

Diseño de un sistema de control de una silla de ruedas para personas con cuadriplejia

Brayan Camilo Betancourth Gómez¹

Edison Alexander Mora Piscal²

Esteban Fernando Tatalchá Matabajoy³

Hermes Andrés Ayala⁴

Resumen

El presente trabajo de tecnología e investigación se desarrolló con el objetivo de diseñar y construir el control de una silla de ruedas inteligente para personas con cuadriplejia, la cual realiza el movimiento basándose en los movimientos articulados del cuello del usuario. El desarrollo se enfocó en la adquisición de los datos del sensor de movimiento inercial y la creación de un algoritmo capaz de procesar y clasificar dichos datos para ejecutar el movimiento. Para ello se utilizó el sensor MPU6050 que permite reconocer los movimientos ejercidos por el usuario y, posterior a ello, procesarlos en el sistema embebido (microcontrolador, Arduino) en donde se ejecutó el algoritmo que procesa los datos e identifica el tipo de movimiento que la persona desea realizar en la silla de ruedas y enviarlos inalámbricamente a un sistema de control, para hacer la activación de los actuadores y así ejercer el movimiento de la silla de ruedas. Finalmente, se presenta el funcionamiento de la silla de ruedas en las respectivas direcciones hacia adelante, atrás, izquierda, derecha y detenerse, cuando el usuario mantiene su cabeza en posición normal.

Palabras clave: Control; silla de ruedas; cuadriplejia; sensor de movimiento inercial.

Design of a control system of a wheelchair for people with quadriplegia

Abstract

The present work on technology and research was developed with the aim of designing and building the control of an intelligent wheelchair for people with quadriplegia; it performs the movement based on the articulated movements of the user's neck. The development focused on the acquisition of the inertial motion sensor data and the creation of an algorithm capable of processing and classifying said data to execute the movement. For this, the sensor MPU6050 was used, which allows recognizing the movements exerted by the user and afterwards, process them in the embedded system (microcontroller, Arduino), where the algorithm that processes the data and identifies the type of movement that the person wishes to carry out in the wheelchair and send them wirelessly to a control system, to activate the actuators and thus exert the movement of the wheelchair. Finally, the operation of the wheelchair in the respective forward, backward, left, right and stop directions is presented when the user keeps his head in a normal position.

Keywords: Control; wheelchair; quadriplegia; inertial motion sensor.

¹Correo electrónico: bbetancourth@umariana.edu.co

²Correo electrónico: edimora@umariana.edu.co

³Correo electrónico: etatalcha@umariana.edu.co

⁴Correo electrónico: hayala@umariana.edu.co

Projeto de sistema de controle de cadeira de rodas para pessoas com quadriplegia

Resumo

O presente trabalho de tecnologia e pesquisa foi desenvolvido com o objetivo de projetar e construir o controle de uma cadeira de rodas inteligente para pessoas com quadriplegia, onde esta realiza o movimento, a partir dos movimentos articulados do pescoço do usuário. O desenvolvimento teve como foco, a aquisição dos dados do sensor de movimento inercial e a criação de um algoritmo capaz de processar e classificar esses dados para a execução do movimento. Para isso, foi utilizado o sensor MPU6050, que permite reconhecer os movimentos realizados pelo usuário e posteriormente processá-los no sistema embarcado (microcontrolador, Arduino), onde foi desenvolvido o algoritmo que processa os dados e identifica o tipo de movimento que a pessoa deseja realizar na cadeira de rodas e enviá-los sem fio para um sistema de controle, para acionar os atuadores e assim exercer o movimento da cadeira de rodas. Finalmente, **é apresentado** o funcionamento da cadeira de rodas nas respectivas direções para frente, para trás, esquerda, direita e parada quando o usuário mantém sua cabeça em uma posição normal.

Palavras-chave: Controle; cadeira de rodas; quadriplegia; sensor de movimento inercial.

1. Introducción

El presente trabajo de investigación cuenta con un diseño a escala de una silla de ruedas en el software CAD (SolidWorks) para personas con discapacidad motriz. En cuanto a la construcción del proyecto, se hizo uso de la tecnología de impresión 3D en un material PLA, resistente y compatible con el movimiento de la silla. Además, se implementó el acelerómetro MPU6050 para generar los datos y ejecutarlos en un algoritmo previamente cargado en un sistema de microcontrolador configurado como maestro, para luego, ser enviados por medio de un protocolo de comunicación a otro sistema de control configurado como esclavo que permite la activación de los motores en las diferentes direcciones: izquierda, derecha, adelante y atrás.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), en la actualidad el número de personas con alguna discapacidad física para mover su cuerpo asciende a casi mil millones de personas; de estas, unos 200 millones padecen parálisis. En Colombia, según Cubillos, Matamoros y Perea Caro (2020), aproximadamente 1,2 millones presentan alguna discapacidad. Aquéllas con discapacidad registradas en Colombia se centran principalmente en Bogotá (18,5 %), Antioquia (13,8 %), Huila (5,0 %), Santander (4,7 %) y Cali (4,2 %); la mayoría de ellas, son adultos mayores (39 %).

Algunas de las principales causas de la cuadriplejía son debidas a accidentes automovilísticos y deportivos, por lo que las personas con esta afección requieren una silla de ruedas manual, motorizada o automática, para poder desplazarse, dependiendo del tipo de cuadriplejía que presenten. Han sido desarrollados sistemas que facilitan la movilidad de las personas con discapacidad cuadripléjica, como, por ejemplo, el diseño y control de una silla de ruedas eléctrica utilizando señales de electroencefalografía (EEG) para personas con severas discapacidades, utilizando para ello, el dispositivo Neurosky Myndplay que permite reconocer ondas cerebrales y enviarlas a un módulo que capta las señales EEG para luego ser enviadas a un miniordenador Raspberry Pi en donde son procesadas y clasificadas, para realizar el movimiento respectivo de la silla (Altamirano y Revilla, 2017).

Por esta razón, nace la idea de desarrollar un sistema de control de silla de ruedas para personas cuadripléjicas, con el objetivo de mejorar su calidad de vida, ya que la cuadriplejía o tetraplejía produce parálisis total o parcial de brazos y piernas; por ende, para mejorar sus condiciones de vida y disminuir la exclusión social, se busca crear espacios o herramientas que permitan la integración de las mismas y disminuir así, las brechas de desigualdad que hay actualmente, permitiendo que la tecnología ayude a crear un entorno más equitativo.

2. Desarrollo

Silla de ruedas. El diseño consta de dos ruedas controlables que permiten realizar el desplazamiento de la silla; tiene dos baterías de 9V para alimentar el sistema de control y el sistema de activación de los actuadores. En la Figura 1 y la Tabla 1 se muestra las características para el desarrollo del proyecto.

Figura 1

Silla de ruedas y sus componentes

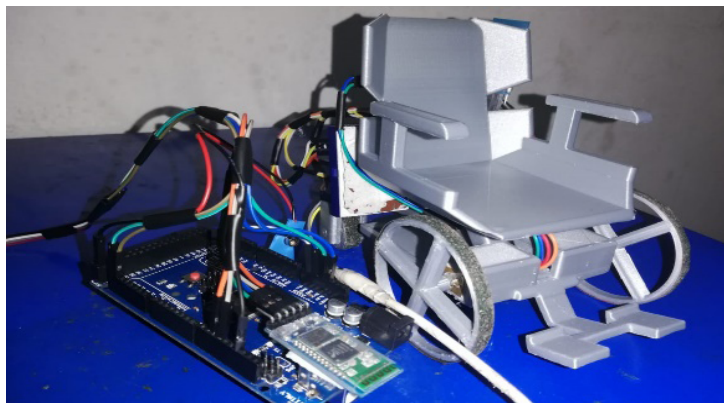


Tabla 1

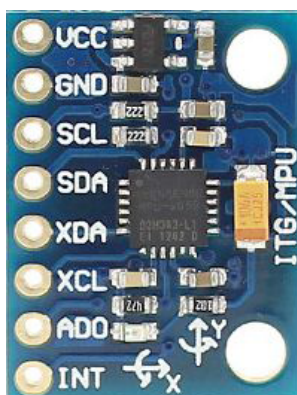
Componentes de la silla

Componentes	Número de componentes
MPU6050	1
Bluetooth	2
Motorreductores	2
Driver L298	1
Arduino Mega	2

Módulo Acelerómetro y giroscopio MPU6050. El sensor MPU-6050 está constituido por un giroscopio de tres ejes, un acelerómetro de tres ejes y un sistema digital de movimiento; también consta de un motor con comunicación I2C que permite conectarse a diferentes interfaces de sensores digitales (Electrónica Práctica Aplicada, 2019) y, en función a ello, permite adquirir las aceleraciones de los ejes X, Y y Z y, además, detecta las velocidades angulares.

Figura 2

Acelerómetro MPU6050



Fuente: Electrónica Práctica Aplicada (2019).

El módulo Bluetooth HC-05. Tiene la funcionalidad de enlazar dispositivos smartphone Android o PC con conexión inalámbrica (Figura 3). La transmisión o recepción de datos se puede realizar completamente a través de un programador, donde se conecta directamente a los pines seriales del microcontrolador, ya sea Arduino, PIC, entre otros (Naylamp Mechatronics SAC., 2021). En la Tabla 2 se puede apreciar las especificaciones del módulo Bluetooth

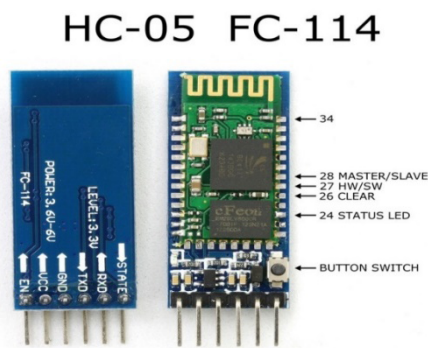
Tabla 2

Especificaciones Modulo Bluetooth

Característica	Descripción
Voltaje	3,6V-6V DC
Corriente	50mA
Frecuencia	Banda ISM 2.4GHz
Alcance	10 metros
Temperatura	-20C-70C
Peso	3.6g

Figura 3

Módulo Bluetooth



Fuente: Arduino.Ve (2020).

Motorreductores. Son dispositivos encargados de regular la velocidad de los motores eléctricos, permitiéndoles trabajar a un ritmo limitado (Figura 4); están constituidos, principalmente, por varios engranajes que forman la cadena de movimiento, encargados de hacer funcionar las piezas giratorias. El funcionamiento primordial es convertir una rapidez inicial máxima a otra mínima (Compañía Levantina de Reductores, CLR, 2020). En la Tabla 3 se muestra las especificaciones de los motorreductores:

Tabla 3

Especificaciones Motorreductor

Característica	Descripción
Voltaje	3V-5V-6V DC
Velocidad	80rpm-100rpm-140rpm
Corriente	80mA-120mA-140mA
Torque	800g/cm

Figura 4
Motorreductor



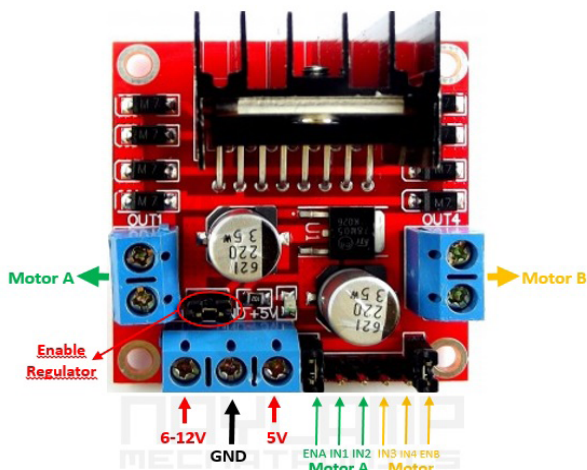
Fuente: Inteligencia Artificial (s.f.).

Controlador L298N. Es un dispositivo que permite controlar motores de corriente directa DC y, motores paso a paso, entre otros. El driver L298N puede manejar motores DC de hasta dos amperios. Este controlador permite manipular la dirección y la velocidad de giro de motores mediante señales TTL que pueden ser obtenidas de algún microcontrolador, ya sea Arduino, PIC o Raspberry. La dirección de giro se puede regular utilizando el control por ancho de pulso (PWM) (Geek Factory, 2020). La Tabla 4 nos permite apreciar las especificaciones y características del módulo L298N.

Tabla 4
Especificaciones Driver L298N

Características	Descripción
Voltaje	5V
Corriente control	36mA
Corriente Operación	2A
Potencia	25W
Peso	30g

Figura 5
Driver L298N



Fuente: Naylamp Mechatronics SAC. (2021).

Arduino Mega. Es una plataforma que se basa en software y hardware; consta de microcontroladores capaces de leer entradas como el pulso de un botón, lectura de sensores, recibir mensajes y convertirlos en salidas, que pueden ser: activación de actuadores, ilustración de mensajes en una pantalla LCD, entre otras funciones; está en la capacidad de enviar instrucciones a la placa microcontroladora utilizando comandos, con la finalidad de ejecutar un proceso (Ingeniería Mecafenix, 2017). En la Tabla 5 se muestra las especificaciones del Arduino Mega.

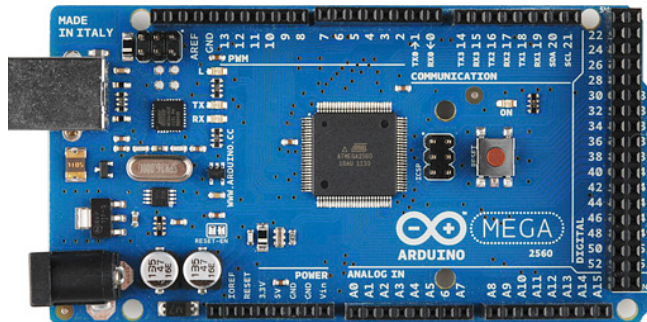
Tabla 5

Características Arduino Mega

Características	Descripción
Voltaje	5V
Corriente	40mA-50mA
Velocidad de reloj	16MHz
Microcontrolador	ATmega328
Memoria RAM	1 Kbyte
Memoria Flash	32 Kbyte

Figura 6

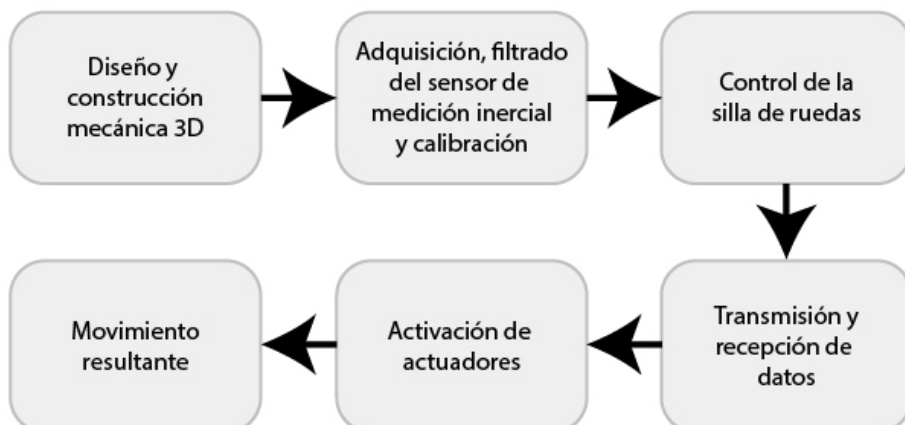
Arduino Mega



Fuente: Delgado Crespo (s.f.).

3. Metodología

La metodología se subdivide en fases, las cuales se presenta a continuación:



4. Resultados

Fotos del prototipo de silla de ruedas desarrollado con su respectivo sistema de control

Figura 7

Prototipo de silla de ruedas con sistema embebido en Arduino

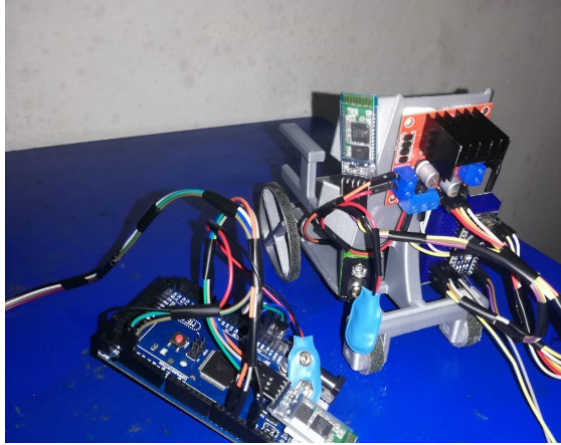


Figura 8

Silla de ruedas con comunicación bluetooth maestro-esclavo

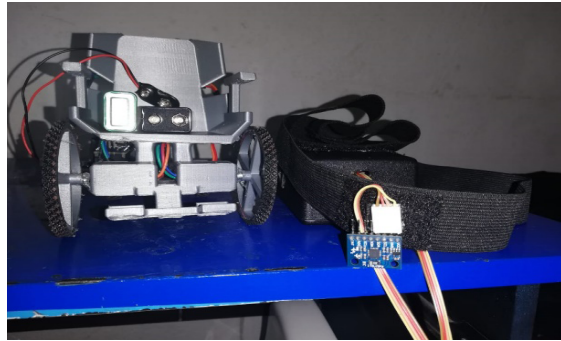


Figura 9

Desplazamiento de la silla de ruedas mediante los movimientos efectuados por el usuario



Figura 10

Calibración del acelerómetro MPU6050 con sistema de control embebido en pic



Como resultado final, se presenta el prototipo; cabe destacar la manera como se modeló el sistema de control, el cual posee la capacidad de expansión en cuanto a la funcionalidad y la adquisición de una señal. Además, este dispositivo es una base para el desarrollo futuro de proyectos más complejos como los controlados por medio de movimiento ocular, señales electromiográficas (EMG) o señales EEG, con el fin de ampliar el sistema de control para otras personas con un nivel de movimiento más limitado.

5. Conclusiones

Mediante el desarrollo del presente proyecto y en cumplimiento de los objetivos, se logró:

- Establecer un sistema de adquisición y control para una silla de ruedas a escala, el cual podrá servir de base para migrar a proyectos más complejos como los controlados por señales EMG, EEG o, por control ocular.
- Realizar un algoritmo que permite la generación de las direcciones: adelante, atrás, derecha, izquierda y parada, mediante los movimientos articulados del cuello; se utilizó un sensor inercial que podría implementar un sistema de calibración para modificar los grados de inclinación según las necesidades de cada usuario.
- Observar algunas fallas debido a la sensibilidad del sensor; por tal motivo, se necesitó ubicarlo de manera simétrica, para evitar alteraciones de la señal; por esta razón se recomienda realizar un filtrado correcto que genere los grados de inclinación deseados.
- Desarrollar este sistema, utilizando tanto dos sistemas embebidos (Arduino, Microcontrolador) como dos protocolos de comunicación (Wifi, Bluetooth). Cabe destacar que el protocolo de comunicación Wifi permitiría agregar más sensores de tipo bioeléctrico con el fin de monitorear de mejor manera el estado de salud del usuario.

Referencias

- Altamirano, M.Á. y Revilla, E.F. (2017). *Diseño y construcción del control de silla de ruedas motorizada basada en señales EEG para personas con severa discapacidad en el Hospital Regional de Lambayeque* (Trabajo de Grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1230>
- ArduinoVe. (2020). *Módulo Bluetooth Hc-05*. http://www.arduinoVe.com/index.php?route=product/product&product_id=65

- Compañía Levantina de Reductores (CLR). (2020). Todo lo que debes saber sobre los reductores y sus componentes.
- Cubillos, J.C., Matamoros, M. y Perea Caro, S.A. (2020). *Boletines poblacionales. Personas con discapacidad. Oficina de promoción social.* Ministerio de Salud
- Delgado Crespo, M. (s.f.). Arduino en español. Arduino Mega 2560. <http://manueldelgadocrespo.blogspot.com/p/arduino-mega-2560.html>
- Electrónica Práctica Aplicada. (2019). Categoría Sensor MPU6050. <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/category/microcontroladores/arduino/sensor-mpu6050>
- Geek Factory. (2020). Módulo L298N puente H driver motores. <https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/modulo-l298n-puente-h-driver-motores/>
- Ingeniería Mecafenix. (2017). Arduino: qué es, cómo funciona, y sus partes. <https://www.ingmecafenix.com/electronica/arduino/>
- Inteligencia Artificial. (s.f.). MOT-1093. Micro motorreductor metálico HP. <http://inteligenciaartificialyrobotica.com/esp/item/37/mot-1093-micro-motoreductor-metalico-hp>
- Naylamp Mechatronics SAC. (2021). Tutorial del uso del módulo L298N. https://naylampmechatronics.com/blog/11_tutorial-de-uso-del-modulo-l298n.html
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Discapacidad y rehabilitación. Informe mundial sobre la discapacidad. https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/