

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA NEUROREHABILITACIÓN BASADO EN PLATAFORMA DE BALANCE Y MINI-PC

César Arrasin

Instituto de investigación en señales, sistemas e inteligencia computacional, sinc(i) UNL-CONICET

Director/a: Enrique M. Albornoz

Codirector/a: César E. Martínez

Área: Ingeniería¹

Palabras claves: exergames, neurorehabilitación, plataforma de balance Wii, equilibrio.

INTRODUCCIÓN

Las personas que sufren trastornos del equilibrio ven notoriamente afectada su calidad de vida. Esto les genera una alta dependencia para realizar tareas cotidianas, mayor probabilidad de caídas y las consecuentes fracturas, sobre todo en pacientes ancianos, conduciendo a una vida más sedentaria [Martin, 2013; Young 2011]. En el proceso de neurorehabilitación del equilibrio, la terapia física juega un papel importante en el tratamiento, mejorando las capacidades del paciente para realizar tareas cotidianas, afrontando las dificultades que presenta realizarlas con este trastorno. Esta terapia contempla la realización de una variedad de ejercicios que sirven tanto para el tratamiento, como para determinar la evolución del paciente [Young 2011]. Los profesionales terapéuticos evalúan la evolución del paciente con base en una serie de ejercicios, que se pueden complementar mediante la utilización de celdas o plataformas de fuerza (PF) (Figura 1-a). Los pacientes realizan ejercicios sobre las plataformas y éstas miden las fuerzas de reacción y momentos, los cuales se utilizan para calcular el centro de presión (CdP) del paciente (Figura 1-b).

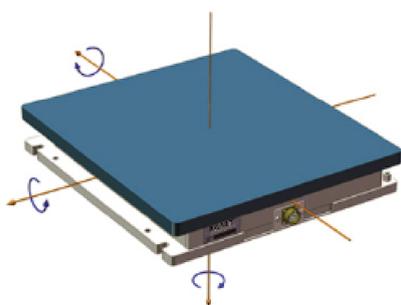


Figura 1. (a) plataforma de fuerza AMTI. (b) plataforma de fuerza para rehabilitación.

La terapia física se nutre de este valor para diagnosticar de manera objetiva la capacidad de equilibrio del paciente y poder medir su evolución. Las plataformas consideradas "gold-standard" rondan los US\$20.000 (AMTI, Kistler, Bertec, etc.). Estos altos costos limitan su uso solo a algunos centros de rehabilitación y su portabilidad se ve condicionada por su peso de aprox. 30 kg. En este trabajo propone utilizar dispositivos que puedan ser utilizados como medios alternativos de sensado y que tienen bajo costo, y que si bien han sido pensados con un objetivo inicialmente lúdico, actualmente muchos trabajos científicos validan su uso [Hung, 2014].

¹ Proyecto acreditado en el que se enmarca la investigación: CAI+D 2020 50620190100145LI "Desarrollo de métodos de aprendizaje automático para redes neuronales computacionales en grafos con aplicaciones al análisis de imágenes". Director: César E. Martínez

OBJETIVOS

El objetivo general es utilizar dispositivos alternativos de sensado que tienen bajo costo, que a través de videojuegos activos o exergames, asistan a profesionales de la neurorehabilitación.

Objetivos específicos

- Investigar tecnologías relacionadas a plataformas de balance y sistemas embebidos, y desarrollar los protocolos necesarios para la comunicación/visualización.
- Diseñar junto a los profesionales un conjunto de exergames para rehabilitación.
- Desarrollar el sistema completo de exergames junto a un sistema de relevamiento de información útil para que los profesionales evalúen la evolución de los pacientes.

METODOLOGÍA

Para este trabajo se trabaja con especialistas del Centro de Rehabilitación e Investigación "Dr. Esteban Laureano Maradona" interesados en utilizar la Wii Balance Board (WBB), pero no sólo como simples usuarios de juegos puramente lúdicos, sino mediante exergames específicamente diseñados para determinar la evolución y realizar el seguimiento de los pacientes con trastornos de equilibrio. En este marco, se propone implementar un sistema de rehabilitación que tenga la capacidad de proveer información acerca de la realización de los ejercicios y realizar un seguimiento de la evolución del paciente, necesidades manifiestas por los especialistas del Centro.

Investigación e implementación de una plataforma tecnológica

La primer etapa fue la investigación y comprensión de la tecnología disponible para realizar un sistema integral completamente comunicado (ver figura 1), a partir del cual fuese posible sensar los datos de la WBB, enviarlos a la mini-pc (raspberry pi), procesarlos y resguardar la información. De forma paralela, se implementaron los exergames (diseñados en conjunto con los especialistas) para que se visualicen en una pantalla, junto a información del balance y al video en tiempo real de la persona que está realizando los ejercicios.

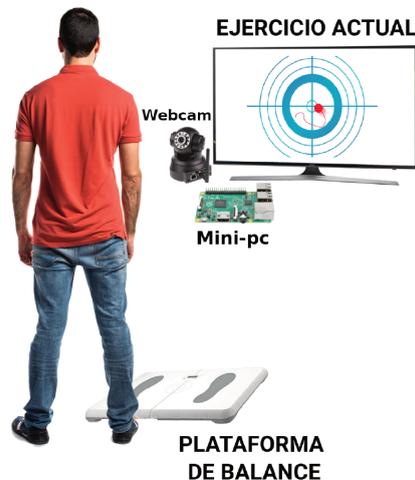


Figura 1: Sistema integral.

A continuación se describen los principales componentes del sistema:

- **Wii Balance Board:** es un dispositivo de la consola Nintendo Wii y ha sido validada como herramienta útil para la rehabilitación [Agmon, 2011]. Esta posee componentes similares a los

de una PF, cuesta alrededor de u\$s 80, pesa sólo 3,5 kg., tiene 4 sensores capaces de medir las fuerzas de reacción del jugador, y envía esta información a la consola por bluetooth [Clark, 2011]. Tiene algunas limitaciones técnicas: falta de sensado de momentos y de fuerzas de corte; una gran componente de ruido en las señales sensadas y una frecuencia de muestreo variable, entre otras.

- **Mini-pc (Raspberry Pi):** la implementación de exergames en computadoras permite adicionar el software personalizado, de seguimiento y la posibilidad de incorporar una cámara de video. Además, la utilización de mini-pc facilita la portabilidad y la posibilidad de tratamientos remotos. Se optó por la Raspberry Pi dado su bajo costo y su potencialidad ya que incluye: WiFi, Bluetooth, procesador y memorias bastante potentes, mucho desarrollo y soporte de software, entre otros.
- **Dispositivo de visualización (TV digital) y cámara**

Una presentación sobre características y funcionalidades del sistema completo puede verse en <https://bit.ly/2LrkL8E>.

Diseño e implementación de exergames

El éxito de los exergames depende de la atracción o diversión que genera al usuario y puede definirse como el balance entre las habilidades del jugador respecto de los desafíos del juego (componente psicológico del juego) [Sinclair, 2009]. A diferencia de otros videojuegos, los exergames incluyen un componente fisiológico que, para el ámbito de la neurorehabilitación, representa la evolución del paciente. Esta evolución, depende del balance entre las capacidades del paciente y la intensidad de la actividad. Si el exergame de rehabilitación es divertido, el paciente puede lograr un estado de afinidad con el juego. Esto es muy importante ya que genera concentración y foco en el ejercicio, alterando su percepción del paso del tiempo. Consecuentemente, es posible lograr una mayor frecuencia en la realización de los ejercicios y mayor motivación del paciente. Pero si el componente fisiológico no es efectivo, podría llevar a un deterioro de las capacidades del paciente sin importar la frecuencia de juego. Este doble objetivo es determinante tanto para la parametrización de los desafíos o dificultad del juego y la intensidad del ejercicio, como así también para el monitoreo del cumplimiento de los objetivos (habilidades del paciente) y la evolución de las capacidades del paciente. De esta manera se puede adaptar el juego a las habilidades y evolución del paciente, manteniéndolo comprometido con el ejercicio y evolucionando favorablemente (regla "dorada del flujo" de la teoría del flujo).

En todos los ejercicios el paciente debe mover un objeto en la TV (representado con una mira) balanceando el cuerpo hacia un objetivo.

1. *Ejercicio de evaluación funcional:* el paciente debe inclinar su cuerpo en 6 direcciones preestablecidas: *adelante-izquierda, adelante, adelante-derecha, atrás-izquierda, atrás, atrás-derecha*; y mantener el balance en dicha posición por un tiempo, regresar a la posición inicial y avanzar con la dirección siguiente.
2. *Ejercicios de entrenamiento:*
 - El paciente debe balancear el cuerpo en direcciones aleatorias (no establecidas) planteadas por el "juego" hasta alcanzar un objetivo.
 - El paciente debe alcanzar los objetivos en un determinado orden, que se establece en base a colores, incorporando una tarea cognitiva mientras ejercita el balance.

Para visualizar cómo funciona cada uno de los 3 ejercicios (objetivos y forma de uso) se puede acceder a <http://bit.ly/2F9nVbK> (ejercicio 1), <https://youtu.be/1SvykqkqkQM> (ejercicio 2) y <https://youtu.be/UjiMc3J3H9A> (ejercicio 3).

Finalmente se ha implementado un sistema web (<https://bit.ly/3IAkf6u>) para el registro y estadísticas de la evolución de cada paciente. En este, el especialista puede ver toda la información relativa a la realización de los ejercicios en diferentes sesiones y con un gran nivel de detalle, incluso los vídeos de la persona mientras realizaba el ejercicio.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema propuesto presenta un grado de desarrollo muy importante, dado que el hardware y rutinas básicas están finalizadas. Se han implementado 3 ejercicios para realizar la correcta integración y las pruebas de todo el sistema, sin embargo, nuevos ejercicios pueden ser incluidos de forma sencilla. Se ha logrado un sistema que mediante la WBB sensa el peso del cuerpo y consecuentemente es posible medir de manera directa el balance del cuerpo, propiedad que sólo puede aproximarse con dispositivos como Kinect. La utilización de una mini-PC resulta en un sistema más económico, flexible y transportable. Además, no requiere el mantenimiento de una PC tradicional y es más sencilla su re-instalación ante imprevistos.

El trabajo futuro consiste en la realización de pruebas en ejercicios con pacientes, el ajuste del sistema y la validación clínica del mismo. Las variables a registrar ya se encuentran definidas: recorrido del paciente, tiempo en cumplir cada objetivo con la discriminación de los objetivos por su ubicación en cuadrantes.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- J. J. Martin, "Benefits and barriers to physical activity for individuals with disabilities: a social-relational model of disability perspective," *Disability and rehabilitation*, vol. 35, no. 24, pp. 2030–2037, 2013.
- W. Young, S. Ferguson, S. Brault, and C. Craig, "Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the 'nintendo' wii balance board," *Gait & posture*, vol. 33, no. 2, pp. 303–305, 2011.
- J.-W. Hung, C.-X. Chou, Y.-W. Hsieh, W.-C. Wu, M.-Y. Yu, P.-C. Chen, H.-F. Chang, and S.-E. Ding, "Randomized comparison trial of balance training by using exergaming and conventional weight-shift therapy in patients with chronic stroke," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 95, no. 9, pp. 1629–1637, 2014.
- M. Agmon, C. K. Perry, E. Phelan, G. Demirir, and H. Q. Nguyen, "A pilot study of wii fit exergames to improve balance in older adults," *Journal of geriatric physical therapy*, vol. 34, no. 4, pp. 161–167, 2011.
- R. A. Clark, A. L. Bryant, Y. Pua, P. McCrory, K. Bennell, and M. Hunt, "Validity and reliability of the nintendo wii balance board for assessment of standing balance," *Gait & posture*, vol. 31, no. 3, pp. 307–310, 2010.
- J. Sinclair, P. Hingston, and M. Masek, "Considerations for the design of exergame," In *Proceedings of the 5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia*, pp. 289–295, 2009.