

## PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CAMINADORA PARA REHABILITACION DE NIÑOS CON PARALISIS CEREBRAL

José Guadalupe Ibarra Villaseñor<sup>1</sup>,  
dragon\_josep@hotmail.com  
M. en C. Noemi Hernández Oliva<sup>2</sup>,  
nhernandezo@ipn.mx  
M. en E. Marisol Alejandre Flores<sup>2</sup>,  
maf1180@hotmail.com  
Edgar Pineda Rodea<sup>1</sup>,  
epineda28@hotmail.com

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional,  
ESIME Zacatenco.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, C.E.C .y .T. 2  
"Miguel Bernard".

### RESUMEN

En este artículo se describen los resultados obtenidos del diseño y construcción de un sistema de control eléctrico electrónico para las opciones de arranque, paro o cualquier otra acción necesaria para la operación de un sistema mecatrónico, por lo que en un futuro se pretende pueda ser empleado como parte del control de un prototipo de rehabilitación de marcha en infantes con parálisis cerebral (PCI); dicha propuesta tiene como fin desarrollar la metodología de diseño en la cual se seleccionen los componentes y dispositivos adecuados para lograr dicho control y sus diferentes opciones, donde puede ser visualizado y monitoreado por medio de estaciones de señalización, en esta primera etapa. Dicho proyecto estará integrado por: 1) revisión y análisis de las características eléctricas y electrónicas de los diferentes dispositivos, 2) selección de los dispositivos de control para el arranque y paro, 3) mostrar a través de indicadores de señalización las operaciones, y 4) realizar la etapa de control final. Una vez terminado el proyecto se contará con un prototipo para validar las pruebas de funcionamiento del sistema mecatrónico con sus diferentes opciones, estas pueden incluir en un futuro el control de la velocidad el cual tendrá el prototipo de marcha, ya que esta debe ser ajustable de acuerdo a sus diferentes condiciones que indique el terapeuta o el responsable de operar dicho sistema de control, así como el monitoreo de las diferentes operaciones a través de una PC.

### 1. Introducción

A lo largo de la historia hemos presenciado que el ser humano está sumamente expuesto a sufrir lesiones en todo el cuerpo, ya sean por desgaste físico al practicar actividades deportivas, el tipo de labor que cierta persona pueda tener a lo largo de su vida e incluso por accidentes; debido a esto hay tanta gente que presentan limitaciones para controlar distintas partes del cuerpo generando presentando parálisis cerebral (PCI) [1]. Por ello se han creado distintos métodos de rehabilitación física las cuales ayudan a que la persona con dichos problemas de PCI obtenga estimulación obteniendo resultados rápidos y seguros; dicha propuesta consta de un prototipo ajustable a niños de tres a doce años que presenten dos tipos de PCI, las cuales son: Discinética o Atetósica, los cuales provocan descoordinación y falta de control de los movimientos corporales [2]. Debido a que aún no existen prototipos específicos diseñados para niños que puedan ser adaptables a las condiciones y características de niños; se toma como base el prototipo de un robot Exoesqueleto el cual sostiene al cuerpo desde afuera, estos usualmente son diseñados para permitir caminar o aumentar la fuerza y resistencia a las personas con desordenes de movilidad, además del sistema LOKOMAT que incluye un sistema de soporte dinámico donde la modulación de la velocidad es sumamente importante, resaltando el deseo de facilitar el

proceso de rehabilitación al terapeuta, con el fin de que pueda hacerlo de manera rápida y segura, contribuyendo a la evolución psicomotriz del infante con PCI [3, 4, 5].

## 2. Desarrollo

### 2.1. Grados de libertad del cuerpo humano

Los grados de libertad no son más que la capacidad de moverse hacia atrás, adelante, a la izquierda, derecha, arriba y abajo, siendo estos movimientos llamados traslacionales, y movimientos rotacionales [6]. Para poder crear el sistema adecuado para una rehabilitación motriz correcta dirigida a las extremidades inferiores (piernas), es necesario considerar cada movimiento del cuerpo, ya que de no hacerlo puede el sistema creado dañar al paciente. Por ello los grados de libertad deben ser considerados, además de los puntos de apoyo donde son distribuidas las cargas manteniendo un equilibrio y sincronización del cuerpo al tener cualquier tipo de desplazamiento. El cuerpo humano tiende a estar en equilibrio cuando el individuo se desplaza generando ángulos entre piernas, cadera y espalda, de tal manera que cuando la persona abra el compás de sus piernas no se caiga manteniendo una simetría perfecta. En la figura 1 se muestran los principales puntos de apoyo.

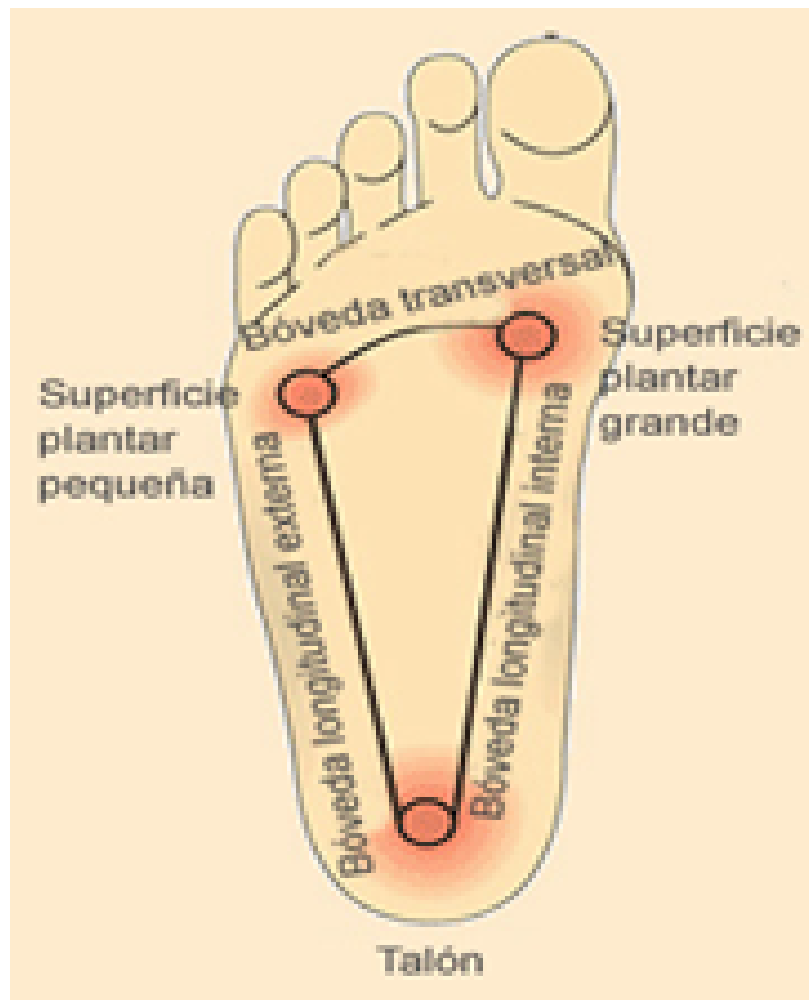


Figura 1: Puntos de apoyo

La distribución de esfuerzos y apoyo de peso en el cuerpo humano son tan importantes como los grados de libertad ya que mantiene el equilibrio en desplazamientos largos y cortos, de esta manera

el desgaste puede ser equitativo para cada parte sin sobrecargar alguna extremidad, en la Figura 2 muestra los movimientos traslacionales que la rodilla puede realizar.

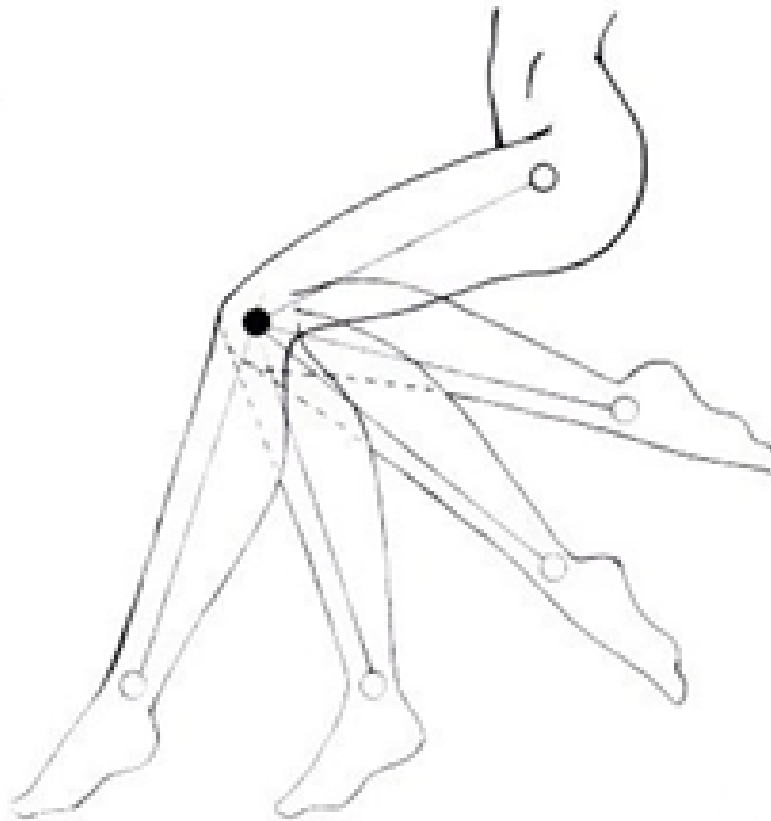


Figura 2: Movimiento de rodilla

Al igual que el torso, las rodillas y la pierna tienen movimientos específicos los cuales les permiten no solo caminar y correr, además es posible saltar en un área o rotar. Los tobillos son quienes soportan gran parte de los movimientos y golpes, por tanto es la parte con mayor desgaste por lo que se hace necesario tener los movimientos previstos que el cuerpo puede hacer para evitar una lesión al tener a prueba el prototipo. En la Figura 3 se puede observar los movimientos correctos que tanto el tobillo, planta del pie y dedos deben tener al realizar alguna acción.

## 2.2. Prototipo

Se contempla utilizar un soporte dinámico (caminadora eléctrica) con la finalidad de facilitar el proceso de las extremidades inferiores aumentando y reduciendo la velocidad del tapiz. Dicha velocidad será controlada por el tablero de potencia MC-60 y un potenciómetro lineal que regulará las rpm del motor.

Se considera tener un motor de corriente directa (servomotor) con una potencia de 1Hp y 100RPM, dicho motor moverá un rodillo principal de 0.05m de diámetro. Una vez obtenidos los datos del motor y el tapiz rodante se puede escoger el motor que tenga el par necesario el cual pueda mover la carga que se aplique posteriormente; dicho torque o par resultante es de 7.16 kg/m.

Mediante el esquema la Figura 4 se muestra la interacción de un motor de velocidad de corriente directa de 1HP y una tarjeta de control MC-60 que proporciona transmisión a un rodillo principal y con una banda que se encontrará tensada por otro rodillo en el extremo de esta, dicha banda se colocó sobre una tabla de melamina que tiene como función disminuir la fricción de la banda y evitar que se caliente de forma exagerada para que de este modo; la banda tenga un mejor rendimiento.

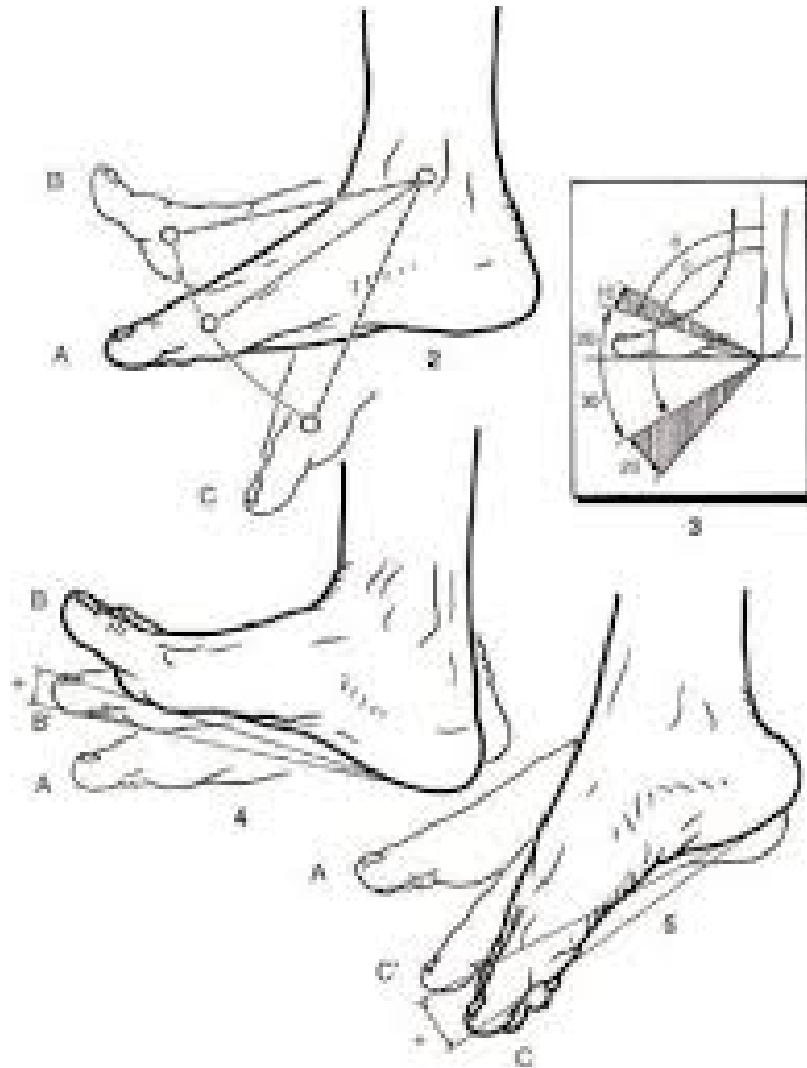


Figura 3: Movimientos del tobillo, dedos y planta del pie

La velocidad de la banda será controlada mediante un potenciómetro lineal, el cual irá conectado en una de las entradas que contiene la tarjeta de control, ya que se pretende trabajar con diferentes velocidades puesto que el nivel de rehabilitación y avance será diferente en cada uno de los casos con los que se trabaje, teniendo una velocidad mínima de 0.05km/h y una máxima de 10km/h, por ello que el prototipo contará con un "arnés ortopédico" el cual se encontrará montado desde la base con la ayuda de una estructura que servirá para soportar el peso de los niños en caso de que no puedan sostenerse por sí mismos y de este modo mantener equilibrio para poder cumplir con las sesiones de rehabilitación de manera exitosa tal y como se muestra en la Figura 5.

Ensamblados a la parte del prototipo, se encuentran dos tubos, estos cumplen como se muestra en la Figura 5, como barandales o soportes para la persona que estará en terapia, de la misma forma se encuentra otro tubo del cual colgara un arnés y servir de apoyo a la espalda y sostener al paciente. A futuro se espera adicionar un sistema de seguridad que indique si alguno el arnés no está bien colocado o existiera alguna falla con la caminadora, así como la señalización de arranque y paro total del prototipo.

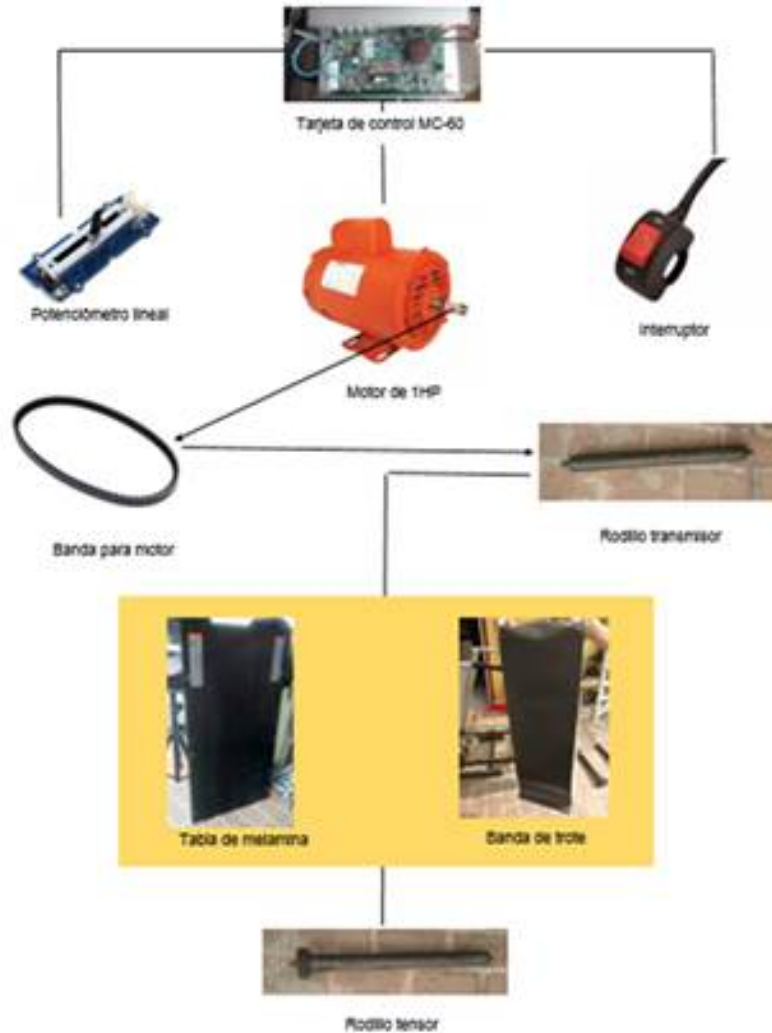


Figura 4: Ensamble de soporte dinámico

### 3. Conclusiones

Considerando que en México aún no se cuentan con los sistemas adecuados de rehabilitación para niños con PCI, es necesario auxiliar a los terapeutas en dichas actividades, como propuesta se dispone de un prototipo el cual facilite la labor del terapeuta mediante sistemas mecatrónicos controlables permitiendo que sean adaptables para cada persona, proporcionando además seguridad en el proceso con los barandales y poleas que soportan al paciente.

Es importante mencionar que las pruebas realizadas a niños de 5 y 12 años con peso de entre 20kg y 52kg respectivamente fueron exitosas aun cuando la velocidad era regulada en el proceso; se comprobó que los soporte y puntos de apoyo de la caminadora tales como los barandales y poleas facilitan de manera considerable la prueba reduciendo el desgaste físico de los sujetos de prueba.

### 4. Referencias

1. Dra. Rostion Allel, Carmen Gloria. (2016, Abril). Revista Pediatría Electrónica. Recuperado el 06, de Mayo de 2016, de <http://www.revistapediatria.cl/vol13num1/indice.html>

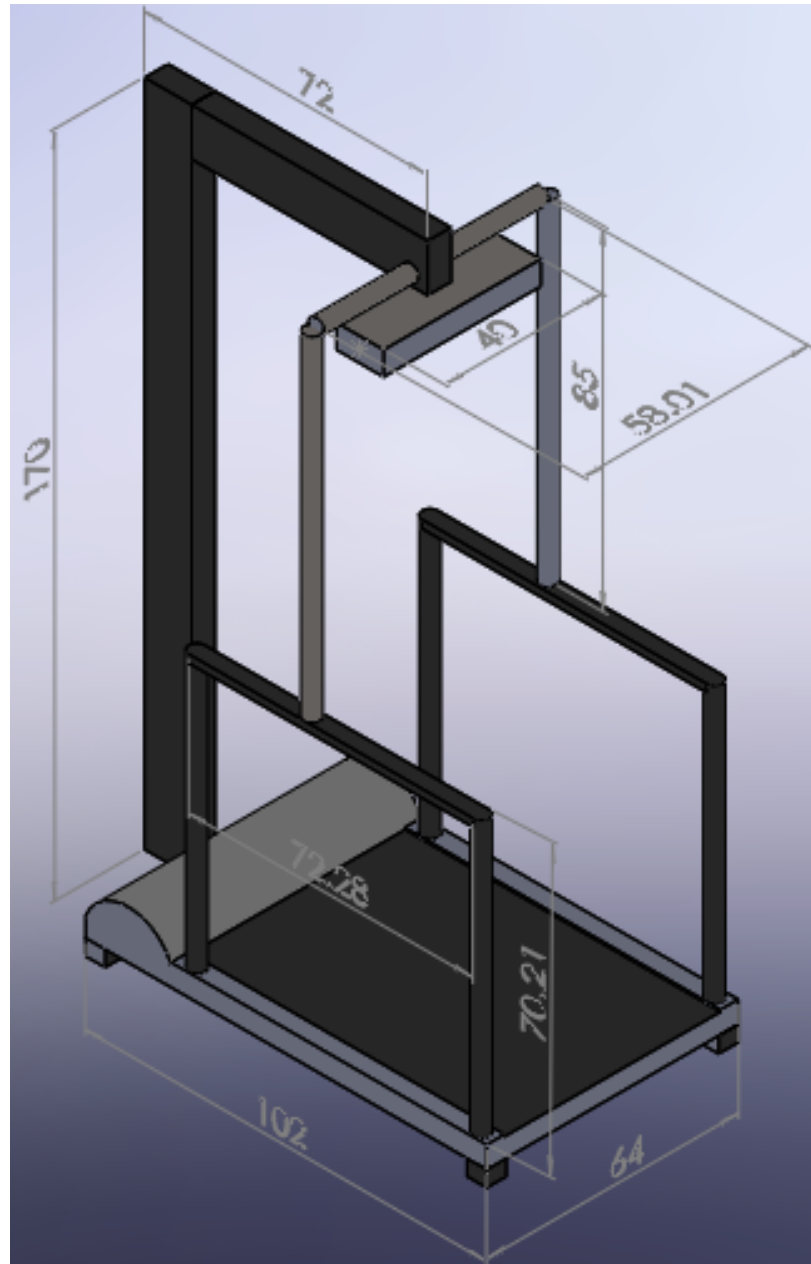


Figura 5: Ensamble de soporte dinámico

2. REHA Technology, G-EO Entrenador robótico de la marcha. Recuperado el 26 de Febrero de 2016, de: <http://www.interferenciales.com.mx/pdf/catalogos/110.pdf>

3. Samarit Mediberica S.L.L, Terapia funcional de locomoción mejorada, con feedback aumentado. Recuperado el 02 de Febrero de 2016, de: [http://dea.unsj.edu.ar/biomecanica/hocoma\\_lokomat\\_s.pdf](http://dea.unsj.edu.ar/biomecanica/hocoma_lokomat_s.pdf)

4. Sai K. Banala. (2007). Exoskeletons for Gait Assistance and Training of the Motor-Impaired. Recuperado el 06 de Mayo, de 2016, de <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4428562&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2>

5. Arriaga Arriaga, C., Gómez Pavón, L., Félix Beltrán, O., Muñoz Pacheco, J., Luis Ramos, A. and Rebollo Vázquez, J. (2014). Automatización de un soporte parcial de peso infantil para fisioterapia, Recuperado

el 04 Febrero de 2016, de: <http://somi.ccadet.unam.mx/somi29/memoriassomi29/PDFS/salud/106-KCSOMI-116-106.pdf>

6. Miriam de Jesús Andrés de la Cruz. (03 junio 2012). Equilibrio traslacional y Equilibrio rotacional. Recuperado el 04 junio 2016, de <http://es.slideshare.net/JimmyHdzM/equilibrio-traslacional-y-equilibrio-rotacional>.