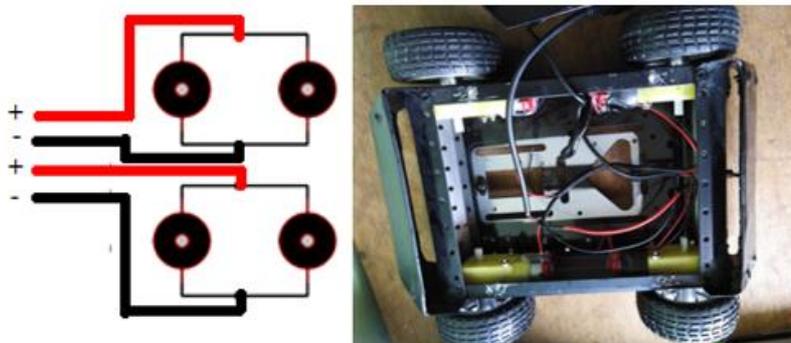


Figura 41 Conexión de las ruedas del prototipo vehículo no tripulado terrestre

3.5 Lenguaje de programación

Una vez ensamblado el prototipo proceder con la programación en lenguaje de Arduino, basado en “Wiring” que es una estructura de código abierto. Cuenta con librerías que facilita la programación.

3.5.1 Instalación de librerías Myo al Arduino

- <MyoBridge.h>

Está diseñada para hacer que los datos de Myo sean accesibles en un Arduino, Deshabilita el modo de espera, habilitando los datos de IMU y EMG el cual establece sus propias funciones como devolución de llamadas y ala se utiliza para enviar instrucciones como vibraciones.

- <Myo IMU Gesture Controller.h>

Con esta librería proporciona la detección de gestos, utilizando los datos IMU del brazalete Myo estos gestos se basan el movimiento del brazo y esta actividad, muscular solo se utiliza para iniciar/ finalizar la grabación de un gesto.

- <SoftwareSerial.h>

Esta Librería es para imprimir instrucciones de sincronización en el motor serial Arduino.

3.5.2 Organización general del Software

La organización general del software está compuesta por tres librerías, <MyoBridge.h> es para la comunicación bidireccional entre el brazalete Myo y <Myo IMU Gesture Controller.h> quien se encarga de la lectura y reconocimiento gestos , además es el programa principal donde se establecen las condiciones a cumplir con los parámetros establecidos para la generación de movimientos del prototipo vehículo no tripulado terrestre y <SoftwareSerial.h> imprimir pantalla mediante la comunicación serial en Arduino (Buscando Myo, Porcentaje de batería del brazalete Myo, los comandos realizados para el control.

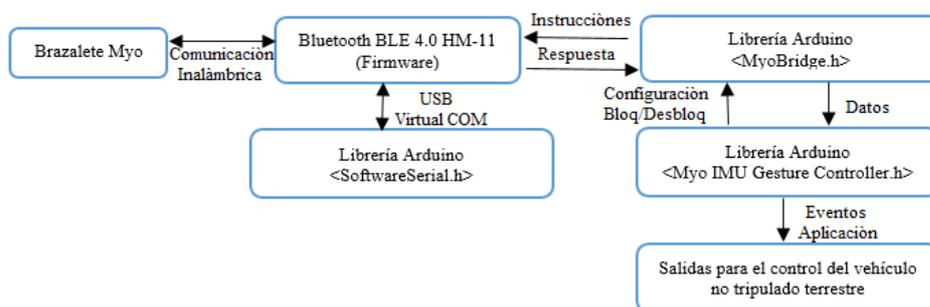


Figura 42 Diagrama de Bloque Organización general del Software

3.5.3 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo del programa principal se muestra en la Figura 43, en donde se detalla el desarrollo de la secuencia lógica de pasos que debe realizar el Microcontrolador Arduino Uno para obtener el control.

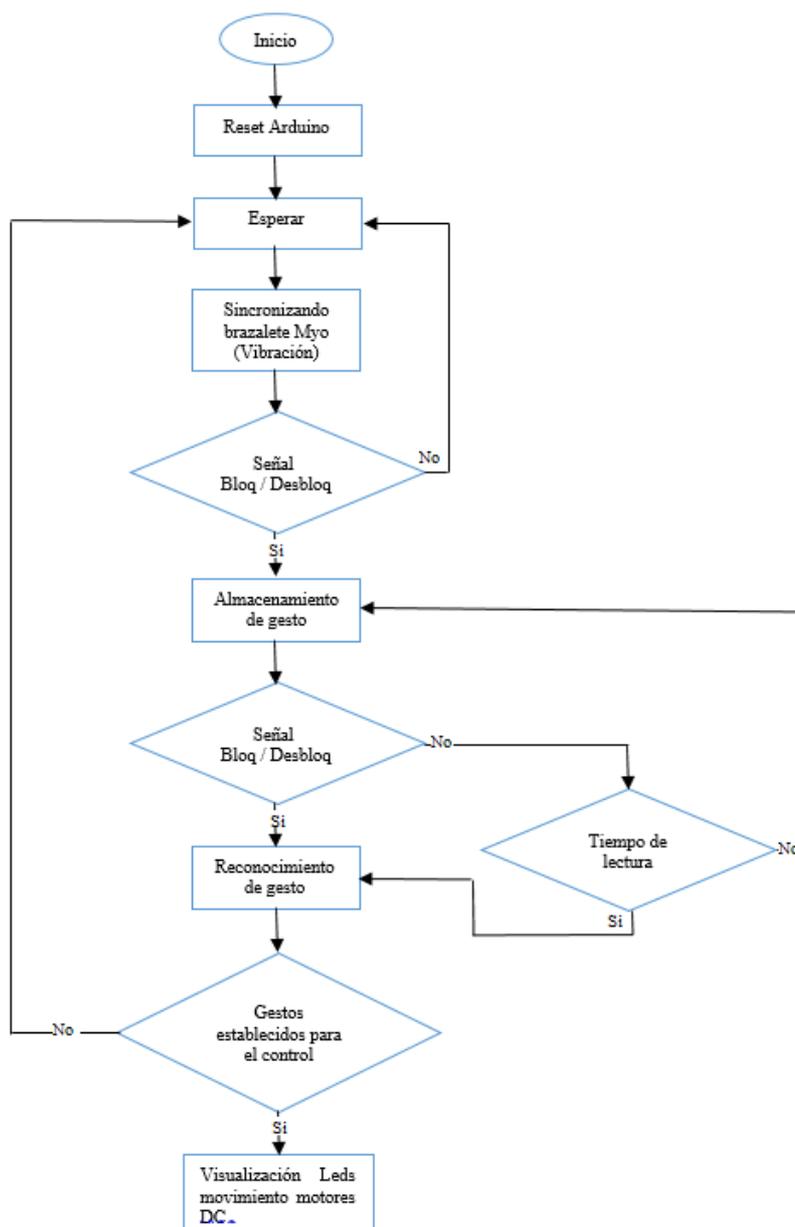


Figura 43 Diagrama de flujo del programa principal

3.5.4 Descripción del código de programa principal

Abrir el programa Arduino y se procede a programar. En la Figura 44, se muestra el entorno de programación Arduino.

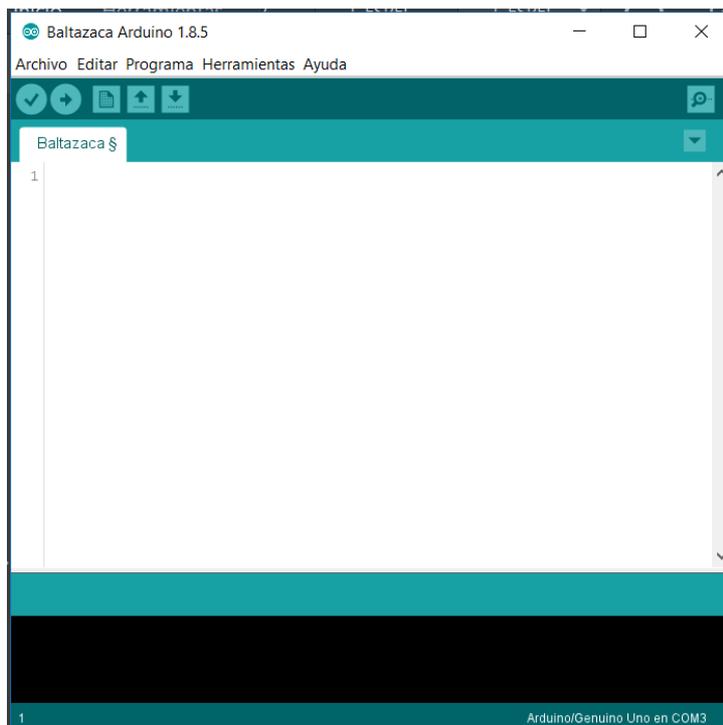


Figura 44 Pantalla principal software Arduino

A continuación, es necesario importar las librerías necesarias para empezar la programación.

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

Con `SoftwareSerial` puedo crear otros pines para transmisión y recepción en este caso pin 2 (Rx) y Pin 3 (Tx).

`MyoBridge` Inicializo la comunicación con `Myo`

Declarar variables en tipos diferentes tipos de datos.

- `Byte`: Almacena un número sin signo de 8 bits, de 0 a 255.
- `Bool`: Ocupa un byte de memoria, tiene uno de los dos valores (`true` o `false`).
- `String`: Construyen cadenas a partir de diferentes tipos de datos (es decir, las formatean como secuencias de caracteres)

`byte Led_Lectura = 13;` Es para los estados aceptar o como enter de aceptación del Gesto ver Figura

```

1 #include <MyoBridge.h>
2 #include <MyoIMUGestureController.h>
3 #include <SoftwareSerial.h>
4 //SoftwareSerial connection to MyoBridge
5 SoftwareSerial bridgeSerial(2,3); /////// (2,3) (Rx arduino,Tx arduino)
6 //initialize MyoBridge object with software serial connection
7 MyoBridge bridge(bridgeSerial);
8
9 byte Led_Lectura = 13; // Salida pin de estado de lectura
10 bool bloqueo;
11 String GESTO;
12 byte Ma1=4;
13 byte Ma2=5;
14 byte Mb1=6;
15 byte Mb2=7;

```

Figura 45 Importar Variables y declaración de variables

En la Figura 46, se denomina (void printConnectionStatus(MyoConnectionStatus status)) para imprimir la conexión y el estado del Myo de batería

Bloqueo y Desbloqueo

- void updateLockOutput(bool locked);
- digitalWrite(Led_Lectura, !locked);
- bloqueo=locked;

Cuando la variable bloqueo=1 esta desbloqueado; es decir, led del pin 13 encendido

Cuando la variable bloqueo=0 esta bloqueado; es decir, led del pin 13 apagado

```

34 void printConnectionStatus(MyoConnectionStatus status) {
35 //print the status constant as string
36 Serial.println(status);
37 }
38
39 ///Esta función es llamada cuando un bloqueo / desbloqueo sucede
40 void updateLockOutput(bool locked) {
41 digitalWrite(Led_Lectura, !locked);
42 bloqueo=locked; //Cuando la variable bloqueo=1 esta desbloquea
43 //Serial.println(bloqueo);
44 if(bloqueo==0)
45 {
46 digitalWrite(Ma1, LOW);
47 digitalWrite(Ma2, LOW);
48 digitalWrite(Mb1, LOW);
49 digitalWrite(Mb2, LOW);

```

Figura 46 Estado de conexión Myo, Bloqueo y desbloqueo

En la Figura 47, Actualizar gestos, cuando cojo cualquiera de los siguientes gestos (ARM__UP, ARM_DOWN, ARM_LEFT Y ARM_RIGHT) mando a vibrar Myo

```

53 void updateControls(GestureType gesture) {
54 GESTO = gestureToString(gesture);
55 //Serial.println(gestureToString(gesture));
56 //Serial.println(bloqueo);
57 bridge.vibrate(1);

```

Figura 47 Actualizar gestos y Vibrar el Myo

En la Figura 48, se denomina los movimientos básicos para el vehículo

<pre> 59 if (gesture == ARM_UP && bloqueo==0) 60 { 61 //CARRO ADELANTE 62 Serial.println("Arriba"); 63 digitalWrite(Ma1,HIGH); 64 digitalWrite(Ma2,LOW); 65 digitalWrite(Mb1,LOW); 66 digitalWrite(Mb2,HIGH); 67 } </pre> <p>a)</p>	<pre> 69 if (gesture == ARM_DOWN && bloqueo==0) 70 { 71 //CARRO ATRAS 72 Serial.println("Abajo"); 73 digitalWrite(Ma1,LOW); 74 digitalWrite(Ma2,HIGH); 75 digitalWrite(Mb1,HIGH); 76 digitalWrite(Mb2,LOW); 77 } </pre> <p>b)</p>
<pre> 93 if (gesture == ARM_LEFT && bloqueo==0) 94 { 95 Serial.println("Izquierda"); 96 digitalWrite(Ma1,HIGH); 97 digitalWrite(Ma2,LOW); 98 digitalWrite(Mb1,LOW); 99 digitalWrite(Mb2,LOW); 100 } </pre> <p>b)</p>	<pre> 02 if (gesture == ARM_RIGHT && bloqueo==0) 03 { 04 Serial.println("Derecha"); 05 digitalWrite(Ma1,LOW); 06 digitalWrite(Ma2,LOW); 07 digitalWrite(Mb1,LOW); 08 digitalWrite(Mb2,HIGH); 09 } </pre> <p>c)</p>

Figura 48 Patrones para el movimiento del vehículo a) Adelante, b)Atrás, c) Izquierda y d) Derecha

Figura 49, se denomina Serial.begin es la Comunicación serial y la velocidad de operación es de 9600 baudios por default y bridgeSerial.begin(115200) y comunicación del Bluetooth y la velocidad de operación es de 115200 baudios.

```

132 Serial.begin(9600);
133 bridgeSerial.begin(115200);
134 //wait until MyoBridge has found Myo and is con
135 Serial.println(F("Searching for Myo..."));
136 //initiate the connection with the status callb
137 bridge.begin(printConnectionStatus);
138 Serial.println(F("connected!"));
139
140 //Obtiene el nivel y lo muestra
141 byte NivelBateria = bridge.getBatteryLevel();
142 Serial.print("% de Bateria: ");
143 Serial.println(NivelBateria);
144 pinMode(Led_Lectura, OUTPUT);
145 pinMode(Ma1, OUTPUT);
146 pinMode(Ma2, OUTPUT);
147 pinMode(Mb1, OUTPUT);
148 pinMode(Mb2, OUTPUT);

```

Figura 49 Comunicación serial y velocidad de operación

En la Figura 50, se observa los circuitos impresos montados sobre la tapa del prototipo (vehículo no tripulado terrestre) para realizar las pruebas correspondientes del movimiento.

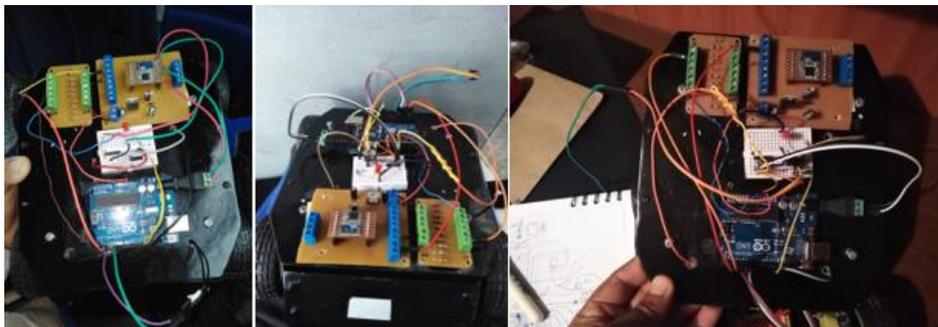


Figura 50 Circuitos montados en la tapa del prototipo para las pruebas de movimiento

3.6 Prueba de movimientos de señales

Los controles y gestos necesarios para dirigir el vehículo no tripulado terrestre con el brazalete Myo se observa en la Tabla 5. Estos gestos son convertidos en comandos por medio de los métodos diseñados en la Librería correspondiente.

Tabla 5

Gestos para el movimiento del vehículo no tripulado terrestre

MOVIMIENTOS	GESTO	DESCRIPCIÓN
Bloqueo		Cerrar la mano y hacer puño.
Desbloqueo		Abrir la mano y extender todos los dedos.
Adelante		Brazo Arriba puño cerrado, abrir la mano y extender los dedos.

Atrás		Brazo abajo puño cerrado, abrir la mano extender dedos.
Derecha		Brazo a la derecha con puño cerrado, abrir la mano y extender dedos.
Derecha Rápido		Brazo al frente con puño cerrado, Girar sentido horario y abrir la mano
Izquierda		Brazo a la izquierda con puño cerrado, abrir la mano y extender dedos.
Izquierda Rápido		Brazo al frente con puño cerrado, Girar sentido antihorario y abrir la mano

3.7 Diseño e implementación del sistema de control

El diseño e implementación del sistema de control es con la finalidad de utilizar las señales electromiográficas muscular del antebrazo para esto se utiliza diferentes, componentes electrónicos que ayudaran a obtener el control como son:

- Brazaletes Myo
- Bluetooth 4.0 módulo HM-11
- Arduino Uno
- Puente H L298N

- Batería de Lipo 7,4v 1000mAh
- Batería de Lipo 7,4v 300mAh
- Prototipo Vehículo no tripulado terrestre (Constituido de 4 Motores DC)

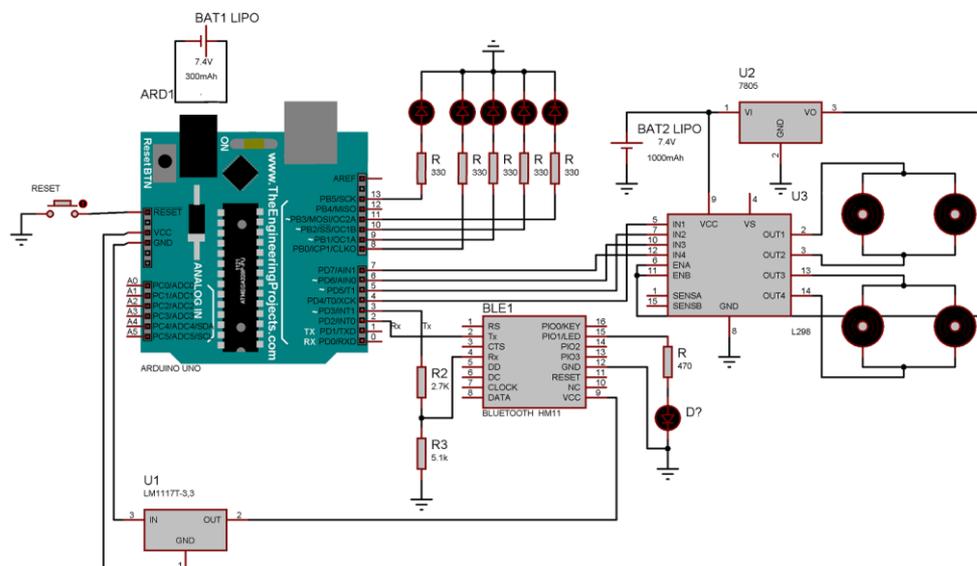


Figura 51 Esquema electrónico conexión de todo el sistema de control

3.8 Diseño del sistema electrónico

El sistema electrónico está diseñado para utilizar las señales mioelèctrica musculares, provenientes del brazo que generan en la tensión y extensión del musculo realizando diferentes gestos para controlar el desplazamiento del vehículo no tripulado terrestre.

3.8.1 Placa de Circuito impreso

Para demostración del funcionamiento del sistema de control de movimientos, sobre un prototipo del vehículo no tripulado terrestre se realizó el diseño en PCB Layout o placa de circuitos impresos, la cual se puede observar en la Figura 52.

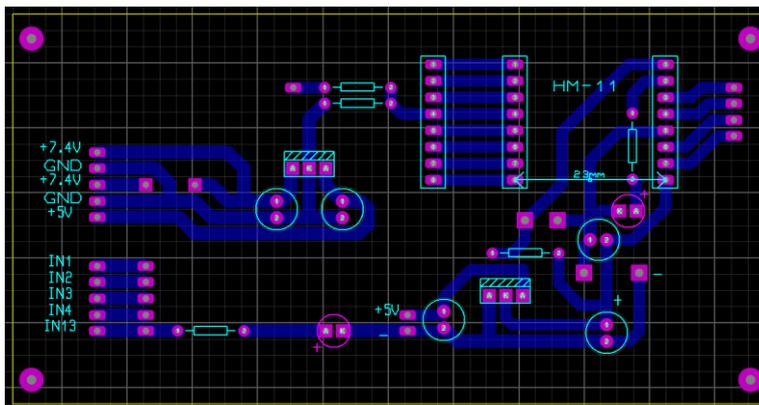


Figura 52 Diseño de Circuito Impreso en PBC Layout

Para la implantación del circuito impreso en la placa de baquelita ver Figura 53, se realizó los siguientes pasos.

- a) Imprimir el diseño del circuito PBC en papel fotográfico a impresión láser.
- b) Recortar el circuito impreso y aplicar el método de la plancha durante de 10 a 15 min.
- c) Disolver el Ácido percloruro de Hierro en un recipiente y cuidadosamente pelar las puntas del conductor flexible de cobre, doblar y conectar a 120 Vac y aplicar al recipiente hasta hervir el líquido, luego introducir la placa del circuito impreso y esperar de 10 a 15 min suele tardar muy poco tiempo en eliminar el cobre sobrante. Cuando se observe que en la placa no queda más cobre que el propio de las pistas, con ayuda de unas pinzas de plástico, extraer la placa.
- d) Perforar los puntos para soldar los elementos electrónicos.
- e) Soldar los elementos electrónicos

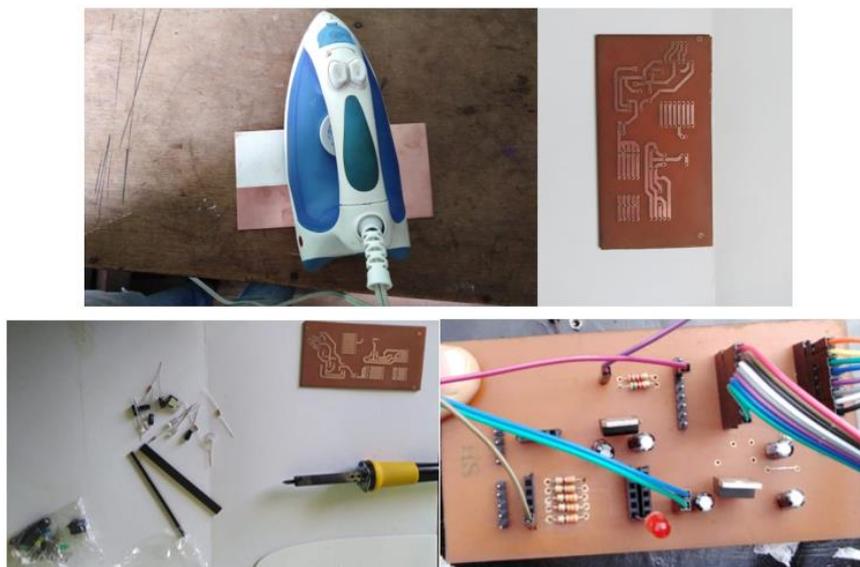


Figura 53 Procedimiento para la implantación de circuito impreso y soldado de dispositivos electrónicos

En el circuito impreso incluye conectores o comúnmente llamados espadines hembra y macho, para manipular y conectar de una manera más fácil al momento de colocar la placa en el interior del prototipo del vehículo.

3.8.2 Pruebas del Interfaz comunicación entre el Arduino y el brazalete Myo

Teniendo en cuenta que se realizó nueva placa de circuito impreso, realizar la respectiva prueba de comunicación entre el Arduino y el Brazalete Myo para que la transmisión y recepción funcione de una manera eficaz ver Figura 54.



Figura 54 Prueba de conexión entre arduino Uno y Brazalete Myo

Podemos constatar que la comunicación se mantiene y no presenta ningún problema, el funcionamiento está óptimo.

3.8.3 Indicador de Leds

En la Figura 55, podemos visualizar la distribución de los leds. Del mismo modo que van a ser montadas en la superficie del vehículo no tripulado terrestre para visualizar hacia donde se desplaza el prototipo.



Figura 55 Distribución de leds para su indicación

A continuación, se detalla (ver Tabla 6) la visualización de leds como modo indicación acorde al desplazamiento del vehículo no tripulado terrestre.

Tabla 6

Indicación de Leds acorde a los movimientos del vehículo

Color	Indicación	Puertos utilizados en el Arduino Uno
Azul	Bloqueo y Desbloqueo del movimiento (EMG)	Puerto 13
Verde	Movimiento hacia adelante	Puerto 8
Rojo	Movimiento hacia atrás	Puerto 9
Amarillo	Movimiento Izquierda y derecha del vehículo	Puerto 10 Puerto 11

3.9 Alimentación

En la etapa de control será alimentado por una batería de LiPo de 2 celdas con su voltaje nominal de 7,4V y con la capacidad de 300mAh directamente al Arduino Uno, ya que este tiene un pin designado para suministro de energía en rango de 7-12V. De mismo modo el Arduino Uno tiene puertos designados con voltaje de salida de 3,3V y 5V, en este caso utilizamos los 5 V, para alimentar a la placa diseñada para el Modulo Bluetooth 4.0 HM-11, teniendo en cuenta que esta placa cuenta con un regulador de voltaje LM1117 a (3,3V) y energizar al Bluetooth 4.0 HM-11.

Etapa de potencia, se denomina la alimentación al modulo L298N (Puente H) para el control de los motores DC que serán alimentados por un batería de LiPo de dos celdas, con voltaje nominal de 7,4V, y con la capacidad de 1000 mAh. En esta etapa también contamos con un regulador de voltaje LM7805 a (5V) para conectar los ENABLE del módulo L298N que es necesario para el funcionamiento del módulo y obtener el control como se muestra en la Figura 56.

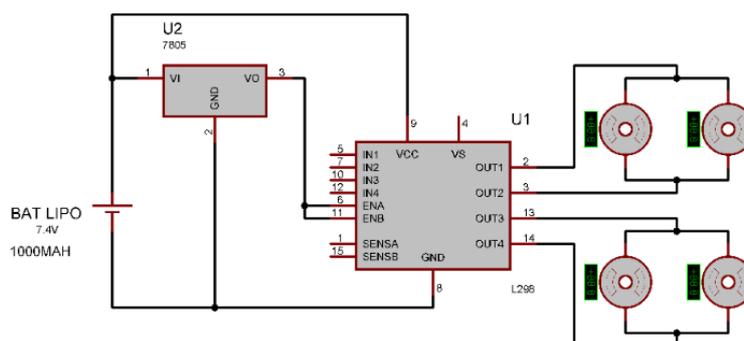


Figura 56 Alimentación y Conexión de los motores DC al Puente H L298N

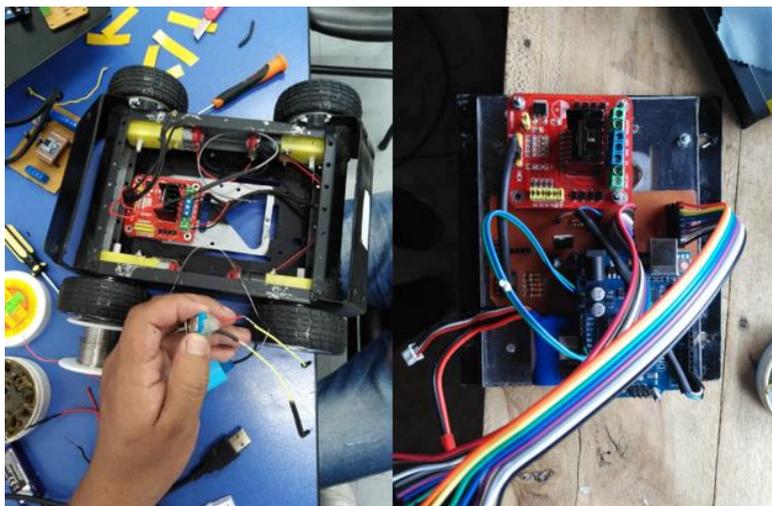


Figura 57 Conexión de motores al Puente L298N, ubicación batería de LiPo

3.10 Armado y Estética del Vehículo no tripulado terrestre

Para proceder a realizar las conexiones y colocar las placas del circuito electrónico (circuitos de control y circuito de potencia), de una manera muy estética utilizar la cinta termoencogible para el cableado.

Retirar la tapa y tomar dimensiones de cada una de las placas electrónicas y proceder ubicar de una manera que sea fácil de manipular para realizar las conexiones.

En la Figura 58, se pone en consideración los procesos realizados para armado final del prototipo (Vehículo no tripulado terrestre).



Figura 58 Proceso de Armado Final del Vehículo no tripulado terrestre.

Cabe mencionar que el prototipo fue diseñado por (Díaz Gabriel) en un trabajo anterior, al cual solamente se modificó en algunos aspectos como; la ubicación de las tarjetas electrónicas para el control y la estética del vehículo.

3.11 Pruebas

Anteriormente se pudo observar la implementación de la interfaz de comunicación entre el Arduino Uno y el brazalete Myo, el diseño de circuitos electrónicos, Código de programa, y el diseño de la estructura de prototipo para obtener el control de movimiento.

En esta parte realizamos las pruebas de funcionamiento paso a paso con los gestos utilizados e implementados en el hardware (vehículo no tripulado terrestre).

3.11.1 Colocación de Brazalete Myo

La ubicación del brazalete Myo, debe ser colocado en el antebrazo derecho tomando en cuenta que el conector micro USB debe estar colocado hacia los dedos o a su vez al Bluetooth 4.0 HM-11 ver Figura 59, así evitar errores en la sincronización y evitar errores en el reconocimiento de gestos para movimiento del vehículo no tripulado terrestre.



Figura 59 Colocación del Brazaletes Myo

3.11.2 Funcionamiento movimientos

En la Figura 60, se observa el prototipo conectado a la PC mediante USB serial COM3, para visualizar la Tx y Rx de datos en el monitor serial de Arduino y comprobar el funcionamiento del microcontrolador, que permiten la transmisión y recepción de datos por el puerto serial.



Figura 60 Conexión para observar la Tx y Rx por el puerto serial

Y en la Figura 61, se observa la pantalla principal del monitor serial Arduino en la misma se observa;

- ✓ Buscando el Myo
- ✓ Conectado
- ✓ Nivel de batería

Movimientos

- ✓ Arriba=Movimiento hacia adelante

- ✓ Abajo= Movimiento hacia atrás
- ✓ Izquierda=Movimiento hacia a la izquierda
- ✓ Izquierda Rápido
- ✓ Derecha=Movimiento hacia a la derecha
- ✓ Derecha Rápido

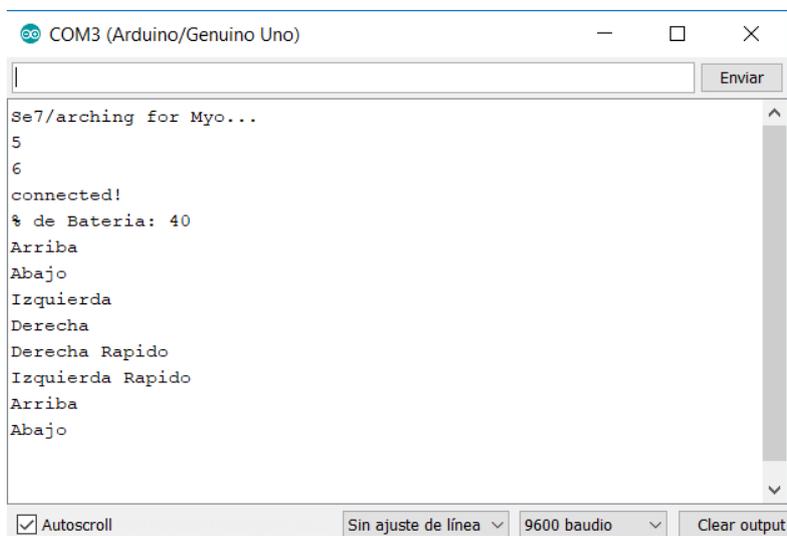


Figura 61 Pantalla principal monitor serial Arduino

3.11.3 Funcionamiento de los Leds

En la Figura 62, se observa el funcionamiento de los leds montados en el prototipo (vehículo no tripulado terrestre)

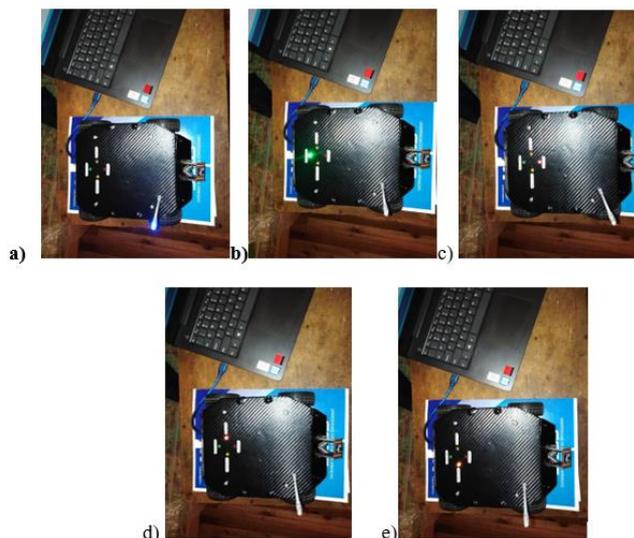


Figura 62 Indicación leds: a) Bloqueo, b) Movimiento Adelante, c) Movimiento Atrás, d) Movimiento Izquierda, e) Movimiento Derecha

3.12 Expendio económico

En esta parte se detalla el análisis económico para la implementación del control ver (Tabla 7) lista de elementos y dispositivos electrónicos utilizados en el desarrollo del proyecto.

Tabla 7

Análisis económico del desarrollo del proyecto

Nº	DESCRIPCIÓN	CANT	V/UNITARIO	TOTAL
1	Brazalete Myo	1	600,00	600,00
2	Bluetooth 4.0 HM-11	1	36,00	36,00
3	Arduino Uno	1	15,00	15,00
4	Batería de lipo	2	13,50	27,00
5	Cargador Batería de Li-po	1	15,00	15,00
7	Regulador de voltaje	2	1,00	2,00
8	Prototipo		30,00	30,00
9	Led	7	0,15	1,05
10	Cables (hembra, macho)	40	0,10	4,00
11	Espadines (hembra, macho)	2	0,40	0,80
12	Cinta Termoencogible	4 m	0,50	2,00
13	Placa de baquelita	1	1,30	1,30
14	Estaño	2 m	0,50	1,00
			TOTAL	748,00

CAPITULO IV

4 Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El brazalete Myo para la transmisión y recepción de datos implica el protocolo Bluetooth de bajo consumo el cual trabaja con (BLE 4.0) o superiores en el presente proyecto el bluetooth 4.0 modulo HM-11, la interface de comunicación sirve para que la Tx y Rx de comandos o datos sea de forma directa inalámbricamente sin necesidad de un cable físico para o cual es necesario cargar el firmware correspondiente al Arduino Uno.
- Para la realización de este trabajo se involucran conocimientos de programación y electrónica cumpliendo con el objetivo general, se ha construido un prototipo (vehículo no tripulado terrestre) que es comandado a través de un brazalete Myo mediante señales electromiográficas provenientes del antebrazo, estas actividades son generadas en la tensión y extensión del músculo al realizar el gesto establecido para cada movimiento es enviado al microcontrolador y consiguiente hacia un driver para el control de los motores DC.
- Al finalizar el trabajo se pudo observar que en la integración entre el brazalete Myo y Bluetooth 4.0 HM-11, la comunicación no es buena en distancias superiores a cuatro metros, presenta retardo en el tiempo de respuesta a pesar que en el firmware cargado está trabajando a una velocidad predeterminada de 115200 baudios de acuerdo al requerimiento del Bluetooth 4.0, según la especificación técnica puede operar a distancias mayores.
- El sistema implementado es un control de mando remoto a corta distancia debido que se utiliza la comunicación bluetooth para la Tx y Rx de datos y dirigir el desplazamiento del prototipo teniendo en cuenta que a mayor velocidad que esté operando el bluetooth menor es la distancia en donde puede desenvolverse.

4.2 Recomendaciones

- Realizar la calibración del brazalete Myo, antes de empezar con el control, tomando en cuenta que si es necesario se debe utilizar los acopladores extra, para que los sensores del brazalete se fijen correctamente al brazo.
- Cargar correctamente la batería del brazalete Myo hasta un porcentaje de 80% para que la comunicación sea eficiente, evitando de esta manera la confusión de movimientos o a su vez este no reconozca los gestos emitidos.
- Realizar la programación de movimientos uno por uno con la persona que realice la práctica antes de empezar a utilizar el brazalete, porque requiere un entrenamiento general para enviar las señales EMG y no tenga una gran repetitividad entre personas.
- La página oficial ThalmicLabs de donde procede el brazalete Myo, se encuentra restringida ya que el dispositivo está sujeta a nuevas mejoras, el usuario solo puede reportar errores para futuras investigaciones es necesario espera para adquirir el dispositivo mejorado.

BIBLIOGRAFÍA

- LOPEZ R, L. (2017 de Agosto de 2017). Desarrollo de un reconocedor de señales multiples utilizando mapas de distancia. Querétaro, Mexico.
- ZUGASTI ROYUELA, D. (17 de Julio de 2015). VEHÍCULO MÓVIL NO TRIPULADO PROVISTO. Alcalá, España.
- Arduino. (2018). Robotica.com. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- CAMACHO, D., ERAZO, M., MERA, E., & VELASCO, A. (Junio de 06 de 2016). Control de un Brazo Robótico LYNX AL5D Empleando Electromiografía a Través de la Tecnología MYO ARMBAND. PAPER. LATACUNGA, ECUADOR .
- Carrillo Paz, A. J. (2011). Santa Rita, Edo Zulia, Venezuela: UNERMB. Recuperado el 09 de Enero de 2019, de http://150.185.9.18/fondo_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA%20DE%20CONTROL%20%201.pdf
- Chimal, I. (Enero de 2017). Electromiografía. Desarrollo de una API para el Dispositivo MYO. Veracruz, Mexico. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/47263>
- Cosco Grimaney, J. (2008). Controles Electricos y Automatizaciòn . Lima, Peru. Recuperado el 09 de Enero de 2019, de <https://es.scribd.com/doc/2634841/DEFINICIONES-BASICAS-DE-CONTROL>
- Cubillo, A. (2016). Diseño y Desarrollo de una pltaforma de Integraciòn Digital entre un Drone y un dispositivo de Reconocimiento Gestual. Definiciòn , 11. (GIRA-UTPC, Ed.) Tunja, Boyaca, Colombia: Repositorio UPTC. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1715/1/TGT-399.pdf>
- Dea. (21 de Abril de 2015). GEEKBOT ELECTRONICS. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de <http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/>
- EcuRed. (s.f.). ECURED. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas_de_Li-Po

- Electronica, S. (2019). SMD DC Motor. Obtenido de <https://www.electronicasm.com/productos/motores/dc/>
- Eva, Martinez . (2017). Cuadernos de Guardia Civil. Revista de Seguridad Pública, 91. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de https://intranet.bibliotecasgc.bage.es/intranet-tmpl/prog/local_repository/documents/documents/20114_21356.pdf#page=85
- GitHub. (2 de Mayo de 2017). RedBeard . Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de <https://github.com/RedBearLab/CCLoader>
- Huitzil, I., Pajaro, J., & Ramirez, I. (Diciembre de 2017). Test of Myo Arband. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, III(10 48-56), 48-56. Recuperado el 09 de Enero de 2019, de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol3num10/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V3_N10_6.pdf
- Konrad, P. (March de 2006). Apractical Introduction to Kinesiological Electromyography. The ABC of EMG. (D. Traductor, Trad.) Scottsdale, Arizona, USA: Noraxon. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de <https://www.noraxon.com/wp-content/uploads/2014/12/ABC-EMG-ISBN.pdf>
- Lopez, L. (21 de Agosto de 2017). JSPUI . Desarrollo de un reconocedor de señales múltiples utilizando Mapas de distancia, 9. Santiago de Querétano, Querétano, Mexico. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/308/1/ETM-LLR-2017.pdf>
- Pomboza, W. (Septiembre de 2017). Señales EMG. Control y supervisión avanzada de sistemas basados en el uso de interfaces naturales de usuario de tipo Gestual (INU-G), 91-152. (U. d. Doctorales, Ed.) Granada, España. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/48329/28033085.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Robles, L. (23 de Octubre de 2015). Vehículo no Tripulado. Simulación por ordenador del paso por obstáculos de un vehículo Terrestre no tripulado, 30 y 52.

- Leganès, Madrid, España. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de <https://es.scribd.com/document/374067378/T-ESPE-032672jejej>
- Robotics,Banana. (s.f.). BANANA ROBOTICS. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de <https://www.bananarobotics.com/shop/L298N-Dual-H-Bridge-Motor-Driver>
- Seeed. (2019). Seeed. Obtenido de http://wiki.seeedstudio.com/Bluetooth_V4.0_HM_11_BLE_Module/
- Thalmic, L. (2013). Thalmic Labs. Recuperado el 3 de Octubre de 2018, de <https://support.getmyo.com/hc/en-us/articles/203398347-Getting-started-with-your-Myo-armband>
- USECHE M., P., JIMENEZ M, R., & F AVILÉS , O. (12 de Diciembre de 2016). Individual Robotic Arms Manipulator Control Employing. (R. I. Publications, Ed.) 11(23). Recuperado el 11 de Septiembre de 2018, de https://www.researchgate.net/profile/Paula_Useche_Murillo/publication/314079352_Individual_Robotic_Arms_Manipulator_Control_Employing_Electromyographic_Signals_Acquired_by_Myo_Armbands/links/58b366a745851503be9e0f6d/Individual-Robotic-Arms-Manipulator-Con

GLOSARIO DE TÉRMINOS

EMG: Electromiográficos

FIRMWARE: Es un programa informático que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo, es el software que tiene directa interacción con el hardware.

IMU: Inertial Measurement Unit (Unidad de Medición Inercial)

INTERFAZ: Capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.

LIBERIA ARDUINO: Trozos de código hechas por terceros que usamos en nuestro sketch (bosquejo). Esto nos facilita mucho la programación y hace que nuestro programa sea más sencillo de hacer y luego de entender.

MANDO: Procedimiento que actúa sobre un mecanismo o parte de él para iniciar, suspender o regular su funcionamiento.

MIOGRAFÍA: f. Parte de la anatomía que tiene por objeto la descripción de los músculos.

MOTOR DC: Motor Direct Current (Motor de Corrientes Directa).

REMOTO: adj. Que está distante o lejano en el tiempo o en el espacio.

PROTOTIPO: m, Ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otras cosas.

ANEXO

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A Código de programa

ANEXO B Esquema de conexión

ANEXO C Presentación del prototipo y brazalete Myo

ANEXO A Código de programa

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

byte Led_Lectura = 13; // Salida pin de estado de lectura
bool bloqueo;
String GESTO;
byte Ma1=4;
byte Ma2=5;
byte Mb1=6;
byte Mb2=7;
void printConnectionStatus(MyoConnectionStatus status) {
Serial.println(status);
}
void updateLockOutput(bool locked) {
digitalWrite(Led_Lectura, !locked);
bloqueo=locked;
if(bloqueo==0)
{
digitalWrite(Ma1,LOW);
digitalWrite(Ma2,LOW);
digitalWrite(Mb1,LOW);
digitalWrite(Mb2,LOW);
}
}
void updateControls(GestureType gesture) {
```

```

GESTO = gestureToString(gesture);
bridge.vibrate(1);

if (gesture == ARM_UP && bloqueo==0)
{
    //CARRO ADELANTE
    Serial.println("Arriba");
    digitalWrite(Ma1,HIGH);
    digitalWrite(Ma2,LOW);
    digitalWrite(Mb1,LOW);
    digitalWrite(Mb2,HIGH);
}

if (gesture == ARM_DOWN && bloqueo==0)
{
    //CARRO ATRAS
    Serial.println("Abajo");
    digitalWrite(Ma1,LOW);
    digitalWrite(Ma2,HIGH);
    digitalWrite(Mb1,HIGH);
    digitalWrite(Mb2,LOW);
}
/*
if (gesture == ARM_ROTATE_CCW && bloqueo==0)
{
    Serial.println("Izquierda Rapido");
}
if (gesture == ARM_ROTATE_CW && bloqueo==0)
{
    Serial.println("Derecha Rapido ");
}
*/
if (gesture == ARM_LEFT && bloqueo==0)
{

```

```

Serial.println("Izquierda");
digitalWrite(Ma1,HIGH);
digitalWrite(Ma2,LOW);
digitalWrite(Mb1,LOW);
digitalWrite(Mb2,LOW);
}
if (gesture == ARM_RIGHT && bloqueo==0)
{
Serial.println("Derecha");
digitalWrite(Ma1,LOW);
digitalWrite(Ma2,LOW);
digitalWrite(Mb1,LOW);
digitalWrite(Mb2,HIGH);
}
/*
if (gesture == ARM_CIRCLE_CW && bloqueo==0)
{
Serial.println("Circulo Horario");
}
if (gesture == ARM_CIRCLE_CCW && bloqueo==0)
{
Serial.println("Circulo Antihorario");
}*/
}
void setup () {
Serial.begin(9600);
bridgeSerial.begin(115200);
//wait until MyoBridge has found Myo and is connected. Make sure Myo is not
connected to anything else and not in standby!
Serial.println(F("Searching for Myo..."));
//initiate the connection with the status callback function
bridge.begin(printConnectionStatus);
Serial.println(F("connected!"));
//Obtiene el nivel y lo muestra

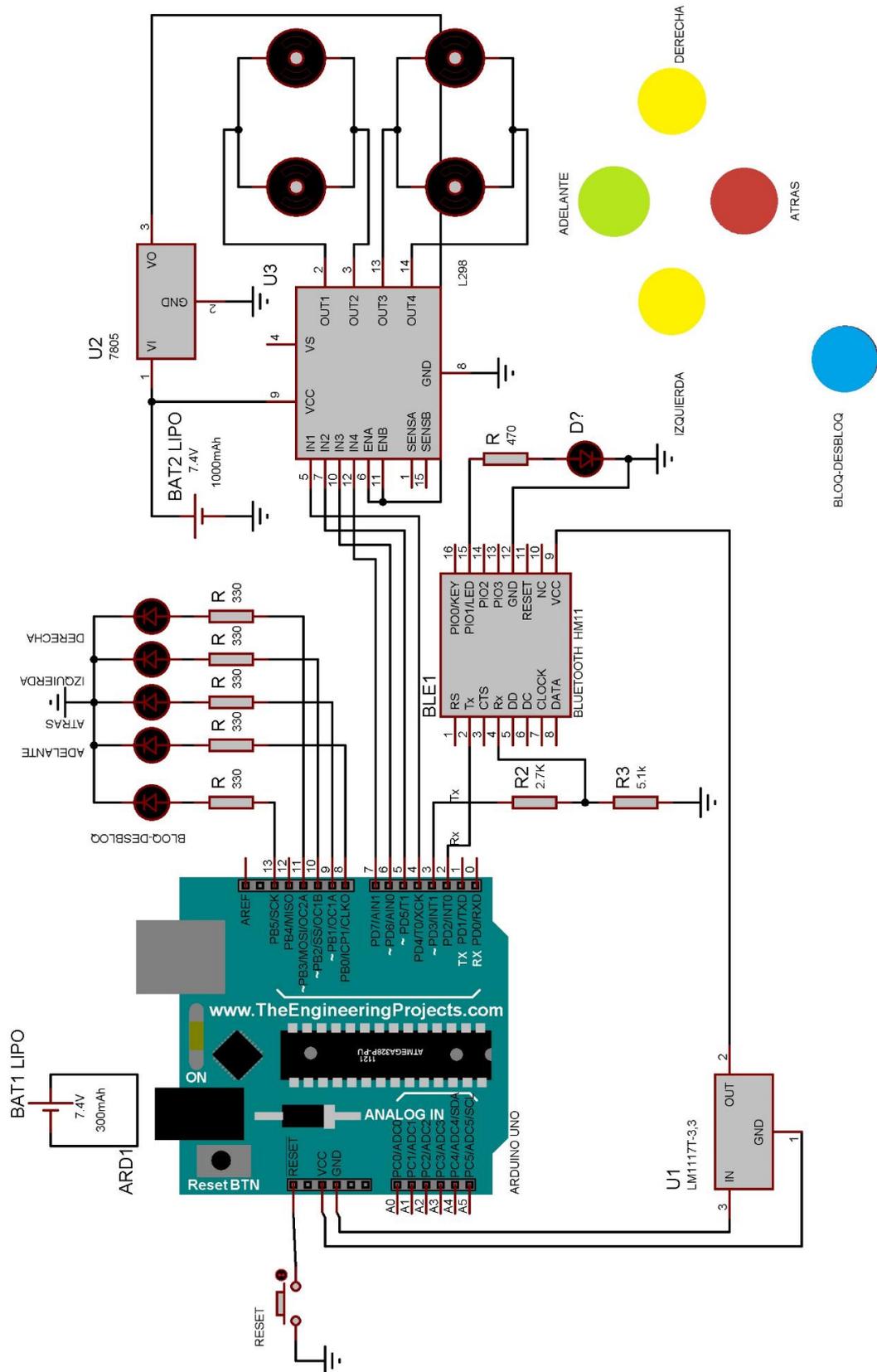
```

```
byte NivelBateria = bridge.getBatteryLevel();
Serial.print("% de Bateria: ");
Serial.println(NivelBateria);
pinMode(Led_Lectura,OUTPUT);
pinMode(Ma1,OUTPUT);
pinMode(Ma2,OUTPUT);
pinMode(Mb1,OUTPUT);
pinMode(Mb2,OUTPUT);

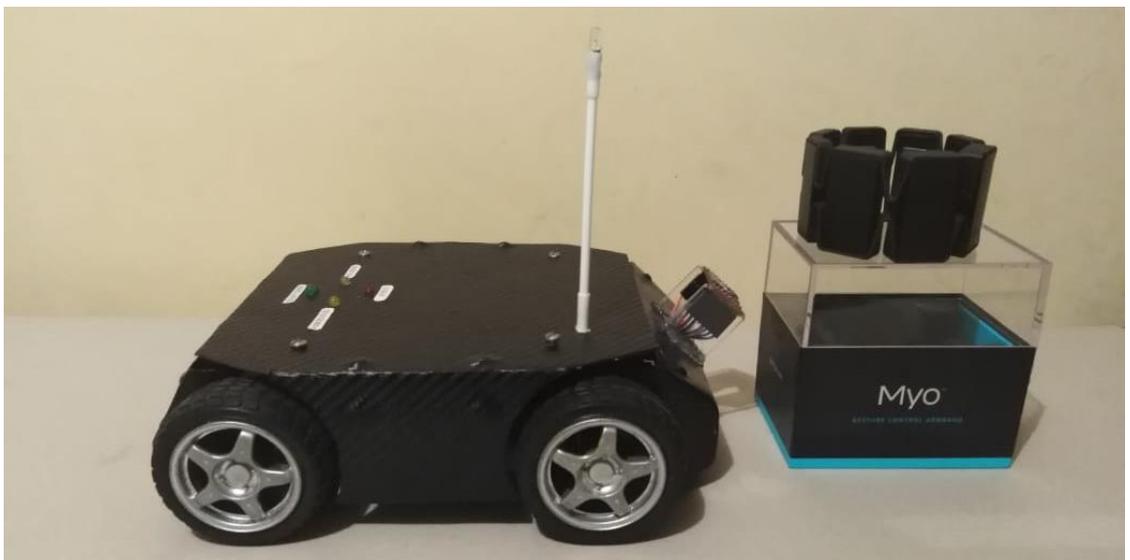
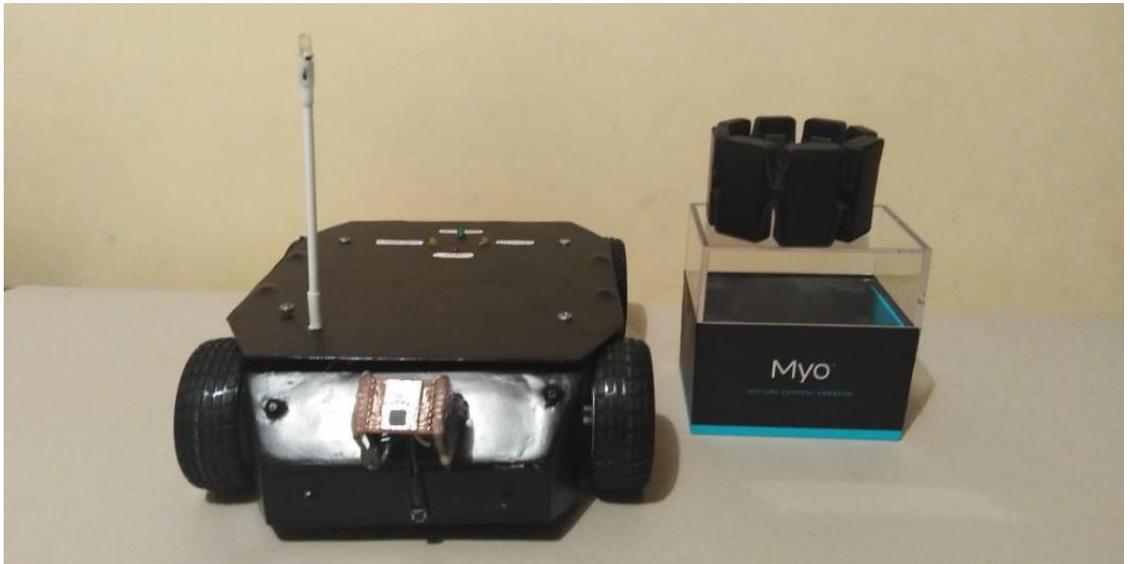
MyoIMUGestureController::begin(bridge, updateControls, updateLockOutput);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  bridge.update();
}
```

ANEXO B Esquema de conexión



ANEXO C Presentación del prototipo y brazalete Myo



DATOS PERSONALES

NOMBRE Baltazaca Ante Efraín Vinicio
DOCUMENTO DE IDENTIDAD 0503628752
FECHA DE NACIMIENTO 14 de marzo 1995
LUGAR DE NACIMIENTO Pujilí / Zumbahua
ESTADO CIVIL Soltero
DIRECCION Parroquia Ignacio Flores / La Laguna Calle Chimborazo
TELEFONO 0967901253
E-MAIL efrabaltazaca_95m@hotmail.com



FORMACION ACADEMICA

ESTUDIOS PRIMARIOS Escuela “Dr. José María Velasco Ibarra”
ESTUDIOS SECUNDARIOS Colegio Técnico Industrial “Dr. Trajano Naranjo”
ESTUDIOS SUPERIORES Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-UGT
CARRERA Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica

SEMINARIOS Y OTROS

Primeras Jornadas Tecnológicas Internacionales en Electromecánica, dictado por varios expositores internacionales con duración de 24 horas en el campus ESPE Latacunga; 12 de diciembre del 2016.

EXPERIENCIA LABORAL

PRACTICAS PRE PROFECIONALES CELEC EP TERMOESMERALDAS

Fecha de inicio: 6 de marzo del 2017

Fecha de finalización: 31 de marzo 2017

PRACTICAS PRE PROFECIONALES CNT EP

Fecha de inicio: 28 de agosto del 2017

Fecha de finalización: 22 de septiembre del 2017

LATACUNGA 13 DE FEBRERO DEL 2019

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGIAS**

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

BALAZACA ANTE EFRAÍN VINICIO
CC. 0503628752

**DIRECTOR DE LA CARRERA ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

ING. PABLO XAVIER PILATASIG PANCHI