

Automatización de silla de ruedas empleando señales Electromiográficas EMG

Luis Alberto Reyes Ibarra, Perla Alejandra Herrera Castillo, Raúl Villanueva Vallejo, Jorge Aarón Campos Solís

Universidad Politécnica de Durango Carr. Dgo-Mex Km 9.5 S/N Loc. Dolores Hidalgo
C.P. 34300 Durango, Dgo Tel. 618 1501323
Ing. Telemática

luis.reyes@unipolidgo.edu.mx, perla.herrera@unipolidgo.edu.mx, sergio.sifuentes@unipolidgo.edu.mx

RESUMEN

El proyecto pretende ser un auxiliar para personas con problemas de locomoción o movilidad reducida debido a una enfermedad o lesión física. Este sistema convierte una silla de ruedas convencional en una silla de ruedas eléctrica incorporando los gestos musculares como control de movimiento, de esta manera brindando control e independencia al usuario. Hoy en día existen diferentes tipos de sillas eléctricas controladas por voz, gestos faciales, ondas cerebrales, joystick, siendo este último el más utilizado en este tipo de sillas. Para adquirirlas es necesario comprar todo el sistema en conjunto. El prototipo se compone de un sistema mecánico instalado en la parte de atrás de una silla de ruedas y de esta manera convertirla en eléctrica. El control de este se realiza a través de gestos musculares del brazo, utilizando el brazalete Myo que por medio de electromiografía detecta señales eléctricas.

Palabras clave: Myo, Raspberry Pi 3, Python

ABSTRACT

The Project pretends to be a help to persons who have locomotion problems or limited mobility because a sickness or physical lesson. This system able to convert a conventional wheelchair in an electric wheelchair, also it can be controlled by muscle movements giving independence to the users. Today there is a lot of different types of electric wheelchairs, some of them can be controlled by voice, facial gestures, brain signals or joystick, the last one is the most common, but it can't be added to a wheelchair. The prototype is formed by a mechanic system located in the back of the wheelchair, it's the one that makes the chair electric. The chair control is by muscle gestures in an arm, it works using a Myo bracelet that works by electromyography to detect electric signals.

Keywords: MyO, Raspberry Pi 3, Python

1. INTRODUCCIÓN

Entre los mayores problemas de las sillas de ruedas eléctricas del mercado se encuentra su precio elevado y la poca facilidad de trasportarlas por su gran peso y tamaño. Por estas razones uno de los objetivos principales de este proyecto es ofrecer la posibilidad de adaptar un bloque automatizado a cualquier silla de ruedas convencional de esta manera el usuario no tiene la necesidad de comprar otra, el sistema puede colocarse y retirarse de manera sencilla lo que facilita su transporte. El sistema tendrá la capacidad de controlar el movimiento de la silla a través de gestos musculares del brazo empleando la

Electromiografía, con el objetivo de ser de ayuda a las personas con problemas de locomoción o movilidad reducida ya que por lo general necesitan de otra persona para su movilidad debido a no cuentan con la fuerza necesaria para ellos mismos controlar la silla.

Un Electromiograma (EMG) mide la actividad eléctrica de los músculos cuando están en reposo y cuando se están usando. Los estudios de conducción nerviosa miden con qué eficacia y a qué velocidad los nervios pueden enviar señales eléctricas. Los nervios controlan los músculos del cuerpo con señales eléctricas llamadas impulsos. Estos impulsos hacen reaccionar a los músculos en determinadas maneras. Los problemas nerviosos y musculares hacen que los músculos reaccionen de maneras que no son normales [1]

Actualmente para controlar una silla de ruedas eléctrica se ha aplicado la Neuro tecnología y el control por voz, estas tecnologías son bastante precisas en la actualidad, pero también presentan ciertas desventajas, en el análisis de audio hay mucho margen de error ya que funciona mediante estadísticas y hay diversas variaciones, como el tono de la persona, el volumen, si es voz de hombre o mujer, etc. En cuanto la Neuro tecnología, se requiere una gran concentración, por lo que no resulta muy conveniente para este proyecto donde se requiere rapidez a la hora de enviar órdenes a la silla de ruedas. Otra de las razones por las cuales se optó por utilizar la Electromiografía es que existe un sensor comercial llamado Myo, que consiste en un brazalete capaz de detectar gestos de una mano y enviarlos a una computadora mediante Bluetooth, en cuanto a ventajas se puede mencionar que es de un precio relativamente bajo, tiene una gran precisión, y por último, en la página oficial del brazalete se puede encontrar un software que permite calibrar el sensor para cada persona y un código escrito en Python para tomar las lecturas de la pulsera y utilizarlas en algún sistema.

Para tomar los datos de la pulsera y utilizarlos en el control de la velocidad de motores se utilizó la plataforma Raspberry Pi, debido a que puede soportar diversas distribuciones de Linux, el sistema operativo cuenta con IDLE Python y cuenta con GPIO (General Purpose Input/Output), es decir, una serie de conexiones que se pueden usar como entradas o salidas para usos múltiples.

Uno de los objetivos primordiales es diseñar un bloque que contiene los motoredutores e interfaces de control, tal que se pueda adaptar a cualquier silla de ruedas y con ello hacerla eléctrica. Una ventaja de este prototipo es el costo ya que solo se agrega el bloque de automatización y ciertas adecuaciones para contar con una silla de ruedas eléctrica, además tienen una motivación los pacientes al estar empleando una nueva forma de manipular la silla de ruedas.

1.1 Diseño de silla de ruedas

Para el diseño del prototipo se tomaron en cuenta diversos criterios todos ellos tomados de usuarios de silla de ruedas, el principal de ellos es que los usuarios ya cuentan con una silla de ruedas y lo que buscan es que esa misma silla se le añada tecnología que le permita ser eléctrica. Por este motivo el diseño adoptado es el de crear un dispositivo autónomo que cuente en un solo bloque con los motores (ver figura 1), sistema de control y batería además de un sistema de acoplamiento hacia una silla de ruedas estándar. En la figura 2 se muestra un diagrama de flujo donde se observan los pasos a seguir en el diseño de una silla de ruedas, también se aprecia que se tienen que realizar pruebas de fuerza y durabilidad los cuales son parámetros que deben ser siempre evaluados [2].

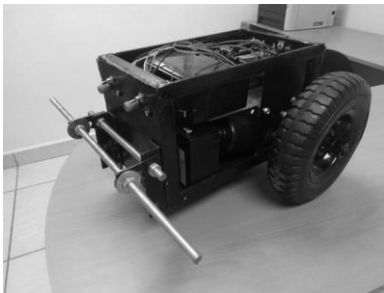


Figura 1. Prototipo diseñado

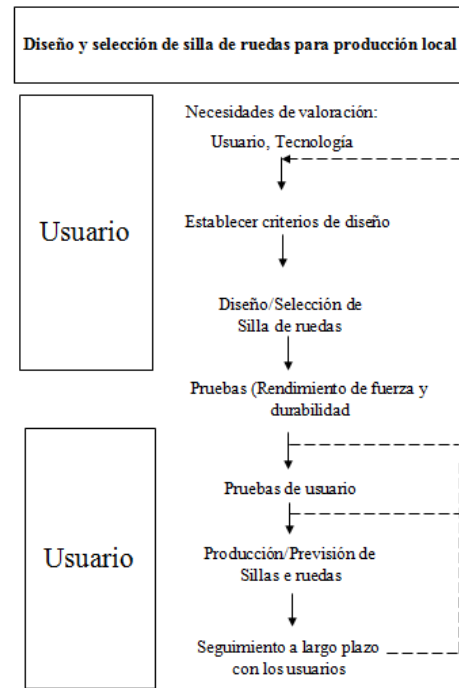


Figura 2. Factores a considerar en el diseño de silla de ruedas eléctrica [2]

1.2 Determinación de la fuerza máxima requerida en una superficie plana

El cálculo de la fuerza máxima se realiza mediante el análisis de cuerpo libre del sistema (Ver figura 3).

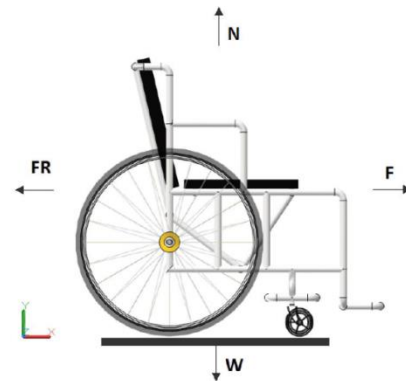


Figura 3. Sistema de fuerzas que intervienen en una silla de ruedas para superficies planas.

Los parámetros que se emplearon para cálculo de la fuerza máxima se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de pesos para el diseño del prototipo

	Peso en Kg	Peso en N
Estructura de la silla	25	245
Peso máximo del usuario	80	784
Peso del prototipo (baterías, motores,	20	196

sistema de control	
Peso total	1225 N

Dichos cálculos permiten obtener un valor aproximado de la fuerza máxima requerida, esto es, dan una aproximación de la capacidad que deben tener los motores [3].

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ F - Fr &= 0 \\ F &= Fr \\ F &= \mu_c * N \rightarrow (Ec. 1) \\ \sum F_y &= 0 \\ N - W &= 0 \\ N &= W \\ N &= m * g \rightarrow (Ec. 2) \\ (Ec. 1) &\rightarrow (Ec. 2) \\ F &= \mu_c * m * g \\ F &= 0.57 * 1225N \\ F &= 698 N \\ F &= 71.176 Kgf \end{aligned}$$

1.3 Pulsera Myo

El brazalete Myo desarrollado por Thalmic Labs permite controlar cualquier dispositivo de forma inalámbrica mediante los gestos que se hacen con el brazo. El dispositivo 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. Está equipado con un procesador ARM Cortex M4, un sistema de feedback háptico basado en vibraciones, conectividad Bluetooth e indicadores LED. Cuenta con una batería de litio que se carga a través de micro USB y que ofrece una autonomía de un día aproximadamente [4].

Para entrenar la pulsera se debe instalar en Windows Myo Connect Installer (ver figura 4), a través de esta aplicación se instala el driver, se asigna un nombre a la pulsera, etc.

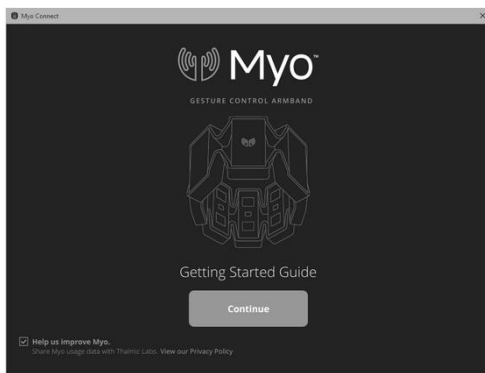


Figura 4. Windows Myo Connect

Para realizar la primera sincronía con la pulsera se debe conectar el módulo Bluetooth y el cable MicroUSB a la pulsera como se muestra en la figura 5.

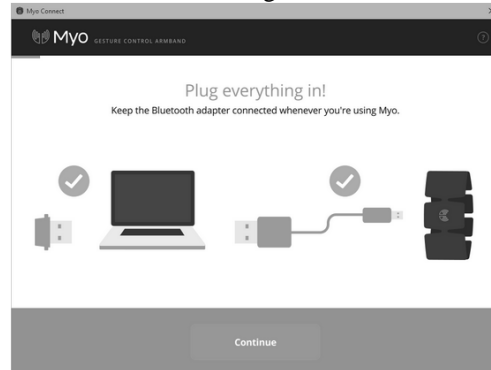


Figura 5. Sincronía con la pulsera Myo.

Una vez que se sincroniza se desconecta el cable MicroUSB y se enlaza vía Bluetooth a la pulsera, lo siguiente es entrenar los cinco gestos principales de la pulsera (ver figuras 6 y 7)

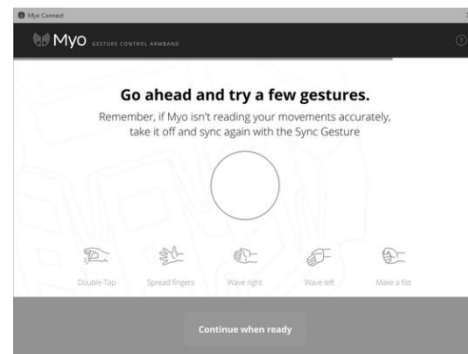


Figura 6. Entrenamiento de gestos.

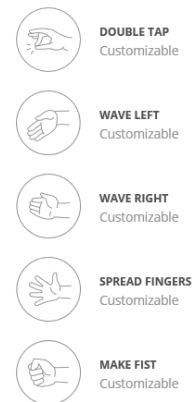


Figura 7. Gestos principales de la pulsera Myo

Cabe mencionar que existen múltiples aplicaciones para la Myo en diversas plataformas como Mac, Android, Windows y Linux principalmente, muchas de ellas son aplicaciones para controlar dispositivos como cámaras digitales, drone, pantallas y reloj, otras son aplicaciones para manipular videojuegos, además hay distintas herramientas para la gestión Email, Facebook, llamadas de teléfono, etc.

También hay aplicaciones para el control multimedia como Youtube, Reproductores de música y Netflix, así como también aplicaciones para el control de presentaciones con herramientas Office, Adobe, etc.

1.4 Raspberry y pulsera Myo

En el sitio oficial de la pulsera Myo dentro de plataforma Linux se proporciona una librería para el manejo de la pulsera desde IOS Linux como es Raspbian para Raspberry llamada PyoConnect [5].

El objetivo de esta biblioteca es ser muy parecida al script original de Lua en MyoConnect. El 100% de compatibilidad no es posible debido a las diferencias de lenguaje para este caso Python y las diferencias de sistema operativo, pero los recursos disponibles son muy similares.

Alguno de los requisitos para ejecutar esta librería desde la IDLE Python se muestran enseguida.

```
// plug bluetooth adapter
// permission to ttyACMO - must restart linux user after this
sudo usermod -a -G dialout $USER

// dependencies
sudo apt-get install python-pip
sudo pip install pySerial --upgrade
sudo pip install enum34
sudo pip install PyUserInput
sudo apt-get install python-Xlib
sudo apt-get install python-tk

// now reboot
```

Al ejecutar la librería PyoConnect muestra una interfaz (ver figura 8) donde se puede conectar y desconectar la pulsera Myo, también se puede activar las funciones para el control del mouse, LibreOffice y video.



Figura 8. Aplicación PyoConnect

La librería también proporciona ejemplos en Python para el control de dispositivos como el mouse como se muestra enseguida.

```
def onUnlock():
    myo.rotSetCenter()
    myo.unlock("hold")

def onPoseEdge(pose, edge):
    if (pose == 'fist') and (edge == "on"):
        myo.mouse("left","click","")
    if (pose == 'fingersSpread') and (edge == "on"):
        myo.mouse("right","click","")

def onPeriodic():
    if myo.isUnlocked():
        myo.mouseMove(600+myo.rotYaw()*2000, 500-my.o.rotPitch()*2000)
```

2. DESARROLLO

2.1 Diagrama general

En la figura 9 se muestra el diagrama general del prototipo, y a continuación se describen las partes principales para su implementación.

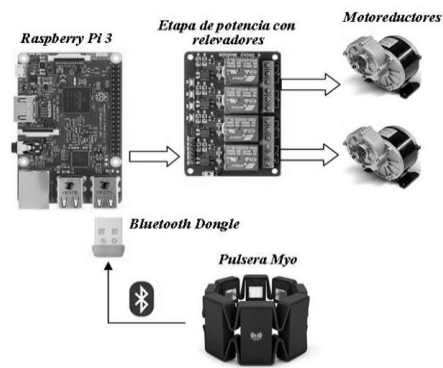


Figura 9. Diagrama general.

2.2 Algoritmo en Python para manipular Pulsera Myo

La librería para manipular la pulsera Myo se llama Myo4Linux [6], requiere de un Firmware 1.3.1448 o superior, además de calibrar la pulsera Myo desde el sitio oficial y utilizar el dongle Bluetooth. Se requiere Python 2.6 o superior.

El archivo Python que se ejecuta para arrancar la manipulación de la pulsera Myo es:

```
python test_myo.py
```

Dentro de este se encuentran las llamadas a las funciones principales como conectarse a la pulsera, escuchar pulsera y tipo de vibración.

```
try:
    myo.connect()
    myo.add_listener(listener)
    myo.vibrate(VibrationType.SHORT)
    while True:
        myo.run()
```

Para manipular cada uno de los motoredutores se emplearon cuatro salidas digitales de la Raspberry, con activación en

bajo ya que la interfaz de relevadores requiere pulsos en bajo para activar cada uno de ellos.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
#MOTOR 1
GPIO.setup(18,GPIO.OUT)
GPIO.setup(16,GPIO.OUT)
#MOTOR 2
GPIO.setup(13,GPIO.OUT)
GPIO.setup(15,GPIO.OUT)
```

Se definen funciones en Python que contienen los cinco movimientos básicos izquierda, derecha, avanzar, frenar y reversa. Enseguida se muestra un ejemplo de la función derecha.

```
def derecha():
    GPIO.output(18,False)
    GPIO.output(16,True)
    GPIO.output(13,False)
    GPIO.output(15,True)
```

Enseguida se muestra la asignación de movimientos asociados a cada gesto del brazo, en donde “Wave_out” corresponde al gesto de doblar la mano a la derecha y con ello la silla hace un giro a la derecha. “Wave_in” corresponde al gesto de doblar la mano a la izquierda y con ello la silla hace un giro a la izquierda. “Fist” corresponde al gesto de mano cerrada (puño) y con ello la silla hace un paro. “Fingers_spread” corresponde al gesto de extender todos los dedos de la mano y con ello la silla avanza hacia delante. Por ultimo “Double_tap” corresponde al gesto de hacer un click con los dedos pulgar y medio y con ello la silla avanza en reversa.

```
from device_listener import DeviceListener
from pose_type import PoseType

class PrintPoseListener(DeviceListener):
    def on_pose(self, pose):
        pose_type = PoseType(pose)
        print(pose_type.name)

        if pose_type.name=='WAVE_OUT':
            derecha()
        elif pose_type.name=='WAVE_IN':
            izquierda()
        elif pose_type.name=='FIST':
            frenar()
        elif pose_type.name=='FINGERS_SPREAD':
            avanzar()
        elif pose_type.name=='DOUBLE_TAP':
            reversa()
```

2.3 Determinación de la potencia de los motores.

Para la determinación de la potencia de los motores solo se empleo la fuerza máxima sobre un eje plano, pero cabe resaltar que la fuerza máxima en una silla de ruedas se encuentra en superficies ascendentes, no se consideró debido a que se contaba con motoredutores de baja potencia por lo cual se consideró solo superficies planas.

Según los fabricantes de sillas de ruedas electrónicas el estándar de velocidad máxima se encuentra en 2.45m/s [3]. Para determinar la potencia máxima se utilizó la Ec.3 como sigue.

$$Pot_{max} = Vel_{max} * Fuerza_{max} \rightarrow (Ec. 3)$$
$$Pot_{max} = 2.45 * 71.176$$
$$Pot_{max} = 174.381Watts$$

Los motores utilizados para el desplazamiento del sistema son de CD de 12Vdc y 6A. Se empleó la Ec.4 para determinar la potencia máximo de dichos motores [3].

$$Pot = V * I \rightarrow (Ec. 4)$$
$$Pot = 12V * 6A$$
$$Pot = 72Watts$$

Como demuestran los cálculos la potencia requerida es alta, con respecto a la potencia de los motores empleados, es por esto que las pruebas solo se hicieron con niños y usuarios con bajo peso. Como trabajo futuro se pretende utilizar motores de 250 Watts que cumplen los requerimientos calculados.

2.4 Ajuste y montaje del prototipo.

Para el ajuste fue necesario probar cada uno de los gestos con el prototipo implementado sin montarlo a la silla (ver figura 10), para después realizar pruebas ya con el prototipo montado (ver figura 11)



Figura 9. Pruebas del prototipo sin montaje en silla.

En la realización de pruebas se observó que el prototipo implementado puede funcionar en cualquier silla estándar que exista en el mercado, sin dejar de lado que se requieren ajuste como montaje de varilla roscada para la inserción del prototipo.



Figura 11. Pruebas del prototipo con montaje en silla y carga.

Otra característica a contemplar es el tipo de llanta, para este prototipo se empleó un tipo de llanta neumática de 8 pulgadas que soportan una carga máxima de 80 Kg, para posteriores pruebas se contempla modificar a un tipo de llanta sólida para mayores cargas. También se pretende modificar el diseño donde se empotran los motoredutores para validar la óptima posición de estos para que funcionen de mejor manera cada uno de los desplazamientos.

3.RESULTADOS

Los resultados que se tienen al momento son la implementación del prototipo empleando motoredutores genéricos de CD, la intención es utilizar al menos motores de 250W/24V y un amperaje máximo de 13 Amper. Este tipo de motores soportan pesos máximos de 60 Kg, con esto, se podría utilizar la silla para pacientes infantiles o pacientes que no sobrepasen dicho peso. En la figura 12 se muestra el motoreductor que se plantea utilizar. En la tabla 2 se muestran las especificaciones del modelo de motor MY1016Z2 [7].



Figura 12. Motoreductor 250 Watts.

Tabla 2. Especificaciones del motoreductor de 250 Watts.

MODEL	SPECS	V	NO LOAD		RATED LOAD				
			SPEED RPM	CURRENT A	TORQUE N.M.	SPEED RPM	CURRENT A	P-OUT W	EFFICIENT η
1016Z2	250W24V	24	434±5%	≤1.8	6.65±5%	357±5%	≤13.7	250	≥76%
1016Z2	250W36V	36	434±5%	≤1.8	6.65±5%	357±5%	≤9.1	250	≥76%

Los parámetros principales obtenidos en las pruebas de rendimiento de baterías se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Pruebas de rendimiento de baterías.

No. de baterías	Tipo de Batería	Motoreductor	Capacidad en Kg	Tiempo de uso en Hr.	Potencia del motor	Tiempo calculado para uso eficiente
2	Batería Ácido - Plomo 6V 12Ah	12 V 6 Amp	60 Kg	5 hr	72 W	$t = \frac{C}{I}$ $= \frac{12Ah}{6}$ $= 2hr$
1	12 V 10Ah	12 V 6 Amp	60 Kg	4 hr	72 W	$t = \frac{C}{I}$ $= \frac{10Ah}{6}$ $= 1.6hr$

Como trabajo futuro también se pretende utilizar baterías de Litio 24V/12 Ah, las cuales tienen un mejor rendimiento en cuanto a los ciclos de carga y descarga, además son más compactas y ligeras.

4. CONCLUSIONES

Uno de los objetivos principales de este prototipo es establecer un diseño estandarizado en donde se utilicen materiales comerciales para su armado y con ello automatizar una silla de ruedas estándar.

Además se logró el objetivo de controlar la silla de ruedas de una manera innovadora empleando señales EMG.

Otra de las ventajas que se busca en el presente prototipo es que sea adaptativo, es decir que su diseño y características dependan totalmente del usuario final.

También se establecieron parámetros estandarizados para tenerlos en cuenta en los criterios de diseño como la fuerza máxima soportada, la durabilidad, el sistema de alimentación entre otros, todo ello, para implementar un prototipo que sea seguro y eficaz para el usuario final.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] © 1995-2017 Healthwise, Incorporated. Obtenido de www.northshore.org: <https://www.northshore.org/healthresources/encyclopedia/encyclopedia.aspx?DocumentHwid=hw213852&Lang=es-us>
- [2] Guidelines on the provision of Manual Wheelchairs in less resourced settings/ © World Health Organization 2008/ ISBN 978 92 4 154748 2
- [3] Diseño e implementación de sistema de propulsión y control para silla de ruedas/2014/Universidad Tecnológica de Pereira/ Colombia
- [4]Arteaga, S. (16 de 10 de 2015). *computerhoy.com*. Obtenido de *computerhoy.com*: <http://computerhoy.com/noticias/hardware/myo-brazaletes-controlar-dispositivos-gestos-35559>
- [5]<http://www.fernandocosentino.net/pyoconnect/>
- [6] <https://github.com/Ramir0/Myo4Linux>
- [7]<https://www.ebikethaikit.com/uploads/443/files/MY1016Z250W.pdf>