



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL POR COMANDOS DE VOZ A UNA SILLA DE RUEDAS**

**INFORME TÉCNICO**

**AUTORES:**

ANDRÉS MARCELO ALTA ANDRANGO  
JÉSSICA KARINA GUIJARRO REVELO

**DIRECTOR:**

Ing. Carlos Obando

**Ibarra – Ecuador**

**2014**

# “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL POR COMANDOS DE VOZ A UNA SILLA DE RUEDAS”

*Jéssica Guijarro<sup>1</sup>, Andrés Alta<sup>2</sup>, Carlos Obando<sup>3</sup>*

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de ingeniería en Mecatrónica,  
Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

[jessitost@gmail.com](mailto:jessitost@gmail.com), [andy-13@hotmail.com](mailto:andy-13@hotmail.com), [cobando@utn.edu.ec](mailto:cobando@utn.edu.ec)

**Resumen.** El presente artículo aborda la implementación de un sistema de control por comandos de voz para una silla de ruedas convencional, que permite al beneficiario desplazarse con autonomía y comodidad en una superficie plana con 360 grados de giro de libertad; cuenta con sensores de proximidad, los cuales alertan de algún obstáculo y/o presencia de gradas y paralizan totalmente la silla. El reconocimiento de voz se efectúa por un módulo electrónico llamado Easy VR y el procesamiento de datos y órdenes para los actuadores, motores brushless, se lleva a cabo usando la plataforma ARDUINO.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, aproximadamente 600 millones de personas en el mundo tienen condiciones físicas diferentes, la mayoría provenientes de países en vía de desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 2005); entre ellas existen discapacidades motoras que limitan el desplazamiento de las personas que las poseen, este es el caso de la cuadriplejía, principalmente generada por lesiones en la médula espinal, estas son causadas por accidentes como choques automovilísticos, caídas, lesiones al practicar un deporte etc. (Lema, H y Pérez, P,

2010) e impide cualquier movimiento de las extremidades inferiores y superiores y por ende la manipulación y control clásico de dispositivos como la silla de ruedas, relegando a la persona a una dependencia total para la realización de los más simples procesos de desplazamiento y a un decaimiento emocional por la incapacidad sostenida, problema que a la vez afecta también a todos sus familiares. Además nuestro país aún no cuenta con este tipo de tecnología y la importación de un equipo de estos es altamente costoso, quedando en el olvido la necesidad inmediata de acceder a estas facilidades.

En la actualidad, existen sillas de ruedas comandadas por botones o joysticks que ayudan a ciertos discapacitados pero estas no brindan una solución total para las personas cuadripléjicas ya que el único movimiento posible para ellas es el de la cabeza por tanto no pueden comandar este tipo de sillas y siguen dependiendo de otra persona para moverse.

Una silla de ruedas automática guiada a través de comandos de voz permitirá un mayor grado de autonomía en lo que a movilidad de personas con condiciones físicas diferentes se refiere, comandarla será bastante fácil y no requerirá de ningún esfuerzo físico ni de la

asistencia de otra persona; permitiéndole al usuario movilizarse a donde él necesite; además provocará un gran impacto social puesto que no solo facilitará la vida de la persona limitada en sus capacidades sino también la de las personas que están a su alrededor. Este implemento será de gran ayuda para las personas cuadripléjicas y también parapléjicas, ancianos, niños con pci (parálisis cerebral infantil), etc., brindándoles a todos ellos mucha mayor facilidad y comodidad.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para la ejecución del movimiento de la silla de ruedas, se ha dispuesto una secuencia lógica, como la que se describe a continuación:

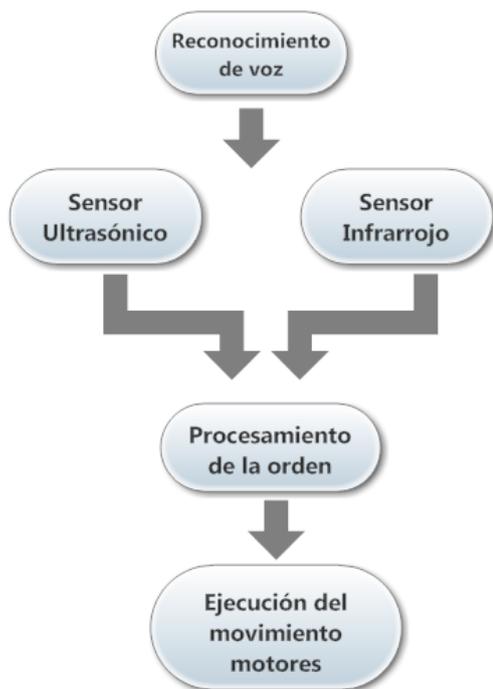


Figura. 1. Diagrama de bloques del sistema.

### 2.1 SILLA DE RUEDAS

La Organización Internacional de Normalización (ISO) propone normas internacionales de serie ISO 7176 para sillas de ruedas; la serie específica terminología, métodos de ensayo para evaluar el desempeño, tamaño, resistencia, durabilidad y seguridad de las sillas de ruedas. Los modelos de

sillas de ruedas varían considerablemente al tener en cuenta las diversas necesidades de los usuarios, no obstante la función básica de la silla de ruedas es permitir que el usuario lleve una vida más activa, con comodidad y sin causar un efecto negativo en su salud o en su seguridad.

La silla de ruedas plegable marca "Century Medical" cuyo modelo es 5MMCR10 utilizada para implementar el proyecto está diseñada para uso temporal y por determinados periodos de tiempo, cumple con normas generales de diseño y presenta buen apoyo postural, estructura de aluminio, con espaldar, reposa cabeza, apoya brazos y reposa pies ajustables y desmontables para comodidad del usuario.



Figura 2. Silla de ruedas

La incorporación del peso de equipos adicionales principalmente los motores y baterías, ubicados cerca de los puntos de apoyo (ruedas), no afectan la estabilidad estática y dinámica de la silla ruedas.

### 2.2. SENSORES ULTRASÓNICOS

Son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar, es decir, la señal al reflejarse en un objeto, rebota y el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas.

Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. El sensor elegido para esta aplicación fue el US-020 cuyas características son las siguientes:

- Funcionamiento estable y preciso.
- Voltaje de funcionamiento: 5VDC.
- Corriente estática: <3mA
- Angulo de sensor: 15 grados.
- Distancia de detección: 2cm - 700cm
- Precisión: Hasta 0.3cm
- Tamaño del sensor: Aprox. 45x20x1.6 mm

Para su correcto funcionamiento hay que generar un pulso de tiempo de 10us como mínimo, al mismo tiempo hay que monitorizar la señal de llegada. La distancia calculada por el sensor corresponde a la siguiente fórmula.

$$\text{Distancia} = (\text{Ancho de pulso} * \text{velocidad Sonido})/2$$

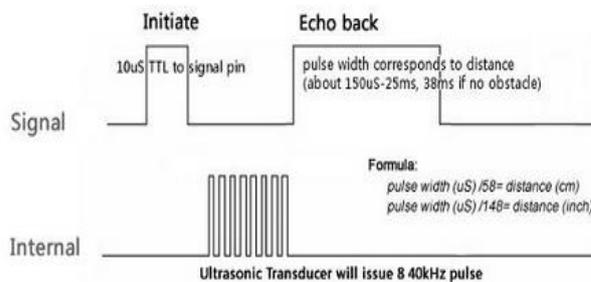


Figura 3. Funcionamiento del sensor ultrasónico.

### 2.3. SENSORES INFRARROJOS

Se trata del sensor E18-D80NK, es un transmisor infrarrojo y un receptor que en conjunto conforman un sensor fotoeléctrico, utiliza luz infrarroja modulada. Este sensor tiene un ajuste por tornillo, para regular la distancia, dispone de una salida digital, activándose cuando detecta un obstáculo en el rango especificado; presenta gran funcionalidad, fácil manejo, tamaño y precio aceptables.

Sus características son:

- Corriente de salida: 100mA/5V
- Consumo de corriente: <25mA DC
- Tiempo de respuesta: 2ms
- Angulo de detección: 15 grados.
- Distancia Ajustable 3cm – 80cm
- Diámetro: 18mm
- Longitud del sensor: 45mm

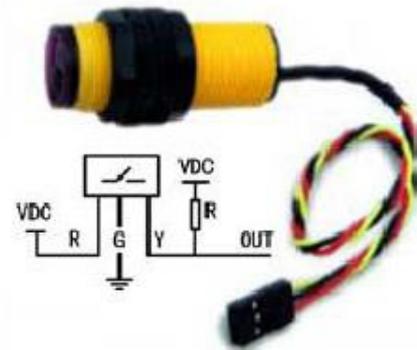


Figura 4. Sensor infrarrojo E18-D80NK.

Los sensores infrarrojos de pulso modulado responden únicamente a la luz emitida por su propia fuente.

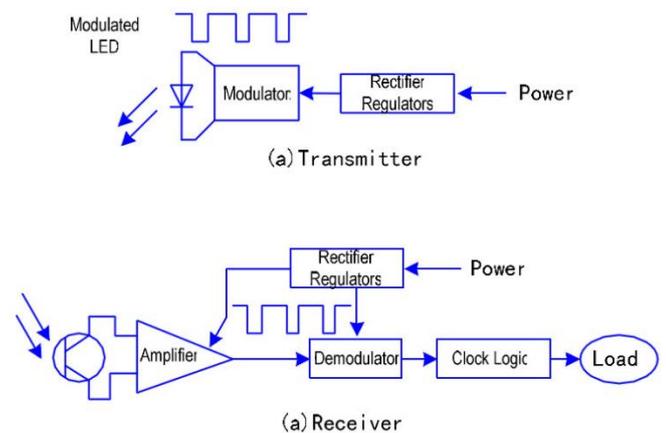
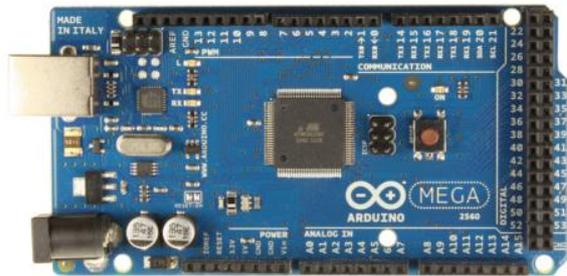


Figura 5. Funcionamiento del sensor infrarrojo.

### 2.4. MÓDULO ARDUINO

Es una plataforma electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar, se encarga de tomar información del entorno de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores, la

placa de Arduino se programa mediante el lenguaje Arduino (basado en Wiring) y el entorno basado en Processing.



**Figura 6.** Arduino Mega 2560

Se utilizó el Arduino Mega, sus características a continuación:

- Microcontrolador: ATmega 2560
- Voltaje de Funcionamiento: 5V
- Voltaje de entrada recomendado: 7-12V
- Voltaje de entrada límite: 6-20V
- Pines E/S digitales: 54 (15 proporcionan salida PWM)
- Pines E analógica: 16
- Corriente de cada pin: 40 mA
- Corriente de cada pin 3.3V: 50mA
- Memoria Flash: 256 KB
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Velocidad de reloj: 16 MHz

## 2.5. MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ EASY VR

Es un potente módulo para el reconocimiento de voz y reproducción de sonidos, las voces a reconocer pueden estar predefinidas y grabadas internamente, se las conoce como voces independientes de micrófono (SI); para esta aplicación se trata de voces dependientes del micrófono (SD), que se suponen han sido

“enseñadas” y grabadas en la memoria interna del módulo.



**Figura 7.** Módulo Easy VR

Entre sus características principales tenemos:

- 26 comandos y voces pre-programados (SI).
- Admite hasta 32 comandos y sus correspondientes voces definidas por el usuario (SD).
- Los comandos (SD) se pueden organizar hasta en 16 grupos de diferente prioridad.
- Alimentación de 3.3V y 5V.

## 2.6. MOTORES BRUSHLESS

El diseño de estos motores se acopla a los radios y llantas de la silla de ruedas, el motor posee 36 ranuras para su fácil acoplamiento y puede transmitir 250 Watts de potencia, para el giro de la rueda y el desplazamiento de la misma con una alimentación de 36V.



**Figura 8.** Motor Brushless acoplado a la llanta de la silla de ruedas.

## 2.7. SISTEMA DE FRENOS

Se ha optado por la implementación de frenos que son normalmente utilizados en las bicicletas; se trata de frenos de llanta de accionamiento lateral, a los que por medio de un servomotor de 50 kgf.cm, se aplicará la fuerza necesaria para su activación.



Figura 9. Freno de llanta de accionamiento lateral.

## 2.8. BATERÍAS

Para esta aplicación se adquirió baterías de ion litio por las ventajas que presenta en relación a las baterías convencionales, pues, brindan mayor densidad energética, menor tamaño y peso. Las características de las baterías elegidas son las siguientes:

- Modelo: BT90
- Voltaje: 36V
- Ah: 10 Ah
- Medidas: 32\*10 cm
- Peso: 2.10 Kg
- Autonomía: 45-55 km



Figura 10. Batería de Ion Litio.

## 2.9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

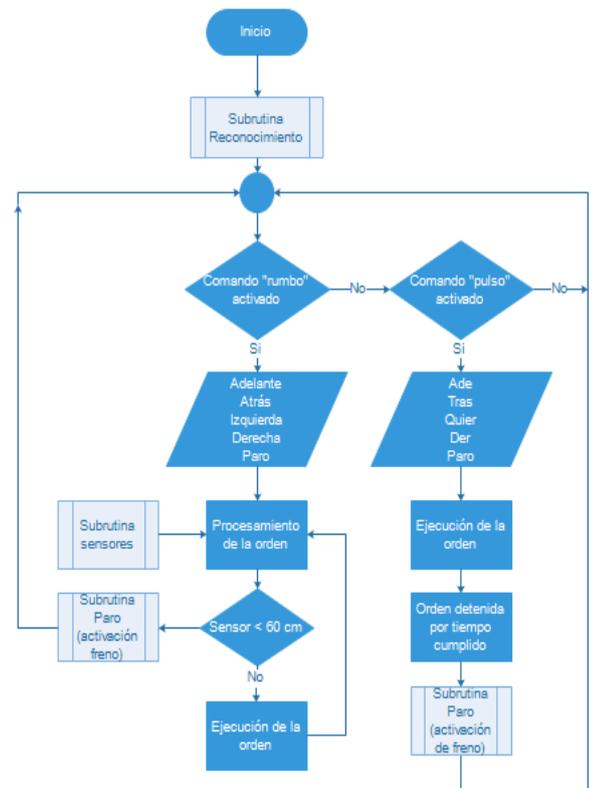


Figura 11. Flujograma básico del sistema

## 3. CONCLUSIONES

El usuario de la silla de ruedas controlada por comandos de voz, se convierte en un ente más activo al desplazarse por voluntad y medios propios, haciendo de la silla un medio de movilización incluyente y mejorando la salud emocional de la persona. Esto se traduce en una innovación tecnológica que impulsa la inclusión social y la movilidad de las personas que pertenecen a sectores vulnerables del país.

La implementación de una silla de ruedas con lleva múltiples criterios que dependen de características fisiológicas de la persona, del contexto tecnológico, económico y cultural donde se desenvuelve; pero los criterios fundamentales son comodidad y seguridad.

El uso de Arduino como una plataforma de hardware basada en código abierto permite que

este proyecto llegue a ser implementado y/o mejorado por otros investigadores que busquen solucionar problemas similares.

Se logró conservar el objetivo fundamental que era mantener la forma y características propias de una silla de ruedas normal, es decir que se pueda plegar y desmontar algunas de sus partes para que sea fácil transportarla de un lugar a otro.

La confiabilidad del sistema es de 94,37% en lugares cerrados y del 85,14% en ambientes expuestos al aire libre donde no exista mayor incidencia del sol, es decir, cuando este no se encuentre en su máximo esplendor para así evitar calor y luminosidad excesiva que afectan notablemente al sistema en general.

#### 4. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la persona que va hacer uso de la silla de ruedas no exceda de las 105 libras de peso corporal ya que se podría ocasionar daños irreversibles al sistema.

Evitar mantener el sistema expuesto a condiciones climáticas extremas como lluvia, polvo o elevadas temperaturas.

Manifestar los comandos de voz con la mayor fluidez posible y con el mismo tono de voz con el que fueron grabados al entrenar el módulo.

Tener en cuenta que la silla está diseñada para desenvolverse en lugares amplios y mayormente despejados, con una superficie totalmente plana.

Se recomienda cargar las baterías después de que el sistema haya funcionado por tres horas.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amarilla, J. (1995). *Baterías de iones de Litio*. 34(5-6). Madrid: Instituto de Ciencia de materiales de Madrid, Sociedad española de Cerámica y Vidrio. Recuperado de <http://boletines.secv.es/upload/199534463.pdf>

Calle, L., Guaraca, P. y Guzhñay, A. (s.f). *Motores Brushless DC*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/100367501/Motor-Brushless#scribd>

*Guía rápida del módulo de reconocimiento de voz VRBot*. (s.f). España: Microsystems engineering. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/213589342/EasyVR-Guia-Rapida>.

Henao-Lema, C. P., y Pérez-Parra, J. E. (2010). *Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica*. (Spanish). *Spinal Cord Injuries and Disabilities: A Review*. (English), 10(2), 157-172.

Navarro, D., Rios, L. y Parra, H. (2004). *Sensores de ultrasonido usados en robótica móvil para la medición de distancias*. (25). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7183/4207>

*Adjustable infrared sensor switch manual*. (s.f). Recuperado el 12 de febrero de 2014 desde *mcu*: [http://dl.btc.pl/kamami\\_wa/e18-d80nk-ds.pdf](http://dl.btc.pl/kamami_wa/e18-d80nk-ds.pdf)

*ARDUINO MEGA 2560.* (s.f). Extraído el 12 de enero de 2014 desde <http://arduino.cc/>

*Infrared Distance Sensor Type E18-D80NK.* (s.f). Extraído el 18 de Abril de 2014 desde Wikispaces: <http://arduino-info.wikispaces.com/InfraredDistanceSensor>

## 6. BIOGRAFÍA DE AUTORES



**Autor.- Jéssica Karina Guijarro Revelo.** Nació el 27 de Enero de 1991 en la ciudad de Tulcán. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Sagrado Corazón de Jesús obteniendo el título de Físico Matemático y siendo merecedora del porta estandarte Nacional. Actualmente es egresada de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte de la Ciudad de Ibarra. Formó parte de la dirigencia estudiantil de la carrera antes mencionada y fue elegida como vocal de FEUE de la misma universidad. Participó en las jornadas del Campus Party realizadas en la ciudad de Quito en el 2014 representando a la ciudad de Ibarra. Áreas de interés: Automatización y control industrial, PLC's, microcontroladores, electrónica y robótica.



**Autor.- Andrés Marcelo Alta Andrango.** Nació en la ciudad de Cotacachi el 13 de febrero de 1991. Realizó sus estudios secundarios en el "Instituto Tecnológico Otavalo" obteniendo el título de Bachiller en Físico Matemático y siendo acreedor al

mérito de primer escolta del porta estandarte Nacional. Actualmente es egresado de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte. Incursionó en la dirigencia de la carrera antes mencionada y fue elegido como vocal FEUE de la misma universidad. Participó en el Campus Party realizado en la ciudad de Quito en el año 2014 representando a la ciudad de Ibarra. Área de interés: Diseño Mecánico, automatización de procesos industriales, programación de microcontroladores.



**Tutor.- Carlos Obando.** Nació en la ciudad de Ibarra el 8 de Octubre de 1986. Realizó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa "La Salle" donde obtuvo el título de Bachiller en la especialidad de Físico – Matemático. Culminó sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2011. Fue Presidente del Club de Robótica UTN en el periodo 2009 – 2010. Actualmente es egresado de la maestría en Tecnologías para la Gestión y Práctica Docente en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Áreas de interés: robótica, automatización industrial, PLC's, microcontroladores,