



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

**SISTEMA DE APOYO PARA DISCAPACITADOS POR CUADRIPLÉJIA O PARAPLEJÍA**

**Omar Fabián Rivera Cenicerros**  
Universidad Politécnica de Durango  
Ingeniería en Telemática

Carretera Durango-México Km. 9.5, Rancho Valle Hermoso, Durango, Dgo. México.  
omar.rivera@unipolidgo.edu.mx

**RESUMEN**

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de una aplicación embebida que permite controlar dispositivos electrónicos de una forma dinámica mediante un sistema de reconocimiento de comandos de voz, con la intención de influir en la calidad de vida de las personas con alguna discapacidad motriz, ya que les ayudará a tener auto independencia en algunos aspectos, que conlleva a una mejora en el ánimo del paciente. A través de los avances tecnológicos se han desarrollado distintos aparatos que tratan de curar las enfermedades de los distintos pacientes, produciendo de todo tipo de productos que permitan a los discapacitados auto valerse. Pero la mayoría de las herramientas tecnológicas están basadas en software de diseño gráfico el cual se activa por medio de la actividad física, que es uno de los grandes problemas para las personas que tienen inmovilidad en su cuerpo o inclusive no tienen alguna extremidad. Este sistema de control se basa en el reconocimiento de comandos de voz mediante la programación de una tarjeta de desarrollo Arduino, por lo cual no es necesario contar con una computadora e incluso conexión a internet como apoyo al funcionamiento del prototipo, permitiendo que sea transportable, sin limitaciones de espacio o conexiones especiales. El sistema es capaz de llevar acciones de control de dispositivos eléctricos y algunos electrónicos que permitan hacerle pequeñas modificaciones o trabajen bajo ciertas condiciones. El diseño está pensado para emplearse en habitaciones cerradas sin mucho ruido ambiental que pueda afectar al correcto funcionamiento del sistema debido a interferencias ocasionadas por ruido excesivo; teniendo una eficacia mucho mayor en habitaciones de hospital. Cabe hacer mención que este prototipo está en proceso de patente Mexicana.

*Palabras clave: Reconocimiento de comandos de voz, sistema embebido, discapacidad motriz.*

**Abstract.**

This paper shows the development of an embedded system that lets the electronic control of devices in a dynamic way by a system of voice command recognition, to influence the quality of life from people with physical disabilities, and that will help them be self independent in some aspects, leading to an improvement in the patient's mood. Through technological advances have



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

developed various devices that try to cure the diseases of different patients, producing all kinds of products that enable self fend disabled. But most of the technological tools are based on graphic design software which is triggered by physical activity, which is one of the biggest problems for people who have stillness in your body or even does not have a limb. This control system is based on voice command recognition by scheduling an Arduino development board, so it is not necessary to have a computer or internet connection even as support for the operation of the prototype, allowing it to be transportable without space limitations or special connections. The system is able to take control actions of electrical devices and electronics that allow him some small modifications or work under some conditions. The design is intended for use in closed rooms without much noise that may affect the proper functioning of the system due to interference caused by excessive noise, having a much greater efficiency in hospital rooms. It should be mentioned that this prototype have a méxican patent pending.

### 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la tecnología adaptada es fundamental para el apoyo a la vida independiente pero, sin embargo, todavía sigue habiendo dos barreras importantes para su plena implantación. Primero la falta de conocimiento de las posibilidades que ofrece y, segundo, el alto coste de la mayoría de las aplicaciones, tanto hardware como software.

Por un lado, se desconoce por la falta de difusión de las soluciones que hoy día existen y, por otro, las heterogéneas características de los usuarios a los que va dirigida esta tecnología hacen necesario encontrar soluciones muy personalizadas y por tanto menos comercializables. Las posibles aplicaciones son innumerables dadas las posibilidades de los sistemas embebidos con aplicaciones demóticas y las posibles necesidades de los propios usuarios, algunas de las aplicaciones son:

- Climatización.
- Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.
- Apagado general de todas las luces de la vivienda brindando un mayor confort.
- Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
- Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.
- Automatización de todos los distintos sistemas/ instalaciones / equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
- Simulación de presencia.
- Transmisión de alarmas.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
**Multidisciplinario**  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

Un sistema de reconocimiento de voz es una herramienta computacional capaz de procesar la señal de voz emitida por el ser humano y reconocer la información contenida en ésta, convirtiéndola en texto o emitiendo órdenes que actúan sobre un proceso. En su desarrollo intervienen diversas disciplinas, tales como: la fisiología, la acústica, el procesamiento de señales, la inteligencia artificial y la ciencia de la computación. El reconocimiento de comandos de voz con aplicación dentro de la domótica permite el desarrollo tecnológico de sistemas de control de entornos que con fines de ayuda y comodidad permitiendo la manipulación de dispositivos que ayuden a controlar un ambiente con mayor comodidad. Lo anterior también debe tomarse en consideración para individuos que presenten alguna discapacidad física. Hoy en día la tecnología adaptada es fundamental para el apoyo a la vida independiente, ya que aplicaciones como esta permiten que personas con alguna discapacidad motriz, de visión o bajo tratamiento o rehabilitación puedan llevar a cabo acciones de control de su entorno con un mínimo de esfuerzo que incluso los haga sentir poco dependientes de terceros que estén encargados de brindarles ayuda a lo largo de su padecimiento.

1.1 Estadísticas de discapacidad en México.

**Al año 2010, las personas que tienen algún tipo de discapacidad son 5 millones 739 mil 270, lo que representa 5.1% de la población total. En México, de las personas que presentan alguna discapacidad, 49% son hombres y 51% mujeres.**

La limitación de la movilidad es la de mayor frecuencia entre la población del país; alrededor de la mitad de las limitaciones declaradas se refieren a caminar o moverse.

Los motivos que producen discapacidad motriz en las personas pueden ser variados, pero el INEGI los clasifica en cuatro grupos de causas principales: *nacimiento*, *enfermedad*, *accidente* y *edad avanzada*. En la figura 1 se muestra una grafica donde se ve el porcentaje de los motivos de discapacidad según estadísticas tomadas por el INEGI [13].

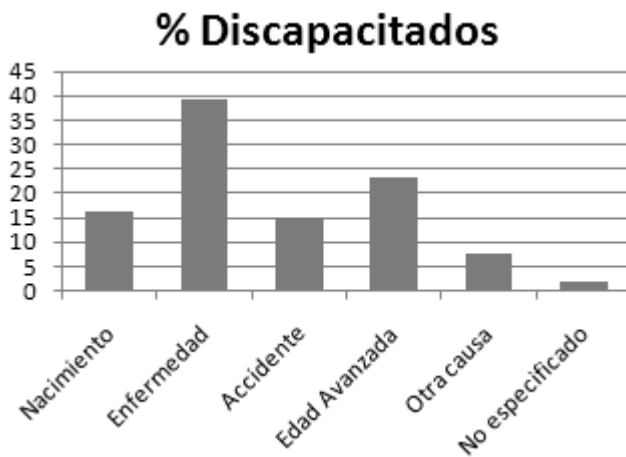


Figura 1. Porcentaje de motivos de discapacidad en México. Fuente: INEGI.

**2. DESARROLLO.**

Como ya se expuso en la introducción, el proyecto esta evocado a desarrollar una aplicación que se embeba en la domótica haciendo uso del reconocimiento de voz y por supuesto la interpretación de ellos para emplearlos como comandos de control de actuadores. Lo anterior teniendo como finalidad el poder contribuir al desarrollo de aplicaciones de tecnificación con un bajo costo con miras a facilitar la vida de las personas con capacidades limitadas, al aplicar tecnologías que le permitan obtener mayor comodidad dentro de sus hogares, así como brindar la oportunidad de poder realizar tareas complejas para personas con alguna



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

discapacidad que no les permita desplazarse libremente a través de su hogar. Sin olvidar que el sistema puede ser instalado para su uso en hospitales y clínicas que deseen brindar un mejor servicio a sus pacientes.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

Un sistema de control de entorno para personas con discapacidad debe poseer las siguientes características:

- **Funcional:** se debe acomodar a las necesidades del usuario y aportarle soluciones a problemas reales, y nunca al revés.
- **Adaptable:** ha de permitir el control de forma sencilla y alternativa para el usuario. Cuando se trata de usuarios con enfermedades progresivas esta característica es de vital importancia. En el apartado “medios de control” se describen diferentes formas para realizar el control.
- **Integral:** ha de permitir el control de los elementos desde un único mando o interface. No son válidos sistemas en los que cada elemento se deba controlar de una forma diferente.
- **Seguro:** ha de ser eficaz y sin riesgos, para aumentar la sensación de seguridad y control.
- **Personalizable:** debe permitir a la empresa instaladora realizar los cambios necesarios al sistema para que se adapte a las necesidades y capacidades de cada usuario.

### 2.1 Objetivo General.

Desarrollar un sistema domótico de reconocimiento de voz que permita controlar distintos dispositivos con el fin de brindar ayuda al facilitar las actividades diarias de personas que tienen alguna discapacidad, mejorando su calidad de vida.

### 2.2 Diseño

El prototipo embebido cuenta con 2 partes, la interfaz embebida basada en una tarjeta de desarrollo Arduino y la etapa de potencia para control de actuadores.

Se diseñó una interfaz donde se es capaz de controlar diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos que el usuario tenga presente para controlar. En el caso de este sistema embebido se programaron una serie de acciones y frases que se ejecutan una vez reconocido el comando de voz.

Los comandos programados se muestran a continuación en la tabla 1.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

Tabla 1. Comandos de voz.

COMANDO	ACCIÓN
ABRIR PERSIANA	Envía un comando para abrir la persiana
CERRAR PERSIANA	Envía un comando para cerrar la persiana
CAMA ARRIBA	Envía un comando para elevar la cama de hospital eléctrica
CAMA ABAJO	Envía un comando para bajar la cama de hospital eléctrica
PARAR	Envía un comando para parar la cama de hospital eléctrica en un punto deseado
ILUMINA	Envía un comando para prender las luces eléctricas
LUZ FUERA	Envía un comando para apagar las luces eléctricas
SED	Envía un comando para activar un mensaje audible remoto para petición de agua
AYUDA	Envía un comando para activar un mensaje audible remoto para petición de ayuda
RADIO	Envía un comando para prender el radio
SILENCIO	Envía un comando para apagar el radio
TELEVISOR	Envía un comando para prender la televisión en un canal predefinido
APAGAR TV	Envía un comando para apagar la televisión

**3. RESULTADOS**

A continuación se exponen las etapas de desarrollo del sistema embebido, el cómo se diseñó la etapa de potencia y se embebió a la interfaz Arduino.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

### 3.1 Interfaz de desarrollo Arduino

La placa Arduino es aplicada en el proyecto como la unidad central de procesamiento del sistema embebido, donde se toman las decisiones de control una vez reconocido el comando de voz previamente programado. El algoritmo está diseñado para reproducir distintas instrucciones programadas para activar las salidas correspondientes que interactuando con la etapa de potencia, permitirán manipular dispositivos eléctricos o electrónicos de acuerdo a las necesidades del paciente. la interfaz Arduino fue escogida en base a que es una plataforma de hardware libre [7], basada en una placa con un microcontrolador Atmega328 con una simplicidad de manejo y programación que permiten la realización de proyectos integrales a nivel profesional.

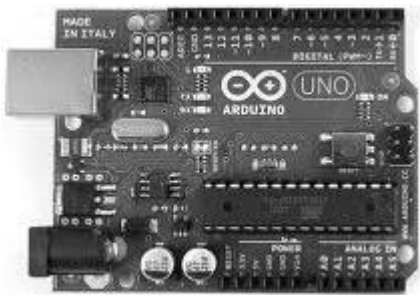


Figura 1. Interfaz open-source Arduino UNO®

### 3.2. Etapa de reconocimiento de comandos de voz y reproducción de mensajes

El sistema de reconocimiento se basa en la grabación y entrenamiento de la voz del paciente mediante el empleo de la tarjeta embebida de VeAR. En la tarjeta se guarda los comandos que han sido entrenados y escogidos por el paciente para su mayor comodidad, si el paciente decide cambiar el comando a una palabra o frase más sencilla se puede editar y entrenar el nuevo comando mediante unos sencillos pasos usando el mismo micrófono por el cual el usuario vocaliza los comando de control. Esta es la parte esencial que permite el reconocimiento de los comandos, una vez que los comandos han sido reconocidos mediante la interfaz de Arduino, el programa ejecutara las acciones correspondientes que se verán reflejadas al controlar diferentes aparatos eléctricos y/o electrónicos, según sea el caso, ya que el sistema permite que el mismo paciente decida que controlar o no. El sistema está pensado en brindar un servicio con algunos comandos preestablecidos que pueden llevar a reproducir en serie el diseño para ser instalado en hospitales, o bien, tiene la opción de brindarle a clientes particulares la posibilidad de decidir que domotizar o no. Como parte final, se anexan al sistema una serie de de mensajes pre-grabados que son reproducidos en un cuarto separado pensando en que sean escuchados por la persona a cargo del paciente, estos mensajes representan las necesidades del paciente y con los siguientes:

“Tengo sed, podrían traerme agua por favor”

“Necesito ayuda, podrían venir a ayudarme por favor”

“Tengo una emergencia”

“Puede venir alguien al cuarto por favor”

**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

### 3.3 Etapa de potencia.

La etapa de potencia es sencilla y está basada en el uso de relevadores 2P2T en conjunto con transistores MOSFET IRF540 para el control de arranque, paro y giro del motor de cierre y apertura de la persiana, así como TRIAC's BTA08 para controlar etapas de corriente de iluminación y control de dispositivos eléctricos, aislándolos de la parte digital mediante un optoacoplador MOC3011.

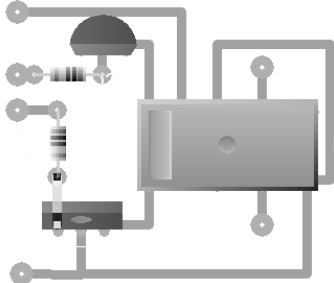


Figura 6. Circuito de arranque, paro y giro del motor de C.D.

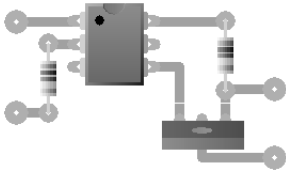


Figura 7. Conmutador con optoacoplador y triac.



Figura 8. Motor de cierre y apertura de la cortina y su sistema de engranaje.



Figura 9. Persiana modificada.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635



Figura 9. Lámpara, bocinas y televisor de prueba.

### 4. CONCLUSIONES

Los micrófonos empleados han sido: un micrófono sencillo de computadora, un micrófono profesional con filtro y un micrófono de garganta. El primer micrófono presentó los errores comunes de todo sistema de reconocimiento de voz; el ruido ambiental presenta mucha interferencia en lugares donde existe mucha ruido o se está realizando alguna tarea ruidosa, sin embargo en lugares cerrados como cuartos y con poco ruido el sistema presenta buena respuesta, aunque la distancia a donde se encontraba el micrófono con respecto a la persona no podía ser muy grande. Con el segundo micrófono se logró mejora en todos los aspectos: distancia entre micrófono y usuario y supresión de interferencias por ruido ambiental. El tercer micrófono siendo de garganta presentaba total inmunidad al ruido ambiental y mejor eficiencia, el único inconveniente es que debe estar en el cuello del usuario y al ser alambico se tiene que estar conectado a la computadora e interactuar con el cable tirante; este inconveniente se puede suprimir si se usa uno con tecnología Bluetooth y de esta forma el sistema ser completamente inalámbrico y con total inmunidad al ruido ambiental.

Con la realización de este proyecto, se ha prestado atención en las necesidades que existen en las personas que tienen alguna discapacidad y no solamente se enfocó en la comodidad del usuario, se logró llevar a la domótica hacia un camino donde también brinde un impacto social a bajo costo, permitiendo a los usuarios realizar tareas y funciones que puedan tener alguna dificultad por su parte, ya sea por enfermedad o accidente, brindarles la sensación de ser más independientes y no estar tan necesitados de la ayuda de los demás. Y aun así el sistema es tan versátil que se puede emplear por cualquier persona por simple comodidad. Por otra parte, el desarrollo de aplicaciones nacionales de esta índole, permite la generación de productos y diseños que puedan ser patentados y comercializados con fines de tener un impacto social y al mismo tiempo un desarrollo tecnológico realizado en el país, con calidad y con un costo muy bajo en comparación de productos extranjeros que se encuentran en el mercado, sin embargo no sería ético mencionar marcas ni distribuidores.

#### 4.1 Impacto Social

La correcta aplicación de esta tecnología de una manera adecuada a cada persona puede llegar a aportar muchos beneficios como:



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

- Aumenta la calidad de vida de la persona afectada.
- Aumenta su grado de autonomía.
- Mejora su respuesta ante situaciones imprevistas o de emergencia.
- Facilita el desarrollo social y laboral de la persona afectada, mejorando sus posibilidades de comunicación y de realización de sus actividades de la vida cotidiana.
- Mejora su autoestima, dado que comprueba que puede realizar un elevado número de tareas, sin requerir la ayuda de una segunda persona.
- Incrementa el deseo de mejora en su proceso de rehabilitación (en caso de haber alguno), ya que ve compensados sus esfuerzos gracias a la tecnología, con la obtención de mejoras funcionales en su vida diaria.
- Reduce la necesidad asistencial de la persona afectada, mejorando su calidad de vida y la de su entorno (familiares, cuidadores).
- Reduce el coste asistencial cuando es necesaria la ayuda de una segunda persona, tanto en el entorno familiar, lugar de residencia, clínica u hospital.

### 5. REFERENCIAS

- [1] E. Marin. Arduino weather forecast. 6 junio, 2011. Recuperado de: <http://eduardomarin.es/2011/06/arduino-weather-forecast/>
- [2] Programación de Sistemas Embebidos en C. Gustavo Galeano. Editorial Alfaomega. 1a Edición. 2009. ISBN:978-9586827706
- [3] MicrosoftNetframeworks. recuperado de: <http://msdn.microsoft.com/es-es/netframework/aa496123>
- [4] Randy Jay Yarger, George Reese, Tim King. 1999. *MySQL y mSQL* (1st ed.). Andy Oram (Ed.). O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol, CA, USA
- [5] Fergal Grimes. 2002. Microsoft .Net for programmers.
- [6] *Embedded\_Targets\_Development\_Guide*. Recuperado de: [http://www.arduino.cc/Arduino/Embedded\\_Targets\\_Development\\_Guide.htm](http://www.arduino.cc/Arduino/Embedded_Targets_Development_Guide.htm)
- [7] *Arduino*. Recuperado de: [es.wikipedia.org/wiki/Arduino](http://es.wikipedia.org/wiki/Arduino)
- [8] *Arduino Home Page*. Recuperado de: [www.arduino.cc/es/](http://www.arduino.cc/es/)
- [9] *Open Source Initiative*. Recuperado de: <http://www.opensource.org/licenses>
- [10] James R. Glass. Noviembre 2002. recuperado de: *A probabilistic framework for segment-based speech recognition*. Computer Speech and Language 17 (2003)
- [11] James R. Glass, Timothy J. Hazen, I. Lee Hetherington. *REAL-TIME TELEPHONE-BASED SPEECH RECOGNITION IN THE JUPITER DOMAIN*. Spoken Language Systems Group Laboratory for Computer Science Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts 02139 USA
- [12] Kate Saenko, Trevor Darrell, James Glass. *Articulatory Features for Robust Visual Speech Recognition*. MIT Computer Science and Artificial Intelligence Cambridge, Massachusetts, USA.
- [13] Discapacidad en México. INEGI. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.gob.mx/impresion/poblacion/discapacidad.asp>



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

[14] Nathalie Smith. 2013 *Cuadriplejía y Paraplejía*. NYU Langone. Medical Center. EBSCO Publishing.

[15] Michele H. Cameron. *Agentes Físicos En Rehabilitación. De la investigación a la práctica*. Editorial Elsevier. 3ª edición 2009, ISBN: 9788480864329

[16] John G. Webster. Ramón Pallás-Areny. *Design For Biomedical Engineers*. Editorial John Wiley & Sons. Edición Internacional de Agosto de 2002. ISBN: 978-0471429425

[17] Gustavo Galeano. *Programación de Sistemas Embebidos en C*. Editorial Alfaomega. 1ª Edición. 2009. ISBN:978-9586827706

[18] Olman Orozco Vargas. *Asistencia Tecnológica y Tecnología de Rehabilitación*. Enero 2008. [http://www.terapia-ocupacional.com/articulos/Olman\\_Orozco\\_tecnologia\\_rhb\\_asistencia\\_tecnologica\\_terapia\\_ocupacional.shtml](http://www.terapia-ocupacional.com/articulos/Olman_Orozco_tecnologia_rhb_asistencia_tecnologica_terapia_ocupacional.shtml)

[19] Margin MaríñezMatheus, Adriana Ríos Rincón. *La Tecnología En Rehabilitación: Una Aproximación Conceptual*. Revista Ciencias de la Salud, 2006, volumen 4, numero 2