

# Sistema de Bipedestación con Funciones Domóticas Inalámbricas

Alvarez, Antonio, Gonzalez Adolfo, Balacco, José

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza  
Instituto Regional de Bioingeniería  
irb@frm.utn.edu.ar*

## RESUMEN.

La bipedestación es una función fundamental del sistema neuro-motor humano, ya que permite lograr la posición vertical típica sobre dos piernas. Esencialmente, cumple un rol fisiológico sumamente importante, al permitir que el sistema arterial y venoso conserve adecuadamente su elasticidad y normalidad. La carencia de esta función produce serios trastornos en pacientes postrados o que pasan gran parte de su día en sillas de ruedas.

El presente trabajo describe el desarrollo de un equipo de bipedestación orientado a recuperar dicha función en aquellas personas que por distintas razones han sufrido su pérdida, pero además propone un sistema de comunicación con el entorno que posibilita el control de actuadores a través de tecnología de última generación aún en personas que están completamente paráliticas realizando funciones de domótica, comunicaciones, etc.

**Palabras Claves:** Bipedestador – control inalámbrico - domótica

## 1. INTRODUCCIÓN

La bipedestación es una función fundamental del sistema neuro-motor humano, ya que permite lograr la posición vertical típica sobre dos piernas. Esencialmente, cumple un rol fisiológico sumamente importante, al permitir que el sistema arterial y venoso conserve adecuadamente su elasticidad y normalidad.

Cuando por alguna patología se pierde esta función, aumenta enormemente el riesgo asociado a trombosis de los miembros inferiores, vascularización deficiente, pérdida sostenida de la masa muscular de las piernas, trastornos de digestión, etc.

El prototipo Bipedestador diseñado y fabricado en el INSTITUTO REGIONAL DE BIOINGENIERÍA (IRB) de la Facultad Regional Mendoza-Universidad Tecnológica Nacional, reúne en un sólo equipo la funcionalidad de una silla de ruedas con comando electrónico de 360°, es decir en todas las direcciones y un sistema de bipedestación controlado electrónicamente desde la silla, desde un control remoto o vía smartphone a través de una aplicación desarrollada para las plataformas utilizadas en celulares y Tablets. [1].

El sistema, cuenta en el panel de comando con un control domótico que permite activar algunos artefactos del hogar como TV, PCs, luces, etc.

El panel admite incorporar un teclado conceptual con procesamiento de voz para aquellas personas cuya enfermedad (parálisis cerebral severa, esclerosis múltiple, etc) le impiden el habla parcial o total.

El accionamiento tanto de la silla como de la bipedestación en sí misma presenta alternativas a través de la señal del oculograma y/o del electroencefalograma (EEG), para personas totalmente impedidas en sus miembros superiores e inferiores, facilitando su desempeño autónomo en la vida cotidiana.

Este producto, está pensado en ayudar a pacientes que representan el 7,1% de los argentinos y casi mil millones de personas en el mundo.

Equipos similares internacionales, pero sin esta innovación, superan los u\$s 50.000.

## 1.1. Descripción básica del sistema.

Básicamente el sistema bipedestador consiste en una serie de bloques funcionales que tienen como principal correlato el control de una silla de comando electrónico de giro controlado por modulación de ancho de pulso, la función de bipedestación propiamente dicha y el control domótico al que se le han sumado elementos de comunicación a través de distintos tipos de interfaces y smartphone.

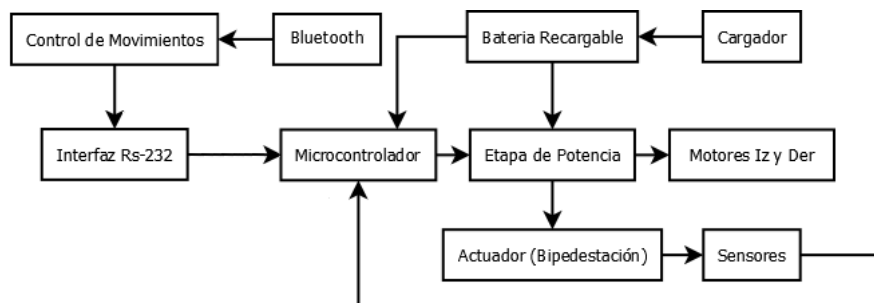


Figura 1 Diagrama en bloques del sistema bipedestador.

El diseño de la estructura prototipo se realizó a partir de diferentes modelos y si bien en principio se pensó en una base con caños de sección rectangular para el prototipo, luego, se vio que sería más conveniente a fin de evitar tener recortes de caños de distintos tipos, unificar todo el diseño con caño de sección redonda, ya que, los mismos se venden por tirones de 6m y de esta manera también disminuimos los gastos, ya que tener un caño de sección cuadrada o redondo bien calculado no hace a la funcionalidad del proyecto.

La siguiente figura permite ver el esquema general del diseño y sus partes asociadas:

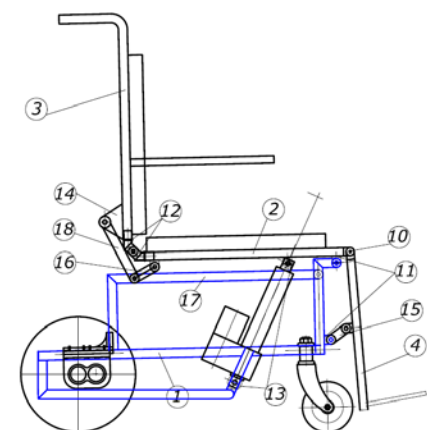


Figura 2 Diseño de estructura bipedestador.

Desde el punto de vista estructural, la silla bipedestadora incorpora articulaciones específicas para lograr la bipedestación en un máximo de verticalidad cercano al 100%.

Para la implementación de esta función se optó por la utilización de actuadores eléctricos lineales de bajo mantenimiento y que además poseen la gran ventaja del frenado automático y traba en cualquier punto de su recorrido ante un corte de energía, lo que constituye una característica fundamental en este tipo de aplicación.

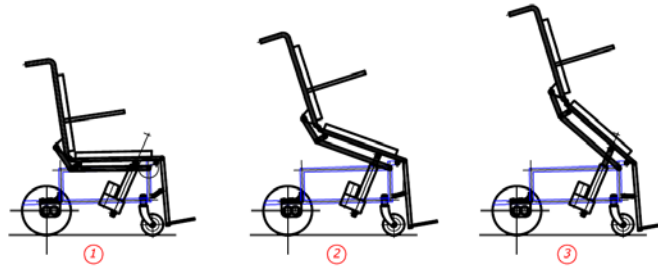


Figura 3 Función de bipedestación en modo controlado y automático.

### 1.1.1 Etapa de potencia del equipo.

El circuito tiene como entrada 8 señales. Las señales 1 y 8 son, 0V (-) negativo y 24 V (+) positivo, alimentación del circuito, las señales 2 y 5 corresponden a la señal de PWM que regula la velocidad de giro del motor izquierdo y derecho respectivamente, las señales 3 y 6 habilitan para el giro al motor izquierdo y derecho respectivamente y las señales 4 y 7 cambian el sentido de giro del motor izquierdo y derecho respectivamente.

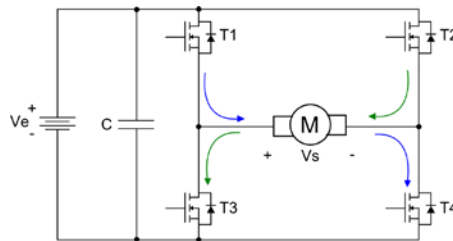


Figura 4 Diagrama básico de la etapa de potencia.

Las señales 3 y 6, ingresan directamente a unos opto acopladores que además de aislarlas le cambia el nivel de 5 V a 15 V (como los opto acopladores invierten la señal se colocan a la salida inversores para dejar las señales igual que a la entrada de estos), luego van a los pines de habilitación de los driver IR 2110 que disparan las compuertas de los MOSFET de potencia de los puente H, las señales 4 y 7 van a unas compuertas AND las cuales seleccionan que parte del puente es la que recibirá la señal PWM (parte alta o baja), las señales 2 y 5, también llegan a estas compuertas AND, y luego van a los opto acopladores que las aíslan y cambian de nivel, y luego llegan a los driver IR 2110.

Los driver IR 2110 alimentan la compuertas de los MOSFET de potencia IRF 3205 que son capaces de soportar 110 A, 55 V, y son los encargados de conectar a los motores a la línea de alimentación de 24 V.

### 1.1.2 Descripción del control general.

Se diseñó una placa que contiene un PIC 16F877A, un pantalla LCD 16 x 2, cuatro botones, un buzzer, y dos entradas analógicas/digitales. El microcontrolador se encarga de revisar el estado de los botones, que controlan las distintas funciones que aparecen en la pantalla, que también es controlado por el PIC, también se encarga de leer dos señales analógicas que nos dan en todo momento la posición del joystick que controla los movimientos de la silla, además cuenta con dos puertos series, por uno envía y recibe datos a la placa de control, y por el otro envía y recibe datos a una interfaz bluetooth que hace que este puerto sea inalámbrico.

Para realizar la bipedestación se tienen tres opciones, subir, bajar y parar. En la opción de subir se comienza a levantar el dispositivo hasta que llega a su posición final o se presiona el botón parar y en la opción bajar se comienza a bajar el dispositivo hasta que llega a su posición final o se presiona el botón parar.

El control de movimiento de la silla se realiza tomando la posición que tiene el joystick e interpretando esta de la siguiente manera, se asignan 8 estados posibles, cada uno de estos estados además tiene posiciones intermedias, es decir que de acuerdo cuanto se desplace la palanca del joystick del centro es cuánto va a aumentar la velocidad en el sentido que

seleccionado por la posición del joystick. Esto nos permite tener un control proporcional de velocidad.

Una vez determinado la posición del joystick, se envía un dato por el puerto serie indicando el sentido y el valor de la velocidad a asignar a cada motor, cuando se realizan movimientos hacia delante o atrás, el valor de velocidad de los dos motores coincide, en cambio para realizar un movimiento hacia adelante e izquierda, el motor derecho va a tener un valor de velocidad mayor que el motor izquierdo, cuando se desee realizar un giro de 360° se debe hacer girar los motores en sentido contrario uno del otro, si se gira el motor derecho en el sentido de las agujas del reloj y el otro en sentido contrario la silla gira hacia la izquierda, y para girar a la derecha se invierten el sentido de ambos motores.

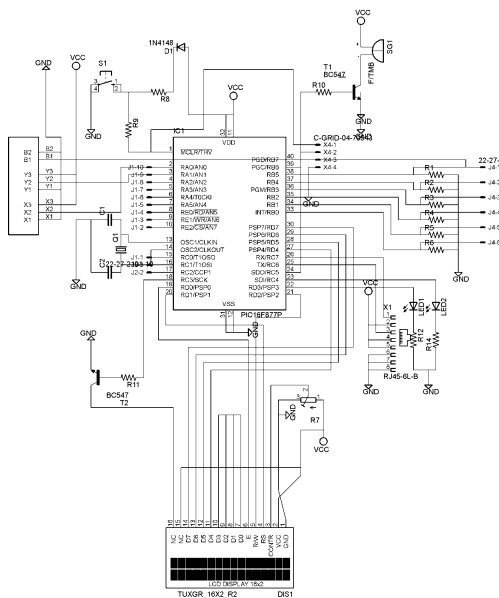


Figura 5 Diagrama esquemático de control general.

### 1.1.3 Control domótico y de entorno próximo.

El equipo bipedestador incorpora un sistema de control domótico que se encuentra integrado en las distintas interfaces que posee el usuario.

Para ello se desarrolló un programa en lenguaje JAVA que permite controlar el servidor mediante dispositivos con sistema operativo Android. El programa consta de dos pantallas, en la primera se encuentran los comandos para controlar la bipedestación, y en la segunda pantalla se realiza la conexión con el servidor, podemos controlar 7 actuadores, observar 4 sensores digitales y 1 sensor analógico, este desarrollo es básico, y se pueden aumentar el número de entradas y salidas tanto como permita el microcontrolador que tenemos en nuestro servidor. También se pueden agregar funcionalidades como enviar e-mail y agregar lugares restringidos por usuario y contraseña, este programa lo que hace es leer una página web localizada en el web server que también fue programada para este proyecto en lenguaje HTML, y Javascript, lo que permite tener una página web con variables dinámicas que cambian según los valores de los sensores y actuadores que están instalados en el webserver.

En la siguiente figura se muestra un diagrama básico del sistema de control domótico en el que se observa la interface de potencia y los distintos dispositivos a controlar.

Este tipo de funcionalidad es sumamente importante para personas que viven solas o bien necesitan desplazarse por sí mismas con cierto nivel de independencia. [2].

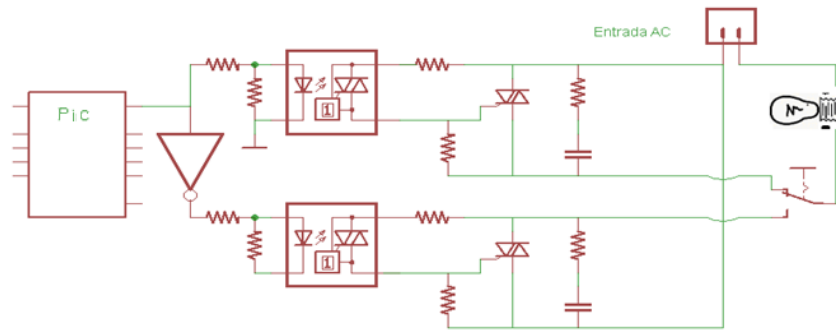


Figura 6 Diagrama esquemático de control de entorno y domótica.

#### 1.1.4 Control codificado por EEG.

Como se detalló en los apartados anteriores, existen distintas formas de controlar las funciones de comando de la silla a 360 grados, de la bipedestación a posiciones intermedias hasta casi el 100% de la verticalidad y al control del entorno próximo.

Sin embargo todo esto resulta inútil si la persona no posee la movilidad de sus miembros superiores con cierto nivel de eficiencia y control fino de sus miembros.

Para los casos en que esto no es así y el paciente está totalmente impedido del uso de sus miembros superiores se realizó el diseño de un control a través de señales de EEG (electroencefalográficas) que aprovechan las ventajas del oculograma obtenido en cada parpadeo.

Existen múltiples músculos para los reflejos de control de parpadeo. Los músculos principales, en el párpado superior, que controla la apertura y cierre con el músculo orbicular del ojo y elevador del párpado superior y el músculo. El músculo orbicular del ojo cierra el ojo, mientras que la relajación y la contracción del músculo elevador del párpado abre el ojo. El músculo de Müller, o de los músculos palpebrales superiores, en el párpado superior y el músculo palpebral inferior en el párpado inferior son responsables de la ampliación de los ojos. Estos músculos no son sólo razones imperiosas de parpadear, pero también son importantes en muchas otras funciones, como entrecerrar los ojos y guiñando un ojo. El músculo palpebral inferior se coordina con el recto inferior a tirar abajo el párpado inferior cuando uno mira hacia abajo. Además, cuando los ojos se mueven, a menudo hay un abrir y cerrar, abrir y cerrar está pensado para el ojo para cambiar su punto de destino.

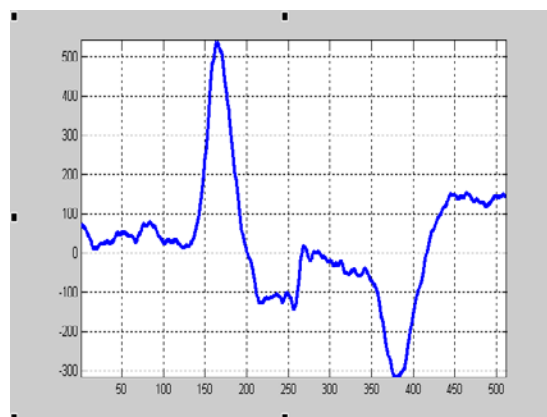


Figura 7 Señal fuente de oculograma utilizada para codificación del control por EEG

Se utilizan en técnicas sintácticas de reconocimiento de patrones, basadas en la morfología de los mismos. La estructura del patrón está formada por una serie de características de bajo nivel, usualmente llamadas primitivas, tales como arcos, esquinas o líneas, que se caracterizan por una serie de medidas o atributos (grado de curvatura, longitud del arco, etc.). La señal puede descomponerse en primitivas mediante la utilización de gramáticas.

Una gramática viene definida por:

$$G = [V_T, V_N, P, S]$$

Donde  $V_T$  es el conjunto de símbolos o primitivas terminales,  $V_N$  es el conjunto de símbolos no terminales,  $P$  son las producciones o reglas de reescritura de los símbolos y  $S$  es el símbolo inicial o raíz. Un alfabeto es el conjunto de todos los símbolos utilizados por la gramática, y un lenguaje está compuesto por todos los subconjuntos del vocabulario que puede generar la gramática. Una sentencia o cadena es cualquier secuencia de símbolos formado a partir del vocabulario.

Por ejemplo, se podrían medir atributos para cada primitiva tales como la suma de los valores de cada muestra o el número de muestras que la componen (relacionados, respectivamente, con la amplitud y duración correspondientes).

En nuestro caso se diferenció la señal en los siguientes atributos.

A – Estado de la señal por debajo de un umbral.

B – Flanco ascendente.

C – Pico positivo.

D – Flanco descendente.

E – Pico negativo.

F – Flanco ascendente lento.

Se podría usar la aproximación de la derivada para detectar los picos pero en nuestro caso utilizaremos un algoritmo propio basado en la ubicación de máximos y mínimos en un tramo de señal.

Se toma una ventana que se desplaza muestra a muestra por la señal, el tamaño de este tramo de señal tiene que ser lo suficientemente grande para contener el patrón y lo suficientemente chico para ser procesado a gran velocidad. El tramo se compone de “n” muestras. [3].

$$Tr = \{ tr(0), tr(1), \dots, tr(n-1), tr(n) \}$$



Figura 8 Captura de señal EEG a través de electrodo frontal.

### 3. CONCLUSIONES.

El sistema de bipedestación aquí presentado constituye una tecnología de apoyo sumamente importante para personas que padecen distinto tipo de patologías y que requieren de asistencia tecnológica para el desarrollo más confortable de su vida cotidiana.

La utilización de este tipo de equipamiento permite mitigar en gran parte los problemas derivados de la inmovilidad propia de muchas enfermedades y contribuye a la inclusión social a través de la mejora en su comunicación con el medio y las personas.

El proyecto incorpora tecnología de última generación que en la actualidad no se encuentra en nuestro medio local y busca soluciones económicas para hacerla accesible a poblaciones de menores recursos.

#### 4. REFERENCIAS.

- [1] Alvarez; A Balacco, J et ál (Grupo Génesis) "Control y Vigilancia de Riesgos Asociados a la Tecnología Biomédica – Un Abordaje Sistémico desde la Ingeniería Clínica. V Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica (CLAIB2011). Lugar: Palacio de Convenciones de La Habana – Cuba. 19 de mayo de 2011
- [2] "Alvarez Abri A, Balacco, J, Gonzalez, CONGRESO PERUANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA. ANDESCON – IEEE. *Criterios de diseño de sistemas de regulación y control de la tecnología médica*". 15-10- 2008. Perú
- [3] Alvarez Abril, Balacco J, Gonzalez A. "*Gestión de la tecnología médica, propuesta de sistemas de regulación in-situ y on-line bajo Norma RCM*". EnIDI 2008 Mendoza, pp 479 a 485. ISBN 978-950-42-0104-5

#### Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Ing. Horacio Pessano, presidente de la DASUTEN, (Obra Social de la Universidad Tecnológica Nacional) y a su Consejo de Administración por la colaboración y el apoyo permanente para la realización de este proyecto que pretende trascender los aspectos tecnológicos a fin de lograr el bienestar y la inclusión social de quienes más lo necesitan.