

Khushaba [3] reconoció 10 clases de movimientos de dedos usando dos electrodos Delsys con una tasa de reconocimiento de 91% empleando características combinadas del tiempo con autorregresión, reducción de dimensionalidad con FNPA (*Fuzzy Neighborhood Preserving Analysis*) vs PCA (*Principal Component Analysis*) y varios clasificadores como SVM (*Support Vector Machine*) y LIBSVM (Library for Support Vector Machines). Arjuan [2] alcanzó tasas del 95% y 91% de reconocimiento para cuatro tareas motoras con flexiones de bajo nivel, empleando dos electrodos, analizando fractales como FD y MFL y clasificando con TSVM (*Twin Support Vector Machines*). Phinyomark [4] realizó dos bases de datos, una con dos electrodos y otra con cinco, para el reconocimiento de seis clases de movimientos en la muñeca aplicando características de Hugins' (ZC – Zero Cross), SSC (*Slope Sign Changes*), MAV, WL) y Du's (VAR, WL, ZC, WAMP (*Willison Amplitude*), SSC), y clasificación con LDA, obteniendo tasas de reconocimiento del 97% con las de tipo Hugins'.

Nakaya [5] obtuvo un 90% en el reconocimiento de seis gestos de la mano, empleando como clasificador k-NN (*k-Nearest Neighbour*) y BPNN (Back-Propagation Neural Networks). Chu [6] consiguió el 97% de tasa de acierto para 9 clases implementadas en una prótesis mioeléctrica con 4 electrodos cuya información fue clasificada con MLP (*Multilayer Perceptron*) en tiempo real y ventanas deslizantes de 125 ms. Zhang [7] emplea 4 electrodos con lo que obtuvo 93,1% para el reconocimiento de 6 clases de movimientos de la mano empleadas en el control de una prótesis mioeléctrica, comparando características como DBS (*Discriminant Bispectrum*), DFC (*Discriminant Fourier Cepstrum*) vs AR (*Auto-Regressive Model*), TD, PSD (*Power Spectral Distribution*) y SVM como clasificador en personas con amputación transtibial.

Varios trabajos también fueron referenciados en las revisiones realizadas por Peerdeman [8] y Oskey [9] con lo que se identificó una gran variabilidad en las tasas de reconocimiento de gestos de la mano. Esto se debe, en gran medida, a la capacidad de respuesta que tienen las prótesis mioeléctricas sobre las cuales se determinaron cuáles gestos motores se deben realizar. Otra observación relevante es la dificultad de encontrar una descripción detallada sobre cómo se realizó la captura de la señal y los criterios para la selección de los músculos para el registro de cada contracción. A esto se suma la falta de información acerca de la posición ergonómica sobre la cual se realiza la captura de la señal sEMG durante la ejecución de las rutinas motoras, y no se especifican, en su gran mayoría, los criterios de selección de las características empleadas, la forma en que se segmentaron los datos y, por lo tanto, la descripción del comportamiento de la señal relacionada con cada gesto motor.

Con el objetivo de superar las dificultades expuestas y los desafíos de reconocimiento de gestos motores de la mano empleando señales sEMG, el presente artículo propone un protocolo de captura basado en el control del reposo para diferentes gestos de la mano. Se incluyeron movimientos de los dedos individuales, de pares de dedos, de la articulación de la muñeca y de prensión de objetos utilizando 4 electrodos, un músculo extensor y 3 flexores. Para la validación del sistema se implementó un sistema de reconocimiento de patrones empleando una combinación de Dimensión Fractal (FD) con características del tiempo y frecuencia, con clasificadores basados en Lógica Difusa (FL) y redes neurales de tipo MLP. Se conformó una base de datos con énfasis en el estudio del comportamiento del movimiento en personas saludables y una persona con amputación por desarticulación de la mano.

## 2. Metodología

### 2.1. Descripción del protocolo

Para el control de la prótesis mioeléctrica de mano es necesario contar con el control voluntario de las contracciones por parte del individuo. Sin embargo, esto supone un gran desafío para el sistema de procesamiento de las señales, el cual debe reconocer la intención del movimiento a pesar de la variabilidad con que se realiza cada contracción. La razón está en la manera en que cada individuo representa la tarea motora en términos cognitivos, ya que los movimientos voluntarios tienen respuestas variadas, debido a que el córtex motor primario planea los movimientos de la mano y los ejecuta con ayuda de los nervios reflejos de la médula espinal.

Se determinaron los criterios de inclusión para el grupo de personas sin amputación, donde consta que el individuo no presenta neuropatías o enfermedades musculoesqueléticas y no usa medicamentos que puedan afectar el normal funcionamiento de actividades musculares. Se plantea un trabajo con un grupo homogéneo, entre mujeres y hombres, con edades entre 20 y 40 años. Para el grupo de personas con



discapacidad motora se incluyen aquellos con amputación traumática o desarticulación a nivel del tercio distal del codo. Todos los participantes pasan por un proceso de evaluación por un grupo de médicos y fisioterapeutas, y se firma un acuerdo de participación en la investigación, aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Federal do Espírito Santo (UFES).

Los artículos presentados por Orosco [10], Arjunan [2], Erkilinc [11], Zhang [12], Ganesh [13], Bitar [14], Oskoei [9] y Chu [6] sugieren que el número de electrodos adecuado sea de 4 para reconocimiento superior a 6 clases de gestos de mano en personas saludables y todas sus posibles combinaciones en un número inferior por razones de adaptabilidad y capacidad de procesamiento. La selección de los músculos es relevante para obtener la mayor resolución del gesto motor. La combinación de un músculo extensor y tres flexores a nivel del tercio proximal del codo fue adecuada, debido a que son utilizados de manera coordinada durante la realización de los gestos motores seleccionados.

Para diferenciar el comportamiento de la señal en relación al grado de libertad y la manipulación de objetos con precisión, se ha decidido generar una base de datos que relacione movimientos de los dedos individuales, movimientos de pares de dedos, movimientos de flexión y extensión de la muñeca y movimientos de prensión bi-digital / penta-digital distribuidos como se muestra en la Tabla 1.

Categorías	Clases	Nombre del Movimiento
	1	Estado de reposo
A	2	Flexión del dedo pulgar
	3	Flexión del dedo índice
	4	Flexión del dedo medio
	5	Flexión del dedo anular
	6	Flexión del dedo meñique
B	7	Flexión conjunta de los dedos meñique y anular
	8	Flexión conjunta de los dedos anular y medio
	9	Flexión conjunta de los dedos medio e índice
	10	Flexión conjunta de los dedos índice y meñique
C	11	Flexión de la muñeca
	12	Extensión de la muñeca
	13	Flexión con todos los dedos
	14	Agarre con la mano
	15	Agarre con los dedos índice y pulgar
	16	Extensión de los dedos
D	1 - 10	Incluye las tareas 1 hasta 10

Tabla 1 Clases de movimientos implicados en este protocolo, organizados por categorías.

Las tareas motoras se relacionan con la activación de respuestas motoras ante contracciones isotónicas con momentos isométricos que no generan fatiga, es decir, con activación de fibras tipo I, las cuales pueden producir cantidades relativamente pequeñas de tensión muscular por largos periodos sin disminuir su carga de energía. Para iniciar la tarea isotónica es necesaria una respuesta rápida, debido a la necesidad de llegar al gesto motor voluntario requerido, para lo cual las fibras de tipo IIA son activadas ya que ofrecen resistencia a la fatiga rápida combinada con contracción rápida.

## 2.2. Materiales e Instrumentación

Se utilizaron 4 electrodos bipolares de superficie, manufacturados por *Touch Bionics*, que incluyen una pre-amplificación embebida y acondicionamiento de la señal con un filtro notch de 60 Hz y ganancia variable. La señal fue digitalizada con una tasa de muestreo de 1 kHz a través de un sistema de adquisición de datos NI USB-9001 de la *National Instruments*. Fue desarrollada una interfaz de adquisición y procesamiento de señales, basada en Matlab 7.14, instalada en un computador portátil (Dell XPS L502x Notebook / Intel Core i7, 8GB RAM, Windows 7, 64bit). Se ha utilizado un portátil (el cual utiliza batería) ya que es importante aislar el sistema de adquisición del ruido de la red eléctrica de 60 Hz.

Durante la captura, el sujeto debe estar sentado con los brazos descansando sobre la mesa, en la posición más confortable, alejado de toda distracción que perturbe su atención durante la ejecución de las tareas

motoras. Se debe mantener la espalda y hombros en una posición que no se ejerza apoyo sobre los brazos durante la ejecución de las tareas. La piel debe ser preparada, lavada con jabón exfoliante y rasurada en las áreas donde se ubican los electrodos. Se aplica alcohol al 70% para cerrar los poros y eliminar la grasa que aun quede sobre la superficie, con el objetivo de disminuir la atenuación de la señal debido a las capas de células interpuestas entre la respuesta de las diferentes unidades motoras reclutadas y cada electrodo.

Para la colocación de los electrodos se ubican puntos en las regiones de los músculos seleccionados del brazo dominante, como lo indica el protocolo SENIAM. Se aplica gel conductor sobre la superficie del electrodo, pero tomando el cuidado de evitar el contacto entre las placas del canal de referencia y de los segmentos polares de cada electrodo. Se evalúa la ubicación de cada electrodo identificando los picos más altos en la PSD y RMS en la señal, en tres posiciones en el mismo músculo y máximo a 1 cm en relación al punto sugerido por el SENIAM. Se considera aquél que posea los picos más altos. Esto se realiza en la primera sesión. La interfaz de usuario permite observar en línea el comportamiento de los cuatro electrodos en el dominio del tiempo y frecuencia.

Inicialmente se solicita al sujeto ubicarse de pie con los brazos en reposo (sin generar ningún tipo de contracción), con el fin de identificar el comportamiento de la señal en esas condiciones. A continuación, el sujeto debe adquirir las condiciones ergonómicas de captura donde adquiera la posición más adecuada con los brazos descansados sobre la mesa, y la mano, en caso de las personas sanas, ubicada con la palma abajo lo suficiente para generar libertad en el movimiento del dedo meñique, de tal manera que permita reducir el efecto de músculos supinadores. Luego de haber encontrado la posición de reposo se debe mantener dicha posición durante 30 a 50 s, con el objeto de memorizar el estado de relajamiento de los músculos e identificar pequeñas variaciones relacionadas con actividades por reflejos, adquiriendo así la experiencia necesaria de un mayor control propioceptivo del tono muscular en estado de reposo.

Para el aprendizaje de los gestos motores, el Fisioterapeuta indica al sujeto la manera en que se debe realizar cada movimiento, replicándolo simultáneamente en el orden como se indica en la Tabla 1. Es importante resaltar que un bajo nivel de contracción indica la menor cantidad de energía necesaria para realizar cada gesto motor con la menor cantidad de tensión muscular. Esto permite monitorear de forma cognitiva la manera en que se controlan los músculos requeridos para realizar la rutina motora sin activar otros movimientos que tienden a acompañar por defecto o generar pequeñas contracciones isométricas durante el estado de reposo.

La rutina motora consiste en 5 repeticiones de cada gesto, con un momento isométrico de 5 s aproximadamente, que es el estado ideal de la tarea requerida, y un tiempo de reposo de 5 s entre cada ejecución isocinética. El tiempo para llegar a la posición isométrica generalmente es de 1 s. Antes de iniciar la captura se le solicita al sujeto realizar la tarea con los ojos cerrados, debido a que existe la tendencia a reaccionar negativamente a la frustración al no conseguir realizar los movimientos adecuadamente o no conseguir volver al estado de reposo con facilidad, perdiendo el control de la contracción en relación al reposo y, por tanto, predisponiendo al sujeto a obtener resultados ideales. De tal manera un sonido o la voz del mismo Fisioterapeuta marcan el inicio y el final de cada contracción, y al final se evalúa conjuntamente con el sujeto si el registro permite diferenciar los dos momentos de ejecución de cada tarea motora de reposo y contracción isométrica. Esto se hace con las primeras dos tareas como entrenamiento en cada sesión.

Durante la captura de datos, la labor del Fisioterapeuta es muy importante al evaluar si los registros han sido realizados adecuadamente; esto depende de la experiencia del observador con este tipo de señales. El Fisioterapeuta puede indicar un máximo de 3 intentos por tarea motora y las puede pedir en cualquier momento durante la misma sesión. Aun así todos los registros se guardan para posterior segmentación, donde se eliminan o no datos como efecto de la ejecución de las diferentes rutinas motoras. El registro de los datos de la señal sEMG fuera de línea se acompaña con la grabación de un video para cada prueba.

### 2.3. Procesamiento

Existen varias estrategias para la segmentación de datos, usando el músculo antagonista para determinar *onset* y *offset* (inicio y final de la contracción) o mediante el cálculo por medio de diversos algoritmos. En este trabajo se realizó la segmentación del momento isométrico de forma manual, lo que requiere de un gasto mayor de tiempo, pero ofrece mayor precisión en la selección del momento isométrico, el cual



representa el movimiento voluntario requerido para cada rutina motora, tanto en individuos saludables como amputados.

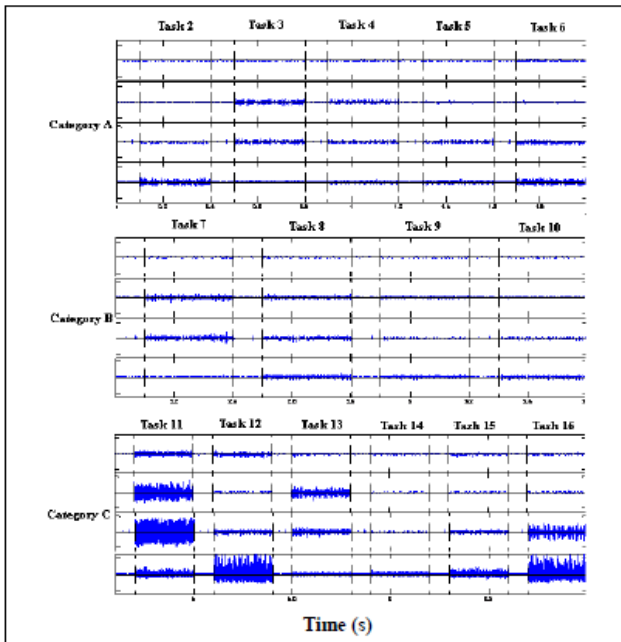


Figura 1. Efecto de la señal sEMG para cada gesto motor.

Se seleccionaron las características que han sido usadas en la mayoría de los artículos referenciados en el estado del arte, empleando combinaciones de DFA con cada característica en el dominio del tiempo y de la frecuencia. Las características propuestas se presentan en la Tabla 2. Se empleó un sistema de reconocimiento de patrones para la validación del protocolo experimental propuesto en este artículo, cuyos resultados pueden ser consultados en [15]. Los gestos fueron organizados en categorías, donde cada una conforma un sistema de reconocimiento independiente. Se combinaron las características mediante la clasificación usando Lógica Difusa y redes neuronales multicapa MLP.

### 3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en [15] mostraron tasas de acierto del 98,7% para tareas donde se combinaron dos características: Dimensión Fractal (DFA) y dominio del tiempo (RMS) con MLP. La Figura 2 presenta la matriz de confusión obtenida con los resultados para un solo individuo y los grupos de gestos motores C y D, donde se aprecian los porcentajes de reconocimiento respectivos.

### 4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente trabajo permite reconocer gestos de la mano con porcentajes altos de reconocimiento, a pesar que los resultados obtenidos hasta el momento se relacionan únicamente con dos individuos. Se mantiene la hipótesis de que el porcentaje de reconocimiento se conservará con pocas variaciones, si se mantienen las condiciones establecidas por el presente protocolo para captura de señales EMG de superficie. Es importante evaluar si existen diferencias significativas en los porcentajes de acierto de la primera a la tercera sesión, por persona, con todas las personas y su relación con personas amputadas, con lo que se evidenciaría si las tasas de aprendizaje realmente permiten mejorar las tasas de reconocimiento. El control de reposo mejora la resolución en el reconocimiento de los datos, permite identificar los segmentos

isométricos con mayor facilidad durante la segmentación y delimita movimientos que mantienen una tendencia en el comportamiento de la señal sEMG entre un mismo individuo y entre varios individuos para cada gesto motor. Esto permite identificar un patrón oro para cada gesto motor, de tal forma que se pueda implementar esta base de datos para el control de una prótesis virtual que brinde los efectos de reconocimiento que se espera en una prótesis real con movimiento independiente de dedos, disminuyendo el tiempo de entrenamiento por parte del usuario y, por tanto, su capacidad de control y adaptación al nuevo miembro.

Dominio	Características	
	Abreviación	Nombre de la característica
Dominio del Tiempo	MAV	Valor Medio Absoluto
	MAV1	Valor Medio Absoluto Modificado 1
	MAV2	Valor Medio Absoluto Modificado 2
	VAR	Varianza
	RMS	Valor RMS
	WL	Longitud de forma de onda
	ZC	Cruces por cero
Dominio de la Frecuencia	SSC	Cambios de Pendiente
	MNF	Frecuencia promedio
	MDF	Frecuencia Media
	PKF	Frecuencia pico
	MNP	Potencia promedio
Dimensión Fractal (FD)	TTP	Potencia Total
	DFA	Análisis de fluctuación sin tendencia ( <i>Detrended Fluctuation Analysis</i> ) [11]

Tabla 2. Características empleadas en el presente estudio.

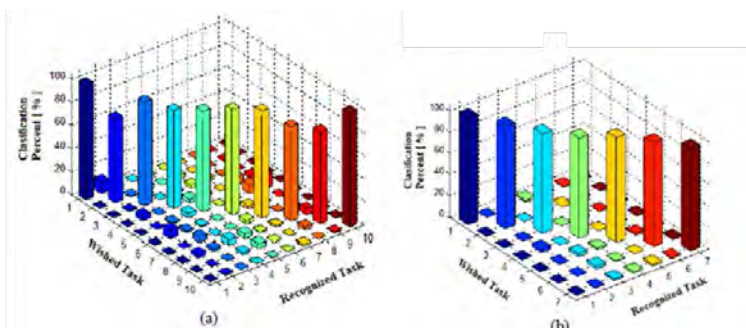


Figura 2. Matriz de confusión para un paciente: (a) para tareas categoría C; (b) para tareas categoría D.

## Referencias

[1] A. Phinyomark, P. Phukpattaranont, and C. Limsakul, "Fractal analysis features for weak and single-channel upper-limb EMG signals," *Expert Systems with Applications*, Vol 39, 2012, pp 11156–11163. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.039>

[2] S. P. Arjunan, D. K. Kumar, "Decoding subtle forearm flexions using fractal features of surface electromyogram from single and multiple sensors," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2010, pp 1-10. <http://www.jneuroengrehab.com/content/7/1/53>.

[3] R. N. Khushaba, S. Kodagoda, D. Liu, G. Dissanayake, "Electromyogram (EMG) based Fingers Movement Recognition Using Neighborhood Preserving Analysis with QR-Decomposition," *IEEE, ISSNIP* 2011.

[4] A. Phinyomark, P. Phukpattaranont, and C. Limsakul, "Feature reduction and selection for EMG signal classification," *Expert Systems with Applications*, Vol 39, 2012, pp 7420–7431. [doi:10.1016/j.eswa.2012.01.102](http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.102)



- [5] Y. Nakaya, T. Nakakuki, M. Hikita and C Ishii, "A Practical Approach for Recognition of Hand Gesture and Distinction of Its Singularity," Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Automation and Logistics, August 16-20 2010, Hong Kong and Macau, pp 474-479
- [6] J. Chu, I. Moon, and M. Mun, "A Real-Time EMG Pattern Recognition System Based on Linear-Nonlinear Feature Projection for a Multifunction Myoelectric Hand," IEEE Transactions on biomedical engineering, Vol. 53, No. 11, November, 2006. doi: 10.1109/TBME.2006.883695
- [7] D. Zhang, X. Chen, S. Li, P. Hu, and X. Zhu, "EMG Controlled Multifunctional Prosthetic Hand: Preliminary Clinical Study and Experimental Demonstration," IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 9-13, 2011, Shanghai, China, pp 4670-4675
- [8] Peerdeman, B., Boere, D., Witteveen, H., in 't Veld, R. H., Hermens, H., Stramigioli, S.,..., Misra, S. (2011). Myoelectric forearm prostheses: State of the art from a user-centered perspective. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 48 (6), 719-737.
- [9] M. A. Oskoei, H. Hu, "Evaluation of Support Vector Machines in Upper Limb Motion Classification Using Myoelectric Signal," 14th ICBME, 2008, pp 176-181.
- [10] E.C. Oroasco, et al., Bispectrum-based features classification for myoelectric control, *Biomed. Signal Process. Control* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.bspc.2012.08.008>
- [11] M. S. Erkilinc and F. Sahin, "Camera Control with EMG Signals using Principal Component Analysis and Support Vector Machines," IEEE, 2011.
- [12] D. Zhang, X. Chen, S. Li, P. Hu, and X. Zhu, "EMG Controlled Multifunctional Prosthetic Hand: Preliminary Clinical Study and Experimental Demonstration," IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 9-13, 2011, Shanghai, China, pp 4670-4675
- [13] R Ganesh R Naik, D. K Kumar and M. Palaniswami, "Addressing Source Separation and Identification issues in surface EMG using Blind Source Separation," 30th Annual International IEEE EMBS Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, August, 2008, pp 1124-1127
- [14] F. Bitar, N. Madi, E. Ramly, M. Saghir, F. Karamah, "A Portable MIDI Controller Using EMG-Based Individual Finger Motion Classification," IEEE, 2007, pp 138-141R. N. Khushaba, S. Kodagoda, M. Takruri, G. Dissanayake, "Toward improved control of prosthetic fingers using surface electromyogram (EMG) signals," *Expert Systems with Applications*, Vol 39, 2012, pp 10731-10738. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.192>
- [15] J.J. Villarejo, J.F. Sarmiento, A. Frizzera, T.F. Bastos. "Pattern Recognition of Hand Movements with Low Density sEMG for Prosthesis Control Purposes" International Conference on Rehabilitation Robotics ICORR 2013. Jun 2013.

# Evolución de la Plataforma Robotizada de Neuro-Rehabilitación PHYSIOBOT

Juan-Carlos Fraile-Marinero<sup>1</sup>, Javier Pérez-Turiel<sup>2</sup>, Carlos Rodríguez-Guerrero<sup>2</sup>, Paulina Oliva-Navarrete<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid, Paseo del Cauce 59, 47011 Valladolid, España. Tfn: +34-983-423355, fax: +34-983-423358, e-mail: [jcraile@eii.uva.es](mailto:jcraile@eii.uva.es)

<sup>2</sup>División de Ingeniería Biomédica, Centro Tecnológico CARTIF, Parque Tecnológico de Boecillo, 205, 47151 Boecillo, Valladolid, España. Tfn: +34-983-546504, fax: +34-983-546521, e-mail: [javper@cartif.es](mailto:javper@cartif.es)

<sup>3</sup>Equipo de fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales de la unidad de daño cerebral del Hospital Beata María Ana de Jesús, Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Beata María Ana de Jesús, c/ Dr. Esquerdo 83, 28007 Madrid, España.

**Resumen.** Los sujetos que han sufrido un Accidente Cerebro-Vascular (ACV) tienden a sufrir limitaciones en su movilidad o de coordinación, que se traducen directamente en una disminución de su independencia y calidad de vida. En este trabajo presentamos la evolución de una plataforma robotizada (PHYSIOBOT) para el soporte al tratamiento en tareas de neuro-rehabilitación de miembros superiores en sujetos víctimas de ACV, incidiendo en los criterios de diseño y características más relevantes del sistema. Asimismo incluimos los resultados de un estudio clínico preliminar realizado con el objetivo de evaluar la efectividad de las terapias asistidas por un sistema háptico robotizado cuando se aplica a estos pacientes. A pesar de la falta de un grupo de control, se ha detectado una mejora en la movilidad de los pacientes sometidos al estudio, tanto de forma cuantitativa como cualitativa.

**Palabras clave:** Neuro-rehabilitación, interacción hombre-robot, robótica asistencial, realimentación háptica

## 1. Introducción y contenidos

El uso de dispositivos robotizados para rehabilitación ha demostrado ser una excelente herramienta que ayuda en la administración de terapia física a los pacientes que han sufrido enfermedades y daños neurológicos [1]. Existen múltiples ejemplos de plataformas modernas de rehabilitación, muchas de ellas incluyen interfaces multimodales mejorados con entornos interactivos de realidad virtual, robots hápticos de altas prestaciones, exosqueletos y otros sofisticados componentes [2], [3], [4], [5]. En la División de Ingeniería Biomédica de la Fundación CARTIF llevamos una década trabajando en este campo y nos hemos centrado en el desarrollo de plataformas robotizadas para ayuda en la aplicación de terapias de rehabilitación de miembros superiores.

Los resultados de estas terapias siguen sin ser concluyentes. A lo largo de los últimos años se han publicado numerosos estudios para demostrar la efectividad de la terapia asistida por robots en pacientes con daño cerebral traumático. La mayor parte de ellos muestran que los pacientes que reciben entrenamiento electromecánico mediante asistencia robotizada, aunque en general no muestran mejores opciones para mejorar los movimientos de sus miembros superiores en la mayor parte de las actividades de la vida diaria, sí muestran una mejora significativa en la función motora [6], [7], [8].

En este trabajo presentamos los aspectos más significativos de la evolución de la plataforma PHYSIOBOT, desde una primera versión desarrollada en torno a un robot industrial comercial hasta la versión actual, cuyos aspectos mecánicos, electrónicos y de control han sido diseñados teniendo en cuenta la experiencia adquirida con la versión previa. Mostramos también algunos resultados preliminares obtenidos con un grupo de pacientes con daño cerebral traumático que avalan la utilidad de la plataforma y nos proporcionan la realimentación necesaria para incluir mejoras que lleven, en el futuro, a una nueva versión, más avanzada.



## 2. Metodología

### 2.1. Versión inicial de la plataforma

La versión inicial de la plataforma PHYSIOBOT se desarrolló en torno a un robot industrial Staubli RX90, versión de sala blanca, dotado de un sensor de par/fuerza JR3 instalado en su muñeca. Aunque sus dimensiones y características operativas no hacen que sea el hardware más adecuado para utilizar como herramienta en tareas de rehabilitación, la experiencia previa que teníamos en su utilización en aplicaciones biomédicas (asistente en cirugía ortopédica) así como la relativa facilidad para modificar ciertos modos de funcionamiento de su controlador, nos llevaron a desarrollar con él la primera versión de PHYSIOBOT.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques que describe esta plataforma. El robot, incorporando realimentación háptica, es utilizado como núcleo de la plataforma. Los diferentes tipos de datos manejados fluyen a través de una red IP que facilita el intercambio de los diferentes tipos de datos que maneja el sistema. Diferentes tipos de datos dinámicos y fisiológicos se registran bajo la forma de series temporales para el control en línea y el análisis fuera de línea. Tanto la información en bruto como la procesada se almacena en una base de datos relacional para su posterior análisis e investigación.

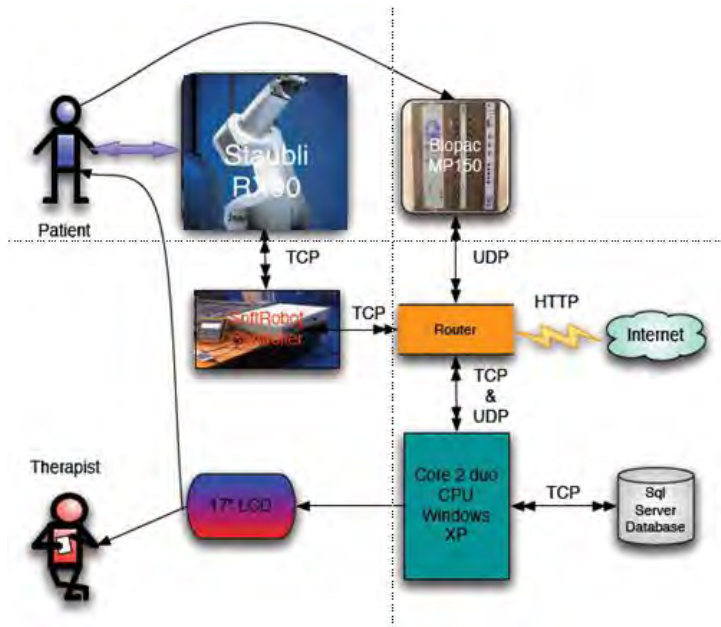


Figura 1. Diagrama de bloques funcionales de la plataforma PHYSIOBOT

Un sistema Biopac nos permite la captura, de modo ambulatorio y no invasivo, de señales fisiológicas (ritmo cardíaco, respuesta electrodérmica y temperatura superficial) con diferentes tasas de muestreo. Esta información permite evaluar el estado anímico-cognitivo del sujeto que está utilizando la plataforma y estimar la aparición de ciertos estados emocionales (interés, estrés, aburrimiento) de tal modo que se puede implementar una estrategia de control bio-cooperativa en la que el robot proporciona el grado de asistencia adecuado a la situación del sujeto (*assist as needed*) [9].

Dadas las limitaciones de esta versión, y aprovechando la oportunidad de colaborar con la Unidad de Daño Cerebral del Hospital Beata María Ana de Jesús de Madrid que necesitaba un sistema con características específicas para realizar un estudio clínico, decidimos desarrollar una segunda versión manteniendo la arquitectura de la plataforma pero sustituyendo el robot Staubli por uno de diseño propio, aplicando la experiencia conseguida con la versión inicial.



## 2.2. Diseño mecánico y aspectos de control

El robot de esta segunda versión ha sido diseñado para ser un intrínsecamente seguro buscando esencialmente una dinámica transparente, *back drivability* y un coste reducido mediante la utilización de componentes comerciales con un buen compromiso en el ratio prestaciones-precio.

La estructura mecánica diseñada se corresponde con la de un robot Gantry, principalmente debido a las siguientes características intrínsecas:

- Uno de los principales requisitos de diseño era mantener en niveles bajos la dinámica del robot
- La similitud entre las mecánicas de ambos ejes permite obtener un tensor de inercia cuasi isotópico.
- La sencillez del diseño hace que tanto la cinemática directa como la inversa sean mucho más simples de calcular reduciendo por lo tanto los costes computacionales
- Las fuerzas debidas a la gravedad se compensan estructuralmente y por tanto no hay necesidad de incluir un modelo de compensación gravitatorio.



Figura 2. Segunda versión de la plataforma PHYSIOBOT, con estructura mecánica de diseño propio

En cuanto a la implantación de técnicas de control háptico, puesto que el hardware de nuestro robot es en principio *back drivable*, es posible plantear una estrategia de control de impedancia. Sin embargo, debido a los altos coeficientes de fricción mecánica, viscosidad y fenómenos de Coulomb, hemos aplicado una solución basada en combinar un esquema de control de impedancia con realimentación de fuerza aumentado con un control basado en un modelo feed-forward.

Esta compensación se calcula de forma experimental [10]. Ha sido necesario realizar una compensación feedforward porque el hardware donde está implementado el control tiene un ancho de banda bajo y no se podía recurrir a aumentar  $K_f$  (ganancia del error, medido como diferencia entre la fuerza deseada y la real.), El resultado puede verse en el diagrama de bloques de la figura 3, este esquema muestra un modelo de la planta que nos permite tratar con algunos de los fenómenos dinámicos indeseables que afectan a la transparencia del sistema.

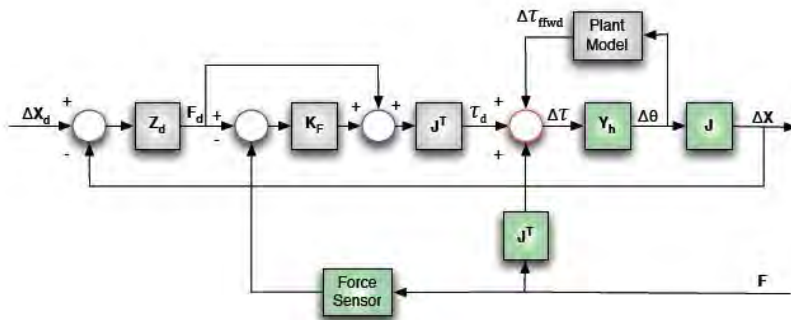


Figura 3. Diagrama de bloques del controlador

### 2.3. Modos de funcionamiento

PHYSIOBOT proporciona dos modos operativos: el primero es un modo pasivo en el cual el terapeuta mueve el extremo del robot (con el paciente agarrado) de tal forma que ejecuta la trayectoria que desea ser realizada tanto en el espacio como el tiempo, y esta puede ser almacenada para su posterior repetición.

El otro modo operativo es un modo de asistencia activa que proporciona una terapia orientada a tareas complementada con un algoritmo simple de asistencia a medida que modula la magnitud de la ayuda proporcionada por el robot, basado en las prestaciones de los sujetos y su capacidad de realizar las tareas. Ambas versiones incluyen un entorno gráfico en el que pueden ejecutarse diferentes juegos diseñados para su utilización como herramientas terapéuticas, ya que los pacientes interactúan con el juego mediante el robot, utilizando este a manera de joystick.

Asimismo, con independencia del modo de funcionamiento el sistema incorpora dos niveles de seguridad complementarios:

- Seguridad hardware, mediante limitadores que cortan la corriente de alimentación a los motores cuando se alcanza la proximidad de los finales de carrera en cada rail
- Seguridad software mediante muros virtuales visco-elásticos próximos a los bordes de los límites del robot para prevenir impactos

### 3. Resultados y discusión

Para la evaluación de esta segunda versión se diseñó en colaboración con los profesionales del hospital beata María Ana de Jesús de Madrid, un estudio longitudinal, pre-post, no controlado, de cara a evaluar la efectividad del sistema robotizado para el entrenamiento del tren superior en pacientes adultos con daño cerebral traumático de diferentes tipologías. Como grupo de estudio se seleccionaron ocho pacientes entre aquellos con daño cerebral traumático de la Unidad de Daño Cerebral del hospital, que cumpliesen los criterios de admisión.

Los resultados iniciales de la efectividad del estudio muestran como todos los pacientes tratados mediante terapia intensiva asistida por robot tuvieron un incremento significativo en las puntuaciones de los juegos a lo largo de las sesiones de entrenamiento como puede verse en la tabla y figura adjuntas. La escala de evaluación motora de la tabla muestra una mejora en las puntuaciones para la función del miembro superior en los movimientos de la mano y movimientos finos

Por último también hemos observado como las puntuaciones obtenidas en la escala Fugl-Meyer para los elementos de mano y muñeca aumentaban tras la realización de las sesiones de terapia asistida. Este hecho es muy significativo cuando se contempla al mismo tiempo que los resultados de la escala de valoración motora para la mano y muñeca, puesto que los movimientos que se programaron inicialmente en

el desarrollo de los componentes software del sistema robotizado consideraban únicamente las articulaciones de hombro y codo y solo en menor medida las de mano y muñeca. Aún así la mejora funcional observada en la mano es comparable a los beneficios terapéuticos obtenidos en el nivel proximal del hombro y codo.

Paciente	Arm Pre	Arm Post	Hand Pre	Hand Post	Fine Pre	Fine Post
1	5	6	5	5	4	5
2	5	6	5	6	5	5
3	5	6	4	5	2	3
4	6	6	6	6	6	6
5	6	6	6	6	5	5
6	5	6	4	6	4	5
7	6	6	5	6	4	5
8	5	6	5	5	2	4

Tabla 1. Escala de evaluación motora

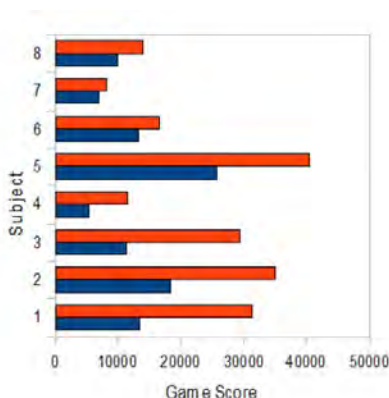


Figura 4. Puntuaciones globales para cada uno de los participantes (primera sesión en azul y última sesión en naranja)

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

La versión actual de la plataforma PHYSIOBOT elimina muchas de las limitaciones de la versión inicial, aportando ventajas significativas desde los puntos de vista de seguridad, usabilidad y coste.

En la evaluación realizada hemos observado una mejora significativa en todos los pacientes que han realizado el programa de rehabilitación robótica intensiva descrito. Las puntuaciones en las escalas mejoraron sensiblemente y la apreciación subjetiva de los pacientes también fue positiva. Los sujetos percibieron de modo subjetivo un incremento en la habilidad funcional del miembro superior en el desarrollo de Actividades de la Vida Diaria (AVD) que muestra una correlación positiva con las mejoras objetivas en las escalas de valor funcional para los apartados de muñeca y mano.

En la actualidad estamos trabajando en incorporar a la nueva versión la funcionalidad de captura ambulatoria de datos fisiológicos de los sujetos y adaptando los algoritmos de control bio-cooperativo para su ejecución en esta plataforma.

#### Referencias

- [1] T. Platz, Evidence-based arm rehabilitation--a systematic review of the literature]. *Der Nervenarzt*, 74(10), 841, 2003
- [2] H.I. Krebs, N. Hogan, M.L. Aisen, B.T. Volpe, B. T. Robot-aided neurorehabilitation, *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 6(1), pp. 75-87, 1998
- [3] P. Lum, D. Reinkensmeyer, R. Mahoney, W. Z. Rymer, C. Burgar, Robotic devices for movement therapy after stroke: current status and challenges to clinical acceptance, *Top Stroke Rehabil*. Winter;8(4), pp.40-53, 2002



- [4] D.J. Reinkensmeyer, L.E. Kahn, M. Averbuch, A. McKenna-Cole, B.D. Schmit, W.Z. Rymer, Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury: progress with the ARM guide. *Journal of rehabilitation research and development*, 37(6), pp. 653-662, 2002
- [5] C. Rodríguez Guerrero, J.C. Fraile Marinero, J. Perez Turiel, P. Rivera Farina. Bio cooperative robotic platform for motor function recovery of the upper limb after stroke. 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) pp. 4472-4475, 2010
- [6] J. Hidler, D. Nichols, M. Pelliccio, K. Brady, Advances in the understanding and treatment of stroke impairment using robotic devices. *Top Stroke Rehabil*, 12(2), pp. 22-35, 2005
- [7] R. Colombo, F. Pisano, S. Micera, A. Mazzone, C. Delconte, M. C.Carrozza, P. Dario, G. Minuco, Robotic techniques for upper limb evaluation and rehabilitation of stroke patients., *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* 13, pp.311-24, 2005
- [8] C. G. Burgar, P. S. Lum, P. C. Shor, H. F. Machiel Van der Loos, Development of robots for rehabilitation therapy: the Palo Alto VA/Stanford experience., *Journal of rehabilitation research and development* 37, pp. 663-73, 2000
- [9] D. Novak, M. Mihelj, J. Zihel, A. Olenisek, M. Muni, Psychophysiological measurements in a biocooperative feedback loop for upper extremity rehabilitation., *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* 19, pp. 400-10, 2011
- [10] C. Rodríguez-Guerrero, J. Fraile Marinero, J. Perez Turiel, P. Rivera Farina, Robot Biocooperativo con Modulación Háptica para Tareas de Neurorehabilitación de los Miembros Superiores, *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial* 8, pp. 63-70, 2011

# Prueba de Concepto: Identificación y Calibración Automática UMIs en el Brazo

S. Lambrecht<sup>1</sup> y J.L. Pons<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Bioingeniería de CSIC, Madrid, España

**Resumen.** Un procedimiento automático reducirá el tiempo y las habilidades necesarias para adquirir los datos de captura de movimiento con sensores inerciales, así como reducir el potencial de error.

Nuestro objetivo era hacer un algoritmo computacional de bajo costo que se puede aplicar en una variedad de modelos. Proponemos un algoritmo basado en las características extraídas de los datos de acelerómetros y giroscopios 3D. Este algoritmo no se basa en los datos de formación o de clasificación, y se basa únicamente en operaciones matemáticas básicas que permiten un procedimiento rápido y garantizan su uso en casi todas las plataformas.

Primero hemos desarrollado nuestro código en una maqueta de madera de la extremidad superior y posteriormente lo aplicamos en los datos de tres sujetos sanos. Doce características fueron seleccionadas para el análisis de cinco movimientos diferentes. Cada movimiento se realizó a tres velocidades diferentes para evaluar el uso potencial del algoritmo en poblaciones de pacientes.

Los resultados indican que este algoritmo se puede utilizar para identificar los segmentos en que están situados los UMIs. La única información requerida antes de la ejecución del algoritmo es el número de segmentos que están implicadas en el modelo.

## 1. Introducción

El uso de sensores inerciales en la biomecánica tiene una larga historia, pero hasta ahora no han logrado ganar popularidad para su uso en aplicaciones de captura de movimiento. Equipamiento estándar de captura de movimiento que existe de varias cámaras (mínimo tres) que definen un volumen de captura limitada.

Los sistemas actuales de sensores inerciales de movimiento basado en la transferencia de datos de captura de los sensores individuales a un hub cerca del cuerpo. El hub facilita la sincronización y la transferencia de los datos a un ordenador o portátil. Los sensores, ya sea asociado al cuerpo con el uso de un traje especial [1] o correas de velcro [1, 2] son etiquetados manualmente por el usuario. Esto limita el uso de estos sistemas para ciertas poblaciones, tales como los mayores con trastornos cognitivos o personas en recuperación de un accidente cerebrovascular. Por otra parte, este proceso es lento, con una duración de unos 10 minutos.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo que requiere conocimientos previos mínimos para utilizar un sistema de captura de movimiento inercial, con especial atención a facilitar poner y quitar el sistema. El algoritmo debe no ser dependiente de la colocación específica de los UMIs o de una orden fija, ni exigir la presencia o la asistencia de una persona con ciertos conocimientos técnicos. El objetivo es reducir las barreras de la utilización de sensores inerciales para la captura de movimiento, facilitando el proceso de calibración de poner y quitar. El objetivo es que esta tecnología puede ser utilizada por los médicos o los pacientes en un hogar y el medio ambiente.

## 2. Fondo

Estudios previos que abordan el problema de la automatización de la identificación de la ubicación y calibración de UMIs se han apoyado en algoritmos de clasificación con un gasto computacional alto, algoritmos tales como máquinas de vectores soporte (SVM) [3] o árboles de decisión (decisión tres) basado en una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos [4]. La mayoría de estos estudios se dirige específico al miembro inferior. El estudio de Weenk et al. [4], incluye un modelo de cuerpo completo con un máximo de 17 sensores. Sin embargo, ningún método de bajo costo ha sido desarrollado específicamente para los modelos modulares. Las novedades del algoritmo propuesto son que



está diseñado para la extremidad superior, que no requiere datos de entrenamiento o computaciones que están exigiendo mucho del procesador y la batería, y que no se requiere la colocación ideal de los UMI.

### 3. Métodos

Tres sujetos sanos fueron equipados con cuatro UMIs en el brazo derecho y el tronco. El orden en el que los sensores estaban unidos a segmentos fue al azar. Dos sensores de inercia se unen con correas de Velcro, una en el antebrazo y uno en el húmero del brazo derecho. Dos sensores más fueron colocados en el tórax, por un arnés, y la mano derecha con un guante de neopreno. Cada sujeto realizó cinco movimientos predefinidos a tres velocidades distintas (lenta, normal y rápido) con el fin de probar la capacidad de uso potencial en poblaciones de pacientes. Los sujetos fueron instruidos para imaginar la velocidad de movimiento de un paciente al realizar los ensayos lentos. Cada ensayo se inició con el sujeto de pie en posición vertical con los brazos extendidos y paralelos al tronco. Los cinco movimientos eran: abducción-aducción del húmero sin flexionar el codo, movimiento circular en el plano transversal con un brazo extendido, alcanzando, seguimiento de la fase de propulsión en una silla de ruedas, y un codo de flexión-extensión.

Abducción-aducción del hombro fue elegido porque se parecía mucho a la tarea realizada en la maqueta de madera, usado para verificar la hipótesis inicial que conduce a este algoritmo.

El movimiento circular representa un movimiento al azar sin ningún tipo de limitaciones claras, excepto para iniciar el movimiento desde el hombro.

El alcanza es una tarea común realizada en la evaluación funcional y la rehabilitación. Los sujetos han sido instruidos de alcanzar algo a la altura del hombro con el brazo extendido, a partir de una posición relajada con los brazos colgando libremente al lado del cuerpo.

El "seguimiento" imita la fase de retorno que ocurra en la propulsión de silla de ruedas después de terminar la fase del empuje o propulsión en los ruedas. Esta tarea tiene el potencial de permitir la identificación de los UMIs en línea durante evaluaciones funcionales de propulsión de silla de ruedas. En este movimiento también se combina la acción en dos articulaciones al mismo tiempo (el húmero y el codo).

La extensión de la flexión del codo a su vez ofrece la posibilidad de utilizar los mismos datos tanto para la determinación de la ubicación de cada sensor y la identificación del eje funcional de la articulación del codo [5].

Cada ensayo consistió en 5 ciclos del movimiento definido. Se recogieron tanto los datos de los sensores físicos (datos 3D acelerómetro, giroscopio de datos 3D, y los datos del magnetómetro 3D) y los datos de orientación (en formato de matriz de rotación) expresadas en el marco del sensor. Para este trabajo, se analizaron sólo los datos de velocidad y aceleración angular.

Las características seleccionadas basados en la aceleración lineal y la velocidad angular son: el valor máximo de la señal rectificadas de onda completa, suma de los datos en bruto, integral de los datos, y los rangos cubiertos por los datos tanto filtrada (filtro de paso bajo Butterworth, de corte de 3 Hz, de octavo orden) y sin filtrar.

El algoritmo en sí existe en la extracción de estas características a un vector. Estos vectores se clasifican y los índices obtenidos después de la clasificación se compararon con la colocación conocido (maqueta o sujetos de prueba) de los UMIs. Clasificación se utiliza porque no es computacionalmente exigente, es intuitivo, y se puede realizar en el fondo para verificar la calibración real.

### 4. Resultados

Las matrices de confusión correspondientes al rendimiento del algoritmo se enumeran a continuación. El número del sensor real es el de la fila superior (en negrita) el valor del sensor predicho es en las columnas. Los datos representados se agruparon sobre sujetos y velocidades, y características seleccionados de la señal. La diagonal representa por tanto el número de sensores que se han identificado correctamente. Las tablas se corresponden con el "seguimiento" (Tabla 1), abducción-aducción del humero (Tabla 2), flexión-extensión del codo (Tabla 3), y el movimiento circular en el plano transversal (Tabla 4).

La influencia de la velocidad a la que se realiza el movimiento se ilustra mediante los siguientes tablas (Tablas 5 y 6). Los falsos positivos son los valores de los ensayos combinados para todos los sujetos, y

representan la suma de los valores que están por debajo de la diagonal de la matriz de confusión de cada sujeto para que el movimiento y la velocidad de ejecución.

Seguimiento	1	2	3	4
1	108	0	0	0
2	0	104	16	1
3	0	1	69	38
4	0	3	23	69

Tabla 1: Matriz de confusión de la tarea "Seguimiento"

AbAd H	1	2	3	4
1	108	0	0	0
2	0	59	25	22
3	0	38	65	18
4	0	11	18	68

Tabla 2: Matriz de confusión de la tarea abducción aducción del humero

FE codo	1	2	3	4
1	76	32	0	0
2	32	76	24	20
3	0	0	61	43
4	0	0	23	45

Tabla 3: Matriz de confusión de la tarea flexión extensión del codo

Circulo	1	2	3	4
1	92	12	4	0
2	16	78	12	2
3	0	17	74	26
4	0	0	18	80

Tabla 4: Matriz de confusión de la tarea circular



Seguimiento	Rápido	Normal	Lenta
Falso pos	2	36	11
Falso neg	25	14	16
Total	27	50	27

Tabla 5: Influencia de la velocidad en la identificación de los UMI's durante la tarea "seguimiento"

FE codo	Rápido	Normal	Lenta
Falso pos	15	14	26
Falso neg	33	44	42
Total	48	58	68

Tabla 6: Influencia de la velocidad en la identificación de los UMI's durante la tarea flexión extensión del codo

## 5. Discusión

El procedimiento no se realizó tan bien como se esperaba a partir de los ensayos con la maqueta (excluidos por razones de brevedad) que se utilizaron para identificar las características potenciales. El primer sensor (Tablas 1-4) se identifica más fácilmente. Este sensor se corresponde con el tórax y era el único segmento en estático. Había pruebas en lo que se supone que no hay movimiento del húmero (codo de flexión-extensión), pero como se menciona en la literatura [6] hay artefacto significativo de los tejidos blandos (movimiento de la piel y los tejidos blandos subyacentes sin movimiento real del hueso) que se espera en el húmero durante estas tareas. No hay entrenamiento estaba involucrado para esta identificación, y por lo tanto no hay movimiento "conocido" necesitaba ser realizado. Fuera de los movimientos realizados por los sujetos, pero la extensión de la flexión del codo y el seguimiento a través del movimiento funcionan mejor. El movimiento de alcance parecía funcionar bien a primera vista. No todos los sujetos realizaron este movimiento cíclico, por lo que fue excluido del análisis.

El "seguimiento" aparece ser la más estable para la ejecución a velocidades bajas (Tabla 5). La tarea de flexión-extensión tiene el mejor rendimiento a altas velocidades pero se degrada rápidamente con la disminución de las velocidades (Tabla 6).

Dado que no se requiere entrenamiento y no se necesita entrada específica en el modelo, el método propuesto funciona igualmente bien para los modelos modulares (ej. mano + antebrazo (2 segmentos), brazo (3 segmentos), el húmero y el tórax (4 segmentos)).

El buen rendimiento de la tarea de flexión-extensión del codo sugiere que puede ser utilizado por los sujetos sanos. Esto implica que este movimiento se puede utilizar para identificar y calibrar el modelo (por ejemplo tórax - húmero-antebrazo), aunque este último requiere que los sensores se coloquen en la posición óptima en cada segmento [6].

Este estudio es el segundo estudio que utiliza tanto aceleración y datos de velocidad angular para extraer características de. La primer estudio para hacerlo fue publicado recientemente por Weenk et al. [4].

Este estudio es el primero en utilizar un enfoque de modelo flexible, donde se puede reducir o ampliar el modelo de forma modular sin tomar ninguna medida.



## 6. Conclusiones

Hemos propuesto un procedimiento para identificar automáticamente la colocación del sensor en la extremidad superior. Nuestro método no requiere una alta potencia de cálculo, ni es el conocimiento previo o de formación en un modelo específico sea necesario. Se encontraron varias características de los dos acelerómetros y giroscopios que puede identificar la ubicación del sensor con 100% de precisión. El movimiento de seguimiento a través de ha sido identificado como el ro-busto más los cambios en la velocidad de ejecución. Acoplando nuestro algoritmo con un algoritmo de calibración estática, basado en la posición inicial de cada tarea, conseguimos a identificar y calibrar los UMLs en el cuerpo de forma automática y sin necesidad de conocimiento previa.

En el futuro se ruega mejorar la parte de calibración para disminuir la influencia de ruido creado por el movimiento de los tejidos blandos y el mal alineamiento con los ejes reales de las articulaciones.

## 7. Reconocimiento

Este trabajo forma parte del proyecto HYPER, financiado por el gobierno español y coordinado por el grupo de Bioingeniería del CSIC. El objetivo del proyecto HYPER es el diseño y desarrollo de neuroprotésis y neurorobótica para la rehabilitación y la compensación funcional de la función motora en las extremidades superiores e inferiores que sufren de apoplejía o SCI.CSD2009-00067.

## References

1. Xsens Technologies B.V. website 2013 at <http://www.xsens.com>
2. Technaid S.L. website 2013 at <http://www.technaid.com>
3. Amini N, Sarrafzadeh M, Vahdatpour A, Xu W (2011) Accelerometer based on-body sensor localization for health and medical monitoring applications. *Pervasive mobile computing* 7(6):746-760.
4. Weenk, D., Van Beijnum, B.-J. F., Baten, C. T., Hermens, H. J., & Veltink, P. H. (2013). Automatic identification of inertial sensor placement on human body segments during walking. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10(1), 31. doi:10.1186/1743-0003-10-31
5. Luinge, H., Veltink, P. H., & Baten, C. T. M. (2007). Ambulatory measurement of arm orientation. *Journal of biomechanics*, 40(1), 78–85. doi:10.1016/j.jbiomech.2005.11.011
6. Cutti, A. G., Paolini, G., Troncossi, M., Cappello, A., & Davalli, A. (2005). Soft tissue artefact assessment in humeral axial rotation. *Gait & posture*, 21(3), 341–9. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.04.001.

# Dispositivo Automático de Apoyo para Uso de Herramientas Requeridas de Movimiento Manual de Pinzado

A. Jardón, G. Barroso de María, Carlos Balaguer

Departamento de Ingeniería De Sistemas Y Automática, Universidad Carlos III de Madrid:  
Avda. Universidad, Leganés, España. +34916246242  
([alberto.jardon@uc3m.es](mailto:alberto.jardon@uc3m.es), [gabriel.barroso@leem.es](mailto:gabriel.barroso@leem.es), [balaguer@ing.uc3m.es](mailto:balaguer@ing.uc3m.es))

**Resumen.** Este trabajo presenta el diseño de un dispositivo electromecánico portátil que genera un movimiento automático de apertura y cierre en su extremo y cuya función es asistir a personas que carecen de cierta destreza manual en el uso de pequeñas herramientas tales como tijeras y pinzas. La utilización de estas herramientas requiere del movimiento natural de pinzado realizado por los dedos pulgar e índice, movimiento imposible de realizar para algunas personas debido a esa falta de destreza. Inicialmente está dirigido a personas que aun habiendo perdido la funcionalidad de los dedos pulgar e índice conserven cierta capacidad de agarre que les permita asir este producto de apoyo con una sola mano, de tal manera que este elemento les aportaría mediante su tecnología la capacidad de pinzado perdida. Al extremo del cuerpo principal se acoplarán las herramientas a utilizar en forma de cabezales intercambiables. El usuario lo comandará mediante una pantalla táctil situada en la carcasa del aparato.

**Palabras clave:** producto de apoyo, pinzado automático, cabezales intercambiables.

## 1. Introducción y contenidos

A día de hoy existen en España y en el resto del mundo millones de personas con algún tipo de diversidad funcional. Según su grado de movilidad, muchas de ellas se encuentran en una situación tal que aun conservando gran parte de la funcionalidad de sus miembros superiores, tienen dificultades para realizar tareas que requieren de cierta gracia manual.

Esta situación les puede impedir, entre otras cosas, el uso de determinados objetos de la vida cotidiana para los cuales se necesita un mínimo de destreza. Así, la utilización de herramientas como tijeras, tenazas, cortaúñas, etc. que requiere de acciones muy precisas para su correcta operación, se les puede antojar irrealizable debido a esa falta de movilidad.

Puesta de manifiesto esta situación, que a nivel de España se encuentra documentada en un estudio llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística (INE) [1], se contempló la idea de hacerla frente mediante un desarrollo tecnológico que al menos posibilitase a estas personas la utilización de algunas herramientas y por ende les otorgase mayor autonomía en sus actividades básicas de la vida diaria (ABVD).

El desafío técnico al que se enfrentaba este desarrollo consistía en suplir artificialmente esa carencia de movilidad con el fin de compensar parte de la funcionalidad manual mermada del usuario. La solución a proponer debería aportar a través de sus mecanismos la fuerza y actuación necesarias para la operación de determinadas herramientas de acuerdo a las órdenes del usuario. De este modo se lograría ayudar a algunas de estas personas mediante un dispositivo adecuado a sus necesidades.

Se elaboró entonces el concepto de PRESSMATIC, un proyecto que tiene por objeto la creación de un dispositivo electromecánico portátil que sea capaz de asistir a personas cuya destreza manual se haya visto mermada por cualquier circunstancia (enfermedad, amputación, parálisis, etc...), realizando de manera automática la función que generalmente desempeñan los dedos pulgar e índice en ciertas labores que requieran un movimiento de pinzado, por ejemplo: el accionamiento de cortaúñas, tijeras, pinzas, etc.

## 2. Metodología

Las causas por las que una persona carece de movilidad en sus miembros superiores son varias y de naturaleza muy diversa: lesiones, amputaciones, enfermedades, etc. De igual modo las consecuencias pasan desde la inmovilidad de una sola falange a la imposibilidad de realizar cualquier juego de dedos, muñeca o antebrazo. Para la completa funcionalidad de la mano deben conservarse en buen estado tanto las partes de los aparatos locomotor y circulatorio inherentes a la misma como las capacidades del sistema nervioso encargadas de elaborar, transmitir y controlar los impulsos que intervienen a la hora de desenvolver cualquiera de sus actividades propias. Un fallo o lesión en alguna de esas partes podría derivar en la pérdida de control sobre la musculatura responsable de los movimientos de la mano, que en último término es la ejecutora directa de los mismos. Por otro lado, afecciones óseas (artrosis, artritis, reuma), además de pérdidas mecánicas de movilidad, pueden provocar también dolores tan fuertes que limiten a la persona afectada. Por tanto el abanico de posibles lesiones y de su naturaleza, es extenso. Una mera tendinitis crónica en cualquiera de esos músculos podría suponer una causa de pérdida de movilidad que acarree disfunciones en las actividades de la vida diaria de la persona afectada. Ni que decir tiene que daños en el sistema nervioso (lesiones medulares, enfermedades neurodegenerativas) pueden repercutir en que el individuo pierda parte o la totalidad del control de los músculos ilustrados anteriormente.

La siguiente tabla expone algunos ejemplos sobre algunas de las causas más comunes que provocan pérdidas permanentes de movilidad manual.

Causa	Aparato	Daños	Consecuencias
Tetrapleja	Sistema nervioso	Interrupción en la transmisión de los impulsos	Pérdida de movilidad de la musculatura
Parkinson	Sistema nervioso	Dstrucción de células nerviosas	Pérdida de graciaidad progresiva, temblores
Amputación de miembros	Locomotor	Pérdida del miembro	Pérdida de las funcionalidades de ese miembro
Artrosis	Locomotor	Desgaste óseo	Dolor durante el movimiento

Tabla 1. Causas frecuentes de pérdida de movilidad

Cualquiera de estas afecciones se traduce en una disminución de las capacidades de la mano de quien las padece [2]. Esto lógicamente afecta a numerosas actividades de su vida diaria, en mayor o menor medida, dependiendo del alcance de la afección, y provoca situaciones de pérdida de autonomía personal, imposibilidad para continuar desempeñando una actividad laboral, etc.

El diseño de PRESSMATIC trata de adecuarse a la mayor cantidad de usuarios posible para ayudar a paliar este problema, no obstante, debido al rango tan amplio de posibilidades, es probable que existan casos a los que PRESSMATIC difícilmente pueda aportar solución alguna, bien porque el individuo cuente con un nivel de movilidad tal que no le sean necesarias ayudas técnicas, o bien porque el individuo no cuente con movilidad suficiente como para manejar PRESSMATIC. Para minimizar este último caso se ha contemplado la posibilidad de que PRESSMATIC pueda ser acoplado al extremo de un brazo robótico o a una superficie rígida mediante anclajes mecánicos en su base.

### 2.1. Concepto

La norma sobre clasificación y terminología de Productos de apoyo para personas con discapacidad, elaborada por el Comité Técnico 153 de AENOR en 2007 describe los productos de apoyo de la siguiente forma: "Cualquier producto (incluyendo dispositivos, equipo, instrumentos, tecnología y software) fabricado especialmente o disponible en el mercado, para prevenir, compensar, controlar, mitigar o neutralizar deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación [3]. El término Productos de Apoyo, aclara la norma en su definición, sustituye al de Ayudas Técnicas, empleado en las anteriores versiones. La norma [3] es la versión española de la ISO 9999, también de 2007, por lo que su clasificación

y terminología es la oficialmente aceptada por los organismos internacionales a través de la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Según esta definición, por su naturaleza y su principal fin último, PRESSMATIC puede incluirse en la categoría de productos de apoyo.

El concepto de PRESSMATIC se basa en un dispositivo compuesto de dos elementos diferenciados: un cuerpo principal y cabezales intercambiables. El cuerpo principal envuelve en una carcasa los principales subsistemas del dispositivo y debería cuenta con unas dimensiones y peso tales que permite su agarre mediante una sola mano, así como con una geometría ergonómica que lo facilita, ya que está diseñado para personas con dificultades a la hora de realizar este movimiento. Su diseño contempla también la posibilidad de añadir sistemas de anclaje en su base para acoplarlo a superficies rígidas o a robots de asistencia personal con el fin de poder hacerlo válido para personas que carezcan de movilidad suficiente para manejarlo manualmente.

## 2.2. Desarrollo de la realización

Para conseguir una herramienta lo más versátil y funcional posible, se han construido diferentes cabezales intercambiables que llevan a cabo tareas específicas individualmente (cortado, pinzado de objetos ligeros, manicura, etc...). Estos cabezales tienen en común un tipo de enganche idéntico que les permite encajar con el sistema de transmisión del aparato (alojado en el cuerpo principal) y ser accionados por el mismo. En definitiva el cabezal se corresponde a la herramienta particular de trabajo que puede ser cambiada dependiendo de la tarea que quiere llevar a cabo el usuario.

El dispositivo actúa de tal forma que se ejercen ciclos de apertura y cierre sobre los cabezales con una duración y frecuencia determinadas, simulando así los esfuerzos que deberían llevar a cabo los dedos pulgar e índice de manera natural para accionar la herramienta.

El interfaz con el usuario se basa en una pantalla táctil mediante la que se puede seleccionar el encendido o apagado del aparato, el programa adecuado para cada cabezal, los modos marcha o paro, y la duración y frecuencia de los pulsos; en futuras implementaciones además se contempla añadir un sistema de control por voz que posibilite dar las mismas órdenes a aquellos usuarios que les resultase más difícil hacerlo a través de la pantalla.

De acuerdo al pre-diseño, detallado en [4], a los objetivos que pretende alcanzar el dispositivo y a las características de los usuarios a los que va dirigido, se establecieron una serie de requisitos funcionales. A fin de alcanzar estos requisitos se idearon una arquitectura y un modo de funcionamiento concretos. Para transformar la arquitectura en un diseño real se buscaron componentes en el mercado que satisficieran tanto los requisitos funcionales como la propuesta de arquitectura. Una vez generados la arquitectura, modos de funcionamiento y seleccionados los componentes, se concibió un primer diseño completamente definido del dispositivo. Este primer diseño se sometió a un análisis de mejora resultando una versión modificada del mismo con mayores prestaciones. Tal análisis de mejora se fue repitiendo con los sucesivos diseños resultantes desembocando en la actual versión de PRESSMATIC, que se muestra en la figura 1.

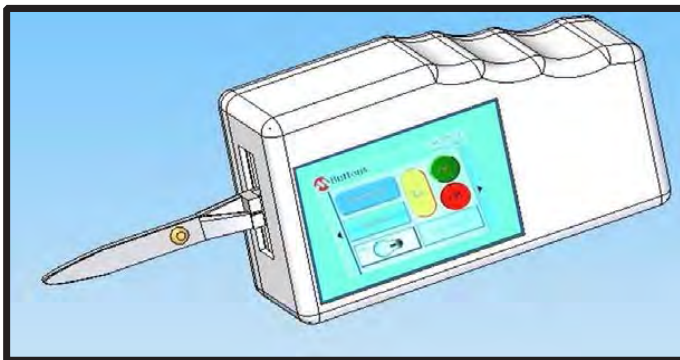


Fig. 1. Vista externa del dispositivo con cabezal tijera

### 3. Resultados y discusión

Tras un diseño conceptual se implementaron progresivas mejoras que desembocaron en un diseño funcional basado en los requisitos definidos en las etapas conceptuales, demostrando su validez en simuladores de sistemas mecánicos. De este modo se obtuvo un dispositivo capaz de ofrecer soluciones a personas carentes de movilidad manual y de dotarles de mayor independencia en sus ABVD, así como de un mayor potencial para ser empleadas, mejorando su integración laboral.

Dicho dispositivo cuenta con unas dimensiones y peso tales que permiten su correcta utilización mediante una sola mano. Su fisionomía facilita el agarre, ya que está diseñado para personas con dificultades a la hora de realizar este movimiento. En aquellos casos en que el usuario no consiga realizar una presión manual suficiente, se añadirán complementos que posibiliten la misma.

Cuenta con sistemas de anclaje en su base para acoplarlo a superficies rígidas o a robots de asistencia personal, como ASIBOT [5] con el fin de poder ser válido para personas que carezcan de movilidad suficiente para manejarlo manualmente.

Para conseguir una herramienta lo más versátil y funcional posible, el dispositivo puede operar diferentes cabezales intercambiables que llevarán a cabo tareas específicas individualmente (cortado, pinzado de objetos, manicura, etc...). Estos cabezales tienen en común un tipo de enganche que les permite encajar con el sistema de transmisión del aparato y ser accionados por el mismo.

El dispositivo actuará de tal forma que se ejercerán ciclos de presión sobre los cabezales con una duración y frecuencia determinadas, simulando así los esfuerzos que deberían llevar a cabo los dedos pulgar e índice de manera natural.

El interfaz con el usuario es dual, por un lado, mediante una pantalla táctil se podrá seleccionar el encendido o apagado del aparato, el programa adecuado para cada cabezal, los modos marcha o paro, y la duración y frecuencia de los pulsos; además se contará con un sistema de control por voz que posibilite dar las mismas órdenes a aquellos usuarios que les resulte más difícil hacerlo a través de los interruptores. Otras modalidades de control se podrán añadir al disponer de un sistema de control modular y ampliable.

Con el fin de obtener mayor certeza acerca de si esa necesidad se encontraba ya cubierta por una tecnología similar, se elaboró un exhaustivo informe del estado del arte. Este informe concluyó que no existía una solución de similares características para atacar el problema descrito, y se comenzó el desarrollo del diseño del dispositivo así como las labores de protección industrial.

### 4. Conclusiones y trabajos futuros

Los resultados en esta fase del proyecto han sido principalmente, demostrar la viabilidad del proyecto mediante la generación de un diseño funcional, y un diseño preliminar del prototipo. Tras una extensa búsqueda en BBDD de patentes e invenciones [6, 8], así como en catálogos de productos especializados [9,13] se ha constatado que este proyecto constituye un elemento novedoso mediante la solicitud de una patente. En cuanto al primero de la lista, se demostró claramente la viabilidad del proyecto creando varios diseños funcionales, donde además de haberse integrado componentes comerciales reales, se probó su funcionamiento mecánico en entornos de simulación software, ofreciendo así argumentos de peso que validan los diseños. Por último, cabe destacar que el carácter novedoso del dispositivo permitió elaborar su correspondiente solicitud de patente (P201132082) <sup>1</sup>, todavía en proceso de resolución. Esta solicitud hace referencia al dispositivo diseñado e incluye catorce reivindicaciones.

En resumen: el proyecto actualmente cuenta con un diseño tecnológicamente viable, innovador y potencialmente válido para restituir la autonomía en tareas de pinzado de la vida diaria. Este trabajo ha recibido recientemente el Premio a la I+D en Dependencia de la Fundación Caser. Este premio está destinado a reconocer la labor de la persona, entidad o institución que, dentro del ámbito universitario o científico, hayan llevado a cabo estudios o investigaciones, de carácter innovador, tendentes a la búsqueda de soluciones viables y eficaces para la mejora de la calidad de vida de las personas dependientes y sus familias. Además, el proyecto de desarrollo de prototipo preindustrial PRESSMATIC, ha sido seleccionado

<sup>1</sup> Respecto a la solicitud de patente, el 22 de diciembre de 2011 se entregó en la sede de OEPM en Madrid la solicitud de patente número P201132082 y solicitud PCT: PCT/ES2012070848 (05/12/2012); titulada DISPOSITIVO ELECTROMECHANICO PORTATIL DE ASISTENCIA.



como beneficiario en la segunda edición del Programa de Ayudas para Proyectos Inclusivos, de la Fundación Universia, entre más de 400 solicitudes, en la modalidad de Investigación, lo cual va a permitir cubrir parte de los costes de su desarrollo. El objetivo principal del proyecto es la finalización del diseño de detalle del prototipo la construcción de un demostrador con funcionalidad completa que sea evaluado por los usuarios finales.

## 5. Agradecimientos

A la Fundación Caser por el reconocimiento otorgado en forma de Premio a la I+D en Dependencia, y a la Fundación Universia por su apoyo en el desarrollo del Proyecto denominado "PRESSMATIC" seleccionado a la II Convocatoria de Ayudas a Proyectos Inclusivos.

## Referencias

- [1] INE. Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD). Año 2008.
- [2] Informe Mundial sobre Discapacidad. OMS, Banco Mundial. Año 2011.
- [3] Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología. Norma española UNE-EN ISO 9999. Septiembre 2007. (ISO 9999:2007)
- [4] Gabriel Barroso de María, Dispositivo automático de apoyo para uso de herramientas requeridas de movimiento manual de pinzado. Tesis Fin de Máster, Director: Dr. Alberto Jardón Huete. Máster Oficial en Robótica Y Automatización. Leganés, Madrid. Marzo – 2012.
- [5] A Jardón, A Giménez, R Correal, R Cabas, S Martínez, C Balaguer. A portable light-weight climbing robot for personal assistance applications. *Industrial Robot: An International Journal* 33 (4), 303-307.
- [6] OEPM. Oficina Española de Patentes y Marcas. <http://www.oepm.es>. Fecha último acceso: Septiembre 2013.
- [7] Servicio Web INVENES - Oficina Española de Patentes y Marcas. <http://invenes.oepm.es/InvenesWeb>. Fecha último acceso: Septiembre 2013.
- [8] EPO - Espacenet. International Patent search engine. <http://worldwide.espacenet.com>. Fecha último acceso: Septiembre 2013.
- [9] CEAPAT. Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, centro tecnológico dependiente del IMSERSO, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. <http://www.ceapat.es>. Fecha último acceso: Nov. 2011.
- [10] Catálogo de Productos de Apoyo. CEAPAT, Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas. On line: <http://www.catalogo-ceapat.org/>. Fecha último acceso: Septiembre 2013.
- [11] Japan's National Institute of Advances Industrial Science and Technology. <http://www.aist.go.jp>. Fecha último acceso: Mar. 2013.
- [12] Disability products company. <http://www.disabilityproducts.co.nz/>. Fecha último acceso: Oct. 2012.
- [13] Qualilife company. <http://qualilife.ch/products/>. Fecha último acceso: Oct. 2012.

# Desenvolvimento de Protótipo de Afastador de Língua e Bochecha para Auxílio no Tratamento Odontológico de Paciente com Necessidades Especiais

KAWAMOTO, W.O<sup>1</sup>, RODRIGUES, S.C.M<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)/ Núcleo de Pesquisa e Tecnologia (NPT) Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, 200. Cep: 08780-911 Mogi das Cruzes – SP – Brasil. Tel: 55-11- 4798-7000, e –mail (waltraudikawa@hotmail.com, silviac@umc.br).

**Resumo.** O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo de afastador odontológico que afaste língua e bochecha simultaneamente dos dentes posteriores de pacientes com necessidades especiais, isolando o dente do meio bucal. Existem vários modelos de afastadores, porém podem apresentar difícil colocação, custos elevados, materiais pouco resistentes e alguns não autoclaváveis. O afastador foi desenvolvido primeiramente virtualmente sendo as prototipagens e simulações realizadas no software livre Blender 2.49b. Posteriormente desenvolveu-se o protótipo físico com fios aço inox 0.07 mm, resina acrílica autopolimerizável e fita de aço. Obtiveram-se resultados favoráveis da simulação no teste do tipo caixa preta. Concluiu-se que na simulação o afastador manteve as estruturas (língua e bochecha) afastadas do dente, mesmo em pacientes com macroglossia, podendo ser utilizado por diferentes tipos e tamanhos de arcadas, com a ausência de algum elemento dentário poderá ser fixado e estabilizado em qualquer dente, ficando assim na posição desejada pelo dentista.

**Palavras Chave:** Afastador odontológico, tratamento odontológico, paciente com necessidades especiais.

## 1. Introdução

Para realização do tratamento odontológico de pacientes com necessidades especiais se faz necessário um atendimento diferenciado, por apresentarem alterações mentais, físicas, orgânicas, sociais e/ou comportamentais. As consultas não podem ultrapassar 30 minutos, pela baixa tolerância de ficarem na mesma posição [1]. Durante o tratamento odontológico se faz necessário o isolamento dos dentes a serem tratados do meio bucal, para realizar este isolamento pode-se fazer uso de afastadores ou do isolamento absoluto, porém os afastadores disponíveis no mercado são de difícil colocação, não afastam a bochecha e a língua simultaneamente, apresentam custo elevado, são feitos de matérias pouco resistentes e alguns não são autoclaváveis. No caso do isolamento absoluto a sua utilização algumas vezes não é realizada por falta de aceitação do paciente, tempo requerido para aplicação, custo de equipamentos e materiais, falta de treinamento, dentes com pouca estrutura dental, presença de aparelhos ortodônticos, pacientes alérgicos a látex, respiradores bucais, formato do dente e sua posição, etc [2]. Esta pesquisa tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo de afastador odontológico, que afaste língua e bochecha simultaneamente que será fixado entre nos dentes anteriores para mantê-lo estabilizado proporcionando um isolamento relativo dos dentes a serem tratados. Proporcionando um atendimento seguro por não ocorrer acidentes de lesões na língua e bochecha pela broca da alta rotação. E eficaz já que a região fica seca para que se possam realizar os procedimentos odontológicos sem a interferência de saliva e das estruturas anatómicas circundantes. Proporcionando assim um atendimento sem repetições para o profissional e de qualidade ao paciente com necessidades especiais e sem repetições

## 2. Metodologia

O método utilizado para o desenvolvimento protótipo do afastador de língua e bochecha foi primeiramente a prototipagem, simulação virtual dos movimentos bucais e por último a escolha dos materiais e a construção



do protótipo. Efetuou-se um levantamento anatômico da região oral, através de atlas de anatomia humana e da anatomia de cabeça e pescoço aplicada à odontologia, para que o simulador se aproximasse da realidade. Foram observados vários tipos de afastadores odontológicos já existentes no mercado para que só assim fosse modelado o protótipo do afastador, para testar a funcionalidade dele no simulador virtual. Para realização de simulações foram necessários softwares específicos, envolvendo modelagem, renderização e simulação. Existem várias opções para criação de ambientes virtuais, contudo a maioria dos softwares não é de acesso livre. Sendo assim, para desenvolver o simulador virtual optou-se pelo software livre *Bender 2.49b*, licença da GNU-GPL, sendo um software de modelagem e animação 3D com o código aberto [3]. Foi modelada a face com a arcada dentária segundo atlas de anatomia e pesquisas de tamanhos de dentes [4 e 5], forças axiais exercidas pela língua [6] e a força da bochecha [7]. Os dentes foram baseados no trabalho desenvolvido por Cabrera [8] cujas medidas em mm representam as proporções dos 14 dentes que compõem a arcada dentária mandibular representada na Tabela 1.

Dente	Mesio distais (Y)		Vestíbulo linguais (X)		Ocluso/inciso- cervicais (Z)	
	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito
1	5,52	5,54	6,29	6,26	8,42	8,4
2	6,08	6,1	6,46	6,43	9,56	8,3
3	7,11	7,11	7,26	7,28	9,56	9,5
4	7,28	7,31	7,91	8,02	8,12	8,09
5	7,35	7,35	8,6	8,63	6,87	6,88
6	11,12	11,11	10,56	10,55	5,6	5,71
7	10,52	10,47	10,26	10,15	5,09	5,21

Tabela 1: Comparação das medias de dentes em mm.

Após foi efetuada a modelagem do afastador demonstrado na visão lateral e frontal (Figura 1). Para obter as condições mais próximas da realidade como pode ser observada na Figura 2, evitando assim erros primários no projeto e a perda de material para sua confecção.



Figura 1. Afastador: visão lateral e visão frontal.



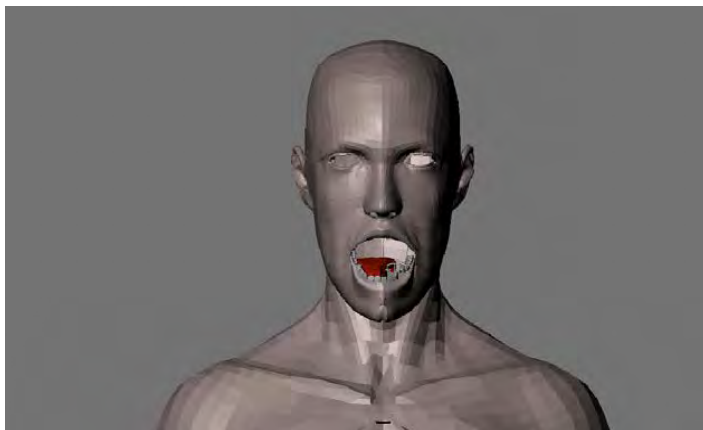


Figura 2. Simulação virtual do afastador.

Com a utilização da prototipagem e da simulação virtual pode-se chegar num modelo do protótipo do afastador que foi desenvolvido com os seguintes materiais: fio contínuo de aço inox de 0,07mm na medida de 18 cm, sem soldas, com 9 dobras, resina acrílica autopolimerizável e fita de aço inox. A primeira dobra se fez na metade do fio formando o arco “U” (dobra U invertido) tendo como distância entre os fios de 2,0 cm. Na base do arco “U” mediu-se 1,7cm e fez-se uma dobra para cima com o auxílio do alicate 201, a partir desta dobra mediu-se 3 cm e realizou-se outra em direção ao arco “U”, (Figura 3) .



Figura 3. Dobras no fio de aço inox realizada com alicate 201.

Em seguida, mediu-se 1 cm para a dobra no formato de gota para fixar o fio no arco “U” inicial, formando-se uma região retangular. Esse procedimento foi repetido para o outro lado do afastador. Na região onde se formou o retângulo foi fixada a resina acrílica nas aletas laterais extravasando 2 mm com espessura de 3 mm, Figura 4.



Figura 4. Resina acrílica fixada nos retângulos laterais.

Na porção frontal “U” invertido foram efetuados 2 pontos de solda em cada lateral para fixação da fita para bandar de 0,10 mm x 4,50 mm com 2,5 cm de comprimento, para fixação do afastador entre os dentes do paciente com necessidades especiais.

### 3. Resultados e discussão

Os resultados obtidos através da simulação virtual pelo software Blender 2.49b demonstram que a primeira modelagem do afastador estava com problemas de fixação. Obteve o afastador desejado após ajustes da colocação da fita de aço inox na porção frontal do “U”, pois assim o afastador permaneceu na posição desejada, mesmo com a movimentação da língua em paciente com baixa cognição e em paciente síndrome de down com macroglossia, servindo para afastar a língua e bochecha simultaneamente. Durante a simulação pode-se observar que o afastador pode ser colocado em qualquer dente da região da mandíbula. A avaliação do simulador virtual foi efetuada através do teste tipo caixa preta, onde pode-se testar a funcionalidade do simulador virtual. Segundo o teste aplicado no simulador, o afastador se comportou conforme o esperado. Após os testes virtuais se optou pela construção do protótipo do afastador utilizando as medidas obtidas na simulação virtual, para observar quais seriam os materiais adequados para sua confecção, optou-se no protótipo utilizar os materiais já utilizados na clínica odontológica como o fio de aço inox, fita para bandar e resina acrílica autopolimerizável, com o protótipo confeccionado pode-se observar que para dar uma segurança maior ao paciente com necessidades especiais o afastador **pode ser amarrado na região frontal com o fio dental** para que o afastado não seja deglutido pelo paciente. Sendo testada a sua fixação em um manequim, onde ficou na posição desejada, Figura 5.



Figura 5. Afastador adaptado no manequim.

### 4. Conclusão e trabalhos futuros

Concluiu-se que o afastador é estável e pela análise obtida do simulador virtual consegue-se fixá-lo tanto nos dentes posteriores e anteriores, ficando na posição desejada pelo dentista, outra vantagem é o afastamento da língua dos dentes e bochecha proporcionando um bom espaço para o tratamento. Acredita-se que o paciente com necessidades especiais terá mais conforto durante o tratamento e o profissional se sentirá seguro por não causar injúrias ao seu paciente, e proporcionará um atendimento adequado sem repetições. Quando se realizou a simulação virtual do afastador pode-se constatar que o afastador ficou na posição desejada e afastou a bochecha e a língua simultaneamente, como esperado, mesmo nos casos em que o paciente especial apresente macroglossia. O protótipo de afastador desenvolvido pode ser utilizado por diferentes tipos e tamanhos de arcadas, pois a estrutura metálica possibilita a abertura ou fechamento do afastador para melhor adaptação a boca do paciente com necessidades especiais, caso apresente ausência de algum elemento dentário ele poderá ser fixado em qualquer dente, isso pode ser observado também no simulador. O afastador também poderá ser utilizado na região posterior e anterior da mandíbula para afastamento dos lábios, em alguns casos que o paciente especial apresente apenas os dentes anteriores.

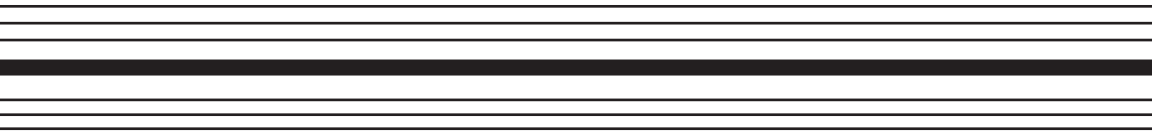
## 5. Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a FAEP (Fundação de Amparo ao Ensino e Pesquisa) pelo auxílio financeiro.

## Referências

- [1] A.S. Haddad. Odontologia para pacientes com necessidades especiais. São Paulo: Santos, 2007.
- [2] M. E. L. Machado. Endodontia: da biologia à técnica. São Paulo: Editora Santos, 2009, 488 p.
- [3] A. Brito. Blender 3D: jogos e animações interativas. São Paulo: Novatec Editora, 2011.
- [4] F. H. Netter. Atlas de anatomia Humana. 5. ed. Rio de Janeiro: Saunders Elsevier. 2011.
- [5] K. A. Rosenbauer. et al. Anatomia clínica de cabeça e pescoço aplicada à odontologia. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- [6] R. M. M. M. Furlan. Desenvolvimento de um aparelho portátil para quantificação e reabilitação da força da língua humana [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2011.
- [7] E. D'Andréa and E. Babbaix. Anatomic research on the perioral muscles, functional matrix of the maxillary and mandibular bones. *Surgical and radiologic anatomy* 28:261-266, 2006.
- [8] C. A. G. Cabrera; A. Pinzan; M.C. Cabrera; J. F.C. Henriques; G. Janson; M. R. Freitas. "Estudo biométrico em dentes de humanos". *Dental Press J Orthod.* July-Aug, v. 16, n 4, 2011, p 111-22.







## Temática 4

Cognición



# Desarrollo de un Sistema de Rehabilitación Cognitiva y Motora, Basado en Realidad Virtual y la Retroalimentación Sensorial:KinECI-VR

Luis. Rodríguez<sup>1</sup>, Alex. Sierra<sup>1</sup>, Juan. Zanatta<sup>2</sup>, Rodrigo. Mallen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito: Ak 45 No 205-59, Bogotá, Colombia, 6683600,

luis.rodriguez@escuelaing.edu.co

<sup>2</sup>Departamento de Control Automático-CINVESTAV : Dirección, Mexico D.F, Mexico, jibarra@cinvestav.mx

**Resumen.** Se presenta un sistema de rehabilitación, basado en realidad virtual para la rehabilitación de personas que han padecido de ACV Accidentes Cerebro –Vascular u otros accidentes que involucren afectación motora o cognitiva. El sistema de rehabilitación introduce al paciente en un ambiente de juegos y retos, siendo la prioridad liberarlo del estrés postraumático y adicionalmente incorporar la medición de variables biomecánicas de miembro superior alusivas a tres grados de libertad de hombro (flexo-extensión, Abducción- aducción y rotación interna-externa) y uno de codo (flexo-extensión). La metodología empleada para la medición de las variables biomecánicas involucra la obtención de un modelo cinemático inverso, el cual está sujeto en todo momento a los criterios y convenciones médicas pertinentes. El desarrollo del sistema propuesto se basa en la aplicación de técnicas de visión 3D (empleando el sensor Kinect), robótica de manipuladores y realidad virtual (RV), todo esto bajo herramientas de software libre. La finalidad es proveer un sistema de bajo costo y alta efectividad que sea capaz de introducir al paciente en un mundo de la realidad virtual y terapias de rehabilitación que motive al paciente a realizar movimientos y esfuerzos que permiten mejorar el proceso de rehabilitación.

**Palabras clave:** Rehabilitación; Kinect; Visión 3D; Realidad virtual; Robótica médica.

## 1. Introducción y contenidos

Los accidentes cerebro vasculares ACV y la ruptura de la medula son las principales causas de discapacidad tanto en los adultos como en jóvenes en el mundo se estima que en los próximos 20 años seguirá siendo una de las causas principales de la carga de la enfermedad [1]. Un derrame cerebral o ruptura del camino nervioso a menudo conducen a alteraciones motora y cognitiva que son irreparables y que pueden durar toda la vida, con fuerte incidencia en el sistema motor, neuro-muscular o en el sistema muscular esquelético. Esto tiene implicaciones importantes en la realización de las actividades de la vida diaria, como la restauración de la función motora normal en la extremidad superior o conocido como hemipléjica, e estos casos se ha observado que menos del 15% de los pacientes con parálisis inicial son casi imposible de recuperar [2]. Después de un accidente cerebrovascular, la recuperación es posible por medio de mecanismos de plasticidad cortical, lo que significa que otra área del cerebro asumen la función de la lesionada. Esta mecanismo del cerebro ha sido observado por una transferencia de la función de las áreas circundantes de la lesión [3] y en otros casos por un cambio hacia el hemisferio contralateral [4]. Investigaciones recientes en el área de rehabilitación demuestran que la utilización de diferentes técnicas de rehabilitación tales como: manual, máquinas y realidad virtual tipos juegos, permiten al usuario entrar en un proceso de activación en el sistema muscular, nervioso y cerebral para encontrar nuevos caminos y estructuras de activación en el área motora y cognitivas [5]. En este sentido el proyecto que presentamos en este artículo conlleva justamente a utilizar el sensor kinect como un elemento de interacción entre el paciente y un ambiente virtual tipo juego que le permiten liberar su mente y enfocarse en un mundo de juegos y reto que lo apoyen en su proceso de rehabilitación. En las pruebas preliminares con usuarios y pacientes se ha detectado recuperación en actividades motoras, sensoriales y de actividad neuronal basados en tareas que en la vida diaria no las podría lograr sin involucrar al cerebro a desarrollar estrategias de movimientos con el uso de la musculatura y el sistema propioceptivo, los cuales en el proceso postraumático han perdido tono muscular y referencia de posicionamiento.



El sistema propuesto consta de un sensor de visión con una cámara VGA y otra de profundidad, en el mercado es conocido como "kinect", un ordenador, en el cual se han programados diferentes rutinas de juegos interactivos. En la actualidad se han probado juegos sin *biofeedback* y con ella. Por otro lado, se han probado el uso de resistencia incorporada en el juego, como por ejemplo con sistemas elásticos y visco-elásticos que potencian la musculatura e introducen resistencia en el momento de realizar las trayectorias programadas por los rehabilitadores. El artículo presenta el desarrollo del sistema, el procedimiento matemático para determinar los ángulos Biomecánicos y las pruebas iniciales con un grupo de control, que corresponden a estudiantes del programa de Ingeniería Biomédica, en el futuro se realizarán pruebas con pacientes en la Clínica de la Universidad de la Sabana y en la Clínica Teletón.

En la actualidad, las etapas de valoración y seguimiento del estado de un paciente que se encuentra en un proceso de rehabilitación motora y cognitiva, representan tareas que están en función de diversos aspectos que pueden (de no atenderse de la manera apropiada) perjudicar la logística del propio proceso. Dentro de tales aspectos se encuentran, por ejemplo: i) La cantidad de pacientes atendidos por día en el centro o clínica de rehabilitación; ii) La cantidad de personal disponible para atender a dichos pacientes; iii) El tiempo invertido entre un paciente y otro para valorar o dar seguimiento a su terapia; iv) Los costos que involucra la adquisición y manutención de los equipos médicos necesarios para dicha valoración, etc.

Durante muchos años, la valoración de un paciente que padece algún tipo de discapacidad o limitación de naturaleza motriz o neuro-motriz (tales como las causadas por enfermedades como Accidente cerebro vasculares (ACV)), ha sido de especial importancia. Debido al alto número de personas alrededor del mundo que sufren de este tipo de enfermedades (aproximadamente 15 millones, según cifras de la Organización Mundial de la Salud [1]), el proceso de valoración y seguimiento ha constituido un pilar fundamental dentro del proceso terapéutico actual. Dentro de dicho proceso de valoración, la medición de variables biomecánicas antes y después del accidente, (tanto para miembros superiores como para miembros inferiores) constituye una de las prácticas más comunes e importantes en el ámbito de la valoración a priori y a posteriori del estado del paciente.

## 2. Metodología

En este artículo se presenta un sistema de rehabilitación, basado en juegos de realidad virtual, sensores de profundidad y un sistema de video goniometría para analizar el comportamiento angular biomecánico de las articulaciones de las cadenas cinemáticas de miembro superiores e inferiores, que se encuentren involucrados en el proceso de rehabilitación. A continuación describiremos cada una fases y partes del sistemas de adquisición, monitorización de variables biomecánicas y la generación de los juegos.

Como se mencionó anteriormente, debido principalmente a la naturaleza de los instrumentos de goniometría y electro-goniometría, las mediciones que pueden efectuarse en la actualidad están sujetas a restricciones. Al igual que un goniómetro, un electro-goniómetro es capaz de medir movimientos angulares de ciertas articulaciones del cuerpo humano, siempre y cuando dichos movimientos permitan la referenciación de una parte del instrumento (parte fija) respecto a una parte móvil. En relación a este tema los sensores comerciales como los del sistema de Biometric se ubican dependiendo del ángulo a medir y en algunos casos dependerán de la anatomía y morfología de la persona, como por ejemplo en la columna vertebral, cadera y cuello. En nuestro grupo de investigación estamos trabajando dos sistema el primero hace referencia al uso de técnicas y análisis de imágenes y el otro sistema un poco más invasivo como los sistemas inerciales basados en acelerómetros.

Aunado a los puntos comentados en el párrafo anterior, son precisamente esta clase de inconvenientes los que nos han motivado a desarrollar un sistema de goniometría sin contacto, es decir, mediante ciertas técnicas de visión artificial y de robótica de brazos manipuladores, se ha planteado el problema de llevar a cabo un sistema de goniometría visual (al que nos hemos permitido dar el nombre de video-goniometría) que no requiera intervención alguna de instrumentos o equipos de contacto físico con el miembro a medir.

El sistema de medición propuesto consta de los siguientes componentes: i) Un sistema comercial de visión 3D de bajo costo como lo es el sensor Kinect®, empleado para detectar las coordenadas (x,y,z) de ciertos puntos de interés correspondientes a algunas articulaciones del cuerpo del paciente, como son: hombros, codos, muñecas y torso; ii) Una computadora personal en la que se llevan a cabo las tareas de cálculo de, entre otras cosas, el modelo cinemático inverso de los miembros superiores del paciente, los algoritmos de



visión artificial para procesamiento de imágenes requerido y la programación de la realidad virtual que le proporciona un ambiente gráfico e intuitivo al sistema desarrollado; y iii) el software de rehabilitación tipo juego que es presentado en un monitor donde se proyecta para darle más realismo y que el paciente interactúe con la terapia programada por el médico especialista, figura 2 (a).

En la segunda parte del artículo describimos un juego inicial y la incorporación del sistema de medida de video-goniometría, como variable obtenida para realizar un biofeedback y entregárselo al equipo médico. A continuación profundizaremos en los diferentes elementos que constituyen el sistema de rehabilitación.

Como se comentó en la sección previa, la importancia de proveer herramientas para evaluación neuromotriz cuyas principales cualidades sean las de ser intuitivas, fáciles de implementar y eficaces, son sin lugar a dudas, una necesidad. Es por ello que en este proyecto se ha hecho especial énfasis en dichas características, así como en la facilidad de uso y de portabilidad en distintos equipos.

El sistema de rehabilitación propuesto fue desarrollado bajo el sistema operativo Windows 7, la codificación de los programas se llevó a cabo en la plataforma Visual C++ 2010; para los algoritmos de visión artificial se empleó la versión 2.4.2 de OpenCV, así mismo, como ya se ha mencionado a lo largo de este artículo, se utilizaron las librerías OpenNI versión 1.5.4 para la parte de interacción natural, extracción y procesamiento de información proveniente del sensor Kinect. En cuanto a hardware, solo se necesita un sensor de profundidad Kinect o semejante, como sugerencia se recomienda el sensor Carmine 1.08 de PrimeSense®, así mismo se requiere una PC o laptop de modelo relativamente reciente; algunos procesadores recomendables son: Intel Core Duo, Intel i5, AMD Athlon 64, AMD Athlon FX o más recientes.

### A. Entorno gráfico del sistema de video-goniometría

El sistema de video-goniometría desarrollado cuenta con una interfaz gráfica muy intuitiva, la cual se puede apreciar en la figura 1. En dicha figura se puede apreciar la distribución de las funcionalidades con las que el sistema cuenta. En la parte central superior se localizan los botones de ejecución de los sistemas de video-goniometría, cabe señalar que también se ha desarrollado en paralelo a este proyecto un sistema para la medición de variables articulares en miembros inferiores (cadera y rodilla), por lo que en la interfaz gráfica también aparecen dichos nombres. Por otro lado, en el extremo derecho se encuentra un segundo conjunto de botones, estos llevan a cabo un enlace con una base de datos desarrollada en Microsoft Excel para el seguimiento y control de pacientes usuarios de este sistema.



Fig. 1. Interfaz gráfica de usuario del sistema de video-goniometría

Una vez dentro del programa ejecutable, la pantalla que se mostrará es la ilustrada en la figura 2 (b), esta se conforma de diversas secciones. Primeramente, en la parte izquierda se encuentra una tabla en la cual se visualizan en tiempo real los valores que van tomando las cuatro variables biomecánicas que el sistema calcula, tanto para brazo izquierdo como para brazo derecho. El esqueleto dibujado en color amarillo sobre los brazos y torso aparece de manera automática en el momento en el que el sistema de visión detecta a un usuario dentro del campo de visión, dibujándose también el referencial local del torso de la siguiente manera: azul (eje x), verde (eje y) y rojo (eje z). Este referencial rota y se desplaza en conjunto con el usuario. Por otro lado, tenemos las funciones de graficación de trayectorias individuales y de graficación

conjunta. Para el primer caso, si lo que se quiere es graficar únicamente una variable biomecánica a la vez, basta con dar doble click sobre el recuadro donde se está presentando el valor de dicha variable.

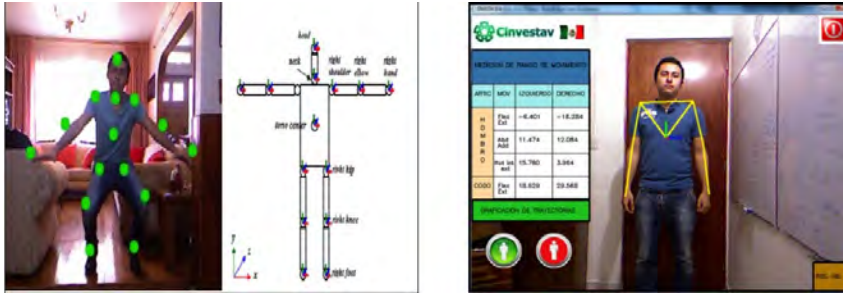


Fig. 2. Identificación de puntos biomecánicos del Kinect (a) y Entorno de la aplicación en ejecución (Sistema de videogrametría) (b).

Una vez almacenadas en memoria las trayectorias registradas mediante los botones antes mencionados, el proceso de graficación se puede llevar a cabo ya sea fuera de línea o mientras el sistema de medición aún se encuentra en ejecución. Esto se hace mediante los botones de graficación de la figura 1 explicados anteriormente. En el siguiente ítem se describe los resultados y graficas que ofrece el sistema.

**B. Juegos Virtuales**

En relación al desarrollo de los juegos en el ambiente virtual, la experiencia de los médicos y rehabilitadores de la clínica universitaria de la Sabana, permitió entender los procesos de rehabilitación y la necesidad de movimientos articular y la potenciación muscular, con la incorporación de un sistema de realimentación y medida de variables biomecánicas y el uso de resistencia para la potenciación y recuperación del tono muscular. En este artículo presentamos dos de los juegos realizados por alianza Bioeci y el grupo de automática de Centro de Investigación Avanzada CINVESTAV. El primer juego que presentamos, el usuario sentado y con una banda elástica en el brazo afectado debe realizar un "matching" entre un círculo de un color y alguno de los círculos que están ubicados en un entorno virtual como se muestra en la figura 3. El software permite almacenar los aciertos y fallos. La estrategia es generada dependiendo unas tareas programadas y manera secuencial por el rehabilitador, pruebas iniciales con un grupo de control demuestran que el sistema es adaptativo y la dificultad en los retos depende de la velocidad con que se generan las tareas. Para la validación de este juego se desarrolló un test con un grupo de control y se evaluó la adaptación al sistema y el comportamiento muscular y articular con la medición de los ángulos con electrogonimetría y la potencia muscular por medio de la medición de Electromiografías de superficie EMG's, ver figuras 3 donde presentamos el juego de "matching" y el segundo donde el usuario está en un escenario de básquetbol.

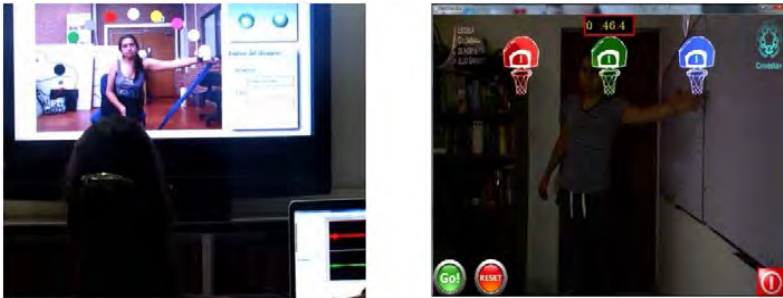


Fig 3: Uso del juego y el uso de resistencia elástica para potenciación de los músculos (a), Interface visual del sistema de rehabilitación (b).

### 3. Resultados y discusión

En esta sección se presenta un estudio comparativo para sustentar la validez del sistema de medición desarrollado. El sistema contra el cual se ha planteado la comparación es un equipo de electro goniometría de última generación, marca Biometrics modelo DataLOG MX8. Las especificaciones técnicas de dicho equipo pueden consultarse en [5]. Este equipo consta de un sistema de adquisición de datos que recolecta la información proveniente del electro goniómetros que se aprecian en color verde en la figura 14. Estas señales con acondicionadas y tratadas para ser enviadas vía bluetooth a una PC donde se pueden graficar las trayectorias resultantes de los movimientos requeridos. Las pruebas comparativas efectuadas se llevaron a cabo únicamente en términos de las variables biomecánicas que el sistema de electro goniometría puede medir de manera directa, es decir: Abd-Add, flexo-extensión de hombro y flexo-extensión de codo.

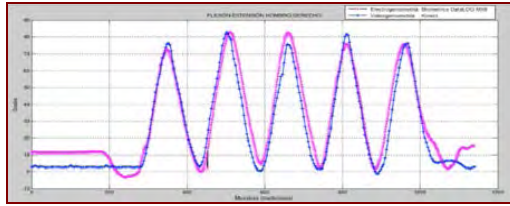
Las pruebas experimentales consistieron en conectar un electro goniómetro en el brazo derecho de una persona, para posteriormente solicitarle un número determinado de repeticiones para cada variable biomecánica. Los resultados se analizan gráficamente para poder observar el desempeño de ambos sistemas (video goniometría y electro goniometría), y así observar aspectos como la validez de las mediciones producidas por el sistema propuesto y la calidad de las mismas (ver figura 4). Es muy importante señalar que este sistema de electro goniometría empleado para las pruebas cuenta con diversas tasas de muestreo, para nuestros fines, se optó por configurarse a 150 muestras por segundo, lo cual corresponde a la tasa más baja admisible por el equipo Biometrics. Por nuestra parte, para el caso del sistema de videogoniometría desarrollado, la tasa de muestreo es fija a 30 muestras por segundo debido a que esta es la velocidad de captura de la cámara RGB del sensor Kinect. A continuación se muestra en la figura 3 una de las pruebas realizadas, y como se puede apreciar, el sistema de video-goniometría y el de electrogoniometría se ejecutan a la par. Justo debajo de la pantalla donde se visualiza el sistema de videogoniometría en ejecución, se encuentra el sensor Kinect, así mismo, al costado de éste se encuentra la PC donde se está recibiendo y visualizando la información proveniente del sistema de adquisición de datos del equipo Biometrics. Estas pruebas se hicieron de manera reiterada con un total de 3 personas.



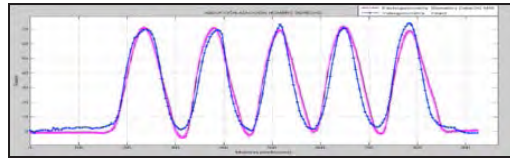
Fig. 4. Pruebas comparativas realizadas ( Abd-Add).

A continuación se presenta los resultados de la estandarización de los datos obtenidos en las pruebas con un grupo de control de estudiantes de la Escuela Colombiana de Ingeniería, en donde la medida del sistema de visión está dado por la línea azul y el sensor de electro-goniometría línea rosada.

En esta parte, para validar las terapias y procedimientos proporcionados por los médicos rehabilitadores, la interface coloca objetos (círculos de colores), que tienen que ser escogidos por el paciente colocando su mano encima del elemento solicitado, ver figura 3. Los datos que entrega el sistema son los aciertos, fallos y las trayectorias. Esta base de datos fue analizada para observar la tendencia, por medio de un estudio estadístico de ANOVA de medida repetida, en la figura 6 se presenta resultados y la tendencia positiva en el aprendizaje y la adaptación.



(a)



(b)

Fig.5. Resultados comparativos: Electrogoniometría vs Videogoniometría en miembro derecho. (a) Flexo-extensión hombro, (b) Abd-Add hombro, (c) Flexo-extensión codo.

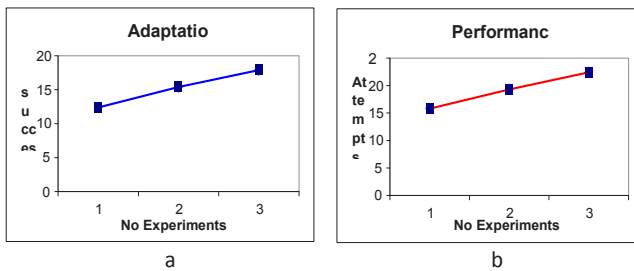


Fig. 6. Respuesta del estudio de adaptación y tendencia de aciertos en el juego virtual tipo reto

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

Se ha logrado desarrollar e implementar un sistema de goniometría visual basado en el sensor Kinect y diversos paquetes de software de licencia abierta. Como se mostró en la sección IV, el sistema de medición aquí propuesto representa una alternativa real a los sistemas clásicos de goniometría y electro-goniometría hasta ahora utilizados para tareas de medición de variables biomecánicas en miembros superiores, ver figura 5. Así mismo, nuestro sistema presenta otras ventajas considerables:

Entre ellas, los sistemas de goniometría y electro-goniometría no son capaces de medir de manera directa la variable “rotación interna-externa”, propia de la articulación del hombro, lo cual nuestro sistema si puede llevar a cabo. Nuestro sistema no requiere de procedimientos invasivos o de alguna clase de dispositivos adheridos o instalados sobre el cuerpo del paciente, por lo cual no es necesaria una previa calibración manual del sistema de medición, con lo cual se consigue un ahorro sustancial en aspectos clave como el tiempo de instalación y puesta en marcha, así como el hecho de no se requiere personal calificado para el uso del equipo. Se provee de una base de datos en Microsoft Excel para la alimentación y enlace automáticos de los datos de la sesión, tales como nombre del paciente, diagnóstico, fecha de inicio de la sesión, amplitudes máxima y mínima logradas, etc.

Desde dicha base se puede llevar el registro y seguimiento periódicos de los pacientes usuarios del sistema de video-goniometría. El sistema de goniometría visual que se propone es de un costo mucho menor que sistemas clásicos de electro-goniometría clásicos y comerciales.

Actualmente se trabaja en un sistema de análisis de marcha para problemas de espalda y miembros inferiores, basado en las mismas tecnologías que se emplearon para este proyecto. Por otra parte, los juegos tienen un potencial muy alto y hasta el momento han sido muy bien recibidos en el ambiente clínico y hospitalario. Esperamos en un futuro poder probarlos con pacientes en la clínica universitaria de la Sabana.

## Referencias

- [1] C. D. Mathers and D. Loncar, "Projection of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030," in *Plos med*, vol 3, p.e442, Nov 2006.
- [2] H. T. Hendrik, J. Van Limbeek, A. C. Geurts, and M. j. Zawarts, "Motor recovery after stroke: a systematic review of the literature," *Arch Phys med Rehabil*, vol. 83, pp. 1629-37, Nov 2002.
- [3] R. J. Nudo, B. M. Wise, F. SiFuentes, and G. W. Milliken, "Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct," *Science*, vol. 272, pp. 1791-4, Jun 21 1996.
- [4] C. M. Fisher, "Concerning the mechanism of recovery in stroke hemiplegia," *Can J Neurol*, vol 19, pp. 57-63, Feb 1992.
- [5] L. Kalra and R. Ratan, "Recent advances in stroke rehabilitation 2006," *Stroke*, vol. 38, pp.235-7, Feb 2007.

# Reminiscens: Tecnología para el Recuerdo y la Interacción Social del Adulto Mayor

C. Parra<sup>1,2</sup>, L. Cernuzzi<sup>2</sup>, V. D'Andrea<sup>1</sup>, F. Casati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Trento: Via Sommarive 5, Trento, Italia, {parra,vincenzo.dandrea,casati}@disi.unitn.it

<sup>2</sup>Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción": Cantalupi y G. Molinas. Barrio Santa Ana. Asunción, Paraguay, lcernuzz@uca.edu.py

**Resumen.** La práctica de la reminiscencia (explorar y compartir nuestros recuerdos), es una experiencia común a todo el género humano y que se presenta de manera generalmente espontánea en todas las edades, particularmente en la tercera edad, cuando ciertos tipos de reminiscencia cobran importancia. Su carácter intergeneracional, los beneficios que reporta al bienestar psicológico de las personas y su particular incidencia en la vejez, nos han motivado a explorar esta experiencia como un puente de interacción entre las personas mayores y su círculo social, con el objetivo de mejorar la calidad y cantidad de las interacciones. Nuestra investigación se centra en cómo estimular la reminiscencia con la ayuda de la tecnología, motivando la conversación en un contexto de interacción cara a cara. Este trabajo, reporta sobre el proceso de diseño, los resultados preliminares de utilización y las características de *Reminiscens*, una aplicación Tablet que persigue los objetivos previamente mencionados.

**Palabras clave:** Reminiscencia; Adultos mayores; Diseño participativo; Interacción social

## 1. Introducción y Objetivo

La población mundial de la tercera edad ha visto un incremento considerable en las últimas décadas. Las dificultades que surgen con el avanzar de la edad en cuanto a movilidad, comunicación y otras destrezas cognitivas son similares a las que se manifiestan en personas con necesidades especiales, y así también las soluciones tecnológicas que pueden apuntar dichas problemáticas. En este sentido, las tecnologías de la información y la comunicación pueden jugar un papel clave en mantener la independencia y participación social de este sector de la población.

En este contexto, hemos considerado cómo mejorar las interacciones sociales de las personas mayores. Nuestro enfoque inicial se centró en la comunicación e interacción remota asíncrona con el objetivo de aumentar la sensación de conexión social, facilitando la comunicación intergeneracional para adultos mayores con poca experiencia en el uso de la tecnología y que normalmente se encontraban imposibilitados de encontrarse físicamente con sus familiares o amigos [1]. Esta primera experiencia nos permitió entender 2 aspectos fundamentales para el planteamiento de soluciones tecnológicas:

- la dificultad para las personas más jóvenes de reunirse en persona con familiares o amigos de la tercera edad;
- que para los adultos mayores el tipo de interacción máspreciado es la vinculación personal. Nada superaba la calidad de una visita y una charla cara a cara, aún cuando el tiempo de ésta fuera limitado.

Esto nos llevó a encarar el diseño de una aplicación que estimule la interacción social cara a cara con los adultos mayores, facilitando la conversación, haciéndola más agradable y enriquecedora. Con este objetivo en mente, elegimos la práctica de la reminiscencia (i.e., recordar y compartir memorias pasadas [2]) como el tema en torno al cual nuestra herramienta podía estimular la interacción social de lo adultos mayores con sus pares o sus amigos y familiares más jóvenes. La reminiscencia es una práctica que ha existido desde siempre y que se presenta en todas las edades, aunque de manera particular en la vejez, donde ciertos tipos de reminiscencia cobran mayor relevancia [3] (por ejemplo, la *revisión de vida* o *life review*). Estudios han encontrado que visitar las memorias pasadas puede aumentar la satisfacción de vida, disminuir o prevenir la depresión y ayudar con la orientación cognitiva de los adultos mayores [4]. En menor medida, otros

estudios han observado que la práctica de la reminiscencia permite también mejorar las interacciones sociales en las personas de edad [5] [6]. Estos hallazgos, junto con la idea de que es una práctica común y agradable para los adultos mayores, han incluso llevado a su aplicación con fines terapéuticos en lo que se conoce como la *terapia del recuerdo* [7] [8]. Los beneficios de esta práctica y su incidencia en todas las edades nos hacen pensar que pueden convertirse en un puente de interacción social entre generaciones y entre poblaciones con necesidades especiales que buscan mayor inclusión social. Desde el punto de vista de las TICs, ha habido un creciente interés desde la comunidad de interacción humano-computador en el diseño de tecnologías que soporten la práctica de la reminiscencia [9]. Algunos ejemplos de aplicaciones informáticas para el propósito son Pensieve [10], el proyecto Greenwich [11], la red social Proust [12], Memoro [13] y CIRCA [14]. La música también ha demostrado tener un potencial interesante para activar los recuerdos y recuperar la memoria de personas con Alzheimer y demencia (ver documental *Alive Inside* [15]). A continuación se presenta la aplicación *Reminiscens* incluyendo los resultados experimentales del proceso de diseño de la misma basado en un diseño participativo con personas ancianas.

## 2. El sistema *Reminiscens*

*Reminiscens* es una herramienta de estimulación de los recuerdos a través de la exploración de las historias de vida personales y de recursos multimediales históricos que sirvan de contexto a las propias historias. La aplicación organiza las memorias personales en una línea de tiempo, separada en décadas. Para cada década se prepara automáticamente un contexto según los lugares en los que se desarrollaron las memorias del usuario, desplegando fotos de época cercanas a esos lugares, videos musicales con canciones de esa época, relatos de eventos históricos y personajes famosos que nacieron o fueron importantes en ese periodo. La efectividad de los contenido impersonales (que no forman parte de las historias de vida de la persona) del contexto ha sido verificado en otros estudios [16].

El contexto inicial se prepara alrededor del nacimiento. A partir de ahí, cada vez que el usuario es motivado a contar nuevas historias personales, se avanza a través de preguntas contextuales relativas a la década y a la etapa de la vida correspondiente en la que se encuentra focalizada la línea temporal. El editor de memorias soporta interacciones directas, incluyendo la posibilidad de usar la voz para contar las historias.

La primera versión de *Reminiscens* (Figura 1) es un prototipo semi-funcional desarrollado especialmente para su uso durante los talleres de diseño participativo y exploración que se presentan en la siguiente sección. En base a este diseño y lo aprendido durante los talleres, un prototipo funcional (Figuras 2 y 3) ha sido implementado con el fin de realizar un estudio longitudinal más completo sobre el tema. El prototipo funcional, en desarrollo al momento de la publicación de este trabajo, está disponible online a modo de demostración<sup>1</sup>. En su versión final, estará disponible para su uso desde múltiples plataformas incluyendo exploradores web, tabletas con el sistema operativo android e ipads. El contenido usado para generar el contexto a las historias personales de los usuarios se obtiene de una **base de conocimiento** especialmente creada y curada para este efecto, con metadatos automáticamente recolectados de distintas fuentes online como son DBpedia<sup>2</sup>, Flickr<sup>3</sup> y Youtube<sup>4</sup>.

La base de conocimiento de *Reminiscens* es una base de datos de recursos históricos para motivar la conversación que contiene enlaces a **fotos** históricas, **canciones populares**, información sobre **eventos** históricos mundiales y registros de **personajes famosos** de la historia. El noventa por ciento de los recursos están relacionados a Italia y a la región donde se desarrolla la investigación (Trentino-Alto Adige). La tabla 1 resume la cantidad de recursos que actualmente contiene la base de conocimiento por categoría.

---

<sup>1</sup> <http://test.reminiscens.me/web/demo.html>

<sup>2</sup> <http://dbpedia.org/About>

<sup>3</sup> <http://www.flickr.com/>

<sup>4</sup> <http://www.youtube.com/>

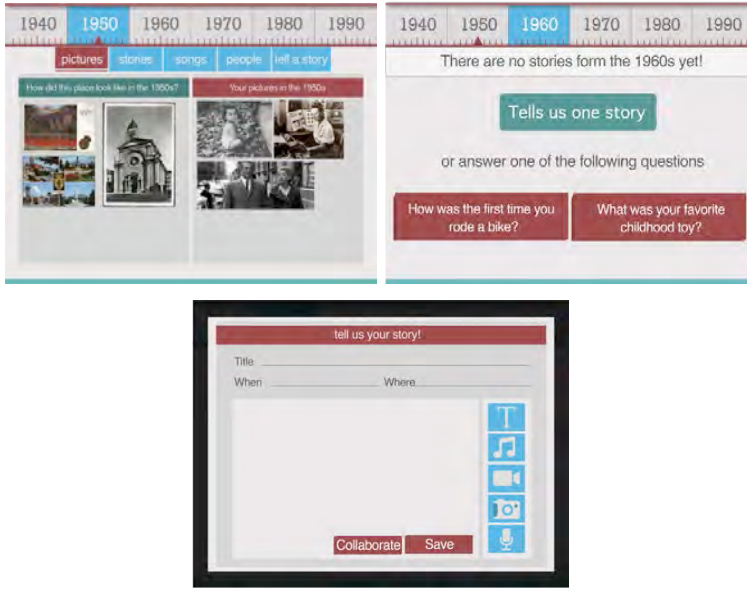


Figura 1. Pantallas principales de Reminiscens. De izquierda a derecha y de arriba abajo se presentan a) pantalla principal con fotos históricas de contexto, b) preguntas contextuales para estimular la inserción de nuevas historias y c) editor de historias con grabación de voz e interacción drag & drop

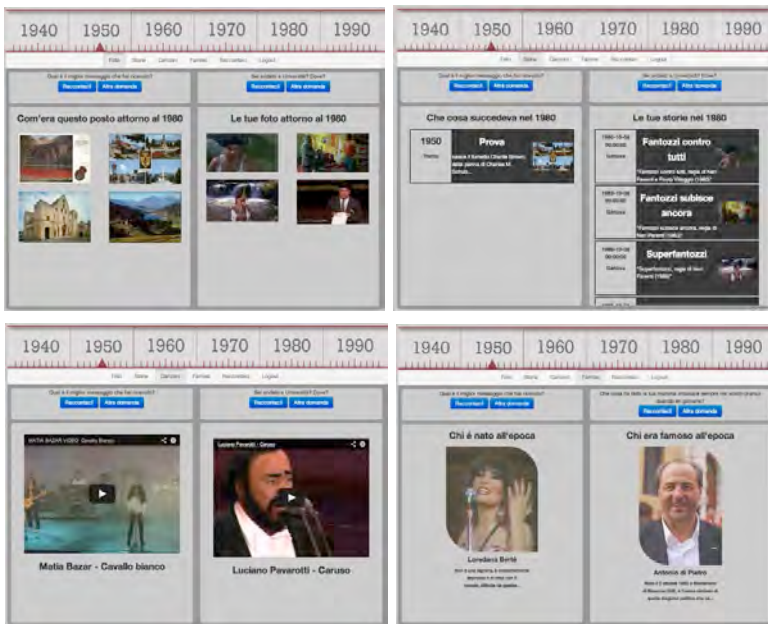


Figura 2. Pantallas del prototipo funcional en desarrollo, centradas alrededor de una década en la vida del usuario. De izquierda a derecha y de arriba abajo (a) pantalla principal con fotos personales y de contexto, (b) lista de recuerdos personales y eventos históricos de contexto, (c) videos de canciones populares, y (d) personas famosas de la década.



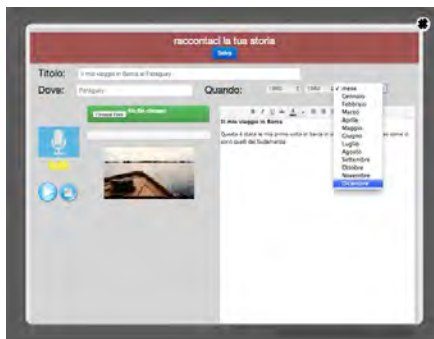


Figura 3. El editor de historias del prototipo funcional en desarrollo, con soporte para agregar fotos y registrar el relato de la historia en audio.

Categoría	Cantidad
Fotos	549
Canciones	1595
Eventos	632
Personas	485

Tabla 1. Resumen de recursos existentes en la base de conocimiento de *Reminiscens* (actualmente, centrado en el contexto regional)

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Diseño participativo de *Reminiscens*

Para la construcción de la aplicación *Reminiscens* se ha realizado un proceso participativo de diseño [17] consistente de 4 talleres de día completo con un grupo de adultos mayores de una comunidad local de Trento, Italia. El promedio de participantes de cada taller fue de 20 personas, con edades comprendidas entre 60 y 84 años. En el primer taller, utilizamos algunas de las aplicaciones desarrolladas por nuestro grupo de investigación para familiarizarse con las tabletas [18]. En la segunda, nos hemos centrado en “disparadores” del recuerdo. En base a la combinación de nuestras intuiciones, observaciones y cuestionarios utilizados en el segundo taller, creamos el primer prototipo semi-funcional de la herramienta, que fue luego probado y co-diseñado durante el tercer y cuarto taller. Durante cada taller, métodos de observación de participantes [19] fueron utilizados para observar como se desarrollaba la práctica de la reminiscencia y que características de la aplicación generaban mayor interés o confusión.

#### 3.2. Resultado de los talleres de diseño y exploración

El resultado de las observaciones de los participantes en los talleres influenciaron el diseño de *Reminiscens* en tres aspectos: i) que **contenido** estimula la reminiscencia, ii) en qué **escenarios** (dónde y con o para quién) se puede dar la práctica de la reminiscencia con adultos mayores, y iii) que diseños de interacción o **experiencias de usuario** son adecuados para facilitar la reminiscencia. En esta sección, discutimos las observaciones más importantes.

En cuánto al **contenido**, el resultado más importante es que el uso de disparadores (e.g., contenido que refiere o recuerda al pasado) son fundamentales para motivar la reminiscencia y la conversación en torno a ésta. De manera particular, son especialmente efectivos los disparadores “visuales” como fotos o videos. Durante los talleres, los disparadores más efectivos fueron las postales y guías de turismo de antiguos viajes realizados por los participantes, fotos personales impresas (en particular los relacionados con los viajes, la familia y los momentos de orgullo) y artículos de periódicos sobre eventos históricos.

También relacionado al contenido, el tema cuya exploración resultó más fácil era el de los viajes. Historias relacionadas con el trabajo se asociaban principalmente con chistes e historias divertidas, lo que también



ocurría con historias de la escuela. Los temas afectivos provocaron reacciones opuestas: la mitad se sintió contenta y disponible a compartir sus historias afectivas mientras que la otra mitad del grupo afirmó que estas historias pertenecen a una esfera muy personal de su vida ("esta historia es sólo mía"). Estos resultados, sin embargo, podrían ser muy diferente en un contexto más íntimo como lo es el de la familia, lo cual no pudo ser observado en este estudio.

En cuánto al **escenario** de la reminiscencia, la mayoría de los participantes están dispuestos a compartir sus historias con "el que quiera participar en forma activa" (cit. "*chi ha voglia di mettersi in gioco*"). Esto confirma los resultados de investigaciones anteriores [20] de que en general, los adultos mayores están dispuestos a compartir sus historias cambiando sólo el nivel de detalle de acuerdo a la audiencia. Contar historias es una actividad divertida, pero no todo el mundo está dispuesto a hacerlo públicamente. Muchos expresaron que la exploración de la memoria también es agradable en soledad, ya que en ese escenario pueden permanecer más tiempo en las historias o "fotos importantes".

Finalmente, en cuánto a la **experiencia de usuario**, la mayoría de los participantes prefieren sólo hablar de sus historias antes que escribirlas. Por lo general, existe una necesidad de tener un punto de partida para la narración, ya sea por medio de preguntas de vida como "¿Recuerdas tu primera bicicleta?" o al menos estableciendo un tópico como "historias de trabajo". Una vez que la persona comienza a contar sus historias, el relato divide generalmente la vida en fases (antes y después del matrimonio, antes y después de los hijos, etc). Por lo tanto, pareciera ser adecuado utilizar la metáfora de **línea de tiempo** para la navegación de las historias. En el prototipo, esto se tradujo en dos versiones: una línea de tiempo dividida en décadas y la otra en etapas de vida (infancia, juventud, adultez, etc.). La línea de tiempo basada en años resultó ser más simple y accesible, mientras que la línea de tiempo basada en etapas tenía problemas relacionados a la ambigüedad sobre que exactamente forma parte de cada etapa en los extremos (es la secundaria parte de la infancia o de la juventud).

Siempre en relación a la experiencia de usuario, el diseño final de *Reminiscens* pone énfasis en el contenido multimedia de contexto para las historias personales (los "disparadores"). Por otra parte, para proporcionar puntos de partida a la narración se agregaron preguntas contextuales que sirven como puntos de acceso al editor de historias, que a su vez pasó de un simple editor de texto a un editor *drag-and-drop*, emulando la experiencia de creación de posters realizada durante los talleres, la cual fue vista como fácil y entretenida por los participantes. Al mismo editor se agregó la posibilidad de adjuntar una grabación de la historia, basados en la observación de que contar la historia es preferible a escribirla. Después de los talleres, nos dimos cuenta también de las posibilidades de colaboración en relatar las experiencias compartidas de vida lo que nos llevó a incluir la funcionalidad de "colaboración" en el editor de historias, a través de la cual los usuarios pueden invitar a otros a contribuir a su historia. Por último, debido a la importancia de las fotos impresas, el diseño del editor de historias incluirá también la posibilidad de digitalizar automáticamente fotos impresas a través de la cámara del Tablet, eliminando automáticamente los bordes de las fotos tomadas si éste fuera el caso.

### 3.3. Reflexiones sobre la experiencia de diseño participativo

El trabajo con los ancianos supone tener en cuenta que son más frágiles que las personas más jóvenes, con características similares a las de otros usuarios con impedimentos [21]. Si bien los autores de este trabajo éramos conscientes de esta realidad, no esperábamos fuera tan relevante para este grupo de ancianos más jóvenes y autónomos, sin signos físicos o cognitivos significativos de disminución. Sin embargo, resultó que la naturaleza de la reminiscencia puede ser emocionalmente fuerte para algunos participantes. En este sentido, la confianza es clave para mantener la participación. Los adultos mayores de este grupo asisten al centro de servicios de la comunidad todos los días, creando una relación de confianza con el personal del centro, transfiriendo esta confianza a las personas que trabajan con o son apoyados por el personal. Inicialmente, nuestro enfoque para acercarnos al grupo se basó en construir confianza directamente con los ancianos (a través de un laboratorio de tecnologías participativo), pero con el tiempo nos dimos cuenta que estábamos construyendo una relación de confianza incluso más importante con el personal del centro de servicios, quienes efectivamente actuaron como guardianes de nuestra relación con los ancianos. La confianza, tan importante en este proceso, es una inversión a largo plazo, lo que hace que el diseño participativo requiera un esfuerzo costoso. Además, la necesidad de contar con muchos facilitadores durante los talleres, nos obligó a involucrar varios voluntarios, muchos de ellos disponibles sólo por un tiempo

limitado, dificultando las sesiones de análisis de las observaciones posteriores a los talleres. Un proceso de diseño participativo como el realizado, para ser efectivo requiere de por lo menos 2 o 3 investigadores que lideren y participen activamente de todo el proceso, y se encarguen de realizar el análisis de resultados en conjunto. De hecho, pudimos notar que al contar con los mismos facilitadores en más de una ocasión, los participantes de los talleres se mostraban mucho más abiertos a participar activamente.

Otro aspecto relevante de este tipo de enfoques es la importancia del tiempo entre talleres. Cuando hubo una separación de más de un mes, tanto los participantes como los investigadores necesitaron de un mayor esfuerzo en la reconstrucción del contexto para la colaboración. Además, encontrar la combinación adecuada entre lo desconocido y lo familiar es importante. Se debe buscar un equilibrio entre elementos de "estabilidad" con elementos de "novedad" en las actividades y diseños presentados. Finalmente, algo que es probablemente común en todos los usuarios con poca experiencia con la tecnología, el uso de abstracciones tales como la figura de un componente de vídeo en actividades de diseño, pueden ser complicadas de entender. Es mejor reemplazarlos con etiquetas de texto simples que textualmente explican el significado de cada componente.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

En resumen, con el uso de *Reminiscens* se trata estimular la conversación entre un adulto mayor y otra persona (idealmente más joven) a través de una aplicación para Tablet que permite organizar las historias personales de la persona en una línea de tiempo y genera automáticamente un contexto alrededor de estas historias, con contenido interesante que puede ayudar al anciano a recordar elementos de su pasado. El contexto se compone de recursos multimedia que hacen referencia al lugar y tiempo de las historias. La intuición nuestra es que la combinación adecuada de disparadores personales e impersonales, podrían estimular la conversación en torno a la práctica de la reminiscencia, revalorizando la vida del adulto mayor y permitiendo que esta interacción sea entretenida y fructífera para ambas partes. Aunque podría utilizarse de manera individual, el foco de nuestra investigación se centra en contextos de interacción social cara a cara, donde *Reminiscens* podría servir como un motivador o facilitador de la interacción ya sea para personas mayores o bien para personas con dificultades cognitivas que se vean beneficiadas por la práctica de la reminiscencia.

Una versión plenamente funcional de la aplicación se encuentra en desarrollo, y será utilizada en un estudio longitudinal de dos meses, durante el cual 8 parejas inter-generacionales compartirán sus historias una hora por semana ayudados por la herramienta. El objetivo de este estudio es comprender con mayor profundidad la experiencia de la reminiscencia social y estudiar que tipos de estímulos son los más adecuados para motivar la experiencia. Una vez finalizado este estudio, los resultados servirán para producir la versión final y depurada de la herramienta, en conjunto con una serie de heurísticas de diseño que puedan servir tanto para el diseño de aplicaciones orientadas a los adultos mayores, como para el diseño de aplicaciones de soporte y estímulo a los recuerdos.

#### Referencias

- [1] M. Dianti, C. Parra, F. Casati, and A. De Angelli, "What's Up : Fostering Intergenerational Social Interactions What's Up Intergenerational Communication," *International Reports on Socio-Informatics (IRSI)*. Special Issue on Designing for Inter/Generational Communities, vol. 9, no. 1, pp. 22–27, 2012.
- [2] R. Butler, "The Life Review: An Interpretation of Reminiscence in the Aged," *Psychiatry*, 1963.
- [3] G. Cohen and S. Taylor, "Reminiscence and ageing," *Ageing and Society*, vol. 18, no. 5, pp. 601–610, 1998.
- [4] B. K. Haight and J. D. Webster, *Critical advances in reminiscence work*. Springer Publishing Company, 2007.
- [5] M. Pinquart and S. Forstmeier, "Effects of reminiscence interventions on psychosocial outcomes: a meta-analysis," *Aging & mental health*, vol. 16, no. 5, pp. 541–58, Jan. 2012.
- [6] D. M. Head, S. Portnoy, and R. T. Woods, "The impact of reminiscence groups in two different settings," *International Journal of Geriatric Psychiatry*, vol. 5, no. 5, pp. 295–302, Sep. 1990.
- [7] L. M. Watt and P. Cappeliez, "Integrative and instrumental reminiscence therapies for depression in older adults: Intervention strategies and treatment effectiveness," *Aging & Mental Health*, vol. 4, no. 2, pp. 166–177, May 2000.
- [8] B. Woods, A. Spector, and C. Jones, "Terapia de recuerdo para la demencia," 2005.
- [9] D. Cosley, M. Mulvenna, V. Schwanda, S. T. Peesapati, and T. Wright, "Bridging practices, theories, and technologies to support reminiscence," *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI EA '11*, p. 57, 2011.



- [10] S. T. Peesapati, V. Schwanda, J. Schultz, M. Lepage, S. Jeong, and D. Cosley, "Pensieve," in Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - CHI '10, 2010, pp. 20–27.
- [11] E. Thiry, S. Lindley, R. Banks, and T. Regan, "Authoring Personal Histories : Exploring the Timeline as a Framework for Meaning Making," CHI '13, pp. 1619–1628, 2013.
- [12] "Proust Social Network." [Online]. Available: <http://www.proust.com/>.
- [13] "Memoro, The Bank of Memories." [Online]. Available: <http://www.memoro.org/>.
- [14] Gowans, G., Campbell, J., Alm, N., Dye, R., Astell, A., and Ellis, M., Designing a multimedia conversation aid for reminiscence therapy in dementia care environments, in Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems - CHI '04, 2004, (2004), 825, 825.
- [15] "Documental 'Alive Inside'," 2012. [Online]. Available: <http://www.ximotionmedia.com/>.
- [16] Astell, A. J., Ellis, M. P., Alm, N., Dye, R., and Gowans, G., Stimulating people with dementia to reminisce using personal and generic photographs, International Journal of Computers in Healthcare, 1, 2, (2010), 177.
- [17] J. M. Carroll and M. B. Rosson, "Participatory design in community informatics," Design Studies, vol. 28, no. 3, pp. 243–261, May 2007.
- [18] "LifeParticipation Research Group." [Online]. Available: <http://www.life participation.org/>. [Accessed: 09-Jan-2013].
- [19] S. Tlaylor and R. Bogdan, "Introducción a los métodos cualitativos de investigación," no. 1968, 1987.
- [20] E. A. Thiry, "Unearthing the Family Gems : Design Requirements for a Digital Reminiscing System for Older Adults," pp. 1715–1720, 2012.
- [21] K. Slegers and P. Duysburgh, "Participatory design for users with impairments affecting cognitive functions and communication skills," 12th Participatory Design Conference, pp. 141–142, 2012.

# Ambiente Virtual para Auxílio ao Ensino de Tabuada para Alunos do Ensino Fundamental Portadores de TDAH

Wagner Marcelo Sanchez; Luiz Teruo Kawamoto Júnior, Claudio José Carvajal Júnior

Correspondência: UMC - Universidade de Mogi das Cruzes,

Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, 200

Mogi das Cruzes - SP - Cep: 08780-911

Email: luizteruo@hotmail.com

**Resumo.** O aprendizado da tabuada é de extrema importância para os alunos do ensino fundamental, trata-se de um dos pilares para o entendimento da matemática e de outras disciplinas. Por muitas vezes o aprendizado desse conteúdo torna-se algo mecânico e desgastante, dificultando seu entendimento por parte dos alunos, principalmente para os alunos com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), pois o ato de decorar é bastante comprometido, método utilizado pela grande maioria das escolas. De tal ordem, o ensino da tabuada deve estar envolto de muito lúdico e prazer, evitando-se o uso do método repetitivo e mecânico da fixação mental. Os jogos em um ambiente virtual podem ser bastante propícios para o ensino da tabuada, pois reúne todas as características positivas que o aprendizado deve conter. Neste trabalho será explorado um ambiente virtual para o auxílio ao ensino de tabuada para os alunos do ensino fundamental portadores de TDAH. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um ambiente virtual para auxílio ao ensino de tabuada para alunos do ensino fundamental portadores de TDAH.

**Palavras chaves:** ambiente virtual de aprendizagem; Transtorno do déficit de atenção e hiperatividade; TDAH.

## 1. Introdução

Um importante transtorno que tem chamado a atenção de pais e educadores nas escolas é o Transtorno do Déficit de Atenção (TDAH) em crianças, que na maioria das vezes vem atrelado a dificuldade de assimilar conteúdos, principalmente que requerem atenção e concentração.

O TDAH é caracterizado pela dificuldade que a criança tem no controle da atenção, dos impulsos e de seu próprio nível de coordenação motora [1]

O TDAH deriva de um funcionamento alterado no sistema neurobiológico cerebral, ou seja, as reações químicas produzidas pelo cérebro que produzem as substâncias químicas necessárias para o cérebro, chamadas de neurotransmissores, apresentam-se alteradas quantitativamente e/ou qualitativamente no interior dos sistemas cerebrais, tais substâncias são responsáveis pelas funções da atenção, impulsividade e atividade física e mental no comportamento humano, trata-se de uma disfunção e não de uma lesão como anteriormente se pensava [2].

O TDAH é um distúrbio de controle de comportamento, e uma variedade de problemas de atenção, como a incapacidade de prestar atenção a vários aspectos simultaneamente, atenção superficial ou de pouco tempo, dificuldade em alternar assuntos, inibição em se posicionar com respostas em público, e viver em uma "concha" com falta de atenção para o exterior. Tais crianças possuem muita dificuldade com tarefas de casa tradicionais e atribuições longas, se adaptam melhor com tarefas curtas e objetivas [3].

O transtorno é mais comumente estudado e diagnosticado transtorno psiquiátrico em crianças, e afeta cerca de 5% das crianças em idade escolar e frequentemente persiste até a idade adulta [4].

Observa-se que em sala de aula, alunos com comportamento agitado muitas vezes arrancam os brinquedos de seus colegas, correndo sem direção de um lado para o outro e não conseguem ficar por muito tempo quieto e / ou sentado no mesmo lugar como também apresentam dificuldades para concluir as tarefas escolares solicitadas e em várias situações chegando a ser agressivos e interrompendo de forma involuntária a comunicação, não permitindo a fala dos colegas e até mesmo do professor. Entretanto, esse



comportamento é geralmente confundido com indisciplina ou é característico de um distúrbio de atenção que o distúrbio de concentração e atenção atinge 5% das crianças e adolescentes de todo o mundo [5].

O TDAH se manifesta na pessoa da seguinte forma: "parece não ouvir"; "sonha acordado"; "vive no mundo da lua"; "não termina tarefas ou demora uma eternidade"; "muda de uma atividade incompleta para outra , não tem perseverança"; "perde as coisas constantemente"; "esquece recados"; "distraem-se com facilidade" [6].

A incidência do TDAH em crianças em idade escolar situa-se entre 3% a 6%. Dentre estas crianças, aproximadamente 20% apresentam dificuldade de aprendizagem, representando junto com a dislexia uma das principais causas do fracasso escolar [7] e [8].

Crianças com TDAH têm mais dificuldades em solucionar problemas da vida real e desenvolvem operações aritméticas mais lentamente, mas não em outros domínios acadêmicos avaliados [9].

Pesquisas sugerem que o metilfenidato monoterapico pode não ser a melhor escolha. Embora adolescentes tratados com metilfenidato melhoraram alguns aspectos do conjunto de estratégia de mudança tarefa, porém a vulnerabilidade à dependência de cocaína foi aumentada durante a idade adulta. Este estudo é importante no momento da decisão do tratamento [10].

Por outro lado, estudos neuropsicológicos têm contribuído para mostrar que, em geral, as dificuldades nas atividades matemáticas, podem ser caracterizadas por: deficiências atencionais; deficiências visuo-espaciais; déficits de memória; dificuldades do próprio pensamento matemático e; compreensão das operações subjacentes [11]. Outro estudo indicou que a inibição e a flexibilidade cognitiva constituem elementos determinantes especialmente para as atividades matemáticas escolares [9].

No passado, se acreditava que era importante saber a tabuada de forma mecânica e decorada, atualmente se comprova que a tabuada deve, em primeira instância, ser entendida, pois desta forma o aprendizado e consequentemente o registro mental automático se dará com muito mais facilidades. A repetição, a prática cotidiana de uma atividade com certeza é uma das maneiras mais viáveis de se aprender algo, mas essa repetição deve ter contexto, o simples fato de ficar repetindo até decorar não quer dizer que estará aprendendo, o máximo que ocorrerá é o famoso "decoreba". A tabuada nada mais é que operações de multiplicação que parte da operação de adição de parcelas iguais.

Nesta contextura, se faz necessário a inserção no aprendizado da tabuada o lúdico e o sentido em aprender, somente desta forma podemos dar muito mais eficiência ao processo da memorização da tabuada. A educação para obter um ensino mais eficiente aperfeiçoou, mas necessita aperfeiçoar ainda mais as técnicas didáticas, culminando para um processo mais inovador e prazeroso. Dentre essas ferramentas temos o lúdico, um recurso didático dinâmico que garante resultados eficazes na educação, apesar de exigir extremo planejamento e cuidado na execução da atividade elaborada. O jogo é a atividade lúdica que pode e deve ser usada pelos professores atualmente, pois ele estimula as várias inteligências, permitindo que o aluno se envolva em tudo que esteja realizando de forma significativa.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um ambiente virtual para auxílio ao ensino de tabuada para alunos do ensino fundamental portadores de TDAH.

## 2. Metodologia

Quando se fala em Engenharia de Software, duas formas de desenvolvimento já consagradas são citadas: os Modelos Prescritivos de Processo e as Modelo Ágeis de Processo. Estes últimos possuem boas práticas sugeridas pelo Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de Software [12]. O desenvolvimento deve ser dividido em etapas como é sugerido pelo arcabouço [12], utilizando a metodologia SCRUM [13].

A aprendizagem baseada em Jogo (GBL) é implementada para ser uma ferramenta eficaz para a aprendizagem [14] que pode promover uma maior eficaz na aprendizagem [15] e motivação dos alunos para entregar, apoiar e aprimorar o ensino, aprendizagem, avaliação e avaliação". Há também um reconhecimento generalizado das vantagens que o uso de jogos tem no ensino fundamental e médio.

Existem cinco razões para a definição de GBL como uma ferramenta eficaz para a aprendizagem:

- 1)GBL faz uso da ação ao invés da explicação analógica;
- 2)GBL cria motivação e satisfação pessoal;
- 3)GBL reúne vários estilos de aprendizagem;

4)GBL reforça o domínio de habilidades; e

5)GBL proporciona um contexto interativo e desenvolve no aluno a competência da tomada de decisão [14].

Os jogos em dispositivos móveis abrem novas oportunidades para os educadores, pois a atividade de aprendizagem não se limita à sala de aula, mas também pode ser aplicada em qualquer lugar e a qualquer momento, sem a necessidade de uma supervisão rigorosa por parte do professor. Considerando a crescente utilização de dispositivos tecnológicos móveis entre os jovens, jogos desse tipo têm um grande potencial como jogos educativos difundidos. Além disso, uma percentagem muito elevada dos participantes (91%) gostaria de utilizá-los também na sala de aula como ferramenta de aprendizagem [16].

Em particular, os pesquisadores têm investigado como o m-learning pode favorecer a educação matemática [17] por meio do uso de recursos nativos dos dispositivos móveis como a câmera ou o microfone, ou através do uso pedagógico de softwares desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa e telecolaborativa [18]. O desenvolvimento de software móvel, entretanto, não é uma tarefa simples devido às características peculiares dos dispositivos de suporte: heterogeneidade, bateria limitada, recursos computacionais escassos, entre outros [19].

### 3. Resultados e discussões

Foi desenvolvido um software com base na engenharia de software, requisitos de usabilidade e diretrizes técnicas para ambiente virtuais de aprendizagem de portadores de TDAH.

Considerando-se tais conceitos, foi desenvolvido um software de acordo com as boas práticas de engenharia de software que envolve o desenvolvimento iterativo, a gerência de requisitos, a arquitetura baseada em componentes, a modelagem visual, a verificação de qualidade e o controle de mudanças.

O desenvolvimento interativo ao invés do desenvolvimento em cascata nos permitiu ganhos significativos tais como: os riscos críticos são resolvidos antes que grandes investimentos sejam realizados; feedback dos usuários desde cedo; testes e integração são atividades contínuas; o progresso é medido de forma mais concreta; e as Implementações parciais podem ser implantadas e validadas. Foram utilizados três alunos do 3º ano do Fundamental I com TDAH para testes exploratórios

O software foi pautado nas características que estão alinhadas com as novas gerações: objetivo, desafio, ganho de pontos, compra de assessórios e superação de estágios com os pontos conquistados, dinâmico, simples, intuitivo, regras simples. Foi utilizado para o desenvolvimento do APP o pacote do desenvolvedor Apple, o iOS SDK 4.1 que contém: Xcode: Ambiente de desenvolvimento; Interface Builder: Para criação das interfaces(telas) do iPhone ou iPad; Instruments: Ferramenta de análise de consumo de memória, performance, etc.; E iPhone Simulator: Para "simular" como o aplicativo vai rodar e se comportar em um iPhone ou iPad.

O aplicativo levou em consideração os atributos que um aplicativo que estimula o aprendizado deve conter:

1)Uso da ação ao invés da explicação analógica;

2)Criação de motivação e satisfação pessoal;

3)Proporcionar um contexto interativo e desenvolve no aluno a competência da tomada de decisão [14].

Desta ordem, foi desenvolvimento de um jogo virtual para ser instalado em computadores tradicionais tipo PC ou em dispositivos móveis, tais como os tablet's ou smartphones. O estudante poderá utilizar o software em qualquer momento e local, viabilizando em muito o aprendizado. Atualmente a mobilidade esta sendo inserida em nosso cotidiano de forma gradativa e constante, pois trás vários benefícios e aumento de produtividade, neste sentido a educação e o aprendizado não podem estar excluído deste contexto.

Na Figura 1 é possível ver a tela inicial do ambiente virtual que contempla ilustrações e cores que instigam na criança a motivação e a curiosidade para que ele inicie o jogo.

Na figura 2 é possível ver a segunda tela, de simples entendimento para as crianças e que também estimula o acesso ao aplicativo.

Na figura 3 é possível a tela onde o aluno exercita a tabuada.

Na última tela, (Figura 4) são mostradas as melhores pontuações como forma de motivar os alunos a praticarem o jogo.



Testes exploratórios mostraram que os alunos se sentiram motivados a jogar até o fim dos níveis e após praticarem, seus resultados em provas convencionais sobre a tabuada, foram melhores que antes do jogo. Os jogos em um ambiente virtual consegue trazer o lúdico e o significado no aprendizado e podem ser bastante propício para o ensino da tabuada. Aliado a mobilidade dos smartphones ou tablets presentes no mercado, um ambiente virtual baseado em jogos em dispositivos móveis, pode contribuir muito para o aprendizado da tabuada. Os jogos interativos diminuem em muito os efeitos novíços do TDHA no ensino da tabuada.



Figura 1. Tela inicial do ambiente virtual.



Figura 2. Segunda tela do ambiente virtual.



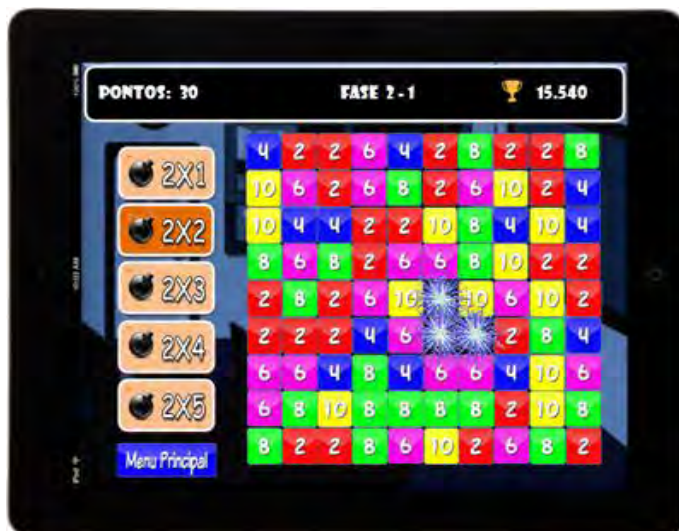


Figura 3. Tela do ambiente virtual onde o aluno exercita e aprende tabuada.



Figura 4. Tela final do ambiente virtual com resultados.

#### 4. Conclusões e trabalhos futuros

Os jogos estimulam o descobrir, o desafio, o perder e o ganhar, fatores que propiciam que o aprendizado de forma paralela e intuitiva. A metodologia de desenvolvimento do game passará pelas etapas de definições de parâmetros, metodologias de programação, plataformas de uso e ferramentas, pesquisas histórica e/ou temática, artes, imagens, modelagem e sons.

Na sequência da pesquisa será feita a validação na prática com grande número de alunos portadores de TDAH com comparação com grupo controle com aulas convencionais.

## Referências

- [1] MUSZKAT M, MIRANDA MC, Rizutti S. Transtorno do déficit de atenção e hiperatividade. São Paulo: Cortez; 2011.
- [2] SILVA, Ana Beatriz B. Mentas Inquietas. Rio de Janeiro: Napads, 2003. 224 p.
- [3] BOGELS Susan . Mindfulness Training for Adolescents with Externalizing Disorders and their Parents Fonte: Behavioural and cognitive psychotherapy [1352-4658] Bgels, Susan yr:2008 vol:36 iss:2 pg:193 -209
- [4] YU, Dongchuan. Additional Brain Functional Network in Adults with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Phase Synchrony Analysis Fonte: PLoS ONE [1932-6203] Yu, Dongchuan yr:2013 vol:8 iss:1
- [5] GENTILE, Paola. Indisciplinado ou hiperativo. Nova Escola, São Paulo, n. 132, p.30-32, maio. 2000.
- [6] ARRUDA, Marco Antônio. Levados da Breca. Um Guia sobre crianças e adolescentes com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Ribeirão Preto: Câmara Brasileira do Livro, 2009.
- [7] MACHADO, Ligia de Fátima; CEZAR, Marisa Jesus. Transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (tdah) em crianças: reflexões iniciais. 2008. Disponível em <http://www.abpp.com.br/artigos/85.htm>>. Acesso em: 04 Abril 2013.
- [8] VITAL, Marisa; HAZIN Izabel. Avaliação do desempenho escolar em matemática de crianças com transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH): um estudo piloto. Disponível em Ciências & Cognição 2008; Vol 13 (3): 19-36 <<http://www.cienciasecognicao.org>>
- [9] MIRANDA-CASAS, A.; Alba, A.M.; Marco-Taverner, R.; Roselló, B. e Mulas, F. (2006). Dificultades en el aprendizaje de matemáticas en niños con trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Rev. Neurología Clín., 42 (supl. 2), 163-170.
- [10] ROXANN C. Harvey, Chloe J. Jordan, David H. Tassin, Kayla R. Moody, Linda P. Dvoskin, Kathleen M. Kantak. Performance on a strategy set shifting task during adolescence in a genetic model of attention deficit/hyperactivity disorder: Methylphenidate vs. atomoxetine treatments.(Report) Fonte: Behavioural brain research [0166-4328] Harvey, Roxann yr:2013 vol:244 pg:38
- [11] MIRANDA, A. e Gil-Llario, D. (2001). Las dificultades de aprendizaje en las matemáticas: concepto, manifestaciones y procedimientos de manejo. Rev. Neurología Clín., 2 (supl.1), 55-71.
- [12] PRESSMAN, R. S. Engenharia de software: uma abordagem profissional. Porto Alegre:
- [13] SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. São Paulo: Pearson Education - Br, 2011.
- [14] KEBRITCHI, M., HIRUMI, A. and Bai, H. (2008).The Effects of Modern Math Computer Games on Learners' Math Achievement and Math Course Motivation in a Public High School Setting [http://www.dimensionm.com/docs/UCFResearch\\_Brief\\_June\\_202008.pdf](http://www.dimensionm.com/docs/UCFResearch_Brief_June_202008.pdf)
- [15] CONNOLLY, T.M., STANSFIELD, M. and HAINEY, T. (2011). "An Alternate Reality Game for Language Learning: ARGuing for Multilingual Motivation", Computers and Education, Volume 57, Issue 1, August 2011, pp 1389-141.
- [16] FURIÓ David, GONZÁLEZ-GANCEDOA Santiago, Juana M. Carmen, Seguib Ignacia, Randob Noemí . Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia, Spain. 2013
- [17] FRANKLIN, T. and PENG, L.W.(2008) Mobile math: math educators and students engage in mobile learning", In: Journal of Computing in Higher Education, Boston, EUA.
- [18] VALENTE, J. A. (2002) "A espiral da aprendizagem e as tecnologias da informação e comunicação: repensando conceitos", In: JOLY, M. C. (Org.). A tecnologia do ensino: implicações para a aprendizagem. ed. 2002. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2002.
- [19] MARINHO, F. G. ; Maia, M. E. F. ; Dantas, V. L. L. ; Rocha, L. S. ; Viana, W. ; Andrade, R. M. C. ; Teixeira, E. ; Werner C. A Software Product Line for the Mobile and Context-Aware Applications Domain. In: 14th Software Product Line Conference, 2010, Jeju Island. 14th Software Product Line Conference, 2010.

# Desarrollo Cognitivo de Personas con Parálisis Cerebral a Través de Experiencias de Movilidad: Herramientas para su Medición

R. Raya, R. Ceres, E. Rocon

Grupo de Bioingeniería del Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Crta. Campo Real Arganda del Rey, 28500, Madrid, email: rafa.el.raya@csic.es

**Resumen.** Este artículo se centra en un vehículo robótico, llamado PALMIBER, que tiene como objetivo promover el desarrollo cognitivo del niño con parálisis cerebral a través de experiencias de movilidad. Este vehículo ha sido el resultado de un proyecto de investigación, que ha constado de diversas fases desde el diseño a la experimentación práctica con usuarios con PC, donde se ha validado el proceso de aprendizaje que permite el vehículo y el diseño de interfaces adaptadas para su conducción. El estado actual del proyecto de investigación se centra en la evaluación a largo plazo (de 6 meses a un año) del impacto del uso del vehículo en las aptitudes del niño con PC, más allá de la propia terapia, es decir, en otras actividades de la vida diaria. Para ello, es preciso definir un conjunto de herramientas de medición que permitan valorar el progreso cognitivo a lo largo del entrenamiento. En este artículo se exponen cada una de las fases de la investigación, con especial énfasis en las métricas de evaluación cognitiva que serán empleadas.

**Palabras clave:** Parálisis cerebral, rehabilitación cognitiva, movilidad

## 1. Introducción

El trabajo presentado en este artículo forma parte de una línea de investigación centrada en mejorar el desarrollo integral de la persona con parálisis cerebral a través de experiencias de movimiento. La parálisis cerebral (PC) es un trastorno permanente, pero no inmutable, de la postura y el movimiento causado por una lesión en el cerebro inmaduro, [1,2]. Debido precisamente a su carácter no inmutable, existe la posibilidad de mejorar las aptitudes físico-cognitivas de la persona con PC, lo que redundará en la mejora de su calidad de vida. Por ello, es esencial integrar intervenciones terapéuticas durante los primeros años de vida, en los que el cerebro presenta mayor plasticidad y la intervención tiene un mayor impacto.

El Grupo de Bioingeniería (GBIO) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), junto a otras entidades, ha trabajado activamente durante los últimos años en un vehículo robótico, llamado PALMIBER, para promover el desarrollo del niño con PC motivándole a jugar un papel activo en su entorno, proporcionándole autonomía en su desplazamiento y permitiéndole así interactuar con su entorno tanto físico como social.

La autonomía en la locomoción es esencial para el aprendizaje del niño. La movilidad juega un papel protagonista en la exploración del entorno y en la adquisición de, no sólo, conceptos espaciales, sino también, de aptitudes cognitivas y de relación social. Al ser la PC una alteración de la postura y el movimiento, existen numerosos niños con PC que no pueden caminar, necesitando de apoyo técnico para hacerlo, desde bastones o muletas hasta silla de ruedas, dependiendo del nivel funcional de la persona. [3].

En este artículo describimos brevemente las distintas etapas de desarrollo del vehículo, desde el nivel de prototipo hasta llegar al producto pre-industrial actual. Desde el comienzo del proyecto de investigación se ha puesto énfasis en un diseño que permita su comercialización posterior. El proyecto se encuentra actualmente en la fase de diseño del producto basado en el prototipo diseñado en la fase de investigación y por otro lado, se está realizando una experimentación de largo plazo para evaluar el progreso en el aprendizaje del niño con PC tras un entrenamiento continuado con el vehículo. Comentaremos brevemente la experimentación llevada a cabo y nos centraremos principalmente en las métricas seleccionadas para la medición del progreso del desarrollo cognitivo, que han sido estudiadas junto al equipo de terapeutas.



## 2. El vehículo PALMIBER

El vehículo PALMIBER (figura 1) es un dispositivo preindustrial que da la oportunidad al niño con PC de explorar su entorno por sí mismo y adquirir conceptos espaciales, cognitivos y sociales siguiendo un programa de entrenamiento progresivo y adaptativo al nivel funcional (físico-cognitivo) del usuario, [4].



Figura 1. Vehículo robótico PALMIBER

La característica fundamental del vehículo es que cuenta con *distintos niveles de asistencia* en la conducción (adaptación al nivel cognitivo):

- Modo automático. El vehículo pasea al niño, detectando y evitando obstáculos, sin requerir ninguna acción del usuario.
- Modo Causa-Efecto. El vehículo se pone en movimiento con la pulsación de cualquier tecla, se detiene transcurrido un tiempo para motivar al niño a pulsar de nuevo.
- Modo Entrenamiento dirección. El vehículo propone una tecla de dirección, a través de su iluminación y el niño debe pulsar esa tecla, de lo contrario, el vehículo no se pone en marcha. En este modo el niño ya comienza a adquirir conceptos espaciales.
- Modo Decisión dirección. El niño planifica y ejecuta las acciones para llegar a un punto indicado de la sala. El vehículo sólo asiste en la detección y evitación de obstáculos. En esta fase el niño ya no sólo ejecuta las acciones, sino que también las debe planificar, lo que requiere un mayor grado de abstracción.
- Modo guiado completo. El niño tiene el control total del vehículo sin ningún tipo de apoyo.

Con el fin de adaptar el vehículo a los distintos niveles de manipulación del usuario, se han diseñado diversas *interfaces de conducción* (adaptación al nivel físico):

- Consola de pulsadores. Panel que integra un conjunto de pulsadores de dirección.
- Técnica de barrido y pulsador. Se emplea un único pulsador que unido a secuencias de barrido en la consola de pulsadores permite la conducción del vehículo.
- Interfaz ENLAZA. Dispositivo que permite la conducción del vehículo midiendo los movimientos de cabeza del usuario.



Figura 2. Consola de pulsadores de dirección para conducción del vehículo, panel de educador para establecer parámetros de configuración y sistema ENLAZA para la conducción del vehículo con los movimientos de cabeza

El vehículo integra un computador a bordo que registra los eventos que ocurren durante la conducción. A través del análisis de estos eventos puede obtenerse información más elaborada que esté relacionada con las aptitudes cognitivas del usuario. Algunos parámetros tales como el tiempo de reacción ante un estímulo o llegar al punto de la sala propuesto pueden reflejar las aptitudes del usuario, tales como la comprensión de

relaciones causa-efecto, su capacidad de atención, la memoria de trabajo o ejecutiva, etc. En la fase actual de investigación planteamos una experimentación de largo plazo (de seis meses a un año) con el objetivo de medir el impacto de la terapia en las aptitudes del niño con PC. En esta experimentación se recogerán los parámetros durante la conducción pero también se realizará una evaluación del usuario con escalas funcionales que midan el desempeño de ciertas actividades de la vida diaria. La correlación entre los parámetros de conducción y dichas escalas funcionales permitirá estimar la evolución cognitiva del niño con PC más allá de la conducción del vehículo.

### 3. Metodología

#### 3.1. Experimentación

Hasta la fecha se han realizado una serie de experimentos enfocados a valorar la viabilidad del vehículo, como herramienta de estimulación cognitiva de los niños con parálisis cerebral y evaluar las interfaces de conducción. En el último periodo de la experimentación se han dedicado esfuerzos en la integración de la interfaz ENLAZA en el vehículo. Se trata de una interfaz que permite la conducción del vehículo por movimientos de cabeza, lo que resulta más accesible para el usuario con severas limitaciones en las extremidades superiores y más intuitivo que otras interfaces convencionales, [5].

La primera experimentación se llevó a cabo en el marco del proyecto PALMA. [4], donde 5 usuarios, con edades comprendidas entre los 3 y 7 años, participaron en el entrenamiento con el vehículo. El análisis de los resultados se realizó desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo. Los aspectos cualitativos (grado de estrés, excitación, motivación, etc.) se emplearon para evaluar la actitud del usuario frente al uso del vehículo. Como parámetros cuantitativos se utilizó el nivel máximo de conducción que pudo alcanzar el usuario, lo que da una medida directa del nivel de autonomía del usuario en el control del dispositivo. Los resultados mostraron que existió en todos los casos un proceso de aprendizaje, ya que los usuarios pudieron avanzar en los distintos modos de conducción.

Posteriormente, en el marco del proyecto PALMIBER se realizó una experimentación enfocada a la evaluación de las interfaces para la conducción del vehículo. La experimentación llevada a cabo demostró que si bien la consola de pulsadores puede ser útil para ciertos usuarios con capacidad de control en extremidades superiores, no resulta usable para usuarios con severas limitaciones motoras. La técnica de barrido puede ayudar a estos usuarios, sin embargo, es muy dependiente del tiempo de reacción del usuario, pudiendo provocar ansiedad en ciertos casos. A raíz de esta problemática, se diseñó la interfaz ENLAZA, que permitió la conducción del vehículo con los movimientos de cabeza. Esta experimentación demostró que usuarios que no podían acceder al vehículo con las interfaces convencionales, pudieron hacerlo con la interfaz de cabeza. Además resultó ser una interfaz muy intuitiva por la fácil relación entre el movimiento de cabeza y del vehículo, lo que es más fácil de comprender que la relación entre un símbolo de dirección en el pulsador de la consola con el movimiento que produce, lo que requiere cierta abstracción.

Una vez realizadas las distintas pruebas técnicas y clínicas, se plantea en la actualidad una experimentación de largo plazo, donde se observará el impacto del uso del vehículo en el aprendizaje físico-cognitivo del niño con PC. Se plantea en este punto como aspecto de gran relevancia la selección de métricas cuantitativas y cualitativas que permitan evaluar el progreso del aprendizaje en otras actividades de la vida diaria, más allá de la conducción del vehículo. El Grupo de Bioingeniería colabora de forma estable con ASPACE Cantabria donde se están realizando las pruebas actualmente. Adicionalmente, colabora con el Colegio Infantil del Hospital San Rafael en Madrid, donde se complementarán los experimentos ampliando el número de usuarios, y sus características, dando lugar a resultados más significativos.

#### 3.2. Participantes

En todas las fases de la experimentación han participado niños con PC de entre 3 y 12 años. Se da prioridad a edades tempranas, en las que el cerebro presenta mayor plasticidad y por tanto el impacto del entrenamiento es mayor. Como criterio de inclusión para todos los casos, se considera usuarios con discapacidad motora severa en extremidades inferiores, lo que dificulta la autonomía en el desplazamiento y todo lo que conlleva desde el punto de vista del aprendizaje infantil. Concretamente, participan usuarios del nivel IV o V de la clasificación GMFCS, es decir, usuarios con PC que no pueden caminar o lo hacen con dificultad con el uso de ayudas técnicas.



#### 4. Impacto del uso del vehículo en el desarrollo cognitivo: métricas para su evaluación

La multiplicidad de trastornos que puede presentar el alumno con PC va a determinar alteraciones en la organización perceptiva, en la atención y en la memoria. La limitación de experiencias con el mundo físico, la lentitud en los tiempos de reacción, las dificultades articulatorias, los efectos de la medicación (antiepilépticos), la fatigabilidad, el esfuerzo para realizar movimientos etc. va a afectar el procesamiento de la información pudiendo presentar estos alumnos dificultades en la percepción (relaciones espaciales, constancia de formas, esquema corporal, percepción táctil, discriminación visual), dificultades de atención (focalización de la atención, atención selectiva y dividida, fatigabilidad e impulsividad), dificultades de memoria (memoria auditiva y visual, memoria motriz, memoria de trabajo y memoria a largo plazo).

Desde la perspectiva educativa, los programas de entrenamiento cognitivo continuado resultan fundamentales para mejorar las funciones mentales de cualquier alumno con PC, ya que gracias a los procesos de plasticidad cerebral se pueden producir cambios en la estructura y funcionamiento del sistema nervioso. Tradicionalmente, en función de las necesidades educativas reales de cada persona, se diseña un programa de entrenamiento cognitivo para rehabilitar o compensar sus deficiencias cognitivas. Estos programas tienen como objetivo mejorar:

- aspectos atencionales (atención focalizada, atención sostenida, atención dividida),
- procesos de memoria (memoria de trabajo, memoria a largo plazo, contenido y vías implicadas, visual, auditiva, espacial...),
- los procesos de razonamiento y
- las funciones ejecutivas (reflexividad, inhibición de conductas, secuenciación de pasos, pensamiento divergente).

La tarea de evaluación cognitiva de personas con parálisis cerebral que presentan plurideficiencias es compleja. Para aquellos alumnos con PC que poseen aptitudes para acceder a las respuestas, las métricas más empleadas suele ser las escalas factoriales de inteligencia como la Wechsler, que consta de 2 escalas: verbal y de ejecución, con diferentes test parciales (información, semejanzas, aritmética, vocabulario, comprensión, figuras incompletas, historietas, cubos, rompecabezas, claves y laberintos) o más recientemente las escalas de inteligencia Rias, que se compone de seis test parciales (dos de inteligencia verbal, dos de inteligencia no verbal y dos de memoria).

Para la valoración del desarrollo de niños con PC se pueden emplear varias escalas, como la escala de desarrollo psicomotor de la primera infancia de Brunet y Lézine, que plantea tareas cognitivas que exigen mínima manipulación, o, el Inventario de Desarrollo Battelle, que evalúa el nivel de desarrollo en cinco áreas (Personal/Social, Adaptativa, Motora, Comunicación y Cognitiva), además propone adaptaciones para diferentes tipos de deficiencias.

Este artículo plantea integrar estas funciones de evaluación en el vehículo PALMIBER, con el fin de que pueda servir de instrumento para medir el progreso en las aptitudes cognitivas del niño con PC. Estas funciones estarán basadas en las métricas empleadas actualmente por los terapeutas, tales como medida de tiempos de reacción, conocimiento espacial, capacidad de atención, etc. Para ello, el vehículo cuenta con un computador a bordo que registra los eventos en la conducción, que pueden ser descargados al computador para que el terapeuta analice los datos tras el entrenamiento. Al finalizar la experimentación que se está llevando a cabo actualmente, se estudiará la correlación entre los eventos de conducción, es decir, nivel funcional de la conducción, con el nivel funcional en otras actividades, lo que será evaluado con las métricas anteriormente citadas.

#### 4. Conclusiones

Este artículo aborda las distintas fases de investigación del vehículo PALMIBER, un dispositivo diseñado para promover el desarrollo integral del niño con PC a través de experiencias de movilidad. A partir de la experimentación realizada se ha podido observar que el niño con PC sigue un proceso de aprendizaje, alcanzado gradualmente mayor autonomía en la conducción del vehículo. Además, la experimentación realizada demostró que las interfaces inicialmente previstas para la conducción (basadas en pulsadores) limitan a usuarios, que teniendo capacidades cognitivas adecuadas, se ven limitados a participar en el

entrenamiento con el vehículo debido a sus limitaciones de manipulación. Para ello, se ha creado el sistema ENLAZA, una interfaz que permite el control del vehículo por movimientos de cabeza, lo que ha resultado ser un método de control más intuitivo.

En este punto del proyecto se plantea como objetivo emprender una experimentación de largo plazo para evaluar el impacto del uso del vehículo en el desarrollo cognitivo del niño con PC. En esta experimentación se busca estudiar no sólo la mejora en el control del vehículo, sino también, más allá de él, en actividades de la vida diaria. Para ello, este artículo realiza una discusión de las métricas empleadas tradicionalmente para la evaluación del desarrollo cognitivo que podrían ser empleadas para evaluar el entrenamiento con el vehículo. El objetivo es, por tanto, integrar estas métricas junto con las propuestas por el vehículo basadas en los eventos de conducción, como la trayectoria realizada, el tiempo de reacción ante un estímulo, etc. La correlación entre la escala funcional y los parámetros de conducción establecerá cómo influye el progreso de aprendizaje con el vehículo en actividades de la vida diaria, validando así el dispositivo como una herramienta eficaz para la rehabilitación cognitiva del niño con parálisis cerebral.

## Referencias

- [1] Bax, M. et al., 2005. Review Proposed definition and classification of cerebral palsy , April 2005 Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. *Neurology*, 47(April), pp.571–576. Available at: [http://journals.cambridge.org/abstract\\_S001216220500112X](http://journals.cambridge.org/abstract_S001216220500112X)
- [2] C. Cans. Surveillance of cerebral palsy in europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine Child Neurology*, 42:816 824, 2000.
- [3] L. Azevedo. A Model Based Approach to Provide Augmentative Mobility to Severely Disabled Children through Assistive Technology. PhD thesis, Universidad del País Vasco., 2006
- [4] Ceres, Ramón et al., A robotic vehicle for disabled children. Providing assisted mobility with the PALMA project. *IEEE engineering in medicine and biology magazine : the quarterly magazine of the Engineering in Medicine & Biology Society*, 24(6), pp.55–63. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16382806>.
- [5] Raya, R. et al., 2012. A mobile robot controlled by an adaptive inertial interface for children with physical and cognitive disorders. *2012 IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA)*, pp.151–156. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6215670>.

# Herramienta de Software para el Apoyo en la Terapia de Rehabilitación de Niños con Pérdida Auditiva a Partir del Análisis de Patrones de Habla para el Desarrollo de la Comunicación oral

Claudia Oviedo<sup>1</sup>, Diego Loaiza<sup>2</sup>, Andrés Castillo<sup>3</sup>, Anita Portilla<sup>4</sup>, Gloria Alvarez<sup>5</sup>, Diego Linares<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 18 118-250, Cali, Colombia, Tel. (572)3218200, Fax (572)5552832, coviedo11@javerianacali.edu.co

<sup>2</sup>Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 18 118-250, Cali, Colombia, Tel. (572)3218200, Fax (572)5552832, dloaiza@javerianacali.edu.co

<sup>3</sup>Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca: Carrera 38 # 5B1-39, Cali, Colombia, Tel. (572) 5141176, Fax (572) 5582782, adcasa@javerianacali.edu.co

<sup>4</sup>Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca: Carrera 38 # 5B1-39, Cali, Colombia, Tel. (572) 5141176, Fax (572) 5582782, anita\_portilla@yahoo.com

<sup>5</sup>Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 18 118-250, Cali, Colombia, Tel. (572)3218283, Fax (572)5552832, galvarez@javerianacali.edu.co

<sup>6</sup>Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 18 118-250, Cali, Colombia, Tel. (572)3218521, Fax (572)5552832, dlinares@javerianacali.edu.co

**Resumen.** La audición es el sentido más importante en el desarrollo de la comunicación oral del ser humano, ya que no sólo posibilita la percepción de sonidos, sino también, la realimentación de las producciones propias. Los niños con deficiencia auditiva que son diagnosticados a temprana edad, reciben tratamiento adecuado (con implante coclear, por ejemplo) y empiezan su proceso de rehabilitación oral acompañados por un fonoaudiólogo. Normalmente dichas sesiones de terapia se realizan una vez por semana en las instituciones especializadas para ello.

Para contribuir a este proceso, se desarrolló una herramienta software de apoyo a la rehabilitación de niños con pérdida auditiva, que permite practicar de manera lúdica y natural, ejercicios de repeticiones orales, sin que el niño lo asocie con espacios rutinarios y extenuantes de las terapias fonoaudiológicas. La herramienta utiliza tecnologías de reconocimiento de habla y modelos de interacción gráfica basados en videojuegos para ofrecer realimentación a los usuarios.

**Palabras clave:** Rehabilitación del habla, Juegos Educativos, Reconocimiento Automático del Habla

## 1. Introducción

Cualquier alteración en el sentido de la audición, dificulta el desarrollo de un lenguaje oral fluido en los niños. Si un niño no puede oír bien, lo más probable es que desarrolle un problema de lenguaje si no recibe oportunamente la intervención adecuada. Por medio de métodos de rehabilitación, los pacientes con déficit auditivo pueden recuperar en cierta medida, el sentido del oído y la capacidad de comunicación oral.

Aunque los efectos para los niños del uso de ayudas auditivas son satisfactorios, la comprensión auditiva llega lentamente. En este sentido, el éxito o fracaso de la rehabilitación, dependen del tiempo y la energía invertida por los padres, así como también de la calidad de las sesiones de terapia fonoaudiológica (normalmente una hora semanal) en instituciones especializadas.

Para contribuir en este proceso, se propone apoyar la terapia de rehabilitación con tecnología informática que le permita al niño practicar, de forma autónoma, un grupo de ejercicios propuestos en las sesiones de terapia fonoaudiológica. Para lograrlo, se desarrolló un prototipo software compuesto de dos módulos, un módulo de reconocimiento de habla y una interfaz gráfica de usuario a través de mini juegos. El prototipo



software incorpora el modelo terapéutico seguido en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca (INCSVC), con resultados preliminares prometedores.

### 1.1. Terapia Auditivo Verbal

La Terapia Auditivo Verbal, es un enfoque terapéutico que enfatiza el desarrollo de habilidades auditivas para la adquisición del lenguaje. En este enfoque, es necesario realizar el diagnóstico temprano en niños con déficit auditivo, equiparlos de una ayuda auditiva adecuada (audífonos, implante coclear, sistemas FM, entre otros.) y empezar el proceso de rehabilitación.

En INCSVC, se realizan terapias de rehabilitación del habla acompañadas por fonoaudiólogos, en donde se siguen las etapas secuenciales para la enseñanza de consonantes propuesto por Ling en [1], que van de acuerdo a la dificultad de articulación, como se muestra en la Tabla 1.

En esta terapia no se utiliza lengua de señas, ni lectura de labios; la idea es realizar un conjunto de ejercicios de mecanización de fonemas, de manera que el niño relacione la palabra con lo que representa y pueda pronunciarla de manera correcta.

Dentro de la terapia, existen diferentes errores que pueden presentarse en la producción oral del niño:

- Omisión de segmentos : “asa” en lugar de “casa”
- Sustitución : “tasa” en lugar de “casa”
- Inserción : “casasa” en lugar de “casa”

En la práctica, el proceso de rehabilitación del habla lleva tiempo y requiere repetidas sesiones terapéuticas con el fonoaudiólogo.

Para contribuir a este proceso, se desarrolló un prototipo software que analiza las características de las señales acústicas generadas por niños con déficit auditivo, con el fin de detectar patrones correspondientes a defectos del habla. Debido a que los usuarios del prototipo son niños con ayuda auditiva entre las edades de 3 a 10 años, se siguió una metodología de diseño de videojuegos para realizar la interacción y ofrecer una respuesta gráfica a la producción oral.

Consonantes						
Etapas	Oclusivas	Nasales	Vibrantes	Laterales	Fricativas	Africadas
I	/b/ /p/	/m/			/b/ /f/ /y/	
II	/d/ /t/	/n/		/l/	/d/ /s/ /sh/	
III	/g/ /k/ /b/ /d/ /g/	/ñ/	/r/		/g/ /i/ /b/ /d/ /g/	/ch/
IV	/p/ /t/ /k/		/r/		/p/ /t/ /k/	

Tabla 1. Etapas secuencias para la enseñanza de consonantes

## 2. Metodología

El prototipo se encuentra dividido en dos módulos: el módulo de reconocimiento de habla y la interfaz de usuario. Para la creación del módulo de reconocimiento, se utilizó la metodología de trabajo descrita en la Figura 1.

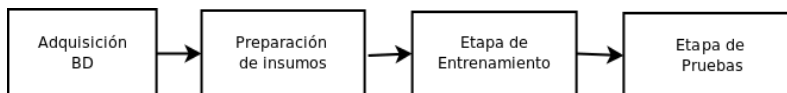


Figura 1. Metodología de Trabajo



En la adquisición de la base de datos (BD), se implementó la etapa II del modelo de Ling [1] que corresponden a la enseñanza de consonantes /d/ /t/ /n/ /l/ y /s/, creando una lista de ejercicios de mecanización como los presentados en la Tabla 2.

Enseñanza de consonantes /d/ /t/ /n/ /l/ /s/
di
ututut
tada
isa
nununu
alalalananan
pusu
sodo

Tabla 2: Ejemplos de ejercicios de mecanización

Se realizó la toma de muestras en el INCSVC, creando un corpus de señales acústicas de voz en niños que constituyen la base de datos del proyecto.

Una vez obtenido el corpus, se procede a la preparación de insumos para el modelo. Se realizó tanto la preparación de las muestras de señales acústicas de voz, por medio de métodos de extracción de características para obtener la mejor representación de defectos de habla, como también, la creación de un diccionario fonético y de transcripciones ortográficas para hacer la equivalencia entre las palabras y el modelo.

Utilizando Modelos Ocultos de Markov (HMM) y la herramienta HTK ( Hidden Markov Model Toolkit ), se entrenó un modelo de reconocimiento basado en fonemas, al que se le añade un modelo de silencio y un modelo de pausa corta, para realizar la detección de defectos de habla presentes en la señal acústica de entrada del prototipo.

El modelo del reconocedor automático del habla sigue la arquitectura descrita en la Figura 2. Incluye un componente de reconocimiento de palabras pertenecientes a la lista de ejercicios de mecanización nivel II, para inicialmente determinar si el niño realiza de manera positiva o no los ejercicios propuestos por el fonoaudiólogo, y también, un componente de reconocimiento de los posibles errores de pronunciación en la muestra de entrada, para ofrecer una retroalimentación más detallada sobre su producción oral al niño.

Dado el antecedente positivo de algunas aplicaciones didácticas para aprendizaje del lenguaje [6], para la interfaz de usuario se optó por la construcción de un videojuego, donde los personajes con los que interactúa el niño son animales.

En esta etapa se tuvieron en cuenta aspectos educativos como objetivos de aprendizaje, mecanismos de evaluación, motivación y retroalimentación [4]. Una vez definidos, se pasó al diseño de la interacción, que por ser oral, requirió de la creación de un personaje que guiara al usuario en los ejercicios [5]. Se iteró a través de una serie de prototipos con personal especializado del INCSVC para refinar aspectos como mecánica de los juegos, personajes e interacción, siguiendo el enfoque planteado en [3].

El flujo de trabajo para el prototipo se muestra en la figura 3. Se inicia con la creación por parte del fonoaudiólogo, de la receta de los ejercicios que el niño debe realizar; luego se le asigna a cada ejercicio un mini juego, y finalmente la evaluación por parte del fonoaudiólogo se realiza con los puntajes que son registrados en el juego.

La implementación se realizó en la plataforma XNA Game Studio 4, que permitió iterar de forma ágil los prototipos y así mismo, realizar la interfaz con el módulo de reconocimiento implementado en HTK.

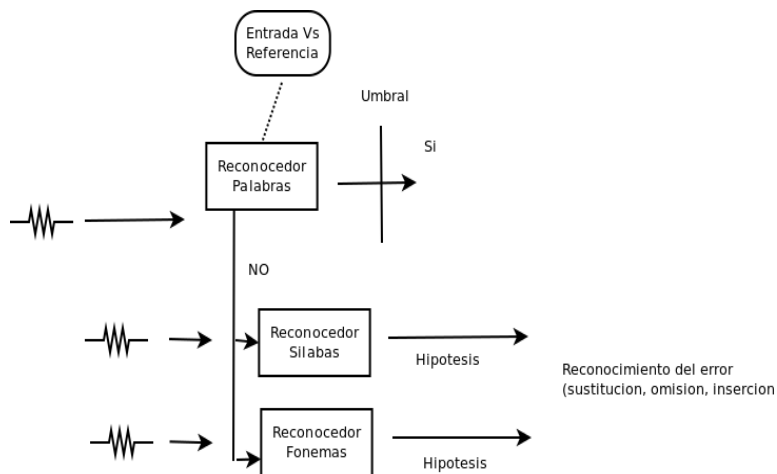


Figura 2: Arquitectura del reconocedor.

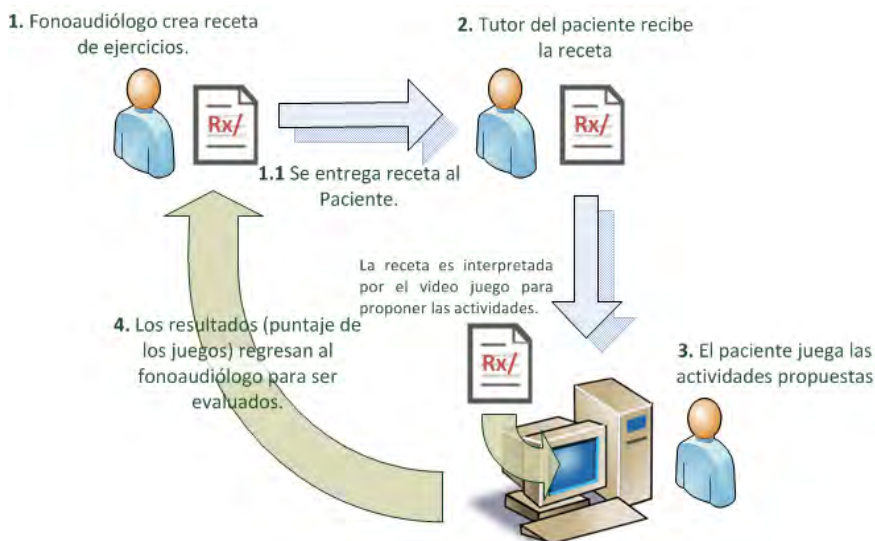


Figura 3. Flujo de trabajo de interfaz de usuario

### 3. Resultados

Se ha obtenido una base de datos significativa de 9.000 muestras de señales acústicas de voz de niños entre las edades de 3-10 años, tomadas en el INCSVC. En la Tabla 3 se relacionan la cantidad de muestras que se usaron en las fases de entrenamiento y prueba del modelo de reconocimiento del habla.

En cuanto al módulo de reconocimiento del prototipo, se realizaron varios experimentos para conocer cuál es la mejor representación de las muestras utilizadas para el entrenamiento de los modelos HMM, obteniendo los resultados vistos en la Tabla 4.



Fase	Cantidad de Muestras
Entrenamiento	7867
Prueba	1133

Tabla 3. Detalle del corpus

Métodos de extracción de características	Precisión del reconocedor
MFCC ( Coeficientes Cepstrales en Escala de Mel)	79.60%
LPC(Coeficientes de Predicción lineal)	78.86%
PLP (Coeficientes de Predicción Lineal Perceptual)	80.51%

Tabla 4. Tasas de reconocimiento

Para la interfaz de usuario se hizo "playtesting" con un grupo piloto de treinta niños en el INCSVC, con el fin de evaluar la aceptación de la propuesta argumental, los personajes y la interfaz, así como su usabilidad. Muchas de estas directrices para los objetivos de las pruebas se citan en [2]. Se usaron dos mini juegos con el mismo ejercicio de mecanización (palabra diduda) y dos métricas definidas: tiempo promedio de reconocimiento de la palabra y tiempo promedio de terminación de la tarea, realizando el proceso completo de captura del audio, reconocimiento de palabra, y realimentación al usuario de manera gráfica mediante el videojuego (1 ejercicio, 10 repeticiones de palabra). Se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 5:

Ejercicio "di-du-da"	Tiempo promedio para Reconocimiento de la palabra	Tiempo promedio terminación de tarea
Mini juego 1 (oso hambriento)	0.6702 segundos	6.48 minutos
Mini juego 2 (lianas)	0.6404 segundos	4.57 minutos.

Tabla 5. Resultado en las pruebas del prototipo

Algunas capturas del prototipo usado se muestran en la Figura 4. La Figura 5 muestra el uso de la herramienta por parte del niño con discapacidad auditiva, en el que realiza los mismos ejercicios de mecanización dados por su fonoaudiólogo.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

Los experimentos preliminares indican que, en cuanto al reconocimiento de patrones correspondientes a defectos de habla en niños, el mejor método para la representación de señales acústicas es PLP, con una tasa de reconocimiento de 80.51%, siendo el método escogido para el prototipo final. En las pruebas realizadas, el reconocedor del prototipo presentó en general, un buen desempeño bajo condiciones de ruidos normales en el INCSVC, como niños llorando

Con respecto a la interfaz gráfica, el videojuego encontró una respuesta positiva en los niños, mostrándose como una herramienta adecuada para mantener la atención y el entusiasmo en tareas rutinarias como las terapias. Los niños en general, entendieron la mecánica del juego y el objetivo de "alimentar a los animales" para conseguir la recompensa, lo que representa un buen argumento principal para el juego.

Para trabajos futuros se tiene como meta, aumentar las tasas de precisión en el módulo de reconocimiento del habla y ofrecer de esta manera, una realimentación más segura y detallada sobre el ejercicio realizado.

Esto se logra aumentando el número de muestras de señales acústicas con los ejercicios de mecanización del corpus, lo que representa una tarea exhaustiva a realizar. En el módulo de interacción gráfica, se pretende para un trabajo futuro, mejorar la interacción con los niños, ofreciéndoles más elementos gráficos y auditivos para guiarlo eficazmente a través del juego.



Figura 4. Pantalla principal del juego con la lista de ejercicios de mecanización a realizar y el juego de las "lianas", las lianas aparecen si las respectivas sílabas son pronunciadas correctamente, permitiendo al mono llegar a su objetivo.



Figura 5. Niño con discapacidad auditiva haciendo uso de la herramienta.

## Referencias

- [1] D. Ling, C. Moheno de Manrique. El maravilloso sonido de la palabra. Programa Auditivo Verbal para niños. Editorial Trillas. 2002.
- [2] J. Schell. The art of game design, a book of lenses. Morgan Kufman. 2008.
- [3] K. Oxland. Gameplay and design. Addison Wesley. 2004.
- [4] A. Galvis. Ingeniería de software educativo. Universidad de los Andes, Colombia. 2002.
- [5] M. Cohen, J. Giangola, J. Balogh. Voice user interface design. Addison Wesley. 2004.
- [6] C. Vaqueros. E-inclusion technologies for the speech handicapped. International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Pp. 4509-4512. 2008.

# Plataforma de Inmersión 3D para Rehabilitación de Enfermos Cognitivos

Jorge Guevara, J. Carlos Prieto y Javier O. Roa

Technaid S.L., Laboratorio de sistemas avanzados. Av. De Madrid, 84.  
CP 28500, Arganda del Rey, Madrid, España. info@technaid.com

**Resumen.** En este artículo se describe el desarrollo de una plataforma enfocada para ser usada en rehabilitación de personas que sufren problemas de temblores, equilibrio y psicomotricidad debido a enfermedades cognitivas, integrando el Sistema de Captura de Movimiento Tech-MCS como sistema de interacción natural, algoritmos de filtrado de temblor, entornos de realidad virtual, y animación de avatares en tiempo real. Los resultados del estudio piloto indican que la plataforma desarrollada podría constituir una alternativa efectiva de entrenamiento y estimulación de las habilidades psicomotoras y del funcionamiento ejecutivo para personas con enfermedades cognitivas.

**Palabras Clave:** Rehabilitación, psicomotricidad, captura de movimiento, realidad virtual, sistema inercial.

## 1. Introducción

Actualmente existe en el sector socio-sanitario una falta de instrumentos que tengan en cuenta los trastornos motores para la evaluación y rehabilitación de enfermedades cognitivas prolongadas. Muchos enfermos neurológicos y neuropsicológicos padecen a la vez trastornos motores o deficiencias en funciones ejecutivas que dificultan enormemente su evaluación y tratamiento. Un sistema de este tipo debe filtrar los movimientos temblorosos presentes en personas con trastornos motores.

Aunque existen en el mercado productos sencillos que facilitan la interacción de usuarios con problemas psicomotores con ordenadores u otros dispositivos electrónicos [1], como los comercializados por IRDATA, IBM, Montrose-Secam, y Technaid S.L., estos sistemas no consideran la rehabilitación de estos usuarios.

En lo referente a las tecnologías de Realidad Virtual, existen muchos desarrollos que simulan escenarios y permiten la personalización de avatares en infinidad de ámbitos de aplicación, incluido el sector de la medicina [2]. Sin embargo, es reciente el interés en el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas a evaluar y rehabilitar enfermos cognitivos con trastornos motores añadidos que integren interfaces y dispositivos de interacción natural. Por tanto, no se conoce a la fecha un sistema con estas características disponible comercialmente.

En el área de sistemas de interacción natural las tecnologías más conocidas son las basadas en cámaras de video [3]. Estos sistemas de elevado costo tienen además importantes limitaciones requiriendo una adecuación del entorno en diversos parámetros como iluminación, ubicación de usuario y cámaras, calibración, etc. [4]. Otra tecnología que en los últimos años ha cobrado interés, son los sistemas de captura de movimiento basados en sensores inerciales, llamados IMUs. Cada IMU incorpora un acelerómetro 3D, un giróscopo 3D y un magnetómetro 3D, los cuales son usados para estimar su orientación 3D. En esta área la empresa Technaid S.L. tiene desarrollado un sistema, llamado Tech-MCS, con el que se puede capturar el movimiento de una persona. El Tech-MCS puede ser utilizado en aplicaciones médicas, rehabilitación, ergonomía, así como animación de avatares en entornos virtuales 3D. Esta solución no tiene las limitaciones de los sistemas basados en cámaras y su costo es 10 veces menor.

Por lo expuesto anteriormente, resultó de interés científico y social desarrollar una plataforma enfocada para la rehabilitación de personas que sufren trastornos motores debido a enfermedades cognitivas, que fusione las tecnologías mencionadas anteriormente. En la implementación de esta plataforma se definieron tres objetivos generales que fueron:

**Tecnológico:** desarrollar una innovadora plataforma tecnológica que integre interfaces y dispositivos de interacción natural, escenarios virtuales, tecnologías para la representación y personalización de avatares, filtro de temblores, y algoritmia para simular y evaluar ejercicios en 3D.

**Social:** atender las necesidades de un colectivo muy vulnerable como es el de los enfermos cognitivos que además sufren problemas de temblores, equilibrio y psicomotricidad.

**Económico:** ser los pioneros en desarrollar y validar un sistema específico para la evaluación y rehabilitación de trastornos en la función ejecutiva y psicomotores.

## 2. Plataforma de inmersión 3D

La figura 1 muestra la plataforma desarrollada, donde se distinguen los siguientes elementos:

- El sistema de captura de movimiento con sensores inerciales (Tech-MCS) consta de ocho IMUs y un Tech-HUB (A). La ubicación de los ocho IMUs es: 2 para manos, 2 para brazos, 2 para antebrazos, 1 para el pecho y 1 para la cabeza.
- El Tech-HUB recibe la información de los 8 IMUs y la envía al PC central (B), vía USB o Bluetooth. La frecuencia de muestreo mínima es de 30 Hz.
- La información de orientación es procesada por un filtro de temblor (C), el cual puede ser activado o desactivado desde una aplicación software de control y análisis (D). Esta aplicación está alojada en el PC central.
- La orientación a la salida del filtro se envía al Motor 3D (E) y al sistema de modelado y representación 3D (F).
- En la aplicación de control y análisis se definen los ejercicios, entornos a realizar, la medida del alcance de los logros y su valoración.
- El PC tiene una base de datos (G) en la cual se almacena la información de los pacientes, resultados, y evolución en la rehabilitación. La base de datos de pacientes soporta toda la información del sistema.
- Se conectan dos pantallas al PC: una para mostrar al paciente los entornos 3D, con instrucciones y tareas a realizar, y otra en la que el médico controla el sistema, monitoriza los ejercicios, valida, evalúa y guarda resultados.

## 3. Objetivos y metodología de evaluación

El objetivo general de la experiencia piloto ha sido el de valorar la usabilidad y utilidad del sistema de entrenamiento y estimulación de funciones ejecutivas y psicomotricidad con medios virtuales para personas con EMGyP (Enfermedad Mental Grave y Prolongada). Para ello se desarrollaron sesiones interactivas de entrenamiento de funciones ejecutivas y psicomotricidad con personas con EMGyP en un entorno de realidad virtual y aumentada utilizando la plataforma de inmersión 3D presentada en la sección 2. Estas sesiones permiten evaluar la utilidad del sistema en los siguientes puntos:

- Valorar la expectativa frente a la realidad virtual y aumentada de personas con EMGyP.
- Evaluar las funciones ejecutivas y habilidades psicomotoras previas a la intervención.
- Evaluar el nivel de comprensión, satisfacción y sentido de la presencia de personas con EMGyP después de seis meses de entrenamientos con el programa.
- Determinar si existen cambios en los procesos ejecutivos y psicomotrices de los participantes del programa después de seis meses de entrenamiento con el programa.

La metodología de trabajo para la evaluación de la plataforma desarrollada se dividió en seis etapas:

- Selección de la muestra. Primer contacto con los participantes, desarrollo y análisis de las entrevistas, y formación y experimentación con la tecnología.

- Diseño de cuestionarios para la valoración de la plataforma. Adaptación de la tecnología a partir de cuestionarios iniciales y definición del protocolo de validación.
- Desarrollo de sesiones interactivas previas con asistencia en el uso de la plataforma.
- Ejecución individualizada del programa por los participantes sin la presencia continua de un profesional.
- Aplicación de cuestionarios diseñados para analizar la experiencia de los usuarios.
- Análisis de datos recopilados.

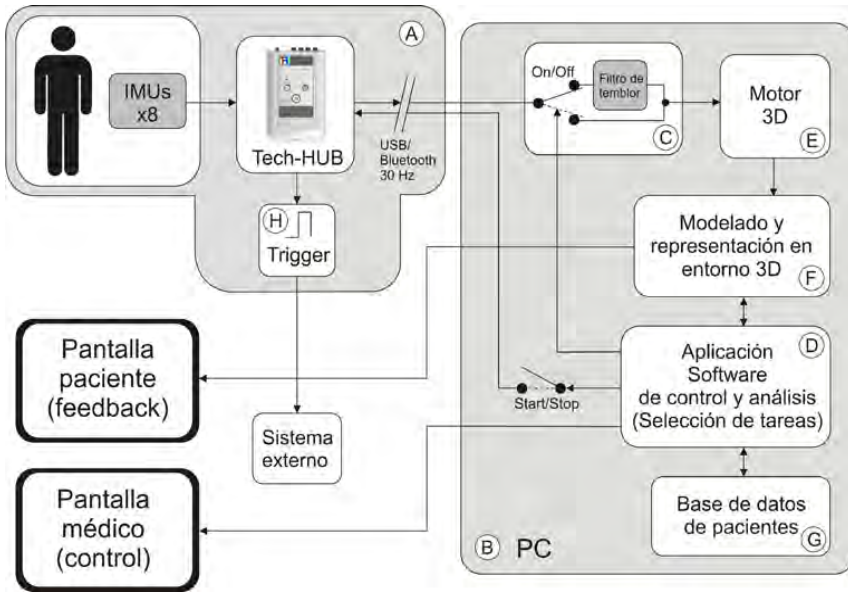


Figura 1. Esquema de la plataforma desarrollada.

#### 4. Experimentación y resultados

El estudio piloto se realizó en un periodo de seis meses comprendido entre enero y junio de 2012 en las aulas tecnológicas del Centro de Día y del centro de investigación de FUNDACIÓN INTRAS, donde se realizaron las valoraciones previas a la intervención, aplicación del programa, valoración post intervención y análisis de los resultados. La muestra de participantes estuvo conformada por 10 personas (6 hombres, 4 mujeres) con diagnósticos de enfermedades cognitivas, con una media de edad de 40,1 años. A continuación se presenta una tabla con las principales características sociodemográficas del grupo participante.

Se realizó un horario con cada participante donde se programó la asistencia al centro dos veces a la semana para realizar sesiones de 20 a 30 minutos con el programa de equilibrio y motricidad. En promedio, durante los meses de aplicación del programa, la asistencia fue desde un 73 a un 100% del tiempo programado. La utilización de escenarios virtuales y aumentados generó un alto interés y motivación por asistir a las sesiones.

A continuación se presentan los resultados más significativos de la experiencia piloto. Primero se abordan los indicadores de satisfacción, usabilidad, utilidad y presencia y por último el análisis de las habilidades ejecutivas y psicomotrices pre y post intervención.



Sujeto	Sexo	Edad	Escolaridad
1	Hombre	33	Bachillerato
2	Hombre	26	Bachillerato
3	Mujer	47	Licenciada
4	Hombre	44	Bachillerato
5	Hombre	45	Cursos de auxiliar
6	Hombre	40	Bachillerato
7	Mujer	43	Licenciada
8	Hombre	30	Bachillerato
9	Mujer	46	Bachillerato
10	Mujer	47	Bachillerato

Tabla 1. Características sociodemográficas del grupo participante en la experimentación con la plataforma de inmersión 3D.



Figura 2. Ejemplo de una sesión de rehabilitación con la plataforma desarrollada.

#### 4.1. Indicadores de satisfacción, usabilidad, utilidad

##### 4.1.1. Satisfacción

El 90% de los participantes cree que el programa puede ser útil para sus problemas en organización, resolución de problemas y habilidades psicomotoras y se lo recomendarían a otras personas. Por su parte el 10% restante reporta que aunque les parece útil e innovador, les parece más o menos interesante aprender a manejar este tipo de tecnologías. Un 82% recomendaría este tratamiento a otras personas y un 87% cree que volvería a utilizar este tipo de alternativas.

##### 4.1.2. Utilidad

Una gran mayoría de los participantes (88%) considera que el programa es una alternativa de entrenamiento de funciones cognitivas y psicomotoras muy útil. Sin embargo el 12% restante considera que la utilidad de este tipo de programas es media.

##### 4.1.3. Usabilidad

Al 20 % de los participantes les pareció que el manejo del programa como tal, específicamente la sincronización de las gafas es difícil. Así mismo un 10% de los colaboradores cree que el nivel de usabilidad es medio (más o menos) y el 70% restante opina que es muy fácil. Desde un punto de vista cualitativo se observan dificultades en la utilización de algunos de las interfaces de la realidad virtual y aumentada.

## 4.2. Influencia del programa en habilidades ejecutivas y psicomotrices

### 4.2.1. Funcionamiento ejecutivo

Se encuentran diferencias significativas en las tareas relacionadas con clasificación y categorización, evidenciando mejores resultados después de la intervención con el programa. En cuanto a los procesos de organización y planificación de información, no se encuentran diferencias significativas, sin embargo los resultados cuantitativos son mayores post intervención, evidenciando mejoras en la organización secuencial de pasos y estrategias para conseguir un objetivo.

Por último cabe destacar que los resultados de tareas de atención y memoria de trabajo las cuales se relacionan directamente con el sistema ejecutivo obtuvieron puntuaciones mayores en la valoración post intervención. Estos resultados se asocian con estados de concentración más largos (atención sostenida), adecuada selección de estímulos relacionados con la tarea e inhibición de aquellos que no lo están (atención selectiva), y mejor comprensión y seguimiento de instrucciones.

### 4.2.2. Psicomotricidad

Se observan mejoras significativas en la manipulación y aprovechamiento del esquema espacial, temporal y corporal. Así mismo los indicadores de tiempos de reacción y precisión de respuesta obtienen mejores puntuaciones tanto en los cuestionarios de valoración post-tratamiento como en los propios ejercicios, evidenciando que el entrenamiento continuo y constante de estas habilidades conlleva efectos positivos.

Por último se debe resaltar que a lo largo de los seis meses de entrenamiento el 90% de los participantes reporta sentirse más seguro con el movimiento libre y espontaneo dentro de su vida cotidiana.

## 5. Conclusiones

Los resultados del estudio piloto indican que la plataforma desarrollada podría constituir una alternativa efectiva de entrenamiento y estimulación de las habilidades psicomotoras y del funcionamiento ejecutivo para personas con enfermedades cognitivas. Una herramienta como esta no sólo genera resultados en el ámbito específico en que fue diseñada sino que al mismo tiempo aporta interés y motivación por vincularse a los dispositivos y profesionales que llevan a cabo este tipo de tareas. Desde este punto de vista sería interesante explorar el efecto placebo de este tipo de intervenciones.

Los análisis de resultados, indican aspectos generales positivos en cuanto a la satisfacción y eficacia por parte de los usuarios después de explorar y entrenar continuamente con el programa. En general, tanto las expectativas, como la satisfacción que produce, son altas.

La implementación de sistemas tecnológicos, interactivos e innovadores en los programas de rehabilitación en salud mental aumentan la motivación y favorecen la continuidad en los tratamientos. Asimismo genera interés entre los profesionales, aunque al mismo tiempo les exige adaptar y aprender una nueva forma de trabajar.

## Referencias

- [1] Great Britain. Department of Health (2005). Examples of self-care devices and assistive technologies to support self-care. London: Great Britain. Department of Health, 10p
- [2] Prashun, P., Hadley, G., Gatzidis, C. and Swain, I (2010). Investigating the Trend of Virtual Reality-Based Stroke Rehabilitation Systems. Information Visualisation (IV), 14th International Conference pp. 641-647.
- [3] Spezialetti, M., Avola, D., Placidi, G. and De Gasperis, G (2012) Movement Analysis Based on Virtual Reality and 3D Depth Sensing Camera for Whole Body rehabilitation. In Computational Modelling of Objects Represented in Images. Fundamentals, Methods and Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [4] Reinhard, E., Heidrich, W., Debevec, P., Pattanaik, S., Ward, G., and Myszkowski, K. (2010). High dynamic range imaging: acquisition, display, and image-based lighting. Morgan Kaufmann.

# Desenvolvimento de um Ambiente Virtual para a Avaliação de Conceitos Básicos de Matemática de Alunos com Falta de Atenção

E. S. Ianaguivara<sup>1</sup> e A.P. Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Mogi das Cruzes: Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, Mogi das Cruzes, Brasil, eduardo\_seige@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade de Mogi das Cruzes: Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, Mogi das Cruzes, Brasil, alessandrops@umc.br

**Resumo.** O Transtorno de Déficit de Atenção / Hiperatividade é o transtorno neuropsiquiátrico mais comum em crianças em idade escolar apresentando padrões comportamentais tais como: Desatenção, Hiperatividade e impulsividade. Na escola apresentam dificuldades de aprendizado que podem resultar em seu abandono. A disciplina de matemática é responsável por 26% das dificuldades acadêmicas do TDAH. Segundo alguns autores o uso de jogos computacionais propicia ao TDAH o uso de competências não presentes no método de ensino convencional, tais como: A mobilização para a tarefa, *feedback* instantâneo, Ensino através da ação e a Tomada de decisões rápidas. Em um estudo a intervenção por jogos resultou em duas vezes mais tarefas concluídas que o método convencional. Portanto o presente estudo tem como objetivo desenvolver e validar um jogo computacional adequado às limitações comportamentais apresentadas por pessoas com TDAH, a fim de proporcionar condições de aprendizado equivalentes às pessoas sem o transtorno.

**Palavras-Chave:** Ambiente virtual, Transtorno de Déficit de Atenção / Hiperatividade, Discriminação visual e conceitos matemáticos.

## 1. Introdução

O Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) é definido pela APA (*American Psychiatric Association*) como uma desordem neuropsiquiátrica classificada por suas características comportamentais, tais como: A desatenção (Dificuldade em manter o foco atencional na tarefa executada), Hiperatividade/Impulsividade (Dificuldade em manter-se parado durante a tarefa e excesso de vocalizações (interrupções) durante a aula) e o subtipo combinado (Mescla das características apresentadas nos dois subtipos anteriores) [1].

As crianças com TDAH apresentam baixo rendimento em âmbito escolar podendo resultar em abandono. As principais causas deste baixo rendimento são: Instrumentos de ensino/aprendizado inapropriados para suprir suas limitações e professores sem a formação específica para a disciplina que ministram nas séries iniciais [1] [15].

Uma das disciplinas com maior incidência de dificuldades é a matemática, esta é responsável por 26% das dificuldades acadêmicas do TDAH expressas em suas habilidades mais básicas como o reconhecimento numérico, operações aritméticas e formas geométricas [5]. Com relação à resolução de problemas matemáticos o TDAH apresenta dificuldade com a simples inserção de elementos irrelevantes independente de sua ordem no problema, esta pode estar associada à dificuldade na criação de modelos gráficos ou mentais do problema o que dificulta em seu entendimento e solução [9] [10] [14].

Para a diminuição e/ou tratamento de suas características comportamentais são utilizadas intervenções terapêuticas e medicamentosas, porém estas aplicadas isoladamente não possuem efeito positivo em todos os indivíduos [15]. Outro achado é que o principal psicoestimulante não possui efeito em 47% dos diagnosticados e em muitos casos sua utilização não é necessária [13].

O uso de jogos computacionais vem ganhando grande espaço no cenário educacional, uma vez que através de jogos é possível realizar o ensino de tarefas complexas de forma que sejam oferecidas maiores oportunidades de sucesso ao TDAH do que no método convencional [10]. Através de jogos é possível



observar a presença de elementos essenciais no processo de ensino/aprendizado como a mobilização do aluno para a tarefa, possibilidade de visualizar o problema de diferentes pontos de vista, troca rápida de estímulos visuais e sonoros, tarefas rápidas e a imersão, estas características não estão presentes no método convencional [6] [7] [8] [11] [14] [16].

Através do uso de jogos é possível proporcionar duas vezes mais tarefas concluídas do que o método convencional, o que pode estar relacionado com os elementos motivacionais tais como o estímulos visuais/sonoros e o *feedback* instantâneo [6] [7] [8] [11] [14] [16].

A percepção de cores é baseada em três cones fotorreceptores sensíveis aos comprimentos de onda longa, média e curta constituindo dois sistemas anatomicamente e funcionalmente distintos, sendo um o eixo verde-vermelho e a via azul-amarela. Segundo estes mesmos autores o TDAH possui um neurotransmissor dopaminérgico retinal deficiente que reflete sobre processamento rápido de estímulos coloridos na via azul-amarela [2] [18].

Em um estudo recente foi utilizado um ambiente virtual para analisar a atenção mediante estímulos coloridos de eixo verde-vermelho e a via azul-amarela mediante tarefas que requerem atenção. Os resultados mostraram que o tempo de discriminação colorida e assim a resolução do jogo foram dificultadas quando se usavam cores da via azul-amarela e através do eixo verde-vermelho o tempo de execução do jogo e processamento de estímulos coloridos foi preservada [2] [17] [18].

Portanto o objetivo do trabalho é o desenvolvimento e validação do jogo/teste de conceitos básicos de matemática para crianças com TDAH sobre o eixo verde-vermelho.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. A ferramenta de desenvolvimento

O desenvolvimento do ambiente virtual utilizará a ferramenta gráfica Blender 3D que pode ser definida como uma suíte de desenvolvimento gráfico com recursos de modelagem, texturização, animação, iluminação, renderização e interatividade [4].

A modelagem do ambiente será realizada através das operações booleanas (União, Intersecção e Diferença) e a modelagem por referência (*Blueprint*) [4].

Após o término da modelagem é necessária à texturização destes modelos, ou seja, a atribuição de características como cor, sombra e especularidade. Para isso é necessário realizar o mapeamento UV destas texturas carregadas através de projeções como: O *Project From View* e o *Unwrap*, ambas para modelos sólidos e orgânicos respectivamente [4].

Os mapas de textura como o *Normal map* e a *Bump map*, são necessários quando se quer atribuir maior realismo ao objeto através do realce das características contidas nas “texturas” [4].

A animação foi realizada de duas formas: Através de curvas de interpolação, onde são utilizados os *Keyframes* para travar a posição do objeto no espaço 3D e a animação por *Armature* que consiste em associar grupos de vértices aos objetos denominados “*Bones*” de forma que sua movimentação exerça tensão na malha associada [4].

### 2.2. Tarefas e dicas visuais

As dicas visuais serão utilizadas em momentos que requerem a atenção como textos com informações chave para a conclusão dos objetivos do jogo ou ajuda em um desafio. A imagem abaixo ilustra a primeira dica onde o jogador é direcionado a conversar com o mago.

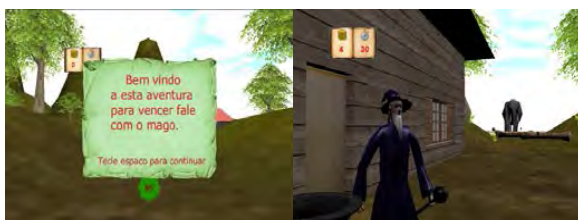


Figura 1. Ilustração da primeira dica usando cores verde-vermelha e o personagem alvo.

### 2.3. Desafios matemáticos

Os desafios matemáticos envolvidos no ambiente virtual deverão ser alinhados aos parâmetros curriculares nacionais de matemática (PCN). Abaixo se pode visualizar a relação de desafios e os conceitos matemáticos envolvidos [12].

Desafios	Conceito Matemático
Pegar a poção com o número pedido.	Reconhecimento numérico.
Pegar seis potes de mel.	Contar de 1 em 1.
Igualar o número de caixas.	Comparação de quantidades.
Pegar o dobro de sachês de chá.	Comparação de números / quantidades.
Pegar sete melancias.	Contar de 1 em 1.
Selecionar a caixa com valor entre 7 e 9.	Sucessor e antecessor do número.
Encaixe as formas geométricas.	Posição de formas geométricas.
Organize as caixas.	Ordem crescente / decrescente.
Resolva a operação.	Operação de adição.
Pegar o menor caminho.	Comparação entre grandezas: Metros.
Entregue 15 moedas.	Contar de 1 em 1.

Tabela 1 - Organização dos desafios e conceitos matemáticos associados.

### 2.4. Testes

Os testes serão divididos em: Testes de *software* (caixa-branca e caixa-preta) e usabilidade [3]. Os testes de caixa-preta serão realizados por cinco profissionais da área de desenvolvimento de *software* para verificar se o mesmo é funcional [3]. O teste de caixa-branca será realizado pelos desenvolvedores do ambiente devido ao código-fonte ser restrito a área de desenvolvimento e o teste de usabilidade será realizado por cinco voluntários para avaliar a qualidade do ambiente desenvolvido. As métricas e critérios são ilustrados abaixo.

Teste de Usabilidade		Critérios	
Métricas	Avaliação		
Gráficos		5	Muito bom
Sons		4	Bom
Controles		3	Regular
Diversão		2	Ruim
Animações		1	Muito ruim

Tabela 2. Relação de métricas e critérios de avaliação do ambiente.

## 3. Resultados e Discussões

Nos testes de *software* (caixa-branca e caixa-preta) os avaliadores consideraram o ambiente aprovado em todas as métricas. Os resultados do teste de usabilidade são ilustrados no gráfico abaixo:

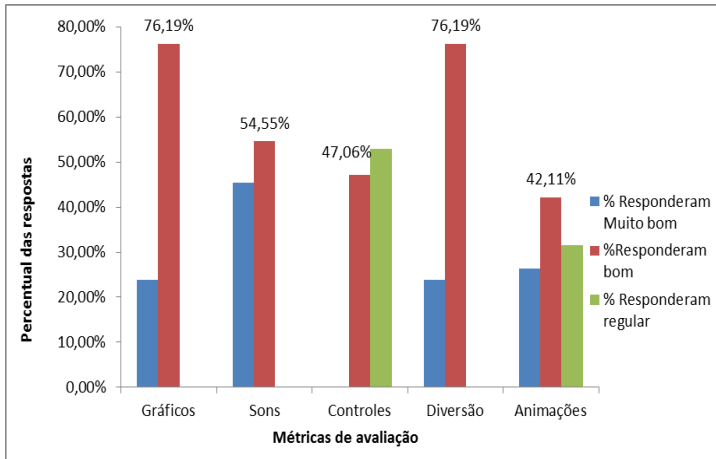


Figura 2. Gráfico de avaliação do ambiente desenvolvido.

O teste de usabilidade forneceu informações de extrema importância uma vez que comprovaram elementos essenciais para prover a atenção do TDAH na tarefa executada, como por exemplo, 40% dos avaliadores afirmaram que o jogo é imersivo, divertido e agradável tendo como pontos fortes o gráfico e o som que elucidam os pontos chave do jogo, os erros e acertos. Entretanto algumas sugestões de mudança no jogo visando atender melhor as características do TDAH foram levantadas, tais como, a inserção de um botão de correr devido ao tamanho do cenário e o tempo gasto para colher alguns itens dispersos que podem fazer com que o público perca o interesse no jogo, questão essa levantada por 60% dos avaliadores e atendida, pois o tempo entre cada desafio e estímulo deve ser o menor possível. Outra sugestão realizada por 60% dos avaliadores foi a de oferecer a escolha entre dois controles de movimentação, esta, no entanto não será atendida devido à possibilidade de gerar privilégio a alguns tipos de jogadores no tempo de execução e também devido ao tempo ser uma das variáveis de teste. Em concordância com um dos avaliadores foi adicionado uma variável de checagem nas dicas visuais, de forma que o jogador ao acionar uma dica tenha que confirmar sua leitura, esta sugestão foi atendida uma vez que é comum os jogadores acionarem as dicas e nem realizarem a leitura da mesma. A sugestão de centralização das animações em câmeras auxiliares não será atendida devido ao implicar no travamento do jogador durante a execução das dicas podendo gerar uma variável desmotivadora, em contrapartida se torna válido o aumento do número de animações no cenário uma vez que pelo jogador ficar livre durante as animações algumas passem despercebidas.

Com os resultados apresentados é possível afirmar que a ferramenta de desenvolvimento gráfico propiciou o desenvolvimento de um ambiente, imersivo, realístico e lúdico. Com a utilização de mapas de texturização e técnicas de mapeamento UV o *Blender* propiciou a criação de objetos próximos do real, desta forma causando a imersão do jogador. A linguagem *python* realizou a interatividade entre os objetos ou o desenvolvimento da “mecânica” do jogo.

As cores do eixo verde-vermelho em concordância com outros autores foram utilizadas para reter a atenção do TDAH, uma vez que já é provada que estas cores preservam a discriminação visual deste público. Tendo estas informações é possível afirmar que através destas técnicas o TDAH possa ter as mesmas condições de aprendizado de pessoas sem o transtorno.

#### 4. Conclusões e trabalhos futuros

O jogo desenvolvido respeita as características do TDAH, como por exemplo, o uso de tarefas curtas, maior frequência de estímulos visuais e recompensas. Entre as competências contidas no jogo podemos afirmar que oferece a tomada de decisões rápidas, o *feedback* instantâneo sobre o desempenho e o ensino sobre a

ação, estas competências são essências para o ensino e principalmente ao TDAH, porém no ensino tradicional não são encontradas.

Nesta primeira fase da pesquisa foram desenvolvidos e avaliados a criação e usabilidade do jogo, uma vez que o jogo mostrou-se motivador, imersivo e divertido. A Segunda fase desta pesquisa aplicará o *software* desenvolvido em pessoas diagnosticadas com TDAH.

Portanto o jogo desenvolvido poderá ser utilizado como ferramenta para auxiliar a avaliação (intervenção) de conceitos básicos de matemática para crianças com TDAH e sem transtorno.

## Referências

- [1] AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (APA). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-IV). 4.ed. Washington: British Library, 2000.
- [2] BANASCHEWSKY, T; RUPERT, S; TANNOCK, R; ALBRECHT, B; BECKER, A; UEBEL, H; SERGEANT, J, A; ROTHENBERGER, A. Colour Perception in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Vol. 47, no. 6, pp. 568-572, 2006.
- [3] BEZERRA, E. Princípios de Análise de Sistemas com UML. In: \_\_\_\_\_. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006. pp. 19-94.
- [4] Blender 3D. Disponível em: [\[http://www.blender.org\]](http://www.blender.org). Acesso em: 02 Agosto 2011, 08:15.
- [5] CAPANO, L; MINDEN, D; CHEN, S, X; SCHACHAR, R, J; ICKOWICZ, A. Mathematical Learning Disorder in School-Age Children With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Canadian Journal of Psychiatry*, Vol. 53, no. 6, pp. 392-399, 2008.
- [6] KEBRITCHI, M; HIRUMI, A; HAIYAN, BAI. The Effects of Modern Mathematics Computer Games on Mathematics Achievement and Class Motivation. *Computers & Education*, Vol. 55, pp. 427-443, 2010.
- [7] KIM, S; CHANG, M. Computer Games for the Math Achievement of Diverse Students. *Educational Technology & Society*, Vol. 13, no. 3, pp. 224-232, 2010.
- [8] LEE, S; KIM, G, J. Effects of Visual Cues and Sustained Attention on Spatial Presence in Virtual Environments Based on Spatial and Object Distinction. *Interacting with Computers*, Vol. 20, pp. 491-502, 2008.
- [9] LUCANGELI, D; CABRELE, S. Mathematical Difficulties and ADHD. *Exceptionality: A Special Education Journal*, Vol. 14, no. 1, pp. 53-62, 2006.
- [10] MAUTONE, J, A; DUPAUL, G, J; JITENDRA, A, K. The Effects of Computer-Assisted Instruction on the mathematics Performance and Classroom Behavior of Children With ADHD. *Journal of Attention*, Vol. 9, no. 1, pp. 301-312, 2005.
- [11] MAYES, S, D; CALHOUN, S, L. Frequency of Reading, Math, and Writing Disabilities in Children with Clinical Disorders. *Learning and Individual Differences*, Vol. 16, pp. 145-157, 2006.
- [12] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Matemática. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, 1997. Disponível em: [portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf). Acesso em: 10 agosto 2011.
- [13] OTA, K, R; DUPAUL, G, J. Task Engagement and Mathematics Performance in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Effects of Supplemental Computer Instruction. *School Psychology Quarterly*, Vol. 17, no. 3, pp. 242-257, 2002.
- [14] REVISTA DE EDUCAÇÃO. Brasília: Associação Nacional de Educação Católica do Brasil, Vol. 38, no. 151, jul./dez. 2009.
- [15] REVISTA SEMESTRAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PSICOLOGIA ESCOLAR E EDUCACIONAL. São Paulo, Vol. 14, no. 2, jul./dez. 2010.
- [16] SHAW, R; GRAYSON, A; LEWIS, V. Inhibition, ADHD, and Computer Games: The Inhibitory Performance of Children with ADHD on Computerized Tasks and Games. *Journal of Attention Disorders*, Vol. 8, no. 4, pp. 160-168, 2005.
- [17] SILVA, A, P; FRÈRE, A, F. Virtual Environment to Quantify the Influence of Colour Stimuli on the Performance of Tasks Requiring Attention. *Biomedical Engineering Online*, Vol. 10, no. 74, pp. 1-31, 2011.
- [18] TANNOCK, R; BANASCHEWSKI, T; GOLD, D. Color Naming Deficits and Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder: A Retinal Dopaminergic Hypothesis. *Behavioral and Brain Functions*, Vol. 4, no. 2, pp. 1-8, 2006.



# Uma ICC Interface Cérebro – Computador para o MicroFênix Software de Ajuda a Portadores de Deficiências Motoras

J. F. Marinho de Araújo<sup>1</sup>, Henrique Serdeira<sup>2</sup>, João Sérgio dos S. Assis<sup>3</sup>,  
José A. Borges<sup>4</sup>, Júlio T. C. da Silveira<sup>5</sup>, Marcos F. de Carvalho<sup>6</sup>, Márcia C. de A. Soeiro<sup>7</sup>

Laboratório de Interface Cérebro Computador - LabBCI  
Instituto Tércio Pacitti - NCE

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - Prédio do CCMN - Bloco C - Cidade Universitária - Ilha do Fundão  
CEP: 21.941-590 - Rio de Janeiro – RJ – Brasil – Tel.: 55 21 2598-3169 - Fax: 55 21 2598-3226

[1fmarinho@nce.ufrj.br](mailto:1fmarinho@nce.ufrj.br); [2serdeira@nce.ufrj.br](mailto:2serdeira@nce.ufrj.br); [3joao@nce.ufrj.br](mailto:3joao@nce.ufrj.br),  
[4antonio2@nce.ufrj.br](mailto:4antonio2@nce.ufrj.br); [5julio@nce.ufrj.br](mailto:5julio@nce.ufrj.br); [6fialho@nce.ufrj.br](mailto:6fialho@nce.ufrj.br); [7soeiro@nce.ufrj.br](mailto:7soeiro@nce.ufrj.br)

**Resumo.** O Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da UFRJ tem um longo histórico de trabalho e sucessos no desenvolvimento de ferramentas computacionais para auxiliar pessoas com os mais diversos tipos de deficiência a utilizar e interagir com o mundo através do uso de computadores. O Laboratório de Interface Cérebro Computador escolheu uma destas ferramentas, microFênix, para atualizar sua interface visual e realizar uma adaptação objetivando a utilização de uma ICC como nova opção para controle desta ferramenta. Espera-se com isto permitir a ampliação do universo de usuários portadores de deficiências que poderão vir a fazer uso dela, proporcionando a estes usuários melhorias em sua qualidade de vida.

**Palavras-Chave:** Assistividade; BCI; ICC; EEG; Eletroencefalografia.

## 1. Introdução

Esse trabalho descreve a incorporação no microFênix de uma interface cérebro computador (ICC) não invasiva. O microFênix é uma ferramenta de software desenvolvida no Instituto Tércio Pacitti da UFRJ (NCE/UFRJ) para auxiliar pessoas com severa deficiência motora a se comunicarem com o mundo [1].

Uma ICC não invasiva [2] é um sistema que traduz a intenção do usuário codificada por uma atividade neural, obtida através de EEG (o princípio do eletroencefalografia), em sinais de controle. Esse tipo de interface explora o fato que certos aspectos da atividade cerebral são passíveis de serem mapeados em estados e processos mentais específicos chamados de “assinaturas”.

Uma ICC [3] é uma combinação de técnicas para monitorar os sinais da atividade cerebral, extrair assinaturas, processá-las e traduzi-las em comandos para o computador. Atualmente, existem diversas aplicações de ICC para entretenimento, uso militar e projetos voltados a permitir que pessoas com severas limitações motoras, tais como: Esclerose Lateral Amiotrófica, Distrofia Muscular, paralisia cerebral, etc.; realizem atividades antes não possíveis a elas, obtendo assim maior autonomia[4, 5, 6].

Na realidade, qualquer dispositivo ou equipamento eletroeletrônico pode vir a ser controlado por uma ICC, especificamente uma baseada em imaginação motora, de que trata esse projeto. Neste caso, dois passos devem ser dados a fim de preparar a interface (Figura 1). Inicialmente o sistema deve ser “treinado”, ou seja, uma intenção do usuário deve ser manifestada de forma clara e inequívoca reiteradas vezes, para que os sinais a ela correspondentes sejam identificados e tratados pelo sistema. Esse procedimento identifica esses sinais arquivados como uma assinatura que indica uma intenção do usuário. Em seguida, o usuário deve receber uma realimentação (feedback) do sistema para cada assinatura definida permitindo que se verifique como está sendo processada sua intenção.



## 2. Tecnologia Assistiva no Instituto Tércio Pacitti

O NCE/UFRJ e, particularmente, a equipe do professor José Antônio Borges tem um longo histórico de trabalho e sucessos no desenvolvimento de ferramentas computacionais que visam auxiliar pessoas com os mais diversos tipos de deficiência a utilizar e interagir com o mundo através do uso de computadores. Entre essas ferramentas destacam-se o DOSVOX [7], software que permite a utilização do computador por pessoas cegas, assim como o Teclado Amigo [8] e o Motrix [7], voltados para portadores de deficiências motoras graves.

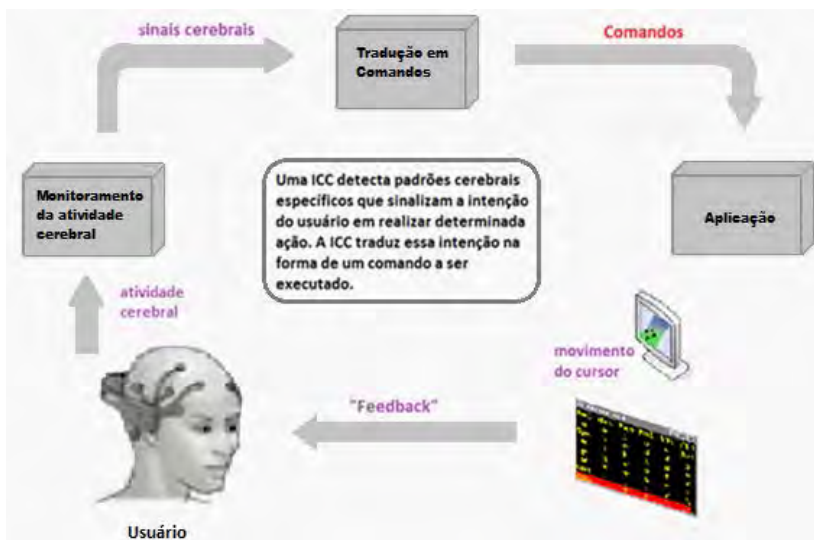


Figura 1. Componentes de uma ICC (desenho adaptado[9]).

O Motrix é acionado por comando de voz e o Teclado Amigo exige o uso de um acionador mecânico específico, em muitos casos de uso incômodo ou difícil para o usuário. No entanto, alguns usuários portadores de deficiência motora grave não podem fazer uso de tais programas, o que motivou o desenvolvimento do microFênix.

A ferramenta microFênix simula o uso do mouse e teclado, possibilitando a ativação de programas e funções no ambiente Windows de forma acessível. Ela funciona através de menus onde, a cada instante de tempo, uma de suas opções é destacada. Esse processo se repete de forma circular até que uma das opções seja escolhida. Tudo que o usuário deve fazer é aguardar até que a opção desejada seja destacada e ativar o acionador para que esta opção seja selecionada. O acionador consiste em um dispositivo mecânico ou eletroeletrônico, utilizado pelo usuário para captar um som característico ou algum tipo de movimento voluntário, para enviar um sinal de aprovação ao sistema. O tipo de acionador depende da deficiência apresentada pelo usuário.

A versão 2.1 permite o uso dos seguintes tipos de acionadores:

- microfone, para captar um som ou estalido;
- tecla Control posicionada à esquerda do teclado;
- acionador conectado à porta paralela (pinos 1 e 13);
- acionador ligado à porta serial (pinos 2 e 3).

A Figura 2, mostra o menu principal do microFênix que permite o controle do cursor do Mouse e a ativação de outros submenus.

A seleção da opção “Digita” do menu principal faz com que o sistema altere para um teclado especial, conforme mostrado na Figura 3, que permite ao usuário produzir textos e assim transmitir suas ideias e desejos.



Figura 2. Menu principal do microFênix.



Figura 3. Teclado especial do microFênix.

### 3. A Evolução do microFênix

O presente trabalho consiste na atualização e aperfeiçoamento do microFênix com a utilização de uma ICC como mais uma opção de acionador, fazendo com que se amplie o universo de usuários portadores de deficiências que poderão vir a navegar pela tela do computador interagindo com o ambiente.

Inicialmente selecionou-se no mercado um dispositivo para aquisição dos sinais cerebrais do usuário. Atualmente, três empresas oferecem soluções disponíveis comercialmente para aquisição de sinais de atividade cerebrais [10]: a Emotiv, a NeuroSky e a OCZ Technology. Todas oferecem um *headset* com sensores a serem posicionados no escalpo para aquisição dos dados. Os preços praticados no mercado internacional variam de US 140 a US 299 e o número de sensores varia de 1 (NeuroSky) a 16 (Emotiv).

Para este projeto foi escolhido o *headset* Epoc [11] da Emotiv tanto pelo seu preço acessível (US 299 para o *headset* e US750 o kit completo incluindo a plataforma de software para P&D), quanto pelos recursos ofertados (Figura 4).

O Epoc dispõe de um *headset* com 16 contatos, sendo dois de referência, que enviam os sinais detectados via comunicação sem fios para o computador, onde o software de controle recebe e analisa esses dados. Os dados recebidos podem ser utilizados através de três subsistemas: Expressiv Suite que utiliza principalmente os sensores ligados aos músculos faciais, Affectiv suite que monitora estados emocionais em tempo real, e, Cognitiv Suite que lê os sinais e gera as assinaturas relativas às intenções.

Acompanha o Epoc um conjunto de ferramentas que auxiliam seu uso, dentre elas o Control Panel que permite o treinamento da detecção dos sinais dos três subsistemas. No caso do Cognitiv Suite é possível definir assinaturas associadas ao movimento de um cubo na tela do computador (feedback). Esse subsistema foi escolhido para gerar as assinaturas utilizadas na versão ICC/microFênix.

É possível fazer um programa aceitar entradas a partir do Epoc de duas formas. Para programas onde se tem o domínio do código, é oferecida uma API com a qual podemos consultar diretamente o estado do *headset* e, assim, obter dados de cada um dos três subsistemas, basta, portanto modificar o programa, recompilá-lo e utilizar as assinaturas previamente treinadas.

Para os casos onde não se detém o domínio do código, a Emotiv oferece um programa chamado EmoKey que recebe as entradas do *headset* e as direciona para um programa determinado pelo usuário como se fossem caracteres digitados via teclado. Sendo esta a única forma de adaptar um programa para o Epoc

quando não se tem acesso ao código fonte. Apesar de termos acesso ao código do microFênix, o EmoKey foi inicialmente utilizado para validar a proposta de adaptar o *headset* ao sistema.



Figura 4. *Headset* Epoc.



Figura 5. Utilização do Epoc no LabBCI.

O microFênix foi inicialmente desenvolvido para tratar apenas um estímulo acionador que é o que podemos normalmente obter através dos métodos de entrada tradicionais. O Epoc pode, teoricamente, permitir o treinamento de várias assinaturas, cada uma, correspondendo a um acionador diferente. Na prática, no entanto, quanto maior o número de assinaturas (cognitivas) a se treinar, maior será o grau de dificuldade apresentado no treinamento e maior a incerteza do sistema ao interpretar uma intenção.

Esta facilidade apresentada pela ICC foi determinante para a introdução no microFênix de um segundo acionador, correspondendo a uma segunda assinatura a ser utilizada quando, porventura, se deixa passar a opção de menu desejada. Assim não é preciso esperar todo um ciclo se completar para que o programa retorne a opção desejada. O segundo acionador é utilizado para inverter a ordem de varredura do menu, permitindo um acesso mais rápido à opção desejada.

#### 4. Resultados

Nosso primeiro objetivo ao começar a modificar o microFênix era testar a viabilidade de seu acionamento através de assinaturas previamente treinadas no *headset* Epoc. Inicialmente, a forma mais rápida de atingir este objetivo foi configurar o software Emokey para fazer a interface entre o *headset* e o microFênix.

O sucesso destes primeiros testes criou a necessidade e o interesse de incluir mais um estímulo acionador, visando aumentar a flexibilidade no uso do sistema, reduzindo o tempo de seleção de comandos por parte do usuário. Consequentemente isso reduz o stress e o desgaste na utilização do software, causando um impacto positivo na qualidade de vida do potencial utilizador do microFênix.

O passo seguinte foi realizar a completa integração do microFênix com o *headset*. O primeiro problema foi uma incompatibilidade entre a linguagem de desenvolvimento do microFênix (Delphi Pascal) e a disponibilidade de bibliotecas de interface do Epoc (escritas em linguagem C ou Java). Isso motivou a migração do software para a plataforma de desenvolvimento Borland C++, que foi utilizada também para o total redesenho da interface com o utilizador do software, deixando para trás a aparência estilo DOS e incorporando um aspecto visual mais atual.

Atualmente, está sendo finalizada a programação da interface e o microFênix está sendo alterado para acessar o *headset* diretamente através da API. Esperamos, com o final desta adaptação, realizar testes com o público alvo.

Nossos primeiros testes já demonstraram que as aquisições de assinaturas no Emotiv devem ser realizadas através de protocolo de treinamento, característica inerente aos sistemas ICC, onde o desempenho depende do utilizador e de sua capacidade em controlar seus ritmos cerebrais [12].

#### Referências

[1] J.A.S. Borges, B. Mazillo, D. Takano, D. Xerez. *Tecnologia Brasileira com microFênix – Novas ferramentas de Tecnologia Assistiva para pessoas com grandes incapacidades físicas*. V Congresso IBERDISCAP 2008 – Tecnologias de Apoyo a La Discapacidad, Cartagena, Colombia, 2008.

- [2] S. Machado, M. Cunha, B. Velasques, D. Minc, V. Bastos, H. Budde, M. Cagy, R. Piedade, P. Ribeiro. *Interface cérebro-computador: novas perspectivas para reabilitação*. Revista Neurocienc 2009; v.17(4), pp.329-335, 2009.
- [3] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. McFarland, G. Pfurtscheller, T.M. Vaughan. Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology*, vol.113, issue 6, pp.767-791, 2002.
- [4] M.R. Della Cava. *Let video games read your mind with headset*. USA Today, Aug 6, 2008, disponível em: [http://usatoday30.usatoday.com/tech/gaming/2008-08-04-epoc-headset\\_N.htm](http://usatoday30.usatoday.com/tech/gaming/2008-08-04-epoc-headset_N.htm).
- [5] K. Drummond, N. Shachtman. *Pentagon Preps Soldier Telepathy Push*. Wired Magazine, May 14, 2009.
- [6] D.J. Szafrin. *Non Invasive BCI though EEG- An exploration of the utilization of Electroencefalography to Create Thought-Based Brain Computer Interfaces*. Dissertação (Senior Honors Thesis), 32p, Computer Science Department, Boston College, Boston, EUA, 2009.
- [7] *Portal dos sistemas de acessibilidade da UFRJ – Dosvox, Motrix e microFênix*, acessado em 2013, disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br>.
- [8] J.A.S. Borges, M.K. Watanabe. *Teclado Amigo: Um sistema para acesso alternativo a computadores para portadores de deficiências motoras severas*. Temas sobre Desenvolvimento, São Paulo, v.10, n. 58/59, 2001.
- [9] G. G. Molina, *Electroencephalogram processing in Motor Imagery Based BCI: A tutorial*, 2008.
- [10] D. Petry. *Electroencephalography (EEG) Headset Brain-Computer Interfaces (BCI)*. Team Mind Link, Georgia Institute of Technology, Atlanta, EUA, 2010, disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&sqj=2&ved=0CDcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ece.gatech.edu%2Facademic%2Fcourses%2Fece4007%2F10spring%2FECE4007L04%2Fwh4%2Fdocs%2FTRP\\_Petry.doc&ei=EmzoUJ0IH4n28wS-zYHACA&usq=AFQjCNF7-axnv5jA4NTWDOaAKcBKl2S-qQ](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&sqj=2&ved=0CDcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ece.gatech.edu%2Facademic%2Fcourses%2Fece4007%2F10spring%2FECE4007L04%2Fwh4%2Fdocs%2FTRP_Petry.doc&ei=EmzoUJ0IH4n28wS-zYHACA&usq=AFQjCNF7-axnv5jA4NTWDOaAKcBKl2S-qQ).
- [11] *Emotiv Software Development Kit, User Manual for Release 1.0.0.5*, 2011.
- [12] V. Bento. *Desenvolvimento de Interface Cérebro-Computador baseada em sinais EEG*. Dissertação, Departamento de Eletrônica, Telecomunicações e Informática., Universidade de Aveiro, p. 56, 2008.

# TANGO:H: Rehabilitación Física y Cognitiva de Menores Hospitalizados

Carina S. González<sup>1</sup>, Pedro Toledo<sup>1</sup>, Elena Santos<sup>1</sup>, Miguel Padrón<sup>2</sup>, Jose Sigut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de La Laguna: Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tenerife, España, Tfno. 922318263, Fax 922318288, [ifsigut@ull.es](mailto:ifsigut@ull.es), [cjgonza@ull.es](mailto:cjgonza@ull.es)

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico y de Energías Renovables de Tenerife (ITER)

**Resumen.** En este trabajo se describe el diseño e implementación de una plataforma interactiva llamada TANGO:H, basada en KINECT y pensada para la rehabilitación física y cognitiva de menores hospitalizados. Se trata de una plataforma abierta, accesible y altamente configurable que permite la creación, personalización y adaptación de los ejercicios y actividades de acuerdo a las características específicas de cada usuario y grupo de usuarios gracias al editor de ejercicios TANGO:H Designer. Es esta gran adaptabilidad la que permite desarrollar ejercicios específicos para situaciones especiales y por ello consideramos que puede ser de gran interés como tecnología de apoyo a colectivos con discapacidad. Las primeras pruebas llevadas a cabo han arrojado unos resultados muy satisfactorios.

**Palabras clave:** Rehabilitación física, entrenamiento cognitivo, Kinect.

## 1. Introducción y contenidos

Las aulas hospitalarias (AH) proporcionan servicios educativos a estudiantes hospitalizados durante el período de enseñanza obligatoria. Los tipos de enfermedades que afectan a estos estudiantes son variadas pero destacan las oncológicas, ortopédicas, respiratorias, diabetes y cirugías. Además, en algunos casos se trata de menores que presentan algún tipo de discapacidad física o psíquica. Los tiempos de estancia hospitalaria pueden ser de corta duración (hasta 5 días), de duración media (6-20 días) y de larga duración (más de 21 días) y las mismas pueden afectar el proceso de socialización y formación del niño. En las Islas Canarias, un promedio de 210 niños al año se tratan en las siete aulas hospitalarias que existen. Este proyecto surge de la colaboración y la comunicación con médicos de diferentes especialidades (Pediatría, Enfermería y Fisioterapia) acerca de las necesidades de esta población hospitalizada, en donde concluimos que era factible desarrollar herramientas lúdicas basadas en las TIC y un escenario para impulsar y fortalecer la actividad física y motriz de los niños y adolescentes hospitalizados [1]. Resaltar que, aunque existen herramientas para investigaciones con fines de rehabilitación [2, 3], la actividad física a través del juego motor era una faceta de su desarrollo hasta ahora desatendida en esta población. Estas razones han motivado la creación de la plataforma TANGO: H (Tangible Goals, Health), una plataforma abierta, accesible y altamente configurable que permite la creación, personalización y adaptación de los ejercicios y actividades de acuerdo a las características específicas de cada usuario y grupo de usuarios. Es importante destacar que, aunque las actividades creadas hasta la fecha están más bien pensadas para estudiantes sin discapacidad, gracias a la adaptabilidad del sistema, es posible desarrollar ejercicios más específicos para situaciones especiales y por ello consideramos que puede ser de gran interés como tecnología de apoyo a colectivos con discapacidad. En este trabajo presentaremos los requisitos que hemos seguido en el diseño y desarrollo de la plataforma y los resultados y conclusiones a las que hemos llegado hasta el momento.

## 2. Metodología

TANGO:H (Tangible Goals: Health) es una plataforma de realización de juegos activos basada en el sensor Kinect de Microsoft (c), un dispositivo capaz de reconocer el cuerpo humano y su entorno. Para ello, los principales objetivos seguidos en el diseño y desarrollo de TANGO:H son:

- Desarrollar una plataforma de juegos educativos accesibles, en donde la interacción del usuario con los sistemas de información se realicen a través del cuerpo humano y el reconocimiento de gestos sin la necesidad de tener dispositivos físicos adicionales.



- Crear una plataforma abierta altamente configurable que permita la creación, personalización y adaptación de ejercicios y actividades de acuerdo con las características particulares de cada usuario y grupo de usuarios.
- Diseñar un videojuego social que siga los principios de jugabilidad y gamificación [4, 5, 6] para maximizar la motivación y la satisfacción del usuario en su ejecución.

La potencia de TANGO:H reside en su capacidad de generación de ejercicios, es decir, no es una plataforma estática en la que los ejercicios o juegos están plenamente definidos e integrados, sino que permite la implementación de estos mediante un configurador que hace sencilla esta tarea. El programa es capaz de interpretar y ejecutar los ejercicios previamente creados por un fisioterapeuta o especialista en educación en el editor Tango:H Designer (Tangible Goals: Health Designer). El usuario realiza los ejercicios previamente creados en forma de un videojuego, interactuando con el sistema a través de movimientos corporales y gestos. La combinación entre el editor y los módulos de juego permite la creación de una gran variedad de ejercicios, personalizados y adaptados a las características de los usuarios.

La aplicación posee una interfaz sencilla que guía al usuario en la selección y ejecución de los ejercicios disponibles. A modo de síntesis, las principales opciones que se ofrecen son:

- La selección y creación de usuarios y grupos.
- La selección e importación de ejercicios.
- Jugar de forma individual o en modo multijugador de forma: secuencial, colaborativa y competitiva.
- Almacenar y recuperar la información de los ejercicios realizados.

Para comprender la composición y elementos de los ejercicios es necesario definir una serie de conceptos que definen la interacción con la aplicación y que se muestran en la figura 1:

- Puntos de contacto: Representa un punto del cuerpo humano que permite la interacción del usuario con un objetivo. Actualmente el sistema cuenta con un total de 13 puntos de contacto habilitados.
- Esqueleto virtual: representación del usuario, siguiendo sus movimientos.
- Objetivo: Se trata del elemento que el usuario debe alcanzar con uno o más Puntos de Contacto.

Un Objetivo está compuesto por una imagen, o por una región determinada de la pantalla, a la que acompaña un conjunto de propiedades:

-*Puntos de Contacto*. Puede tener uno o varios.

-*Sonido*. Se reproduce cuando un Punto de Contacto alcanza el Objetivo.

-*Color*. En TANGO:H representa el Punto de Contacto con el que debe ser alcanzado el Objetivo. En el editor de ejercicios TANGO:H DESIGNER se muestra una ayuda en la configuración de ejercicios. El objeto representado en pantalla que debe ser alcanzado por el usuario con los puntos de contacto.

Un Objetivo tiene asociado uno o varios Puntos de Contacto, la interacción entre ellos responde según alguno de los tres comportamientos siguientes:

- *Todos a la vez*: Todos los Puntos de Contacto deben alcanzar de forma simultánea el Objetivo.
- *Uno*: Al menos uno de los Puntos de Contacto seleccionados debe alcanzar el Objetivo.
- *Distractor*: Se trata de un Objetivo que, aunque se alcance, no supone ningún cambio en la dinámica del ejercicio, por lo que no es necesario definirle Puntos de Contacto.
- Fase: una Fase es una agrupación de Objetivos. Para superar una Fase, el usuario deberá alcanzar todos los Objetivos que la componen de forma:
  - *Síncrona*. El usuario debe alcanzar todos los Objetivos de la Fase de forma simultánea.
  - *Asíncrona*. El usuario debe alcanzar todos los Objetivos de la Fase sin importar el orden ni el instante de tiempo en el que se produce.
- Paso: un Paso es una agrupación de Fases. Para superar un Paso, el usuario deberá completar las Fases que lo componen de forma:
  - *Secuencial*. El usuario deberá superar las Fases por el orden en el que hayan sido creadas.
  - *Aleatoria*. El usuario deberá superar las Fases sin que importe el orden.

Por otro lado, un Paso puede repetirse tantas veces como se estime necesario. La propiedad que da cuenta de esto se denomina Repetición. Además se le puede asignar un Sonido, de forma que al iniciarse el Paso, éste se reproduzca.

- **Ejercicio:** un Ejercicio consta de un conjunto de Pasos que son ejecutados de manera secuencial según el orden en que han sido definidos. Para la consecución de un Ejercicio por parte del usuario, éste deberá satisfacer:

- Todos los Pasos que lo conforman de manera secuencial.
- Todas las Fases que se agrupan en cada uno de los Pasos (de forma secuencial o aleatoria).
- Todos los Objetivos que se agrupan en cada una de las Fases (de forma síncrona o asíncrona).

La visualización de los Ejercicios en pantalla se realizará por Pasos, es decir, los Objetivos que componen un Paso se presentarán simultáneamente en la pantalla. Una vez alcanzados todos los Objetivos de cada una de las Fases que contiene un Paso, estos serán borrados de la pantalla, visualizándose los del siguiente Paso.

Usando la lógica establecida, el sistema divide los Ejercicios en tres tipos diferentes: físicos, cognitivos y libres. Cada tipo tiene unas consideraciones diferentes a la hora de ser ejecutado y evaluado por TANGO:H. Por otra parte, TANGO:H ofrece la posibilidad de seleccionar el modo de juego de forma individual o multijugador. En el modo individual el ejercicio será realizado por un único jugador, en las categorías de ejercicios anteriormente descritas (físicos, cognitivos o libres). En el modo de juego multijugador, pueden jugar dos personas secuencialmente o simultáneamente tanto de manera competitiva como colaborativa. Esto ha sido posible gracias a la funcionalidad de detección de dos cuerpos humanos de manera concurrente. Los tipos de modo multijugador pueden ser de tipo secuencial o simultáneo.

En el modo multijugador de tipo secuencial, una vez seleccionado el juego, los dos jugadores realizarán un mismo ejercicio de igual complejidad uno a continuación del otro. En el modo multijugador simultáneo, los dos jugadores se enfrentarán simultáneamente al ejercicio seleccionado ya sea colaborando en su resolución o compitiendo para alcanzar el mayor número de puntos posibles.

En el tipo competitivo se muestra la puntuación obtenida por cada uno de jugadores para el ejercicio realizado. Por otra parte, en el modo multijugador de tipo colaborativo, los usuarios deben colaborar para el logro de los objetivos. Por ejemplo, en ejercicios de emparejamiento un usuario toca un objetivo y el otro usuario toca su pareja y los dos usuarios tendrán la misma puntuación, tiempo y estrellas.

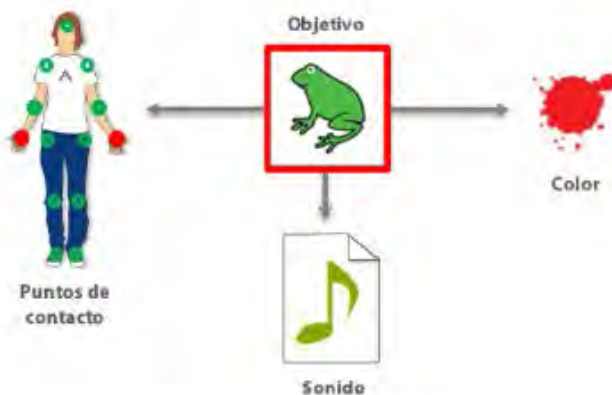


Figura 1. Conceptos básicos de TANGO:H

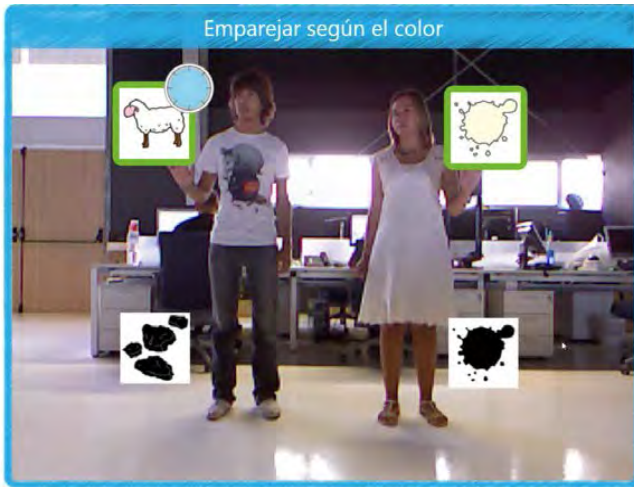


Figura 2. Modo colaborativo. Los jugadores trabajan conjuntamente en el ejercicio para conseguir el objetivo

### 3. Resultados y discusión

A partir de lo explicado en la sección anterior, la tabla 1 muestra un ejemplo de diseño de un ejercicio para una sesión con TANGO:H Designer.

<p><b>Ejercicio 1</b></p> <p>El jugador debe emparejar las diferentes actividades que le aparecen a la izquierda con la posición de la pirámide de la actividad física que corresponda.</p>	<p><b>Sesión 13. Pirámide de la actividad física.</b></p> <p><b>Título:</b> Une cada actividad en el lugar de la pirámide que corresponda.</p> <p><b>Tipo de ejercicio:</b> Cognitivo de emparejamiento</p> <p><b>Modo de juego:</b> Colaborativo</p> <p><b>Número de pasos:</b> 2</p> <p><b>Número total de objetivos alcanzables:</b> 16</p> <p><b>Número total de distractores:</b> 0</p> <p><b>Duración máxima para máxima puntuación:</b> 56 segundos</p> <p><b>Máximo de puntos:</b> 320</p> <p><b>Mínimo de puntos:</b> 16</p> <p><b>Normas especiales:</b> Se les pide a la pareja de jugadores que se coja del brazo y que sólo pueden tocar los objetivos con las manos y piernas libres.</p>
<p><b>Paso 1</b></p> <p><b>Número de fases:</b> 4</p> <p><b>Número de objetivos alcanzables:</b> 8</p> <p><b>Número de distractores:</b></p>	

Tabla 1. Ejemplo de ejercicio de una sesión usando TANGO:H.

Para elegir la plataforma de desarrollo, se llevó a cabo un estudio con diferentes alternativas (los drivers están disponibles para todos los sistemas operativos, como Linux). Finalmente, el sistema operativo (OS) empleado como plataforma de desarrollo ha sido Microsoft Windows 7 ©. Uno de los principales factores que



se tuvo en cuenta para su elección, fue la compatibilidad con Kinect de Microsoft ©. Teniendo en cuenta el objetivo de distribuir la aplicación al mayor número de usuarios posible, otro factor importante en la decisión fue la gran cantidad de usuarios que tiene este sistema operativo.

La implementación de TANGO:H se ha desarrollado en C # en la plataforma. NET. El uso de esta plataforma garantiza el correcto funcionamiento de la aplicación en Microsoft Windows © y facilita la portabilidad de las futuras versiones de este sistema operativo. El desarrollo del sistema se ha centrado en dotar de la mayor flexibilidad al usuario en la creación de ejercicios. Además, la aplicación tiene que adaptarse a las necesidades del usuario. Por lo tanto, un requisito fundamental es que la aplicación sea altamente configurable y capaz de cubrir las necesidades cognitivas o los requisitos de rehabilitación física. Por ello, la adaptación se consigue a través de la ejecución de la lógica introducida en el diseño de los ejercicios, definidos en el XML.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se describe el diseño y desarrollo de una plataforma interactiva basada en KINECT, llamada TANGO: H. Esta plataforma se adapta a las características de la población a la que está destinada: niños hospitalizados y en atención domiciliaria. Además, TANGO:H es altamente configurable y personalizable, gracias al editor de ejercicios: TANGO: H Designer. Esta característica permite a los profesionales de la salud y educadores la creación de ejercicios en forma de juegos, adaptados a las necesidades específicas de los usuarios finales y al contexto en el que la intervención se lleva a cabo (hospital y/o domicilio). Por otra parte, debido a la diversidad de los usuarios a la que se dirige, que podría incluir a personas con discapacidad, TANGO-H es una plataforma accesible que permite la interacción con los sistemas de información sin contacto físico mediante el sensor Kinect. Por lo tanto, esta herramienta permite la compensación de la falta de actividad física de los niños en situaciones de enfermedad, con el objetivo de ayudar a los jóvenes hospitalizados en su recuperación y, al mismo tiempo, a los profesionales e instructores médicos de apoyo, contribuyendo así a normalizar su situación, brindándoles calidad de vida y bienestar.

La plataforma ha sido utilizada de forma eficaz con niños y niñas durante la intervención realizada en contexto escolar durante los meses de septiembre-diciembre, teniendo una muy buena acogida por los mismos y está siendo utilizada en las aulas hospitalarias de los hospitales de las islas de Tenerife y Lanzarote. Desde un punto de vista más cuantitativo, estamos en la fase de analizar los datos recogidos con el fin de mejorar la usabilidad futura del sistema.

#### Referencias

- [1] Gonzalez C., Toledo P., Alayon S., Munoz V., Meneses D. Using Information and Communication Technologies in Hospital Classrooms: SAVEH Project. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, Vol 3, Nº1, 2011.
- [2] Alankus, G., Lazar A., May M., and Kelleher C. (2010). Towards customizable games for stroke rehabilitation. In *Proceedings of the 28th international conference on human factors in computing systems*, pp. 2113–2122. ACM, 2010.
- [3] Cameirao M., Bermudez I., Duarte O., and Verschure P. (2009). The rehabilitation gaming system: a review. *Studies in health technology and informatics*, pp. 145:65, 2009.
- [4] Hutzler, Y and Sherril, C. Defining adapted physical activity: internacional perspectives. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 24 (1), pp. 1-20, 2007
- [5] Nicholson S. A User-Centered Theoretical Framework for Meaningful Gamification. *Proceedings GLS 8.0*, 2012.
- [6] González, C. Student Usability in Educational Software and Games: Improving Experiences. *Advances in Game-Based Learning (AGBL) Book Series*. IGI Global, 2012.



# Desenvolvimento de um Eletroestimulador Funcional de Oito Canais para Aplicação com Malha de Realimentação Utilizando Controlador Digital

M. V. N. Junqueira<sup>1</sup>, M. A. A. Sanches<sup>1,2</sup>, R. F. Kozan<sup>1,2</sup>, M. F. R. Urban<sup>1</sup>, C. A. Alves<sup>1</sup> A. de Carvalho<sup>1</sup>, M. C.M.Teixeira<sup>1</sup>, E. R. M.D. Machado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNESP - Universidade Estadual Paulista / Departamento de Engenharia Elétrica: Av. Brasil, 56, Ilha Solteira, SP, Brasil, +55-18-3743-1955, marcosvnj@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UNITOLEDO - Centro Universitário Toledo Araçatuba/ Departamento de Engenharia: Rua Antônio Afonso de Toledo, 595, Araçatuba, SP, Brasil, +55-18-3636-7000, sanches840@hotmail.com

**Resumo.** Foi desenvolvido um Eletroestimulador Funcional Microcontrolado para geração de movimentos nos membros inferiores de paraplégicos, visando acelerar seu processo de reabilitação e melhorar sua expectativa de vida. O estimulador neuromuscular é constituído por 8 canais microcontrolados, produzindo formas de onda de corrente bifásica, retangular e carga balanceada, com capacidade para fornecer correntes com amplitude de até 140 mA. Utiliza modulação por largura de pulso (PWM). Foi implementado um controlador PID embarcado para uso com o eletroestimulador, sendo possível determinar a energia a ser aplicada ao membro estimulado, de forma a mantê-lo em uma posição pré-estabelecida. O projeto desse controlador se baseou em um modelo matemático linear de segunda ordem, que representa o comportamento da força muscular devido a um estímulo elétrico.

**Palavras chave:** Reabilitação, Controladores Digitais, PID, Estimulador Neuromuscular

## 1. Introdução

A estimulação elétrica por corrente é utilizada para diferentes aplicações desde os tempos mais remotos. Os povos da antiguidade já sabiam que certos tipos de peixes produziam descargas elétricas, que eram usadas para o tratamento de algumas doenças. Os romanos empregavam a descarga elétrica do peixe torpedo para tratamento da gota e alívio de dores de cabeça [1].

A aplicação da eletricidade em Medicina é um tema que, pela sua importância e complexidade, merece um tratamento mais completo e rigoroso, devendo ser abordado com os métodos próprios da história da medicina e um conhecimento profundo da eletricidade, [2].

A Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) consiste na aplicação de pulsos elétricos nos nervos e/ou músculos de pacientes com o objetivo de se obter contração muscular [7]. Desde 1960, tem sido utilizada para auxiliar no restabelecimento de funções motoras de pacientes hemiplégicos e paraplégicos [3]. Aplicada em níveis adequados, pode ser tão eficaz no fortalecimento muscular quanto uma contração muscular voluntária [5]. Pode ainda auxiliar o sistema circulatório, aumentando a circulação de sangue no membro paralisado, dentre outros benefícios, [6]. Pelo princípio de funcionamento e pelos resultados obtidos, a contração muscular produzida é semelhante à gerada por um estímulo enviado pelo Sistema Nervoso Central (SNC). Sua aplicação em tratamentos fisioterápicos de pacientes paraplégicos tem eficácia comprovada, [4].

Numerosos estimuladores foram desenvolvidos para diversas aplicações de Estimulação Elétrica Funcional (FES), desde os mais simples estimuladores com um único canal, até os mais complexos com multicanais programáveis, [8].

O objetivo deste trabalho foi implementar um estimulador elétrico neuromuscular microcontrolado de oito canais com capacidade para fornecer correntes de até 140 mA, visando gerar movimento dos membros inferiores de paraplégicos e a melhora de sua qualidade de vida. Foi implementado um controlador PID

embarcado para uso com o eletroestimulador, tornando possível determinar a energia a ser aplicada ao membro estimulado, de forma a mantê-lo em uma posição pré-estabelecida, e auxiliando na sua reabilitação.

## 2. Metodologia

### 2.1. O Estimulador Elétrico Neuromuscular

O EENM é composto por um conversor CC-CC, um circuito lógico, um circuito formador de onda, um circuito de potência e um controlador PID (Figura 1).



Figura 1. Circuito Completo do EENM.

O equipamento foi projetado para gerar um sinal de corrente com forma de onda retangular balanceada, Figura 2. O tipo de onda, a frequência do sinal, a largura de pulso e o interpulso podem ser escolhidos pelo usuário.

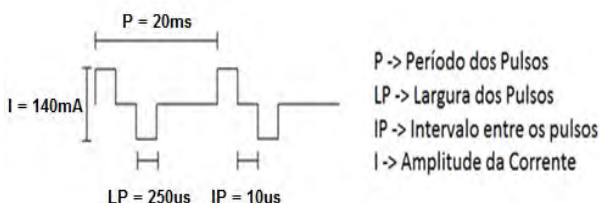


Figura 2. Forma de onda do sinal gerado.

#### 2.1.1. Conversor CC-CC

Com o intuito de desacoplar o EENM da rede elétrica, utilizou-se um conversor CC-CC, que fornece alimentações de +140V, -140V, +5V e -5V.

#### 2.1.2. Circuito lógico

Na Figura 3, está ilustrada a interface criada com o software LabVIEW que possibilita a integração de todos os dispositivos em uma plataforma de testes. Utilizando o programa, pode-se apresentar em forma de gráficos os valores de posição, velocidade e aceleração angular, que serão posteriormente utilizados na implementação do controlador PID.

Para gerar um sinal bifásico foi necessária a utilização de um circuito formador de onda, uma vez que o estágio lógico, na configuração utilizada, fornece apenas sinais positivos.

Na Figura 4, pode-se visualizar os sinais digitais gerados por meio do estágio lógico e a saída do circuito formador de onda.

O LabVIEW é responsável por gerar dois sinais, T1+ e T1-, que são aplicados na entrada do circuito formador de onda, onde o sinal adquirirá a característica bifásica antes da entrada no estágio de potência.

#### 2.1.3. Circuito formador de onda

O sinal de saída do circuito lógico é de tensão. Como neste trabalho optou-se por estimular o músculo com sinais de corrente, houve a necessidade de se converter o sinal gerado para um sinal de corrente por meio de um conversor V-I (tensão-corrente) com retroalimentação negativa [8]. Cada canal do estimulador possui um circuito formador de onda constituído por um amplificador diferença e dois conversores V/I.

O conversor V/I é formado por um amplificador operacional, um transistor bipolar de junção (TBJ), resistores e um potenciômetro. Esse componente determina a corrente que será imposta em um espelho de corrente e aplicada sobre os eletrodos de eletroestimulação.

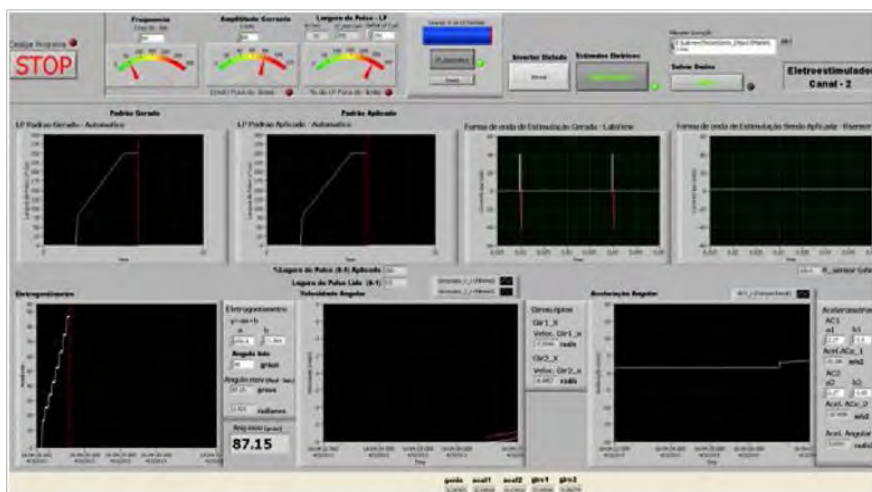


Figura 3. Interface criada com o software LabVIEW.

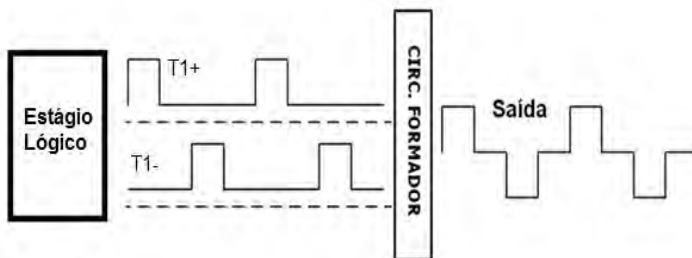


Figura 4. Sinal bifásico gerado pelos circuitos.

### 2.1.4. Circuito de Potência

No estágio de potência, é fornecida a energia necessária ao sinal de saída proveniente do formador de onda, uma vez que o circuito formador de onda não gera corrente suficiente para a eletroestimulação desejada.

Para implementar o estágio de potência, utilizou-se o espelho de corrente de Wilson [9], formado por três transistores (Q1, Q2 e Q3) (Figura 5).

A corrente imposta no ramo de Q2, desde que esteja dentro dos limites do circuito, é refletida no outro lado do espelho, ou seja, em Q1 e Q3.

### 2.1.5. Controlador PID

O controlador foi gravado no DSP F28335 Delfino, da Família C2000, da Texas Instruments. O seu software de programação é o Code Composer Studio (CCS) que possui interface com o MATLAB/Simulink. Dessa forma, os algoritmos podem ser elaborados no Simulink, que após convertidos, podem ser gravados pelo CCS.

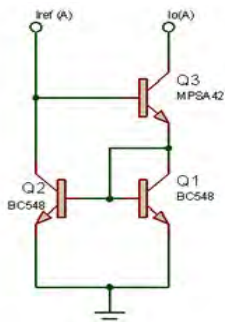


Figura 5. Espelho de corrente de Wilson.

## 2.2. O protocolo de testes

A realização de experimentos com seres humanos foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, da UNESP. A pesquisa foi submetida no sistema Plataforma Brasil, sob o número CAAE 00977212.1.10015402.

No primeiro protocolo, executou-se o teste para encontrar o ponto de ativação do músculo quadríceps de um voluntário hígido. Este foi um teste preliminar e nenhuma grandeza foi monitorada, apenas o local de posicionamento dos eletrodos foi demarcado.

No segundo, executou-se o protocolo de repetibilidade. Este teste teve por objetivo analisar o efeito da fadiga muscular e como o músculo se comportava com o mesmo estímulo, após quinze estimulações seguidas, com intervalos de dois minutos entre elas.

No terceiro, executou-se o teste de identificação do modelo da perna, que teve por objetivo encontrar um modelo matemático que relacionasse o sinal elétrico aplicado no músculo quadríceps com a variação da posição angular da perna. Desta forma, foi possível projetar um controlador PID para ser utilizado no quarto teste.

No quarto, executou-se o protocolo de controle da posição da perna, no qual se inseriu um ângulo pré-estabelecido, como referência, com o objetivo de que a perna atingisse uma posição angular escolhida e ali permanecesse.

### 2.2.1. Repetibilidade

O teste de repetibilidade foi realizado visando observar como variava a posição angular da perna de uma pessoa hígida em resposta a um mesmo padrão de estimulação, aplicado repetidas vezes.

Desta forma, foi possível avaliar se os parâmetros do modelo matemático variaram ao longo do tempo e observar se o controlador proposto neste trabalho conseguiu atender às especificações do projeto.

Os testes foram realizados com uma pessoa hígida, em dois dias diferentes. Foram aplicadas quinze estimulações consecutivas, com intervalo entre elas de dois minutos. A frequência de estimulação do sinal elétrico aplicado no quadríceps foi de 50Hz, com amplitude de 65mA e largura de pulso de 250 $\mu$ s.

A escolha da corrente de estimulação foi feita a partir de um teste preliminar no qual a variação angular da posição da perna foi maior que 40° e confortável para o voluntário. Essa corrente se manteve constante em todo o teste.

### 2.2.2. Identificação da planta

Foi realizado um teste para se obter os parâmetros do modelo matemático identificado.

Inicialmente manteve-se o mesmo valor de frequência e de largura de pulso. A amplitude escolhida foi de 65mA.

O teste foi executado uma única vez, sendo armazenado o vetor de variação angular e de corrente média aplicada na perna do voluntário, que resultou em um degrau.

O vetor corrente média foi multiplicado por uma constante, de forma que o resultado fosse igual a um. Assim, teve-se uma entrada no sistema igual a um degrau unitário, facilitando a identificação.

Com essa metodologia, considera-se que quando a entrada do sistema for igual a um, represente os parâmetros escolhidos para identificação, e como a frequência e a corrente de estimulação foram fixadas, a mudança do valor do degrau irá alterar a largura do pulso aplicado, mantendo a proporcionalidade da corrente média. Assim, o controlador projetado controla a corrente média aplicada durante a estimulação, variando sua largura de pulso.

Após a realização dos testes, os vetores armazenados foram importados para o LabVIEW, onde utilizou-se o bloco "Transfer Function Estimation" para obter os parâmetros do modelo matemático que relaciona o estímulo aplicado com a variação angular da perna do voluntário.

O modelo matemático escolhido foi o de ordem zero no numerador e segunda ordem no denominador. Este modelo foi escolhido segundo os estudos de Law e Shields [10], que apresentam o modelo linear simplificado dos membros inferiores.

A planta identificada para o teste, 65mA, está apresentada na equação (1),

$$G_{p2}(s) = \frac{1036,12}{s^2 + 12,59s + 22,57} \quad (1)$$

### 2.2.3. Controle da posição da perna

A partir da planta obtida no item 2.2.2, simulou-se no Matlab/Simulink o sistema em malha fechada com um controlador PID discreto.

Com o sistema no ambiente Matlab/Simulink, projetou-se o controlador discreto utilizando o Botão "Tune" do bloco PID. Com o auxílio desse bloco, o usuário insere os parâmetros desejados, e o bloco configura automaticamente as constantes do controlador.

As especificações exigidas foram o tempo de estabelecimento de 3s, para critério de erro de regime de 2% e frequência do controlador igual a 50Hz, que é a mesma frequência da estimulação.

Com o sistema em malha fechada projetado e simulado, o controlador foi gravado em um DSP, de forma que o dispositivo fosse capaz de receber o ângulo de referência, o sinal de realimentação, realizasse o controle e gerasse a forma de onda de estimulação.

## 3. Resultados e discussão

Para analisar o funcionamento do eletroestimulador desenvolvido, foram realizados diversos testes e comparações com um equipamento comercial. O eletroestimulador comercial utilizado foi o Neurodyn II, da empresa IBRAMED.

O aparelho desenvolvido possui oito canais que aplicam a eletroestimulação por corrente e permitem o ajuste de sua amplitude para até 140mA, para uma carga de 1,3K $\Omega$ , duração do pulso (T) de 0 a 500 $\mu$ s e frequência (f) de 30Hz a 300Hz.

Na Figura 6, é apresentada uma foto do equipamento.

Para comparar os sistemas, aplicou-se os mesmos parâmetros nos dois equipamentos e verificou-se a saída em uma carga de 1K $\Omega$ . Os parâmetros foram:

- T (período) = 500 $\mu$ s;
- f (frequência) = 250Hz;
- I (corrente) = 40mA<sub>pp</sub>.

Na Figura 7, pode-se comparar os sinais de eletroestimulação do equipamento projetado e do comercial.

Como previamente definido, foi gerado um sinal retangular, bifásico, equilibrado, com período de 500 $\mu$ s, frequência de 250Hz e amplitude de 40mA<sub>pp</sub>.

O teste de controle foi realizado com uma pessoa hígida, ou seja, sem lesão medular.

Na Figura 8, está apresentado o teste em que o ângulo de referência escolhido foi 60°, partindo da origem.

Foram plotados os resultados simulados, experimentais e correntes médias de estimulação.

Esse experimento foi repetido três vezes consecutivas, com intervalo de dois minutos.

Observando o resultado experimental, nota-se que em todos os casos a resposta convergiu para um valor constante, o maior erro de regime foi de aproximadamente 1,5%, o tempo de estabelecimento do primeiro e segundo testes foi de 2,5s, enquanto o do terceiro foi de 3s.

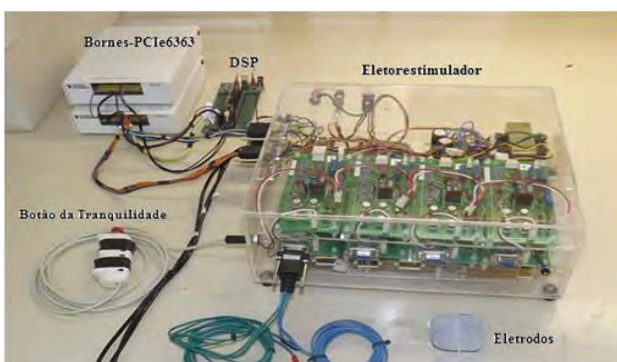


Figura 6. Foto do equipamento implementado.

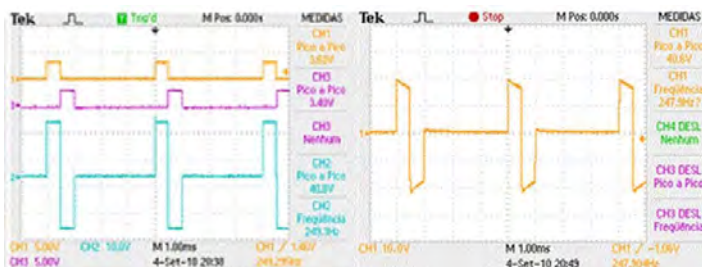


Figura 7. Formas de onda produzidas pelo equipamento desenvolvido e pelo Neurodyn II.

A partir destes três experimentos, verifica-se que o controlador controla adequadamente a posição da perna do voluntário, sendo os resultados experimentais muito próximos dos obtidos por meio de simulação. Analisando-se a Figura 8, observa-se que as correntes médias não permaneceram constantes em cada experimento e foram diferentes em cada um deles. Isto ocorreu para que a perna se mantivesse na posição desejada, evidenciando que a planta se alterou durante os três experimentos.

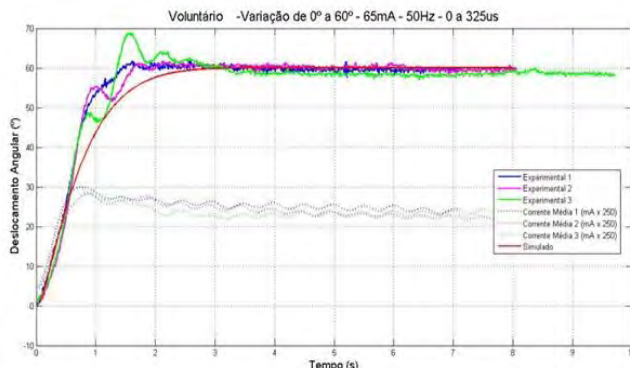


Figura 8. Teste de Controle - Variação Angular de 0 a 60° - corrente de 65mA.

#### 4. Conclusões e trabalhos futuros

Implementou-se um versátil sistema eletrônico para gerar e avaliar movimentos nos membros inferiores de pessoas hígdas e com lesão medular.

Além dos ajustes dos parâmetros de estimulação, que podem ser feitos de forma ágil, também é possível, por meio de gráficos e de indicadores, monitorar em tempo real a forma de onda de estimulação aplicada, o deslocamento, a velocidade e a aceleração angular da perna do voluntário durante os experimentos. Por meio da interface implementada, o projetista tem total controle sobre o experimento, podendo intervir da forma que achar necessária e monitorar todas as grandezas que estão sendo verificadas.

O controlador PID foi eficiente para estabelecer a posição da perna de um voluntário hígdido na posição desejada pelo usuário.

Outro fator a ser ressaltado foi a variação da corrente média. Em diferentes testes, mesmo após a posição da perna ter se estabelecido no ângulo desejado, a corrente média continuou se alterando e, em alguns casos, aumentando. Esse fato evidencia que houve algum distúrbio no sistema ou a planta se alterou durante o experimento e o controlador teve que alterar a corrente média para manter a posição angular na referência desejada.

Em uma próxima etapa, pretende-se realizar testes de controle em malha fechada com paraplégicos.

#### Referências

- [1] Lianza, S. Estimulação elétrica funcional - FES e reabilitação. Editora: Atheneu Rio, paginas: 98, 1993.
- [2] Rowbottom, M.; Susskind, C. Electricitatis and medicine: history of their interaction. São Francisco Press, 1984. [3] GRIII, W. M.; Mortimer, J. T. Stimulus waveforms for selective neural stimulation. IEEE Engineering in Medicine And Biolo-gy. Cleveland, v. 14, n. 4, p. 375 - 385, Jul./Aug. 1995.
- [4] Ferrarin, M.; Pedotti, A. The relationship between electrical stimulus and joint torque: a dynamic model. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Milan, p. 242-351, 2000.
- [5] Lieber, R. L.; Silva, P. D.; Daniel, D. M. Equal effectiveness of electrical and volitional strength training for quadriceps femoris muscles after anterior cruciate ligament surgery. Journal of Orthopaedic Research, San Diego, v.14, p. 131 - 138, 1996.
- [6] Eilinger, T.; Wild, M.; Gerber, H.; Stussi, E. An eight-channel computer controlled stimulator for functional electrical stimulation. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Switzerland, p.1803-1804, 1991.
- [7] Faria, U. C. Implementação de um sistema de geração de marcha para pacientes com lesões medulares. 2006.Tese (Douto-rado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2006.
- [8] Chang, H. U. A versatile multichannel direct-synthesized electrical stimulator for FES applications. IEEE Transactions On In-strumentation And Measurement, Taipei, v. 51, n. 1, p. 02-09, Feb. 2002.
- [9] Boylestad, R. L.; Nashelsky, L. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. 8. ed. Pearson/Prentice Hall, 2004. [10] Law, L. A. F.; Shields, R. K. Predicting human chronically paralyzed muscle force. Journal of Applied Physiology, Bethesda, v. 100, n. 3, p. 1027–1036, Nov. 2006.



# Metodologia para Registro de uma Base de Dados Relacionada com o Emocional Humano Aplicada a uma Interface Cérebro-Máquina

R. C. Pin<sup>1</sup>, M. S. Iglesias<sup>1</sup>, M. L. de Souza<sup>2</sup>, A. Ferreira<sup>1</sup>, T. F. Bastos-Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo

<sup>2</sup>Departamento de Psicologia Social e do Desenvolvimento, Universidade Federal do Espírito Santo

Av. Fernando Ferrari, 514 - 29075-910 Vitória-ES, Brasil

[andrefer@ele.ufes.br](mailto:andrefer@ele.ufes.br)

**Resumo.** A complexidade e o desafio de prover computadores com a habilidade de entender e responder de forma inteligente às complexas emoções humanas expressas naturalmente, representam o principal problema a ser abordado neste projeto e que também favorece a expansão de muitos campos de pesquisa incluindo a neurociência, a fisiologia e a psicologia. Embora as Interfaces Cérebro-Máquina (ICM) representem um canal alternativo de comunicação e comando para pessoas com deficiência neuromuscular, ainda são bastante suscetíveis às variações do estado emocional do usuário. Assim, o que se apresenta neste artigo é uma metodologia para construção de uma base de dados de sinais eletrofisiológicos de usuários submetidos a diferentes estados emocionais. Este trabalho servirá de apoio para identificar componentes emocionais presentes no eletroencefalograma (EEG) e, conseqüentemente, para aumentar a robustez de Interfaces Cérebro-Máquina.

**Palavras-chave:** Emocional humano, interface cérebro-máquina, eletroencefalograma (EEG).

## 1. Introdução

O Laboratório de Automação Inteligente (LAI) vinculado ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEL) goza de extenso histórico de pesquisas em Interfaces Cérebro-Máquina (ICM). A precisão e eficiência da interface estão intrinsecamente ligadas ao estado emocional experimentado pelo usuário. O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para construção e registro de uma base de dados de sinais eletrofisiológicos dos voluntários, enquanto os mesmos são estimulados a experimentar diversas emoções. De posse dessa base de dados, objetiva-se reconhecer padrões cerebrais capazes de identificar o estado emocional de um usuário de uma ICM mitigando os riscos inerentes à baixa precisão/eficiência da interface no momento, aumentando a autonomia do sistema e/ou corrigindo o sinal capturado por eletroencefalograma (EEG).

## 2. Metodologia

A primeira etapa consiste em selecionar voluntários entre 17 e 35 anos. Será entregue a cada voluntário um documento explicativo onde estará presente a descrição detalhada de todas as etapas do experimento e seus respectivos riscos detalhadamente. O voluntário responderá a um questionário onde se detectará: estresse fora do comum na semana, ausência de descanso e se o voluntário teve uma alimentação adequada nos últimos dias, se o mesmo consumiu álcool, cafeína ou drogas nas últimas 48h, se já tem familiaridade com o EEG, fobias e outras características que desaconselhem o voluntário a participar do experimento ademais de gostos musicais que ajudarão na seleção de estímulos utilizados durante o experimento.

Realizada a triagem inicial, os voluntários pré-selecionados serão instruídos novamente sobre o procedimento e familiarizados com os equipamentos utilizados. Sabendo de antemão que a atenção concentrada caracteriza um processo inibitório, ou seja, se verifica quando estímulos externos àquele de interesse são inibidos, o experimento acontecerá em um ambiente neutro e confortável garantindo o mínimo de estímulos externos durante o procedimento. A instalação dos sensores, preparação do voluntário e as



demais etapas do procedimento serão realizadas em uma sala espaçosa, climatizada e com iluminação controlada.

Os sensores utilizados serão um gorro próprio para EEG com eletrodos superficiais posicionados na cabeça, sensores para eletromiógrafo (EMG) nas costas e no rosto, sensor galvânico de pele na mão, sensor de temperatura na mão e duas câmeras de vídeo (uma focada no rosto e outra no corpo). Nenhum sensor é invasivo ou capaz de causar qualquer tipo de dano ao voluntário.

Após o posicionamento dos sensores/eletrodos, o gorro será calibrado (casamento de impedâncias) por meio da aplicação de um gel condutor tóxico neutro não tóxico e não corrosivo entre o couro cabeludo e os eletrodos [7]. O voluntário sentará então em uma cadeira confortável defronte a um monitor LED de 21 polegadas e caixas de som (brilho e volume regulados para maior conforto do voluntário) e será dado um aviso sonoro e luminoso indicando o início do experimento. Iniciar-se-á a captura de dados por meio do dispositivo BRAINNET BNT-36 [7] e uma sequência de 20 (vinte) vídeos de 45 segundos de duração será executada. A duração dos vídeos e da sequência foi escolhida de modo a aproveitar a atenção concentrada e mantida do voluntário respectivamente [1].

Após a reprodução de cada vídeo o voluntário avaliará o vídeo assistido de acordo com a familiaridade, dominância, quão agradável e quão excitante lhe pareceu o estímulo, quão vigilante/atento estava, e se gostou ou não do mesmo.

Em seguida, após uma sequência de 20 vídeos, será feito um intervalo para que o voluntário descanse um pouco e será oferecido ao mesmo um pequeno lanche (livre de cafeína). Logo, será realizada a avaliação de uma sequência de mais 20 vídeos e então a coleta de dados se encerrará.

A base de estímulos audiovisuais (vídeos, imagens e sons) será selecionada de modo a poder evocar as emoções primárias: prazer, medo, tristeza e raiva cobrindo assim todos os quadrantes do eixo Excitação/Valência proposto por Russel [2] e apresentado na Figura 1. Ao evocarmos emoções primárias aumentamos a precisão na identificação do estado emocional, uma vez que emoções não primárias costumam estar atreladas a outras emoções [3]. A base de estímulos será construída baseando-se em estudos realizados anteriormente, tanto nacionalmente [4] como internacionalmente [5], ademais de um banco internacional de dados de estímulos visuais [6].



Figura 1. Posição de algumas emoções no plano Excitação/Valência.

No estudo realizado na UNIFESP [4], foram entrevistados diversos voluntários para que avaliassem segundo a escala de Russel imagens do banco de estímulos visuais internacional IAPS (*International Affective Picture System*). Com a análise da avaliação, é possível cobrir uma ampla gama de emoções evocadas passando por todas as regiões do plano de Russel. A base de estímulos será formada por vídeos em alta definição semelhantes (padrão de cores, temática e etc.) aos avaliados no estudo da UNIFESP, tentando, sempre que possível, encontrar estímulos brasileiros para que haja maior familiaridade para o voluntário e aproveitar também a contribuição neolinguística das falas em português. Um estudo internacional semelhante [5] construiu uma base de estímulos audiovisuais, disponibilizando-os juntamente com a classificação de voluntários que classificaram os vídeos. Alguns vídeos utilizados nesse estudo

serão incluídos na base de estímulos proposta, como o apresentado na Figura 2 sobre o carnaval de rua no Rio de Janeiro.



Figura 2. Imagem de um vídeo da base de estímulos (Alta Excitação e Valência).

Ao finalizar a coleta de dados, os sensores serão retirados e será realizada uma pequena entrevista com o voluntário para avaliar seu estado emocional certificando, assim, que o voluntário não sofreu qualquer prejuízo decorrente da prática a qual foi submetido. Todas as etapas do experimento serão levadas a cabo por pesquisadores dos cursos de Psicologia e Engenharia Elétrica da UFES.

### 3. Resultados e discussão

No caso dos estímulos de alta excitação e baixa valência optou-se por adotar a mesma solução utilizada pelo DEAP [7] ao utilizar-se videoclipes de músicas (no caso do DEAP utilizou-se clipes da banda "Napalm Death") e não imagens muito fortes, a fim de preservar os voluntários e evitar a exposição a clipes que poderiam causar um desconforto muito acentuado.

Também tendo como base a pesquisa da UNIFESP [4] e levando-se em conta as discussões realizadas com o grupo da psicologia da UFES, procurou-se enfatizar em vídeos que estivessem em português e com grande identificação cultural com os brasileiros (vídeos de festas típicas nacionais, eventos históricos acontecidos no Brasil, clipes de bandas nacionais). Isso devido ao fato que a identificação com a língua e com assuntos relacionados ao cotidiano dos voluntários, torna o estímulo mais eficaz. O que se ressalta neste ponto é a importância da identificação cultural dos voluntários com os videoclipes para a construção da base de dados relacionada com o emocional humano.

Para se analisar dentre os vídeos editados quais são os que geram os níveis emocionais esperados de maneira mais satisfatória, os mesmos foram apresentados a um grupo de 6 voluntários que avaliaram cada vídeo de acordo com sua excitação e valência. Para isso os voluntários atribuíram notas de 1 a 5 sobre cada um dos dois quesitos. Sendo 1 considerado o nível mínimo de excitação ou valência e 5 o nível máximo. A média das notas de cada vídeo é apresentada em forma de gráfico e mostrado na Figura 3.

A avaliação dos dados registrados para validação dos níveis emocionais desejados e mesmo para analisar qual nível emocional foi atingido com os estímulos (um estímulo que teoricamente evocaria raiva pode evocar medo ou até mesmo prazer em um voluntário) é necessária, pois sem ela a base de dados não tem sentido e nem aplicação científica posterior. Portanto, além dos sinais de EEG é necessário o registro de outros dados que permitam tal avaliação posteriormente, conforme já comentado.

Outra fonte de análise importante é a avaliação do próprio voluntário com relação aos estímulos aplicados a ele. A ideia proposta na pesquisa DEAP [7] foi que os voluntários avaliassem por meio de imagens que melhor expressassem o que os mesmos acharam dos estímulos. As alternativas são apresentadas por meio de imagens que expressam tais níveis, como mostrado nas Figuras 4, 5 e 6.

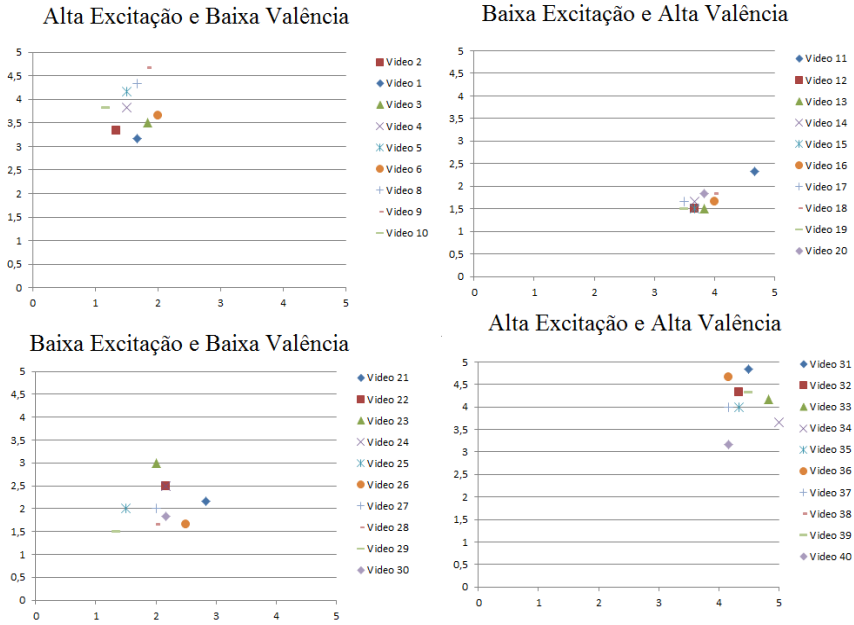


Figura 3. Média de cada vídeo para 6 voluntários.

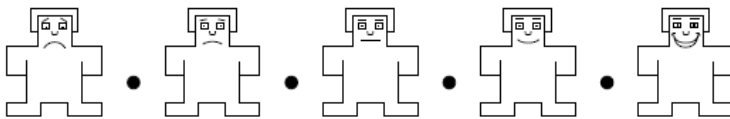


Figura 4. Quadro de avaliação do candidato sobre a valência.

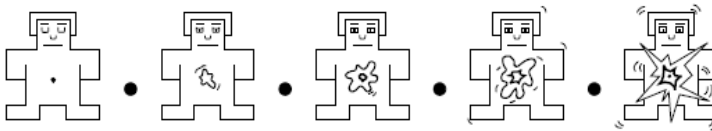


Figura 5. Quadro de avaliação do candidato sobre a excitação.



Figura 6. Quadro de avaliação do candidato sobre o estímulo.

#### 4. Conclusões e trabalhos futuros

Até o momento, algoritmos para reconhecimento de padrões emocionais têm sido avaliados em bases de dados internacionais [8]. Ao final desta etapa espera-se ter uma equipe altamente capacitada para registro destes dados relacionados com o emocional humano e uma nova base de dados, e com características locais, para teste dos algoritmos.

O projeto está em andamento e o que se espera ao final é o aprimoramento de uma ICC já disponível na UFES, não invasiva, baseada em eletroencefalograma (EEG), que seja capaz de reconhecer componentes emocionais presentes nos sinais cerebrais e que utilize tais informações para aumentar sua robustez e gerar comandos de forma mais intuitiva para o usuário. Atualmente, o projeto dispõe de uma base de estímulos com 80 vídeos, sendo 20 de cada quadrante do plano Excitação x Valência.

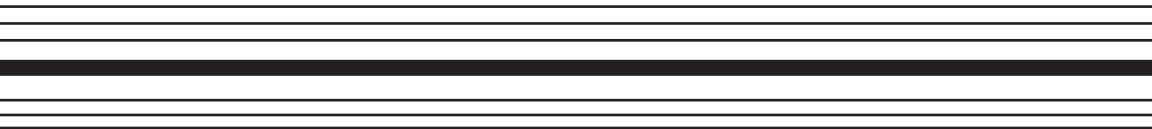
#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPES/CNPq (Processo 53666038/2011) pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

#### Referências

- [1] M. W. Eysenck, M. T. Keane. *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. 5. ed. Dublin, Irlanda: Psychology Press, 2005. 656 p.
- [2] J. A. Russell, A circumplex model of affect, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, no. 6, pp. 1161–1178, 1980.
- [3] M. S. Gazzaniga. *Ciência Biológica: Mente, Cérebro e Comportamento*. 2. ed. Califórnia: Artmed, 2005. 624 p.
- [4] UNIFESP/EPM, Departamento de Psicobiologia. Disponível em: <<http://www.unifesp.br/dpsicobio/adap/adapta.htm>>. Acesso em: 01 mar. 2013.
- [5] "DEAP: A Database for Emotion Analysis using Physiological Signals (PDF)", S. Koelstra, C. Muehl, M. Soleymani, J.-S. Lee, A. Yazdani, T. Ebrahimi, T. Pun, A. Nijholt, I. Patras, *IEEE Transaction on Affective Computing, Special Issue on Naturalistic Affect Resources for System Building and Evaluation*, in press
- [6] University of Florida. Margaret M Bradley. Coordenadora (Org.). *International Affective Picture System (IAPS)*. Disponível em: <<http://csea.php.ufl.edu/Media.html>>. Acesso em: 18 mar. 2013.
- [7] Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda. *Eletroencefalógrafo (EEG) BrainNet BNT 36: Manual do Usuário*. 3. ed. São Paulo, Sp, 2009. 106 p.
- [8] A. C. Atencio, A. Ferreira, T. F. Bastos-Filho, M. L. R. Menezes, C. E. Pereira. Avaliação de técnicas de extração de características baseadas em PSD (Power Spectral Density), HOC (High Order Crossings) e características estatísticas no reconhecimento de estados emocionais. In: *XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica CBEB 2012, Recife. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica CBEB 2012*.







## Temática 5

Acciones Horizontales





# La Accesibilidad Universal en el Contexto de la Brecha Digital

Julio Abascal<sup>1</sup>, Antón Civit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>EGOKITUZ: Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibersitate Informatika Fakultatea. Manuel Lardizabal 1. 20018 Donostia-San Sebastián, España [julio.abascal@ehu.es](mailto:julio.abascal@ehu.es)

<sup>2</sup>Robótica y Tecnología de Computadores Aplicada a la Rehabilitación Universidad de Sevilla. ETS de Ingeniería Informática Avda. Reina Mercedes S/N. 41012 Sevilla, España. [civit@atc.us.es](mailto:civit@atc.us.es)

**Resumen.** La Accesibilidad Universal se plantea usualmente como un problema individual y en términos que ignoran el entorno socio-económico y político-social. Por tanto, la mayoría de las soluciones que se proponen inciden en los aspectos relacionados con el diseño accesible, pero ignoran barreras relativas a la disponibilidad de los recursos y de los conocimientos necesarios para aprovechar el esos diseños. Esto hace que el actual planteamiento de la Accesibilidad Universal sólo tenga impacto en una pequeña fracción de la población mundial de personas con discapacidad. Esta presentación plantea la necesidad de un enfoque global que tenga en cuenta aspectos relacionados con la alfabetización, la disponibilidad de tecnología, la formación digital, el uso de lenguas minoritarias, etc., si se quiere hablar de una verdadera Accesibilidad Universal.

**Palabras clave:** Accesibilidad universal, brecha digital, diseño para todos.

## 1. Introducción

Conceptos tales como “Accesibilidad Universal” o “Diseño para todos” se centran en la superación de las barreras de accesibilidad para las personas con discapacidad dando por supuesto que disponen de la formación, el equipamiento y la infraestructura necesarias. Sin embargo esto sólo es cierto para una pequeña fracción de la población mundial. Para la mayoría de las personas con discapacidad se dan condiciones de partida más restrictivas, tales como difícil acceso al equipamiento informático o disponibilidad de equipamiento obsoleto, analfabetismo, uso de una lengua distinta de la oficial, etc. Las pautas de accesibilidad usualmente ignoran muchas de estas restricciones, por lo que no tienen validez en estos entornos. De hecho, el planteamiento actual de la Accesibilidad Universal sólo puede promocionar la integración de las personas con discapacidad en las sociedades opulentas.

En este contexto la pregunta que se plantea es ¿cómo se puede avanzar en la integración de las personas con discapacidad en sociedades que presentan restricciones en la formación y/o en el acceso al equipamiento?

## 2. La brecha digital

La brecha digital afecta principalmente a los países en vías de desarrollo, que carecen de los medios técnicos y económicos necesarios para garantizar acceso a las TICs a todos sus ciudadanos. En *La brecha digital, un concepto social con cuatro dimensiones*, Volkow (2003) [1] hace un claro análisis de los que significa la brecha digital. Muchos países en desarrollo son conscientes del problema y han desarrollado planes para eliminarlo. Por ejemplo, Espinoza (2010) presenta el plan venezolano para su superación en “La brecha digital. Avances para su superación en Venezuela” [2].

Pero también se dan islas de exclusión digital en los países desarrollados, en comunidades más pobres o menos integradas. Por ejemplo, los inmigrantes suelen disponer de menos posibilidades de acceso a las TICs que el resto de los ciudadanos. Las personas con discapacidad pertenecientes a estas comunidades, encuentran además de las barreras de accesibilidad, restricciones debido a razones económicas y lingüísticas, tal como se puede ver *The disability divide in internet access and use*, de Dobransky y Hargittai (2006) [3].



Algunos autores opinan que el concepto de "brecha digital" ("*digital gap/divide*") muy ligado a la disponibilidad de acceso a recursos informáticos, no es suficiente para entender y explicar la situación. En este sentido, Chaudhry y Shipp (2005) [4], en un trabajo titulado *Rethinking the Digital Divide in relation to Visual Disability in India and the United States: Towards a Paradigm of "Information Inequity"*, presentan una interesante comparación entre los enfoques sobre el impacto de la brecha digital en personas con discapacidad visual en India y en USA, y concluyen: "Nuestro desafío a la percepción binaria popular de una brecha digital tecnológicamente determinada intenta ofrecer una conceptualización más amplia de la brecha. El modelo de "desigualdad de información" sitúa de lleno la cuestión de la brecha digital y la discapacidad digital resultante, en la intersección de la discapacidad, la tecnología y la sociedad. Reconoce que "la desigualdad de la información" es una realidad marginante común, un subproducto de factores político económicos, culturales y sociales, reconocible en diversas manifestaciones través de la India y los Estados Unidos. La "perspectiva transcultural-visual-discapacidad" de la desigualdad de información revela las interconexiones entre la escasez digital y la discapacidad digital. La dialéctica inclusión-exclusión que evidentemente existe dentro y fuera de la India y los Estados Unidos, es pertinente para entender las complejidades y disipar los mitos que rodean la accesibilidad digital".

### 3. Acceso la de tecnología

En los países desarrollados la disponibilidad de acceso al equipamiento necesario para usar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) recae principalmente en los propios usuarios. También suelen disponer de instituciones, tales como bibliotecas o centros culturales, que proveen acceso gratuito a las TICs, especialmente a la Web. Sin embargo, en muchos casos estos puntos de acceso no garantizan la accesibilidad a las personas con discapacidad.

Existen iniciativas que ponen el acento en dotar a cada usuario de su propio equipo. Por ejemplo, la Fundación *One Laptop per Child* afirma "Nuestro objetivo es proporcionar a cada niño un robusto ordenador portátil con conexión, de bajo costo y bajo consumo de energía robusto. Con este fin, hemos diseñado hardware, contenido y software para aprendizaje colaborativo, entretenido y auto-empoderado. Con el acceso a este tipo de herramientas, los niños participan en su propia educación, y aprenden a compartir y crear juntos. Llegan a estar conectados entre sí, con el mundo y con un futuro mejor" [5]. Pero es necesario un planteamiento no invasivo por parte de los países desarrollados. Así, Watters (2012) en *The Failure of One Laptop Per Child* afirma: "Pero queda una extraña tensión entre dejar caer una "solución" tecnológica occidental e insistir en que hacerlo así es "no invasivo"[6].

Otros, como Espinoza (2010) [2], creen que para superar la brecha digital es necesario establecer nuevos esquemas de uso compartido de la tecnología. Por ejemplo, la Fundación 50x15 [7] se presenta un ecosistema de colaboración de entidades públicas y privadas, locales y mundiales dedicadas a acelerar la inclusión digital en todo el mundo a través de conexión a Internet asequible y sostenible y los proyectos de capacidad de computación.

En el caso de la accesibilidad universal, además, deben tener en cuenta las necesidades especiales de las personas con determinadas restricciones. Por ejemplo, en el capítulo de experiencias de atención a poblaciones vulnerables, la Fundación Infocentro (2012) menciona el "Relanzamiento del Plan Nacional de Alfabetización Tecnológica dirigido a personas con discapacidad visual" [8].

#### 3.1. Tecnología asistencial en la nube

Las personas con discapacidad pueden requerir equipamiento especial para poder acceder a los dispositivos comerciales normalmente utilizados por el resto de la población. Por ejemplo pulsadores, teclados especiales, joysticks, mouthsticks, lectores de pantalla, líneas braille, etc.

Cuando la tecnología asistencial está basada en aplicaciones software, por ejemplo conversores de texto-voz usados como lectores de pantalla, estos pueden residir en repositorios accesibles a través de internet, que pueden ser descargados o usados en línea (si se dispone de un servicio de red adecuado). En "*Creating a Global Public Inclusive Infrastructure*" Vanderheiden and Treviranus (2011) [9] afirman "A medida que avanzamos hacia una economía digital y la integración de la tecnología es cada vez más completa en todos los aspectos de la vida se avecina una crisis que para un número creciente de individuos cada vez más marginados. Las tecnologías de accesibilidad que tenemos cubren las necesidades de sólo unos pocos, a

un alto costo - y no funcionarán con muchas nuevas tecnologías. Además, el ritmo y la ruta del cambio tecnológico predestinan estos enfoques a fallar en un futuro muy próximo. Al mismo tiempo, la incidencia de la discapacidad está aumentando a medida que nuestra población envejece. Sin embargo, esos mismos avances técnicos son la clave para un cambio radical de paradigma en nuestro enfoque de la accesibilidad, ya que pueden aprovechar el ritmo de la innovación y trabajar para nosotros y no contra nosotros. Se propone el desarrollo de una Infraestructura Pública Global Inclusiva (*Global Public Inclusive Infrastructure, GPII*) que puede aprovechar la capacidad sin precedentes de almacenar recursos y satisfacer la demanda mediante la oferta disponible en la "Nube" para ofrecer accesibilidad a todas las personas que la necesitan, cuando lo necesitan y de manera que se corresponda con sus necesidades específicas, de forma automática sin tener que negociar, explicar, cumplir requisitos o justificar".

La disponibilidad de aplicaciones de tecnología asistencial en la "Nube" facilitaría grandemente la accesibilidad. Sin embargo cuando la tecnología asistencial está fundamentalmente basada en dispositivos hardware, es necesario facilitar un sistema de distribución y mantenimiento eficiente y barato.

### **3.2. Telefonía móvil**

En los últimos años el teléfono móvil ha demostrado ser una vía de acceso a las TICs con grandes posibilidades. Países tales como la India destacan por sus innovadores e imaginativos diseños. Por ejemplo, se han desarrollado sistemas para enseñanza de idiomas, traducción automática, oficinas bancarias remotas, etc., que están completamente basados en el teléfono móvil. Sin embargo, para que estos avances tengan también impacto en poblaciones sin recursos, se requiere por un lado el abaratamiento de los terminales de telefonía inteligentes (*smartphones*) y la provisión de tarifas asequibles para el uso de la red de datos. En este sentido, Abascal y Civit (2001) [10] plantean en *Universal access to mobile telephony as a way to enhance the autonomy of elderly people*, los requisitos tecnológicos principales para que los ancianos puedan acceder a la telefonía móvil.

## **4. Acceso a la formación**

### **4.1. Formación básica**

El uso de muchos de los servicios provistos mediante TICs requiere formación básica, tal como alfabetización, que debe ser extendida a toda la población. Como contrapartida, las TICs pueden ser utilizadas con éxito para garantizar el acceso a la formación básica de sectores de la población normalmente marginados.

### **4.2. Formación digital**

Actualmente el acceso a las TICs requiere determinados conocimientos técnicos básicos, por ejemplo el uso de un navegador para acceder a la web, que pueden ser más complejos cuando se quieren usar aplicaciones más avanzadas. La plena integración requiere programas de actuación que aseguren estos conocimientos a todas las personas, incluidas aquellas que tiene algún tipo de restricción.

## **5. Accesibilidad a la Web**

La accesibilidad a la Web plantea problemas específicos. Por un lado, la Web resulta una opción barata que muchas administraciones adoptan para la provisión de servicios locales. Servicios tales como la realización de trámites administrativos, la distribución de información, la formación a distancia, etc., pueden resultar más eficientes y baratos cuando son convenientemente provistos a través de la Web. Además, en algunos países el acceso a derechos cívicos, tales como el voto, son canalizados a través de la Web. Por ello, si no se quiere incurrir en discriminación, la administración debe garantizar que todos estos servicios son accesibles a todos los usuarios, independientemente de sus características físicas, sensoriales o cognitivas, del idioma que utilizan, del equipamiento que pueden usar, etc.

Por otro lado, la Web da acceso a contenidos no son controlados por la administración que pueden resultar muy convenientes para todas las personas, incluyendo aquellas que tiene alguna discapacidad. Existen importantes iniciativas, tales como la WAI/W3C, para que todos los contenidos de la Web sean accesibles. Sin embargo, la garantía de la accesibilidad solamente es obligatoria en países con legislación incluyente (y

en muchos casos sólo para los sitios web de la administración). En todo caso, las pautas de accesibilidad actuales no incluyen específicamente aspectos relacionados con los problemas que hemos mencionado anteriormente, tal como se puede ver en Abascal and Nicolle (2005) [11]. Así pues, la accesibilidad universal a estos contenidos requiere un esfuerzo coordinado internacional.

## 6. El contexto social

Evidentemente la integración digital no puede plantearse solamente para las personas con discapacidad. Es necesario plantear la inaccesibilidad en el contexto social en el que se sitúa la persona con discapacidad. Para muchos el derecho a la accesibilidad no se puede plantear hasta que la comunidad en la vive la persona con discapacidad no alcance un mínimo nivel de acceso a la tecnología digital. Sin embargo, secuencializar el planteamiento de la accesibilidad suele llevar a callejones sin salida. Para cuando las condiciones de acceso están bien establecidas para la población en general, suelen incluir graves problemas de accesibilidad que son prácticamente imposibles de erradicar debido a que están enraizadas en el propio planteamiento adoptado.

Así pues, es necesario afrontar la accesibilidad universal, al mismo tiempo que se solucionan los demás problemas que llevan a la exclusión digital.

## 7. Conclusión

Un enfoque amplio de la accesibilidad universal requiere incorporar medidas que incluyen:

- Nuevos métodos de acceso compartido a las TICs
- Aplicaciones compatibles con tecnología (redes y procesadores) obsoleta o de bajo rendimiento.
- Tecnología poco compleja, barata y fácil de mantener.
- Facilidades para el uso de las lenguas no oficiales.

La superación de la exclusión digital de las personas con discapacidad en todo el mundo requiere un enfoque conjunto, no separado de la lucha para eliminar la brecha digital. Ambos problemas no pueden ser separados ni enfrentados de manera secuencial.

Como dice Warschauer (2003) en su libro *Technology and Social Inclusion. Rethinking the Digital Divide*, "Una premisa central es que, en la sociedad actual, la capacidad de acceder, adaptar y crear conocimiento usando las Tecnologías de la Información y la Comunicación es crítica para la inclusión social. Este foco en la inclusión social desplaza la discusión sobre la brecha digital de los huecos que deben ser rellenados aportando equipamiento a los retos de desarrollo social, para dirigirla hacia la integración efectiva de la tecnología en las comunidades, instituciones sociedades. Lo más importante no es tanto la disponibilidad física de ordenadores e Internet sino mas bien la capacidad de la gente de hacer uso de las tecnologías para implicarse en prácticas sociales significativas" [12].

## Referencias

- [1] Volkow N. (2003). La brecha digital, un concepto social con cuatro dimensiones. Boletín de Política Informática Núm. 6. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Mexico. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/tecnologia/brecha.pdf>
- [2] Espinoza N. (2010). La brecha digital. Avances para su superación en Venezuela. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, Agosto de 2010. [http://www.revistacts.net/files/Portafolio/espinoza\\_edit.pdf](http://www.revistacts.net/files/Portafolio/espinoza_edit.pdf)
- [3] Dobransky K., Hargittai E. (2006). The disability divide in internet access and use. *Information, Communication & Society*, 9:3, 313-334. <http://dx.doi.org/10.1080/13691180600751298>
- [4] Chaudhry V., Shipp T. (2005). Rethinking the Digital Divide in relation to Visual Disability in India and the United States: Towards a Paradigm of "Information Inequity". *Disability Studies Quarterly*. Spring 2005, Volume 25, No. 2. <http://dsq-sds.org/article/view/553/730>
- [5] One Laptop per Child: <http://one.laptop.org/>,
- [6] Watters, A. (2012). The Failure of One Laptop Per Child. <http://www.hackeducation.com/2012/04/09/the-failure-ofolpc/>
- [7] 50x15 Foundation: <http://www.50x15.com>

- [8] Fundación Infocentro (2012). Datos relevantes proyecto Infocentro. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Ministerio del Poder Popular. Para Ciencia, Tecnología e Innovación. [http://infocentro.gob.ve/\\_galeria/archivo/2\\_documento\\_662\\_ayuda\\_memoria\\_infocentro\\_al\\_01-08-2012.pdf](http://infocentro.gob.ve/_galeria/archivo/2_documento_662_ayuda_memoria_infocentro_al_01-08-2012.pdf)
- [9] Vanderheiden G. C., Treviranus J. (2011). Creating a Global Public Inclusive Infrastructure. In: Stephanidis C. (Ed.): Universal Access in Human-Computer Interaction. Design for All and eInclusion, LNCS 6765 Springer 2011, Pp.: 517526.[http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-21672-5\\_57.pdf](http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-21672-5_57.pdf)
- [10] Abascal, J., Civit, A. (2001). Universal access to mobile telephony as a way to enhance the autonomy of elderly people. In Proceedings of the 2001 EC/NSF workshop on Universal accessibility of ubiquitous computing: providing for the elderly (pp. 93-99). ACM.
- [11] Abascal J., Nicolle C. (2005). Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware HCI. *Interacting with Computers*, 17(5), pp. 484–505. <http://dx.doi.org/10.1016/j.intcom.2005.03.002>
- [12] Warschauer, M. (2003) *Technology and Social Inclusion. Rethinking the Digital Divide*. The MIT Press.



# Evaluación Ergonómica y Antropométrica de las Estaciones de Trabajo en las Oficinas Públicas en la Provincia de Santiago, República Dominicana

## Caso ONAPI

L. Cabrera<sup>1</sup>, D. Nouel<sup>2</sup>, A. Cabrera<sup>1</sup>, N. Polanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica Madre Y Maestra  
Facultad De Ciencias de la Ingeniería  
Departamento De Ingeniería Industrial  
Autopista Duarte Km 1 ½, Santiago, República Dominicana  
Tel.: 809-580-1962 Fax: 809-241-0703  
[lcabrera@pucmmsti.edu.do](mailto:lcabrera@pucmmsti.edu.do)  
[anser.cabrera@gmail.com](mailto:anser.cabrera@gmail.com)  
[nathaliepolanco@gmail.com](mailto:nathaliepolanco@gmail.com)

<sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica Madre Y Maestra  
Facultad De Ciencias De La Salud  
Departamento De Medicina  
Autopista Duarte Km 1 ½, Santiago, República Dominicana  
Tel.: 809-580-1962 Fax: 809-241-0703  
[nouel10@gmail.com](mailto:nouel10@gmail.com)

**Resumen.** Este proyecto final es una investigación exploratoria, cuyo objetivo general es analizar las condiciones ergonómicas a las cuales están sometidos los empleados de las oficinas públicas de la Ciudad de Santiago, a partir del estudio de la Oficina Nacional de la Propiedad Industrial. Con ayuda de formularios utilizados en el ámbito ergonómico a nivel internacional, como el REBA y RULA y otras guías de evaluación, se procedió a medir los ángulos de posición de las partes del cuerpo al igual que muestras de los factores ambientales (ruido, iluminación y temperatura) que inciden en las labores de las estaciones de trabajo, con el fin de compararlas medidas obtenidas con los estándares de ergonomía de oficinas de los Estados Unidos y con el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de la República Dominicana. Con estas comparaciones se citaron los posibles desórdenes de trauma acumulativos asociados a estas labores y las repercusiones legales que implican los riesgos laborales a los cuales se exponen los empleados, basándose en las leyes vigentes del país. Por último, se hicieron las recomendaciones pertinentes y se evaluaron en términos económicos a fin de concluir si eran rentables en comparación a que los empleados lleguen a tener una de estas enfermedades.

**Palabras clave:** Ergonomía, Estaciones de trabajo, desordenes muscoesqueléticos

## 1. Introducción y contenidos

### 1.1. Objetivo

Con la realización de este estudio se pretende analizar las condiciones ergonómicas a las cuales están sometidos los empleados de las oficinas públicas del municipio de Santiago de los Caballeros, a partir del estudio de la Oficina Nacional de la Propiedad Industrial; con el fin de contrastar los resultados obtenidos con los estándares internacionales de ergonomía de oficinas y de esta forma definir políticas y estrategias que permitan tomar decisiones en pro de la mejora en los puestos de trabajo y de esta forma disminuir las incidencias de desordenes de traumas acumulativos en las estaciones de trabajo.

## 1.2. Antecedentes

En un documento sobre la prospección de la ergonomía, García Acosta [1] expone que la división del trabajo propuesta por Smith y la organización científica del trabajo desarrollada por Taylor son dos aspectos que modificaron significativamente las formas de producir, y por consiguiente, las maneras de trabajar. En este sentido, podemos afirmar que, por un lado, la racionalización del trabajo organizó de tal manera el proceso de producción, que tanto máquinas como seres humanos fueron tomados como partes o medios para un determinado tipo de acciones u operaciones. Por otro lado, no se tomó en cuenta que el humano no puede por sus condiciones biológicas y psicológicas tener ritmos excesivamente repetitivos y regulados.

El estudio ergonómico y el análisis de los factores humanos en América Latina, al contrario de lo ocurrido en Europa y Estados Unidos, la ergonomía no surge dentro del terreno industrial o en centros de investigación industrial (del sector público o privado). El interés aparece en la mayoría de los casos directamente ligado al desarrollo académico de las carreras de diseño industrial, en cuanto a la República Dominicana esta comienza a desarrollarse con la entrada en vigencia en 1990 del Código Laboral y posteriormente con la ley de Seguridad Social en las que se enmarcan estos aspectos respecto al cuidado del ser humano.

En cuanto a las oficinas públicas, principalmente, en la ciudad de Santiago disponen bajo o ningún presupuesto destinado a la aplicación de la ergonomía en sus estaciones de trabajo, debido a que no la consideran una prioridad y/o las autoridades desconocen de la existencia y beneficios de dicha disciplina científica a la productividad del trabajador. Además, la República Dominicana no ha desarrollado una cultura que se oriente a la exploración y análisis de los riesgos laborales a los que se exponen los empleados de las oficinas públicas. Para 2012, la Administradora de Riesgos Laborales Salud Segura reportó en su publicación Informa un incremento en más de 18% en expedientes de empleados afectados por accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

## 1.3. Revisión de Literatura

La ergonomía es el estudio de cómo tu cuerpo interactúa con tu ambiente cuando desempeñas una tarea o actividad" [2]. La palabra ergonomía se compone de dos palabras latinas, *ergon* que significa trabajo y *nomos*, leyes. El término fue acuñado por K.F.H. Murrell el 12 de junio de 1949 luego de haberse reunido en el Almirantazgo de Inglaterra un grupo interesado en los problemas laborales humanos.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la ergonomía se puede definir como el estudio del trabajo en relación con el entorno en que se lleva a cabo (el lugar de trabajo) y con quienes lo realizan (los trabajadores). Es utilizada para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar problemas de salud y de aumentar la eficiencia. Es decir, a fin de hacer que el trabajo se adapte al trabajador en lugar de obligar al trabajador a adaptarse a él.

El término "Ergonomía" ha evolucionado en los últimos años [3]. Este hecho hace necesario que se distingan dos definiciones, la tradicional que hace referencia al diseño de sistemas de trabajo, y la actual, más amplia, en la que el término se utiliza para referirse a todas aquellas situaciones en las que se diseñan artefactos para que el ser humano desempeñe sus tareas. Por razones históricas y geográficas, el término ergonomía se ha usado intercambiándolo con el término factores humanos. Mientras que factores humanos era el nombre que se le daba a esta disciplina en Estados Unidos, ergonomía fue el nombre que se le dio en Europa. Sin embargo, actualmente se pueden considerar como sinónimos. "Los ergonomistas examinan la anatomía y la mecánica del cuerpo para entender cómo funciona la máquina humana. La ingeniería, otro principio de ciencia que utilizan los ergonomistas, también ayuda en el desarrollo de nuevos procesos, herramientas, y mesas de trabajo. Los lugares de trabajo diseñados a base de principios ergonómicos aumentan las capacidades de los empleados para trabajar con más productividad"(Departamento de Seguros de Texas). Desafortunadamente, ocurren lesiones cuando las demandas de un trabajo exceden los límites del trabajador. El objeto de la ergonomía es prevenir estas lesiones. La ergonomía promueve el estudio de los factores que influyen sobre el desempeño del ser humano, por lo que debe considerar el aspecto físico, psicológico, ambiental, y cualquier otro factor que tenga influencia y que resulte relevante.

Según el Instituto de Tecnología Industrial de Argentina (2010) el incorporar los criterios ergonómicos en la organización de los espacios de trabajo y de vida en general ofrece la ventaja de lograr el binomio bienestar-productividad.



Halpen y Davis, realizaron un estudio a 90 empleados de oficina, ajustando las estaciones de trabajo de acuerdo a las dimensiones antropométricas de los mismos, disminuyendo el disconfort de las partes del cuerpo y percibiendo un incremento en la eficiencia del equipo utilizado.

De acuerdo a Sleeth (1996), el alto costo de las lesiones relacionadas con el trabajo en oficinas es una preocupación creciente para las empresas y, para hacer frente a estas preocupaciones, están prestando cada vez más atención a la ergonomía. En ese sentido, la ergonomía es un estudio exhaustivo del ambiente para determinar cómo hacer que los empleados trabajen eficientemente; a la vez KIND [2] que la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA- por sus siglas en inglés) afirma que el costo promedio por desórdenes musculoesqueléticos causados por una actividad laboral es de US\$27,700, y que en muchos casos, pueden ser prevenidos por intervención ergonómica. Además, menciona que muchas de estas iniciativas pueden ser implementadas a muy poco o ningún costo.

Ambos autores coinciden en que con pequeñas modificaciones realizadas a la manera en que se desarrollan las tareas de oficina, se lograría un ambiente laboral más cómodo y productivo, menores quejas por parte de los empleados y ahorros significativos en costos por accidentes y/o demandas laborales.

En cuanto a las regulaciones dominicanas De acuerdo con los artículos 6 y 7 del Reglamento 522-06 de Seguridad y Salud en el Trabajo (2006) del Ministerio de Trabajo, los empleadores tienen bajo su responsabilidad la identificación de los riesgos laborales propios de las tareas desarrolladas p22-0or cada institución, al igual que mitigar de manera preventiva o correctiva los efectos negativos que surgen como consecuencia de esas labores.

Las leyes dominicanas velan por el cumplimiento de las disposiciones ergonómicas para el bienestar de la fuerza laboral de cualquier institución, ya sea perteneciente al Estado o de propiedad privada. El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo es la directriz de los empleadores y empleados dominicanos, cuyo objetivo es regular condiciones en las que se debe desarrollar las actividades productivas en el ámbito nacional, a fin de prevenir accidentes y daños a la salud por consecuencia del trabajo.

## **2. Metodología**

### **2.1. Descripción del proceso**

La realización de estudio se realizó fueron escogidas las oficinas públicas que servirán de muestra para el estudio, de acuerdo a la accesibilidad de la información requerida y el cumplimiento con el objetivo general del mismo. En primera instancia, se contaba poder acceder a por lo menos cinco oficinas estatales, sin embargo, por protección a la información de terceros y políticas internas, solos dos oficinas de las solicitadas accedieron a la presencia de los autores de este estudio. ONAPI fue escogida por la facilidad de acceso a sus instalaciones y de información, ubicación conveniente y el carácter novedoso del estudio.

Se procedió a seleccionar la técnica de recolección de datos, sabiendo que serían analizadas las instalaciones completas de la Oficina Nacional de la Propiedad Industrial-Región Norte. Con ayuda de los instrumentos seleccionados, recolectar valores a asignar a las variables establecidas. Los datos obtenidos serán analizados a fin de comprobar la hipótesis planteada en el estudio y proponer recomendaciones aplicables en cuanto a la ergonomía de las estaciones de trabajo de las oficinas públicas bajo estudio.

### **2.2. Técnicas de Recolección de Datos**

Con el fin de recolectar datos sobre el ambiente físico (temperatura, ruido e iluminación) de las oficinas bajo estudio (ONAPI) se seguirán varios procedimientos propuestos por entidades reconocidas y por los autores. La toma de muestras de temperatura se seguirá parte del método para la evaluación de riesgos y molestias de tipo térmico sugerido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España propuesto en el Manual Para La Evaluación y Prevención De Riesgos Ergonómicos y Psicosociales en las PYMES. Este método sirve para realizar una evaluación elemental de riesgos y confirmar o descartar la sospecha de que las condiciones habituales de trabajo puedan originar daños o incomodidades por ganancias o pérdidas excesivas de calor corporal. Para ello, debe recogerse información sobre las características termohigrométricas ambientales del lugar de trabajo, concretamente la temperatura del aire (temperatura del ambiente), la humedad del aire, la radiación térmica y las corrientes de aire, sobre la carga física (actividad o consumo metabólico) y sobre la ropa o vestimenta de los trabajadores.



La medición de la iluminación se tomará como referencia el documento del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España "Iluminación en el Puesto de Trabajo: Criterios para su Evaluación y Acondicionamiento. La toma de muestras de ruido se tomará como referencia el Método de Medición de los Niveles Sonoros en el Ambiente de Trabajo (basado en la norma AFNOR francesa de agosto de 1987), cuyas mediciones tienen por objeto determinar el nivel diario al que se expone un trabajador o un grupo de trabajadores; mientras que las medidas fueron tomadas en función de las dimensiones del cuerpo humano con auxilio de cintas métricas determinando la longitud de los tobillos, rodillas, caderas, cintura, hombros, cabeza, brazos, antebrazos, muñeca, espalda y cuello de cada uno de los empleados bajo estudio.

### 2.3. Instrumentos utilizados

Para la realización de este estudio se utilizaron una serie de instrumentos de magnitudes físicas, tales como:

- Luxómetro se tomaron muestras de la cantidad de luz en cada estación de trabajo, así como del área en general. Marca: Yokogawa, Modelo: 510 01.
- Decibelímetro, se midió la cantidad de ruido en las estaciones trabajo, así como el ruido externo del edificio. Marca: Protek, Modelo: SL-100
- Termómetro, Rango entre -100 a 1300 °C portátil para recolectar información acerca de la temperatura del ambiente laboral. Marca: Hioki, Modelo: 3441
- Cinta Métrica se realizaron las mediciones antropométricas del cuerpo del empleado y de las dimensiones de la estación de trabajo. Marca: Stanley Modelo: Powerlock 33-438
- Transportador, utilizado para las mediciones de los ángulos en las estaciones de trabajo. Marca: Baco Modelo: RV 24150
- Cámara Fotográfica Digita, utilizada a fin de capturar imágenes de las estaciones de trabajo bajo estudio, del ambiente físico y las posturas asumidas por los empleados durante las horas de trabajo. Marca: Nikon, Modelo: Coolpix S4100
- Hoja de Campo REBA (Rapid Entire Body Assessment-Evaluación Rápida de Todo el Cuerpo) Se utilizará para evaluar las posiciones de los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Mediante la observación de posturas, que experimentan los trabajadores, durante los ciclos de trabajo.
- Hoja de Campo RULA (Rapid Upper Limb Assessment-Evaluación Rápida de Extremidades Superiores) Este método divide el cuerpo en dos grupos, el grupo A que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas) y el grupo B, que comprende las piernas, el tronco y el cuello.

### 2.4. Población de estudio

Se recurre al muestreo no probabilístico por conveniencia, al haber escogido la Oficina Nacional de la Propiedad Industrial (ONAPI) de Santiago como la población de estudio. Dentro de sus instalaciones en la Región Norte, se visualiza cierto nivel de homogeneidad dentro de las estaciones de trabajo, ya que los computadores, escritorios, sillas y cubículos de trabajos son de la misma marca y modelo para todos los empleados.

Se realizará un censo a las instalaciones de ONAPI, convirtiendo esta investigación en un caso de estudio particular. Todos los empleados serán tomados en cuenta al utilizar los formularios REBA Y RULA al estudiar las estaciones de trabajo de manera individual.

### 2.5. Procesamiento de la Información

El procesamiento de la información y las diferentes tabulaciones se realizaron utilizando el software Minitab versión 16.0 disponibles en los equipos de cómputos de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra.

## 3. Resultados y conclusión

En el estudio que se ha presentado se analizó si las variables bajo análisis temperatura, iluminación, estaciones de trabajo y ruido incidía significativamente en el desempeño de las funciones de los empleados mediante en las tablas No.1 se muestran las salidas obtenidas del Software MINITAB. En la que se realizó un análisis de varianza para probar las medias, ante este proceso se determinar si los supuestos de

normalidad, homogeneidad de varianza y aleatoriedad concluyendo que dichos supuestos se cumplen como indica la figura no.1.

Variable de analisis	Prueba Fisher	Valor de P	Conclusion
Temperatura	23.05	0.0000	Diferencias significativa
Iluminación	10641.94	0.0000	Diferencias significativa
Estaciones de Trabajo	18.46	0.0000	Diferencias significativa
Area	21.54	0.0000	Diferencias significativa

Tabla no.1 Resumen de los de las pruebas

Para el análisis de factores humanos se puede observar que dichas variables inciden significativamente en el desempeño de los trabajadores. Con estos resultados podemos determinar que para futuros estudios estas variables son de sumo interés, en lugares cerrados, estas variables nos permiten diseñar estaciones de trabajo acorde a las necesidades de los trabajadores y cumpliendo con las estipulaciones legales que rigen el medio.

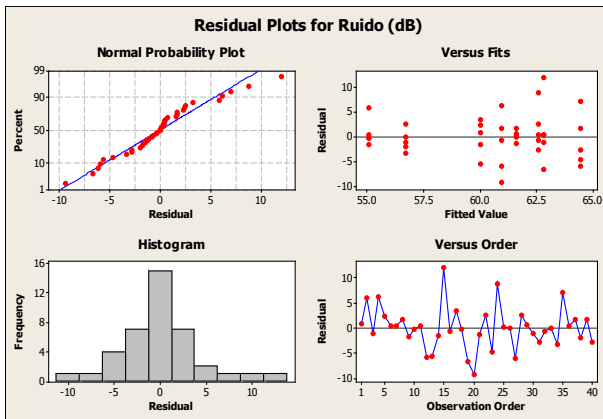


Figura no. 1. Ejemplo de las pruebas de supuestos para ANOVA

#### 4. Trabajos futuros

Para futuro estudios se recomienda que las muestras sean más elevadas para sostener un criterio de decisión más confiable; en el mismo sentido se recomienda que el muestreo se realice de modo probabilístico debido a que mediante este concepto se evitaría el sesgo. En ese mismo sentido se recomienda que pueda ser expandido a otras oficinas y dependencias, a la vez de realizar un mapeo de los componentes y variables que inciden significativamente en el comportamiento ergonómico.

#### Referencias

[1] García-Acosta, DE Puentes-Lagos Revista de Salud Pública 14 (1), 122-137  
 [2] Kind, M. (2008). The Ergonomics of Ergonomics. New Hampshire Business Review, 32-33.  
 [3] Juno, J., & Noriega, M. (2004). Los trastornos musculoesqueléticos y la fatiga como indicadores de deficiencias ergonómicas y en la organización de trabajo. Salud de los Trabajadores, 27.  
 [4] Occupational Health and Safety Administration. (s.f.). United States Department of Labor. Obtenido de [http://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/components\\_keyboards.html](http://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/components_keyboards.html)  
 [5] García, M. (s.f.). Iluminación en el Puesto de Trabajo.Criterios para su Evaluación y Acondicionamiento. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

# Incubadoras e a Geração de Empreendimentos Inovadores

Sebastião Dambroski - sedambroski@gmail.com,  
Claiton Voigt Warnk - claitonvw@utfpr.edu.br,  
Miraldo Matuichuk - miraldo@utfpr.edu.br,  
Maclovia Correa da Silva - macloviasilva@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Programa de Tecnologia Assistiva - PROTA  
Campus Curitiba

Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - Curitiba - PR – Brasil – Tel. +55 41 3310-4561

**Resumo.** Apresenta-se neste artigo a importância do trabalho desenvolvido nas incubadoras para o surgimento de novas soluções para resolver problemas do cotidiano. A UTFPR, ao apoiar o desenvolvimento de atividades voltadas à disseminação do empreendedorismo e da inovação contribui de forma significativa para o surgimento de novas empresas de base tecnológica de sucesso. Neste estudo mostra-se a empresa Lithustech, nascida da iniciativa de quatro alunos do Curso de Engenharia Eletrônica, ênfase Telecomunicações, que participaram do processo de pré-incubação no Hotel Tecnológico da UTFPR, Câmpus Curitiba, graduaram, se mantém ativamente no mercado e foram contemplados no Programa de Apoio à Pesquisa na Pequena Empresa, Subvenção Paraná, 2009. Destaca-se o desenvolvimento do equipamento NeuroAlert caracterizado como um novo sistema de monitoramento para cirurgias neurológicas que permite ao médico acompanhar estímulos nervosos, aumentando os índices de sucesso nestas cirurgias.

**Palavras chave:** Empreendedorismo; NeuroAlert, Cirurgias neurológicas e Monitoramento.

## 1. Introdução

Este artigo tem o objetivo geral de apresentar um dos viés apenas, entre as diversas dificuldades encontradas pelos empreendedores que almejam iniciar um empreendimento de características inovadoras. Os programas de incentivo à inovação, como as pré-incubadoras e incubadoras de empresas, apoiadas pelas Universidades e ICT's - Institutos de Ciência e Tecnologia têm atuado e demonstrado uma participação ainda incipiente na geração de negócios inovadores e de sucesso.

A imediata ampliação da capacidade de atendimento é situação desejada e de impactos significativos nas economias em que estão inseridas, seja no caso das incubadoras de base tecnológica, ou no caso das incubadoras apoiadoras de negócios inovadores de conteúdo não tecnológico. Nas regiões desenvolvidas, o ambiente já é suficientemente propício ao apelo da inovação e da competitividade, independente de equipamentos, podendo abrigar empresas egressas de incubadoras tecnológicas, sem propiciar grandes "traumas" de mudança de ambiente.

A tendência natural de empresas graduadas nessas incubadoras é a migração para Parques Tecnológicos, suficientemente bem descritos por Lahorgue (2005) [1] e também por Zuain e Plonski (2006) [2] conforme figura 1 (seta à direita).

A criação de parques tecnológicos e a forma de atuação das empresas neles residentes fundamentam-se por nova ordem mundial atrelada aos mecanismos arrojados e já estabelecidos de financiamento, como, por exemplo, os recursos semente, investimentos de anjos, capital de risco (ou capital empreendedor), investimentos em capital aberto entre outros. (ANPROTEC, 2008) [3]. Considerando o perfil arrojado das empresas residentes nos parques tecnológicos, a captação de financiamento constitui um gargalo superável, sem ruptura dos modelos existentes de acesso ao crédito, mas que necessitam de maior incentivo governamental.



Este estudo apresenta o caso consolidado, por parte de seus sócios gerentes, de um empreendimento nascido no meio acadêmico e que passou, inicialmente, pelo PROEM – Programa de Empreendedorismo e Inovação da UTFPR, Câmpus Curitiba. Trata-se da empresa Lithustech, Sistemas Eletrônicos, formada por alunos do Curso de Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrônica Industrial e Telecomunicações e que se mantém atuando ativamente no mercado na busca de soluções inovadoras para problemas do cotidiano.



Figura 1: Equipamentos de recepção de empresas egressas de incubadoras, inseridos em Habitats de Inovação.

Durante o processo de pré-incubação os mentores da Lithustech participaram de diversas ações de treinamento, como por exemplo, consultorias de gerenciamento empresarial e redação de plano de negócios para empresas de base tecnológica. Os sócios da empresa Lithustech participaram de outras ações de consolidação do empreendimento, como o treinamento “coaching” através do acompanhamento da assessoria em psicologia, Café Empresarial – promovido pela coordenação do PROEM para dar visibilidade comercial ao produto em criação, a Semana de Empregabilidade e Empreendedorismo e a Feira de Negócios do Programa de Empreendedorismo e Inovação para consolidação do empreendimento.

Através destas ações a Lithustech adquiriu “know-how” para manter-se no mercado após o período de maturação no Hotel Tecnológico do Câmpus Curitiba da UTFPR. Nota-se a importância da realização de eventos de disseminação da cultura empreendedora no ambiente acadêmico para que se fortaleça o surgimento de novos empreendedores e que os apoiadores dos programas voltados à incubação e pré-incubação continuem a realizar os aportes financeiros necessários por meio de editais de fomento e viabilizem a execução das pesquisas em inovação de novos produtos e negócios, em especial aos negócios voltados para a tecnologia assistiva.

A demonstração do sucesso da política de capacitação empreendedora utilizada no PROEM está demonstrada na participação da Lithustech no Programa de apoio à Pesquisa na Pequena Empresa – PAPPE – Subvenção Paraná 2009 com o produto Lithustech – NeuroAlert, um equipamento que monitora o paciente durante cirurgias neurológicas permitindo ao médico acompanhar os estímulos nervosos, aumentando os índices de sucesso nestas cirurgias consideradas complexas.

Segundo o Diretor da empresa, o NeuroAlert é um produto inovador, portátil, de baixo custo e possui interface de comunicação sem fio para a transmissão de dados para o aplicativo gestor. A necessidade deste equipamento se encontra no fato da anatomia variar de indivíduo para indivíduo, fazendo com que os neurocirurgiões tenham dificuldade em identificar os nervos durante os procedimentos cirúrgicos, sobretudo, quando estes se encontram obstruídos por tumores ou lesionados, em caso de acidentes. Os cirurgiões,

atualmente, não contam com um sistema simples, de fácil operação, que indique qual nervo está sendo estimulado.

Salienta o Diretor da empresa, que o desenvolvimento do NeuroAlert se deu por encomenda de um cliente que vislumbrou a possibilidade da Lithustech desenvolver tal mecanismo e que este “produto” viesse a preencher uma lacuna no ramo das neurocirurgias. Foram realizadas algumas reuniões visando à formatação de uma proposta para a captação dos recursos financeiros necessários. Foi através do PAPPE que a empresa deu andamento e atendimento ao pedido. Após a obtenção destes recursos foram dois anos de muito trabalho, visto que o “foco” da Lithustech é o ramo das telecomunicações nestes dez anos de existência. Entretanto, a empresa atende aos novos desafios, pois seu lema é atender bem ao cliente e satisfazê-lo da melhor forma possível.

Para a Lithustech, emenda o Diretor, o apoio fornecido no Hotel Tecnológico da UTFPR foi importante para o desenvolvimento da idéia inicial do negócio, mas acredita que esse apoio pode ser ampliado com maior número de eventos, feiras ou seminários que trouxessem um “aporte” de novas idéias de gerenciamento de empresas nascentes, testadas na prática, em outros programas de empreendedorismo e inovação das instituições parceiras. Acredita o Diretor, que essa troca de conhecimentos forneceria uma capacidade maior para a consolidação do empreendimento e geraria novas oportunidades de emprego, de renda e de novos negócios.

## **2. Metodologia**

Este trabalho foi desenvolvido, com base em uma pesquisa de ordem documental, buscando uma fundamentação teórica acerca do tema e conceitos a serem explorados. Foram, nessa fase, consultados artigos, publicações, arquivo documental da Divisão de Empreendedorismo e Inovação - DIEMI, e outras fontes que se mostraram relevantes sobre a temática em pauta. Foi realizada uma visita técnica à sede da Lithustech para confirmação dos dados, junto ao Diretor da empresa Sr. Fernando Wistuba.

O objetivo principal é apresentar a participação de um empreendimento nascido da percepção de quatro acadêmicos do Curso de Engenharia Eletrônica, Ênfase em Eletrônica Indústria, sua passagem pelo processo de pré-incubação na instituição UTFPR, sua preocupação na busca de soluções inovadoras e o consequente sucesso na apresentação do NeuroAlert em 2009, através apoio de aporte financeiro do PAPPE.

## **3. Resultados e discussão**

Como resultado deste trabalho destaca-se a relevância do tema estudado frente às diversas dificuldades encontradas, na prática, para o desenvolvimento e apoio contínuo a uma política de inovação no ambiente acadêmico. Os habitats de inovação existentes no país têm proporcionado o surgimento de produtos e serviços inovadores.

Entretanto, há a necessidade de que as Políticas de Governo tenham o papel de fomentar de forma muito mais efetiva o espírito empreendedor, através de uma divulgação ampla dos mecanismos de fomento disponíveis às micro, pequenas e médias empresas e incrementar os recursos financeiros junto às ICT's – Instituições de Ciência e Tecnologia para que as novas criações sejam implementadas e não fiquem apenas no protótipo por falta de novos aportes financeiros. As políticas públicas de inovação precisam ser ampliadas para alavancar o crescimento da economia nacional e melhorar a competitividade frente ao mercado internacional.

## **4. Conclusões e trabalhos futuros**

O apoio às políticas de inovação e empreendedorismo deve ser colocado como plano de governo, evitando que as suas aplicações tenham cunho partidário e sofram descontinuidade afetando o surgimento de novas ações, produtos e serviços inovadores, especialmente nos projetos voltados à acessibilidade e tecnologia assistiva.

O Brasil é um país em desenvolvimento e deve primar pelo investimento nas ações de inovação visando aumentar o seu índice de competitividade e propiciar o nascimento de empreendimentos inovadores que contribuam na geração de emprego e renda da população e inspire a prospecção de novos

empreendimentos através do apoio ao Programa de Empreendedorismo e Inovação da UTFPR, tanto na modalidade de pré-incubação, quanto na incubação de empresas.

Visando alcançar maior sucesso com os produtos desenvolvidos nas incubadoras faz-se necessário que haja uma política mais efetiva de apoio à inovação e que, esta tenha continuidade, no intuito de não criar protótipos de prateleira (não avançam para chegar ao mercado). É preciso trabalhar na questão de apoio financeiro e de políticas de inclusão do empreendedor no mercado competitivo.

## 5. Produto desenvolvido pela Lithustech - NeuroAlert



Fonte: Lithustech

Segundo o Diretor da empresa, Sr. Wistuba, o NeuroAlert é um produto inovador, portátil, de baixo custo e possui interface de comunicação sem fio para a transmissão de dados para o aplicativo gestor. A necessidade deste equipamento se encontra no fato da anatomia variar de indivíduo para indivíduo, fazendo com que os neurocirurgiões tenham dificuldade em identificar os nervos durante os procedimentos cirúrgicos, sobretudo, quando estes se encontram obstruídos por tumores ou lesionados, em caso de acidentes. Os cirurgiões, atualmente, não contam com um sistema simples, de fácil operação, que indique qual nervo está sendo estimulado e estas cirurgias tem apresentado resultados muito fracos, como por exemplo as lesões de plexo braquial que atingem cerca de apenas 20% de sucesso.

Salienta o Diretor da empresa, que o desenvolvimento do NeuroAlert se deu por encomenda de um cliente que vislumbrou a possibilidade da Lithustech desenvolver tal mecanismo e que este “produto” viesse a preencher uma lacuna no ramo das neurocirurgias. De início, foram realizadas algumas reuniões visando à formatação de uma proposta para a captação dos recursos financeiros necessários. Foi através do PAPPE que a empresa deu andamento e atendimento ao pedido. Após a obtenção destes recursos foram dois anos de muito trabalho, visto que o “foco” da Lithustech é o ramo das telecomunicações nestes dez anos de existência. Entretanto, a empresa atende aos novos desafios, pois seu lema é atender bem ao cliente e satisfazê-lo da melhor forma possível.

Para a Lithustech, emenda o Diretor, o apoio fornecido no Hotel Tecnológico da UTFPR é importante para o desenvolvimento da idéia inicial do negócio, mas acredita que esse apoio poderia ser ampliado com maior número de eventos, feiras ou seminários que angariassem um “aporte” de novas idéias de gerenciamento de empresas nascentes, testadas na prática, em outros programas de empreendedorismo e inovação das instituições parceiras. Acredita o Diretor, que essa troca de conhecimentos forneceria uma capacidade maior para a consolidação do empreendimento e geraria novas oportunidades de emprego, de renda e de novos negócios.

## Referencias

- [1] LAHORGUE, M. A Pólos, Parques e Incubadoras - Instrumentos de Desenvolvimento do Século XX. Brasília: ANPROTEC, 2005.
- [2] ZOUAIN, D.M. & PLONSKI, A. Parques Tecnológicos: planejamento e gestão. Brasília: ANPROTEC: SEBRAE, 2006.
- [3] ANPROTEC. Os novos endereços da inovação. Locus, 52, (2008)26-32.

# Integración Escolar de Alumnos con Discapacidad Física en el Sistema Educativo Dominicano: El Caso del Distrito Educativo 08-04 en el Año Escolar 2001-2002

Laureano de la Cruz Miró, M.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra: Autopista Duarte Km 1 1/2, Santiago, República Dominicana, Tel. (809) 580-1962, l.delacruz@ce.pucmm.edu.do

**Resumen.** La Ley General de Educación (Ley 66-97) [1] establece la universalidad del derecho a la educación. Esta universalidad implica e incluye a todas las personas con discapacidad. La educación tradicional, basada en la segregación y buscando la homogeneidad-uniformidad no prepara a los alumnos con discapacidad para enfrentar los retos de un mundo y una sociedad en permanente estado de cambio. La integración escolar es el primer paso hacia la integración social de las personas con discapacidad física [2]. En este contexto la pregunta que se plantea es ¿Cuál fue el nivel de integración escolar de los alumnos con discapacidad física de Nivel Básico de los centros educativos del Distrito Educativo 08-04 de Santiago de los Caballeros en el Primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002?

**Palabras clave:** Educación, Integración, Discapacidad.

## 1. Objetivos, antecedentes y fundamento teórico.

El Plan Decenal de Educación se pone en marcha en el transcurso del año escolar 1992-93. A partir de ahí comienza la superación del modelo tradicional de educación dando paso al inicio de acciones de transición hacia un modelo alternativo de cambio en el que la educación especial y la integración de personas con discapacidad física sean una prioridad para lograr una sociedad equitativa, justa, sin barreras ni exclusiones. En cuanto a esta investigación, el problema surgió de la propia realidad y es el siguiente: ¿Cómo era la integración escolar de los alumnos con discapacidad física del Nivel Básico de los centros educativos del Distrito Educativo 08-04 de Santiago de los Caballeros en el Primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002?

Para obtener la respuesta a esta pregunta el objetivo de esta investigación pretendía determinar el grado de integración escolar de los alumnos con discapacidad física de los centros educativos del Nivel Básico del Distrito Educativo 08-04 de la ciudad de Santiago de los Caballeros en el Primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002.

Los objetivos específicos planteados en esta investigación fueron:

1. Determinar la capacidad funcional de los alumnos con discapacidad física de los centros educativos del Nivel Básico del Distrito Educativo 08-04 de Santiago de los Caballeros en el primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002.
2. Identificar cuáles fueron las actividades integradoras.
3. Determinar la percepción sobre el nivel de integración escolar de los agentes que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La relevancia de esta investigación radica en que ésta tiene un impacto social innegable, no sólo para el sector educativo o para el sector de la discapacidad física, sino para la sociedad en general que, en muchas ocasiones, manifiesta o expresa prejuicios frente a sectores poblacionales que entiende como "inferiores" respecto al resto de la población. En tal sentido, se espera demostrar, que la discapacidad física no incide en el rendimiento escolar, sino las acciones integradoras de quienes rodean a estos alumnos en los respectivos centros educativos [3].

El Plan Decenal de Educación se puso en marcha en el transcurso del año escolar 1992-93. A partir de ahí



comienza la superación del modelo tradicional de la educación dando paso al inicio de acciones de transición hacia un modelo alternativo de cambio en el que la educación especial y la integración de personas con discapacidad física sean una prioridad para lograr una sociedad equitativa, justa, sin barreras ni exclusiones [4].

En el caso dominicano, la Ley General de Educación establece la universalidad del derecho a la educación. Pero, a pesar de este principio de universalidad, el Sistema Educativo Dominicano se enfrentaba a importantes retos:

En primer lugar, el método de formación tradicional, en ambientes segregados, no prepara al niño para enfrentar los retos del mundo "real", reduciendo sus oportunidades de llevar una vida normal.

En segundo lugar, existen destrezas que requieren ambientes integrados para ser adquiridas: comunicación verbal y habilidades sociales.

En tercer lugar, la integración escolar promueve un cambio de actitud hacia las personas con discapacidad no sólo en el ámbito de la comunidad educativa sino también en el marco de la sociedad en su sentido más amplio [5].

## 2. Metodología

Esta investigación se planteó como un estudio cualitativo transversal cuyo universo quedó constituido por todos los centros educativos de Nivel Básico del Distrito Educativo 08-04 en los que hubiera alumnos con discapacidad física en el año escolar 2001-2002. Debido al reducido tamaño del Universo (27 centros) se optó por utilizar el método Delphi para recabar información de alumnos, padres, profesores, orientadores, psicólogos y directores a quienes se les aplicó un cuestionario.

Se aplicaron un total de 51 encuestas distribuidas del siguiente modo:

- Alumnos: 27
- Padres: 19
- Profesores: 15
- Directores: 15
- Orientadores: 1
- Psicólogos: 1

Las preguntas del cuestionario fueron las siguientes:

1. Cuál es el grado de movilidad de los alumnos con discapacidad física en su centro educativo?
2. Cuál es el grado de autonomía personal en las actividades propias del proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos con discapacidad física?
3. Cuenta su centro educativo con la cantidad de adaptaciones físicas suficientes?
4. Qué cantidad de profesionales especializados en el área de la integración escolar y/o discapacidad integran el equipo docente del centro educativo?
5. Cuántas horas semanales de tutoría reciben los alumnos con discapacidad física en los respectivos centros educativos?
6. Cuántas reuniones ha organizado el centro educativo con los padres de los alumnos con discapacidad física?
7. Cuántas reuniones efectuó el equipo docente de los centros educativos para evaluar el desempeño académico de los alumnos con discapacidad física durante el Primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002?
8. Cuál fue el promedio de calificaciones obtenido por los alumnos con discapacidad física en el primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002?
9. Cuál fue la tasa de asistencia a clase de los alumnos con discapacidad física en el Primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002?
10. Cuántos reportes de indisciplina obtuvieron los alumnos con discapacidad física en el Primer Cuatrimestre del Año Escolar 2001-2002?
11. Cuál fue la tasa de asistencia de los alumnos con discapacidad física a las actividades extraescolares?

Descripción de materiales y métodos, análisis de la realización.



### 3. Resultados y discusión

Al observar los resultados obtenidos de la guía de preguntas se puede observar que las estrategias básicas de integración escolar no se implementaron y que tampoco existe una política de integración escolar de los alumnos con discapacidad física en los centros investigados.

Además, se constató que sólo en uno de los centros educativos observados había un profesional de la Psicología Clínica y un orientador, sin especialidad en el ámbito de la discapacidad física, ni en el de la integración escolar. No obstante, es innegable el valor intrínseco que hay en el hecho de que un centro educativo tenga profesionales de la psicología en un equipo educativo.

1. Se observó que el rendimiento académico era claramente deficiente, tanto por el promedio de las calificaciones obtenidas por los alumnos con discapacidad física en Primer Cuatrimestre como por el índice de ausentismo escolar, sólo la estadística referente a los reportes de indisciplina arrojaba resultados mejores. De todos modos, no existe un parámetro o criterio evaluador personalizado para alumnos con necesidades educativas especiales como lo son los alumnos con discapacidad física.

2. Los alumnos con discapacidad física mostraron dificultades lógicas para realizar actividades básicas y cotidianas en la educación: trasladarse por las dependencias del centro educativo, leer, escribir, trasladar objetos y realizar la higiene personal. Esto obligatoriamente es un estímulo a no participar, a no aprender y a no integrarse. Esto está directamente relacionado con el rendimiento académico, aunque éste es, obviamente multicausal.

3. Los centros educativos no habían realizado las adaptaciones físicas mínimamente necesarias para garantizar el acceso de los estudiantes con discapacidad física a la totalidad de las dependencias del centro educativo, con la consiguiente merma de posibilidades de participación en actividades educativas. No todas las adaptaciones físicas implican una elevada inversión económica.

4. En las aulas en las que directamente trabajan los alumnos con discapacidad física tampoco se realizaron las adaptaciones físicas necesarias, con las obvias consecuencias educativas ya mencionadas, cuando las aulas son más fáciles de adaptar.

5. La totalidad de los centros educativos investigados carecía de especialistas en el área de la integración escolar y/o discapacidad física. En el mejor de los casos había psicólogos y orientadores apoyando al equipo docente. Pero el rol de estos profesionales tiende a confundirse porque no están tanto para apoyar a los alumnos sino también para ayudar a diagnosticar situaciones y ofrecer pistas sobre estrategias de intervención a los educadores y a la familia [2].

6. Tampoco existía una política de seguimiento personalizado e individualizado de los alumnos con discapacidad física, lo que es sumamente importante para diagnosticar y evaluar correctamente y en todas sus dimensiones la evolución académica y educativa de los alumnos con necesidades educativas especiales.

7. Las reuniones con los padres tampoco fueron una actividad frecuente en estos centros educativos con lo que la intervención familiar en el proceso educativo de estos alumnos era muy poco frecuente o prácticamente nula. Este es un punto importante porque, dado el elevado índice de ausentismo y el bajo rendimiento escolar, el apoyo familiar y su integración al proceso de la comunidad educativa hubiera constituido un refuerzo importante.

8. Las reuniones de profesores para mantener un seguimiento y una atención constante a estos casos tampoco alcanzaron el mínimo exigible para que la integración escolar pudiera constituirse en una política educativa exitosa.

9. Es posible que estos resultados fuesen el producto de la ausencia de recursos humanos y financieros aplicables a una política de integración escolar.

10. Tampoco se pudo verificar que hubiera capacitación, ni formación: ni para los educadores, ni directores, personal de apoyo o la familia para aprender a afrontar eficazmente la discapacidad de un alumno en un centro educativo normalizado.

11. También se pudo constatar que existe cierto grado de prejuicio frente a los alumnos con discapacidad física de estos centros educativos en algunas entrevistas realizadas en el sentido de que se manifestó la creencia de que un alumno con discapacidad física es inferior al resto.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

- 1.El rendimiento académico deficiente de los alumnos con discapacidad física es consecuencia, en gran medida, de la ausencia total de actividades integradoras que respondan a una política de integración escolar de cada uno de los centros investigados.
- 2.La deficiente accesibilidad física se ha evidenciado como uno de los factores fundamentales en la deficiente integración escolar de los alumnos con discapacidad física, puesto que les impiden participar en plenitud en todas las actividades del currículo educativo.
- 3.La ausencia prácticamente total de recursos humanos especializados en el área de la integración escolar es una carencia en el proceso educativo, puesto que la realidad educativa de los alumnos con discapacidad en un centro educativo normalizado requiere de una gran comprensión de todo el proceso.
- 4.La familia no está implicada en el proceso educativo.

Sobre esta base se deben tener en cuenta algunos factores:

- Si se interpreta simplemente inscribir en las escuelas generales a todos los niños a pesar de sus diferencias, garantizándoles así solo un espacio físico en el centro escolar, no sería aconsejable tal modelo. Si no se propicia y garantiza una integración realmente desarrolladas del alumno, este no sería el centro del trabajo pedagógico y estaría quizás más segregado a pesar de su presencia física.
- Si la integración escolar fuese solo una vía para dar solución simple a la desatención que caracteriza en algunos países el problema de los niños y jóvenes con déficits y desventajas sensoriales, intelectuales, verbales, motoras, de aprendizaje o sociales – es decir, una forma de “solucionar” un agudo problema sin invertir recurso en centros especializados -, no valdría la pena trabajar por ella.
- Si se concibiera la integración escolar como la desaparición de las escuelas especiales, o la destrucción total de sistema de educación especial se trataría de un reduccionismo absurdo.
- Si todos tuviéramos que implantar un mismo modelo de integración escolar, sin tener en cuenta las particularidades propias de cada país, no deberíamos votar por ella.
- Si se aplicara como una decisión administrativa, de forma apresurada, para ponernos a tono con los demás sistemas educativos, y no como proceso de transformación y perfeccionamiento paulatinos, no deberíamos implantarla o seguirla.
- Si la integración escolar de alumnos con necesidades educativas especiales fuera solo teóricos y metodológicos que obliguen a reflexionar en lo que tradicionalmente se ha hecho en esta esfera y en cómo podrían probarse otros modelos, vías y procedimientos, no nos estimularía a profundizar en su estudio, a seguir las experiencias integracionistas de diferentes países.
- Si no tuviera como centro al niño, y su desarrollo y esencia no constituyera un reto a la profesionalidad, a la preparación psicológica, pedagógica y didáctica de los colectivos docentes, no valdría la pena seguirla.

Pero creemos que sí vale la pena tener en cuenta sus postulados, razonar sobre ellos, revisar lo que hacemos, por lo que recomendamos estudiar sus fundamentos ideológicos, valorar las experiencias y meditar en los elementos que puedan ser positivos para nuestra continua renovación pedagógica.

Quizás en un futuro no muy lejano muchos más niños con necesidades educativas especiales encuentren respuesta en las escuelas generales y puedan educarse y desarrollarse allí, donde se realice una educación especial de calidad.

## Referencias

- [1] SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCACION Y CULTURA. LEY GENERAL DE EDUCACIÓN 66'97. Editada por la SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCACIÓN Y CULTURA, Santo Domingo, 1997.
- [2] Fernández González, G. "Teoría y análisis práctico de la integración" Escuela Española, Madrid, 1996.
- [3] Cuomo, N. "La integración escolar: ¿Dificultades de aprendizaje o dificultades de enseñanza? Ed. Visor, Madrid, 1994.
- [4] Amáiz, Pilar "Hacia una nueva concepción de la discapacidad". Amaru Editores, Salamanca, 1999.
- [5] CONGRESO NACIONAL. LEY 42-00 SOBRE PERSONAS CON DISCAPACIDAD. Editado por el Congreso Nacional, Santo Domingo, 2000.

# Apreciación de las Personas con Discapacidad Acerca de la Equidad de Oportunidades en el Ámbito Social, Laboral y Educativo

L. Cordero<sup>1</sup>, R. Mercedes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra: Autopista Duarte, Km. 1 ½, Santiago de los Caballeros, República Dominicana, 829-855-4505, lauracorderoliriano@outlook.com

<sup>2</sup>Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra: Autopista Duarte, Km. 1 ½, Santiago de los Caballeros, República Dominicana, 809-507-4361, rosamercedesg10@gmail.com

**Resumen.** El objetivo fue comparar la apreciación de las personas con discapacidad acerca de la equidad de oportunidades en el ámbito social, laboral y educativo, en miembros de distintas instituciones ubicadas en Santiago de los Caballeros. Para esto se encuestaron 60 miembros de las distintas instituciones, los cuales poseen uno de los tres tipos de discapacidad estudiadas: la auditiva, visual y motriz. Se utilizó el Cuestionario de Apreciación de Oportunidades construido por las investigadoras. Se encontró que la discapacidad auditiva posee una diferencia mayor en cuanto a la integración social que para la visual, la auditiva tiene mayor apreciación que la motriz; la discapacidad visual presenta una mayor apreciación en comparación a la motriz. La discapacidad auditiva posee una diferencia mayor en cuanto a la inserción laboral que para la visual. En la inclusión educativa no existen diferencias significativas. Existe una correlación significativa entre la integración social y la inserción laboral.

**Palabras clave:** Apreciación, Oportunidades, Discapacidad, Social, Laboral, Educativo.

## 1. Introducción y contenidos

La Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF), (citado en Organización Mundial de la Salud y Banco Mundial, 2011)<sup>1</sup> define discapacidad como el término que comprende las deficiencias, restricciones y limitaciones en las actividades cotidianas, revelando los aspectos adversos de las interacciones entre individuos con alguna dificultad de salud y elementos propios de su persona y del ambiente donde se desenvuelve.

De acuerdo a datos proporcionados en el 2011 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial, hay una estimación de que cerca de mil millones de personas padecen de algún tipo de discapacidad, a nivel porcentual se traduce a un aproximado de 15% de la población a nivel mundial, afectando en mayor proporción a las poblaciones frágiles. La resultante de la Encuesta Mundial de Salud (citado en OMS & Banco Mundial, 2011) revela una mayor incidencia de discapacidad en países tercermundistas que en los países que poseen un ingreso económico elevado. Las personas con salarios bajos, los desempleados o con formación académica pobre tienen un riesgo más elevado de padecer de algún tipo de discapacidad.

En el 2008, la Comisión Nacional de la Sociedad de la Información y el Conocimiento (CNSIC)<sup>2</sup> de República Dominicana, publicó un informe donde señala que en la población rural del país es donde se encuentra una mayor prevalencia de discapacidad, existiendo un aproximado de cinco personas con algún tipo de discapacidad por cada 100 habitantes. Al igual, los datos revelan que el 40% de los individuos con discapacidad en el país están concentrados en las ciudades de Santo Domingo, con 18.1%, Santiago, que consta con 11.3%, y el Distrito Nacional, que posee 37 mil 189 discapacitados, equivalentes a un 10.5%.

A través de una búsqueda minuciosa se pudo advertir que en la República Dominicana los estudios sobre personas discapacitadas son escasos. Asimismo, las investigaciones que tratan de cómo este grupo de individuos aprecian su entorno son prácticamente inexistentes.

Si el país no les proporciona una condición social y sobretodo educativa eficaz, eficiente e inclusiva podrían quedar marginados a la hora de afrontar el mercado laboral competitivo. Es por ello, y ante esta necesidad, surge el interés de conocer más a fondo como las personas discapacitadas perciben el ambiente que les

rodea, cómo estos ven las oportunidades que les ofrece la sociedad en cuanto a su desenvolvimiento en las actividades de la cotidianidad, tanto en los quehaceres académicos, como en la productividad laboral.

## 2. Metodología

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de analizar la apreciación de las personas con discapacidad acerca de la equidad de oportunidades en el ámbito social, laboral y educativo, en miembros del Patronato Cibao de Rehabilitación, Inc., Patronato Nacional de Ciegos Inc., Asociación de Ciegos del Cibao de la República Dominicana Inc., Fundación Dominicana de Ciegos y la Escuela Nacional de Sordomudos, ubicadas en Santiago, República Dominicana.

Para esto se encuestaron 60 miembros de las distintas instituciones, entre 16 y 60 años de edad, de ambos sexos, los cuales poseen uno de los tres tipos de discapacidad estudiadas: la auditiva, visual y motriz, dispuestos a colaborar. Para la entrevista de los sujetos se utilizó el Cuestionario de Apreciación de Oportunidades construido por las investigadoras. La metodología del estudio es de tipo descriptiva-comparativa, utilizando un enfoque cuantitativo, y contando con un diseño no experimental-transversal. Para el análisis de los datos estadísticos se utilizó el Análisis de Varianza Factorial (ANOVA) utilizando un intervalo de confianza al 95%. También se utilizaron estadísticos descriptivos, porcentajes, frecuencia y correlación paramétricas y no paramétricas. Las medias analizadas están dispuestas en un rango del 1 al 5, valoradas en razón a una Escala Likert. Siendo el valor 1 considerado la apreciación menos positiva y 5 la más positiva.

## 3. Resultados y discusión

En esta investigación fue posible demostrar que las personas con una discapacidad sensorial-auditiva poseen una apreciación más positiva acerca de la equidad de oportunidades en la integración social. Sin embargo, se pudo constatar que aunque la discapacidad auditiva posee un mayor nivel de apreciación en referencia a los otros tipos de discapacidad estudiados, estos no sienten una aceptación total en su participación social, pues, como indica Ferreira (2008)<sup>3</sup>, la identificación del individuo con discapacidad está impuesta y edificada desde un medio de no discapacidad.

Por otra parte, de los tipos de discapacidad tomados en cuenta para esta investigación, de manera general, estos no se sienten integrados en la sociedad ya que es muy probable, como apunta Ferreira (2008), que sea el entorno que incapacite a las personas con discapacidad, al esta no ofrecerle derechos y condiciones igualitarias. En el mismo orden, el artículo 6 de la Ley General de Discapacidad<sup>4</sup> tiene como objetivo proporcionar ayuda para fomentar la integración a los individuos con discapacidad en la sociedad, cuestión que, al parecer, no se está cumpliendo a cabalidad puesto que los resultados presentan lo contrario.

En cuanto a la inserción laboral, los resultados indican que las personas con una discapacidad sensorial-auditiva tienen una mejor apreciación en este ámbito, y las personas con una discapacidad motriz y sensorial-visual lo aprecian de una manera más desfavorable, pues al contrastarlas, se evidencia que entre ambas no existe una diferencia estadísticamente significativa en su nivel de apreciación. Esto podría deberse a que ambos tipos de discapacidades necesitan de otros tipos de recursos y herramientas para su desenvolvimiento al desplazarse, tal como lo plantean Los Derechos de las Personas con Discapacidad (2012)<sup>5</sup>.

Los datos demuestran que la media general del nivel de apreciación en el ámbito laboral encuentra un grado de equidad en la oportunidad de formar parte del mundo ocupacional. No obstante, lo resultante de la investigación revela que la mayoría de los encuestados son estudiantes y la parte poblacional que tiene un empleo fijo, sus cargos son de nivel de base, dejando ver que es semejante a lo planteado por Sánchez, Trinidad y Jiménez (2004)<sup>6</sup> donde los resultados de su investigación indican que existe una diferencia muy marcada al momento de la contratación y asignación en puestos de trabajo a personas con discapacidad. De igual manera, Lara et al. (s. f.)<sup>7</sup> mencionan que en el campo laboral las discapacidades son vistas como obstáculos para un buen desempeño. Pudiendo esto corroborar el porqué 6.70% de personas encuestadas están sin ninguna ocupación actualmente.

En lo concerniente a la inclusión educativa los datos obtenidos dan a conocer que, entre los tipos de discapacidades tomadas en cuenta para la investigación, no existe diferencia estadísticamente significativa en el nivel de apreciación, pudiendo significar que estos datos avalan lo establecido en el artículo 1 de la Ley



General de Educación 66-97<sup>8</sup> la que garantiza la educación para todas las personas del país. Ahora bien, este nivel corresponde a una apreciación que caería en un nivel que no es, en su totalidad, favorable o desfavorable queriendo decir que los individuos con discapacidad no están tan conformes en su manera de percibir la inclusión en el ambiente educativo.

Los datos obtenidos mediante el análisis de correlación indican que, en efecto, existe una relación entre la integración social y la inserción laboral, ya que, a medida que aumenta un ámbito el otro también lo hace, dato avalado por Santamaría Domínguez, Verdugo Alonso, Orgaz Baz, Gómez Sánchez y Urries Vega (2012)<sup>9</sup>, quienes exponen que el aspecto básico para lograr la integración social de la persona con discapacidad es el poseer una labor, pues por medio del mismo es posible aumentar la participación social. Igualmente, estos resultados se ven ratificados por lo expuesto por Lara et al. (s. f.) (citado en Colón et al., 2012)<sup>10</sup> quienes dan mención al que, el ámbito laboral es considerado como una de las mayores preocupaciones para las personas con discapacidad debido a que lo ven como algo básico para su integración en la sociedad. Por ende, las personas que sienten tener una equidad de oportunidades en el ámbito social tienen también una mejor apreciación acerca de la equidad de oportunidades en el ámbito laboral.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

En este estudio, las personas con una discapacidad sensorial-auditiva poseen una apreciación más positiva acerca de la equidad de oportunidades en la integración social. Sin embargo, en general el nivel de apreciación en la integración social no fue tan favorable para decir que ellos perciben que hay una total equidad de oportunidades.

En cuanto a la inserción laboral, los resultados indican que las personas con una discapacidad sensorial-auditiva tienen una mejor apreciación y las personas con una discapacidad motriz y sensorial-visual lo aprecian de una manera más desfavorable, pues al contrastarlas se evidencia que entre ambas no existe una diferencia estadísticamente significativa en su nivel de apreciación.

En el ámbito laboral, los tres tipos de discapacidad encuentran un grado de equidad en la oportunidad de formar parte del mundo ocupacional. No obstante, se demuestra que la mayoría de los encuestados son estudiantes y la población que tiene un empleo fijo se encuentra en cargos de nivel de base, según los organigramas.

En la inclusión educativa se da a conocer que, entre los tipos de discapacidades tomadas en cuenta para la investigación, no existe diferencia estadísticamente significativa en el nivel de apreciación. Observándose que los individuos no tienen un nivel de conformidad total en su apreciación de la inclusión en el ambiente educativo.

Finalmente, por medio del análisis de correlación, se muestra que existe una relación entre la integración social y la inserción laboral, ya que, a medida que aumenta un ámbito el otro también lo hace. Por ende, las personas que sienten tener una equidad de oportunidades en el ámbito social tienen también una mejor apreciación acerca de la equidad de oportunidades en el ámbito laboral.

La investigación constituye un aporte significativo al comparar la apreciación de las personas con discapacidad acerca de la equidad de oportunidades en el ámbito social, laboral y educativo, no obstante; es necesario seguir indagando otros aspectos del tema, es por ello que las investigadoras presentan líneas de potenciales investigaciones que surgen a raíz del estudio, estas son:

- Comparar el nivel de apreciación de la equidad de oportunidades en el ámbito social, laboral y educativo, mediante una metodología mixta, tanto cuantitativo como cualitativo.
- Comparar el nivel de apreciación entre los subgrupos de un mismo tipo de discapacidad, tomando en cuenta como variable el sexo y la edad.
- Comparar el nivel de apreciación en equidad de oportunidades con respecto a la etapa evolutiva que se encuentre la persona, entre diferentes grupos y subgrupos.

#### 5. Tablas

A continuación se presentan los resultados de la investigación luego de haber realizado el análisis de los datos. Las tablas incluyen frecuencia, porcentaje, descriptivos, correlación y los resultados del análisis de

ANOVA. Se utilizó un intervalo de confianza de un 95% equivalente a un  $\alpha$  de 0.05. Las medias que se presentan están dispuestas en un rango del 1 al 5, valoradas en razón a una Escala Likert. Siendo el valor 1 considerado la apreciación menos positiva y 5 la más positiva.

### 5.1. Tabla 1

		Variable dependiente	
		Social	Laboral
<b>Contraste de diferencias Tipo de Discapacidad</b>			
<b>Auditiva-Visual</b>	Estimación del contraste	<b>0.38**</b>	<b>0.30**</b>
	Error típ.	0.09	0.09
<b>Motriz-auditiva</b>	Estimación del contraste	<b>-0.40**</b>	<b>-0.31**</b>
	Error típ.	0.09	0.09
<b>Visual-motriz</b>	Estimación del contraste	<b>0.21*</b>	0.15
	Error típ.	0.10	0.10

Nota: \* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$

Tabla 1. Contraste de los tipos de discapacidad concerniente a las diferencias en su nivel de apreciación en la integración social e inserción laboral.

La discapacidad auditiva posee una diferencia mayor en cuanto a la integración social que para las personas con discapacidad visual, de igual forma, la discapacidad auditiva tiene mayor apreciación que la discapacidad motriz.

Asimismo, la discapacidad visual presenta una mayor apreciación en comparación a las personas con discapacidad motriz. Por otra parte, en la inclusión laboral, la discapacidad auditiva posee una diferencia mayor en cuanto a la inclusión laboral que para las personas con discapacidad visual, y la discapacidad visual muestra tener una apreciación mayor en relación a las personas con discapacidad motriz. En la inclusión educativa no existen diferencias significativas.

### 5.2. Tabla 2

Correlación		Social	Laboral	Educativo
<b>Pearson</b>	Social	1	<b>0.47**</b>	0.10
	Laboral	<b>0.47**</b>	1	0.08
	Educativa	0.10	0.08	1
<b>Kendall</b>	Social	1	<b>0.30**</b>	0.01
	Laboral	<b>0.30**</b>	1	0.006
	Educativo	0.01	0.006	1
<b>Spearman</b>	Social	1	<b>0.43**</b>	0.02
	Laboral	<b>0.43**</b>	1	0.006
	Educativo	0.02	0.006	1

Nota: \* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$

Tabla 2. Análisis de correlación entre la integración social, la inserción laboral y la inclusión educativa.

Se muestra que existe una correlación significativa entre la integración social y la inserción laboral ( $r = 0.47$ ,  $p < 0.01$ ), ( $r = 0.308$ ,  $p < 0.01$ ), ( $r = 0.430$ ,  $p < 0.01$ ). De igual forma, se encontró que la inclusión educativa no se relaciona con los demás ámbitos.

## Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud (OMS) & Banco Mundial. Resumen Informe mundial sobre la discapacidad. [Versión Adobe Reader] (pp. 7, 8, 9). (2011). Recuperado de [http://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/summary\\_es.pdf](http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf)
- [2] Comisión Nacional de la Sociedad de la Información y el Conocimiento (CNSIC). Cifras sobre personas con discapacidad en República Dominicana y acceso a las TIC. (Párr. 1). (2008). Recuperado de <http://osicrd.one.gob.do/index.php?module=articles&func=display&aid=87>
- [3] Ferreira, M. La construcción social de la discapacidad: habitus, estereotipos y exclusión social. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 17, párrs. 1, 8, 16, 20, 34, 37. [Versión Adobe Reader]. España. (2008). Recuperado de <http://www.ucm.es/info/nomadas/17/mferreira.pdf>
- [4] Cámara de Legisladores de la República Dominicana. Ley General sobre la discapacidad en la República Dominicana. (2008). Recuperado de <http://www.senado.gov.do/masterlex/MLX/docs/1C/2/12/20/207/298F.htm>
- [5] Programa Institucional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. ¿Qué es la discapacidad? [Versión Microsoft Word]. (2012). Recuperado de [http://www.imss.gob.mx/programas/discapacidad/Pages/tipos\\_discapacidad.aspx](http://www.imss.gob.mx/programas/discapacidad/Pages/tipos_discapacidad.aspx)
- [6] Sánchez Saya, M., Trinidad Moreta, J. & Jiménez Calkana, F. *Inserción en el mercado laboral de personas con discapacidad en República Dominicana (Medianas y Pequeñas empresas)* (Tesis de grado inédita). Universidad Autónoma de Santo Domingo, Distrito Nacional, R.D. (2004).
- [7] Lara, A., Verdugo, M., Bedia, R & García A. Situación de las personas con discapacidad en Castilla-La Mancha. Las necesidades percibidas. Castilla-La Mancha. [Versión Adobe Reader] (pp. 1, 5,6). Universidad de Salamanca, España. (s. f.). Recuperado de <http://campus.usal.es/~inico/investigacion/jornadas/jornada3/actas/simp19%20.pdf>
- [8] Cámara de Legisladores de la República Dominicana. Ley General de Educación 66-97. [Versión Adobe Reader]. (1997). Recuperado de [http://www.educando.edu.do/files/2413/1783/9636/ley\\_general\\_educacion\\_66-97.pdf](http://www.educando.edu.do/files/2413/1783/9636/ley_general_educacion_66-97.pdf)
- [9] Santamaría Domínguez, M., Verdugo Alonso, M., Orgaz Baz, B., Gómez Sánchez, L. & Urriés Vega, F. Calidad de vida percibida por trabajadores con discapacidad intelectual en empleo ordinario. *Siglo Cero*, 43(242), 47-48. [Versión Adobe Reader]. (2012). Recuperado de [http://sid.usal.es/idocs/F8/ART19581/santamaría\\_calidadevida.pdf](http://sid.usal.es/idocs/F8/ART19581/santamaría_calidadevida.pdf)
- [10] Colón, L., Jiménez, D., Mata, F., Ramos, L., Tejera, R. & Filpo, R. Apreciación de los pacientes del Hospital Regional Universitario José María Cabral y Báez y los hospitales periféricos Juan XXIII y Cienfuegos diagnosticados con tuberculosis acerca del PNCT 2011-2015. [Documento Microsoft Word]. (pp. 59.60). (2012).



# Aplicativo Matemático para o Ensino de Crianças Deficientes Visuais

Henderson Tavares de Souza <sup>1</sup>, Luiz César Martini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Av. Albert Einstein - 400 – CEP: 13083-852 Cidade Universitária "Zeferino Vaz" – Campinas, SP – Brasil.  
Telefone/Fax: + 55 (19) 3521-3814, e-mail: henderson.tavares@gmail.com.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Av. Albert Einstein - 400 – CEP: 13083-852 Cidade Universitária "Zeferino Vaz" – Campinas, SP – Brasil.  
Telefone/Fax: + 55 (19) 3521-3814, e-mail: martini@decom.fee.unicamp.br.

"Este trabalho recebeu o apoio financeiro parcial da CAPES - Brasil"

**Resumo.** Este trabalho apresenta as primeiras etapas do desenvolvimento do aplicativo MiniMatecavox, este aplicativo fornecerá subsídios no ensino da matemática para crianças deficientes visuais em fase de alfabetização, apresentaremos a metodologia empregada inicialmente para levantamento dos requisitos inerentes ao desenvolvimento inicial e também apresentaremos dados preliminares que contribuíram para o entendimento e compreensão da realidade no concerne das práticas pedagógicas utilizadas para o ensino da matemática de crianças cegas em instituições especializadas na assistência educacional. Os resultados preliminares desta pesquisa fomentam a continuidade da mesma dando ênfase nas estratégias metodológicas e na consumação do ensino da matemática para crianças deficientes visuais, desta forma viabilizando a continuidade deste estudo e do desenvolvimento do aplicativo matemático.

**Palavras chave:** Ensino de matemática, tecnologias assistivas, MiniMatecavox.

## 1. Introdução

No Brasil, segundo o IBGE [1], mais de 6,5 milhões de pessoas têm alguma deficiência visual, sendo desse total 528.624 são cegos e 6.056.654 tem grandes dificuldades permanente de enxergar, baixa visão ou visão subnormal.

A necessidade de intervenções por parte dos profissionais da educação nos primeiros anos de escolaridade de crianças cegas é crucial, para que a evolução do aprendizado seja aplicada, visando à inclusão destas crianças na sociedade através da inclusão digital e comunicação escrita [2].

Muitos trabalhos apresentam intervenções de natureza tátil para mediar interações através de vídeo e áudio dando ênfase nas funções cognitivas das crianças deficientes visuais [3,4]. As tecnologias assistivas computacionais também são encontrados registros na literatura como um sistema de interfaces que possibilita os leitores de tela interagirem com o Second Life [5], desta forma possibilitam a interação de deficientes visuais nessa rede, o trabalho de Ludi e Reichlmayr [6] apresenta uma intervenção pedagógica para suprir dificuldades de alunos cegos na universidade através do software proprietário LEGO Mindstorms NXT. Outros estudos de ensino de pessoas cegas convergem para a utilização de games como mecanismos de mediação com o objetivo de interagir e de forma lúdica entreter e ao mesmo tempo tentar ensinar algum conteúdo que esteja incluído nos jogos [7].

Apesar da grande importância que ultimamente tem-se dado às tecnologias assistivas, pouco se encontra na literatura estudos conduzidos especificamente nas abordagens pedagógicas para o ensino de matemática mediado por tecnologias assistivas para deficientes visuais nos primeiros anos da educação escolar. Nas soluções computacionais focadas em mediação pedagógica, procedimentos de utilização de sistemas de informação são propostos para o desenvolvimento de habilidades e uso dos deficientes visuais, porém faltam estudos no sentido de criar metodologias para que torne os sistemas desenvolvidos eficazes e com sentido para as crianças deficientes visuais no seu percurso escolar. Os estudos presentes não esclarecem como, onde, frequência, tipo de intervenções devem ser usadas para que tecnologias assistivas sejam utilizadas e gerem resultados positivos para os deficientes visuais.



O presente estudo irá contribuir para a pesquisa acadêmica e para a literatura da área por identificar mecanismos falhos nas intervenções pedagógicas no ensino de crianças deficientes visuais, por identificar as barreiras que as crianças deficientes visuais enfrentam no aprendizado de matemática na fase de alfabetização e propor mediações pedagógicas através de um sistema de informação na tentativa de minimizar os problemas identificados. As contribuições desse estudo para a prática pedagógica escolar especial de crianças deficientes visuais serão: a apropriação das tecnologias da informação e comunicação já no início da sua vida escolar pelas crianças deficientes visuais, proporcionar melhores possibilidades de ensino para as crianças cegas e prover a comunicação escrita entre a criança, à comunidade escolar e família. Esse estudo também contribuirá para que novas políticas educacionais sejam desenvolvidas com o objetivo de ampliar as pesquisas para esse grupo do estudo e contribuirá para que mais crianças cegas cresçam com igualdade de condições ao acesso as informações disponíveis comparado com as crianças videntes.

## 2. Metodología

Esta pesquisa utiliza as técnicas da pesquisa qualitativa, que de modo geral pode ser dividida em três grandes etapas: 1- Período exploratório; 2- Investigação focalizada; e 3- Análise final e composição do relatório [8]. Estas técnicas serão utilizadas em dois momentos, um antes do desenvolvimento do aplicativo, já finalizado, e outro após a conclusão do desenvolvimento do aplicativo MiniMatecaVox.

A etapa exploratória proporciona através da imersão do pesquisador no contexto, uma visão geral sem vieses do problema considerado e contribuindo para dar foco ao problema e identificar outras fontes de dados [9].

Esta etapa da pesquisa consolidou-se no primeiro momento através de visitas a instituições de atendimento especializado a crianças deficientes visuais, além de uma vasta revisão de literatura tendo como foco procurar soluções que atendessem as especificidades do ensino de matemática ou situações similares que pudesse nos auxiliar no decorrer deste estudo para o desenvolvimento do aplicativo.

Após a fase exploratória iniciou-se a investigação focalizada, onde a coleta sistemática dos dados ocorreu no primeiro momento auxiliado por entrevistas semi estruturadas, questionários e observações sobre procedimentos didáticos no ensino da matemática, aqui se observou o que é ensinado e quais ferramentas subsidiam o processo de ensino matemático.

A terceira etapa é a análise final dos resultados e elaboração do relatório, essa análise final dos dados ocorreu durante todo o período da investigação deste primeiro momento da pesquisa, onde foram construídos subsídios para o projeto de desenvolvimento do sistema MiniMatecaVox para atendimento dos conteúdos fundamentais de matemática.

Ao explorar as interações sociais, levantando os comportamentos e as percepções de um grupo de professores e alunos deficientes visuais, utilizamos a pesquisa etnográfica para obter uma visão holística do nosso problema, dando ênfase nas experiências dos indivíduos através das observações e entrevistas que foram realizadas no ambiente dos participantes neste primeiro momento e que serão repetidos no segundo momento da pesquisa.

## 3. Resultados

Até o momento, finalizada a primeira etapa da pesquisa, nosso entendimento sobre as opiniões, receptividade dos profissionais da educação, deficientes visuais e instituições visitadas é que estamos no caminho correto para suprir as necessidades educacionais da matemática das crianças deficientes visuais nos primeiros anos do ensino primário.

Os dados obtidos até o momento são apresentados resumidamente nas tabelas abaixo.

As respostas obtidas através das observações, questionários e de uma revisão de literatura nos mostrou uma grande defasagem no ensino de matemática para os deficientes visuais mediados por tecnologias assistivas, principalmente nos primeiros anos do ensino primário, dada tal carência nesta área, cria-se uma enorme barreira para os deficientes visuais seguirem uma carreira profissional nas áreas de ciências exatas, já que poucas ferramentas computacionais auxiliam o ensino de matemática desse público, desta forma temos uma falsa ideia que as pessoas deficientes visuais não são capazes de aprender matemática

adequadamente, o início do desenvolvimento deste trabalho desmistificou o ensino de matemática para as crianças deficientes visuais no começo da sua vida escolar regular.

Profissionais Educação	Você utiliza algum software para auxiliá-lo no ensino da matemática?	Você utiliza alguma tecnologia assistiva para auxílio no ensino da matemática?	Você utilizaria algum software para ajudar no ensino da matemática?	Seus assistidos encontram dificuldades no aprendizado da matemática?	Você acredita que um software possa facilitar o ensino da matemática?	Você utiliza algum software para mediação do ensino?
Professor 1	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Professor 2	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Professor 3	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Professor 4	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Tabela 1: Dados parciais obtidos através de questionários na primeira etapa do desenvolvimento.

Deficientes visuais	Utiliza o computador para realização de alguma atividade em casa.	Tem aulas de informática específica.	Interage com autonomia na utilização do computador?	Demonstra interesse em utilizar o computador como instrumento de estudo?	Responsáveis utilizam computador para realizar alguma atividade?
Assistido 1	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Assistido 2	Não	Sim	Não	Sim	Não
Assistido 3	Não	Sim	Não	Sim	Não
Assistido 4	Não	Sim	Não	Sim	Não

Tabela 2: Dados parciais obtidos através das observações.

A partir dos dados levantados, construímos o fluxograma inicial do sistema, onde apresentamos a sequência que os usuários, mediados pelo professor, seguirão para interação com o sistema MimiMatecaVox potencializando o processo de ensino. O fluxograma aqui apresentado expõe apenas o início do funcionamento do sistema, onde são apresentadas as estruturas chaves e a lógica inicial.

Contudo, ainda não obtivemos resultados conclusivos relativos à eficácia das atividades matemáticas propostas neste início do desenvolvimento, visto que esta fase da pesquisa não contemplou a utilização do MiniMatecaVox no ambiente escolar.

#### 4. Conclusão e trabalhos futuros

Consideramos que a continuidade no desenvolvimento deste projeto de pesquisa em paralelo ao desenvolvimento do aplicativo matemático batizado de MiniMatecaVox, contribuirá significativamente para o processo de aprendizagem escolar matemático das crianças deficientes visuais, além de estimular novas pesquisas e desenvolvimentos nesta área que até o momento carece de atenção de soluções para o problema do ensino da matemática.

Com os resultados preliminares obtidos até o momento, entendemos quanto mais cedo à criança tem acesso as informações e estímulos no ensino matemático, mais fácil fica seu desenvolvimento para continuidade nos estudos nas áreas de ciências exatas e contribui para que o desenvolvimento estudantil destas crianças seja compatível com uma criança vidente.

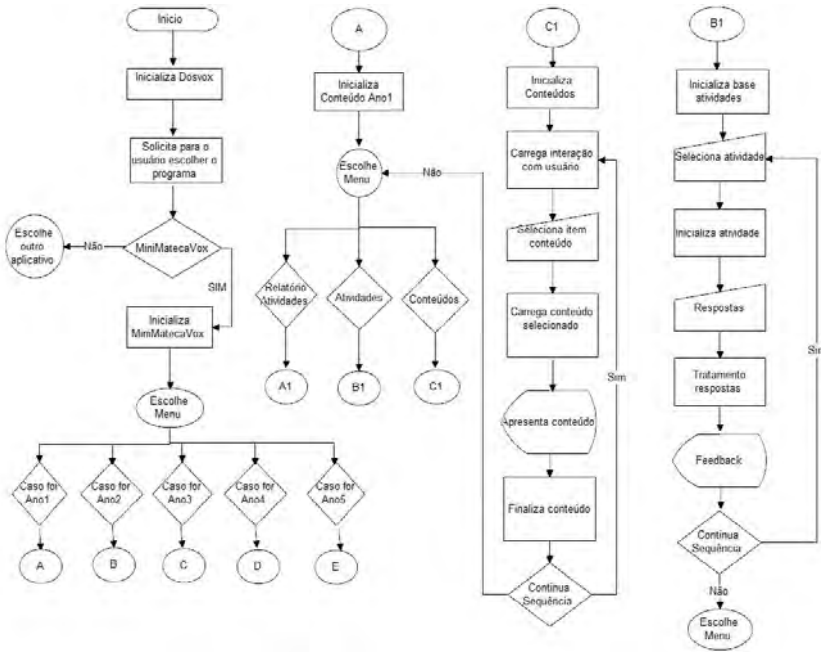


Figura1: Fluxograma inicial MiniMatecaVox.

## Referências

- [1] BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Censo 2010. Disponível em: [http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados\\_do\\_censo2010.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php)
- [2] Kobal Grum D, Bobinski M. Perspectives of inclusive education of pupils with visual impairments in Slovenia. International Congress Series [Internet]. 2005 Sep [cited 2012 Jun 19];1282:864-8. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0531513105007764>
- [3] Şimşek Ö, Altun E, Ateş A. Developing ICT skills of visually impaired learners. Procedia - Social and Behavioral Sciences [Internet]. 2010 Jan [cited 2012 Mar 25]; 2(2):4655-61. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042810007858>
- [4] Sung MY, Jun K, Ji D, Lee H, Kim K. Touchable Video and Tactile Audio. 2009 11th IEEE International Symposium on Multimedia [Internet]. 2009 [cited 2012 May 4]; 425-31. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5366113>
- [5] Eelke Folmer, Bei Yuan, Dave Carr, Manjari Sapre. TextSL: A Command-Based Virtual World Interface for the Visually Impaired, In Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and Accessibility (ASSETS'09), Pages 59-66, Pittsburgh, Pennsylvania, October 2009.
- [6] Ludi SA, Reichlmayr T. Developing inclusive outreach activities for students with visual impairments. Proceedings of the 39th SIGCSE technical symposium on Computer science education - SIGCSE '08 [Internet]. 2008; 439. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doi=1352135.1352285>
- [7] Raisamo R, Patomäki S, Hasu M, Pasto V. Design and evaluation of a tactile memory game for visually impaired children. Interacting with Computers [Internet]. 2007 Mar [cited 2012 Jun 6]; 19(2):196-205. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0953543806001330>
- [8] Alves, A. J. O Planejamento de Pesquisas Qualitativas em Educação. In: **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo (77): 53-61, maio 1991.
- [9] Tavares P, Agner L, Bacellar S, Ferreira L. Observações Etnográficas na Avaliação da Usabilidade de Dispositivos Móveis de Coleta de Dados Estatísticos. Conferência Interaction South America 2010 - Universidade Positivo, Curitiba Paraná, Brasil, Dezembro 2010.

# Situación Actual del Proceso de Diagnóstico de Autismo en las Familias Voluntarias de la Fundación Luz y Esperanza por el Autismo en la Ciudad de Santiago de los Caballeros

Yacelis Martínez

Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra: Autopista Duarte Km. 1 1/2, Santiago De Los Caballeros, República Dominicana, Tel.: 809-580-1962, Fax: 809-582-4549.

**Resumen.** El autismo es uno de los trastornos generalizados del desarrollo que se caracteriza por un desarrollo deficiente en la interacción y comunicación social del niño. Para realizar el estudio se encuestaron 28 familias voluntarias que formaban parte de la fundación. Se aplicó un cuestionario con 35 preguntas y se concluyó que actualmente el proceso de diagnóstico de autismo en Santiago no presenta muchas deficiencias, pues son pocas las familias de las encuestadas que han recibido un diagnóstico erróneo. Se determinó que los padres están muy atentos al desarrollo de sus hijos y no pierden tiempo cuando notan cualquier irregularidad. Expresaron que la falta de expertos en el área y el poco conocimiento que tienen muchos especialistas, son las principales dificultades existentes, las cuales no se han visto solamente en el país, sino que otros lugares también presentan las mismas problemáticas al momento de obtener el diagnóstico.

**Palabras clave:** autismo, trastorno, diagnóstico, deficiencias.

## 1. Introducción y contenidos

El objetivo principal de dicho estudio es determinar la situación actual del proceso de diagnóstico de autismo en las familias voluntarias de la Fundación Luz y Esperanza por el Autismo de la ciudad de Santiago de los Caballeros. Para poder comprobarlo tomamos en cuenta las características iniciales que motivaron a los padres o tutores a iniciar el proceso de evaluación e identificamos a la primera persona que dio la voz de alarma para iniciar dicho proceso. Se estableció la edad promedio en la cual se observan las primeras señales y se determinó cuánto tiempo transcurre desde la detección de estas hasta el inicio del proceso de evaluación y hasta la obtención del diagnóstico. Finalmente, identificamos los métodos más utilizados para la obtención del mismo y las principales problemáticas que existen al momento de obtener un diagnóstico acertado de autismo para facilitar con esto la posibilidad de establecer un diagnóstico a tiempo.

De todos los trastornos generalizados del desarrollo (TGD), los más graves son aquellos que afectan el desarrollo psicosocial, cognitivo y psicomotor del individuo. Dentro de estos trastornos se destaca el autismo, el cual según el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, cuarta edición, texto revisado (DSM-IV-TR) (American Psychiatric Association [APA], 2002), se caracteriza por "la presencia de un desarrollo marcadamente anormal o deficiente de la interacción y comunicación sociales y un repertorio sumamente restringido de actividades e intereses" (p.80).

Aunque en la actualidad el autismo continúa siendo un tema con muchas interrogantes, se ha planteado que la detección a tiempo de este trastorno tiene un efecto positivo en el pronóstico de aquellos niños que lo padecen, tanto a nivel de comportamiento como a nivel comunicativo y de habilidades (Diez-Cuervo et al., 2005).

En una investigación realizada por Mandell, Novak y Zubritsky (citado por Albores-Gallo y colaboradores, 2008), se concluyó que el diagnóstico temprano del autismo es de gran importancia, ya que de esto dependerá el pronóstico, la intervención y el tipo de servicios educativos y médicos que se requieran. Aunque son muchos los factores que intervienen en el desarrollo adecuado de estos niños, las formas más graves del espectro autista son diagnosticadas en los primeros años de vida, mientras que las formas



moderadas, que obtienen mayores beneficios con los programas de intervención, no son identificadas hasta la etapa escolar.

Diferentes estudios llevados a cabo por Jacobson y Mulick; Jacobson, Mulick y Green; Jarbrink y Knapp, (citado por Albores-Gallo y colaboradores, 2008), afirman que el error al momento de diagnosticar el autismo es muy común, por lo que con frecuencia, las familias de estos niños reciben tres o cuatro diagnósticos antes del de autismo. Comentan que estos errores cometidos dependen de numerosos obstáculos que se presentan en la evaluación de niños que padecen este trastorno. El más importante de estos obstáculos es que la mayor parte de los instrumentos que se han diseñado para lograr un diagnóstico a tiempo requieren un entrenamiento profesional especializado (Diez-Cuervo et al., 2005).

Otros estudios sugieren que la intervención temprana marcará la diferencia en lo que se refiere a un pronóstico favorable o desfavorable, pues varias investigaciones concluyen que si la intervención se inicia antes de los 3 años, se lograrán más beneficios que si esta se inicia después de los 5 años (Wetherby & Woods, 2006).

La doctora Georgina Peacock, oficial médico del Centro Nacional sobre Defectos al Nacer y Desarrollo de Discapacidades del Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos, explicó durante una conferencia dictada al personal de salud del Hospital Infantil Robert Reid Cabral, que para lograr un diagnóstico correcto y a tiempo es importante que los padres proporcionen la información a los especialistas sobre el comportamiento del niño en su casa y en cualquier otro lugar en el que se desarrolla y manifiesta que las deficiencias en el diagnóstico de autismo en el país son tan significativas, que el tema ha ido adquiriendo importancia al punto de que el Despacho de la Primera Dama, la Embajada de los Estados Unidos y los Centros de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos, han auspiciado una Jornada Nacional de Actualización sobre el tema de Trastornos del Espectro Autista ("Experta Expone Condiciones que Conducen al diagnóstico de Autismo", 2011).

El autismo infantil es un trastorno que surge en los primeros 30 meses de vida del niño y que se caracteriza por una alteración en la comunicación y en la relación con los demás, dando lugar a un deterioro del desarrollo emocional y cognitivo. Los niños que padecen de autismo tienen una conducta especial, pues viven en su propio mundo, el cual está lleno de sensaciones que son estimuladas por ellos mismos, ya sea con sus movimientos estereotipados o con su apego a ciertos objetos, situación que impide el establecimiento de relaciones interpersonales adecuadas (Viloca, 2003).

Alario y Birnkrant (2010), exponen que al momento de establecer la prevalencia de autismo, diversos estudios comparten que en todo el mundo 5 de cada 10,000 personas padecen de autismo clásico. Con relación a la población femenina, la masculina presenta mayor incidencia, ya que el autismo afecta en una proporción de 4 a 1. Esta proporción es genérica, ya que se encuentra en todas las clases sociales y culturales.

Según Barthélemy, Van der Gaag y Visconti (2000), en los últimos tiempos se ha producido un incremento en la cantidad de casos de autismo, pero no se ha podido determinar si dicho incremento se debe a una incidencia real, si surge como consecuencia de las modificaciones en los criterios diagnósticos o si se debe a que hoy en día los profesionales tienen un nivel de conciencia mayor en cuanto al autismo.

Actualmente existe mucha confusión sobre las causas del autismo y a pesar de que numerosos autores han realizado investigaciones al respecto, todavía no se ha identificado un único factor causal que explique su existencia (Aragón, 2010).

Alario y Birnkrant (2010), plantean que en los primeros años de vida, los niños con autismo suelen mostrar falta de interés en mantener relaciones interpersonales, evitación del contacto visual, falta de apego, dificultad para los juegos de ensamble y deficiencias en la comunicación.

Aliaga y colaboradores (2010), plantean que las pruebas auditivas, el electroencefalograma, las placas metabólicas, las pruebas genéticas y la imagen de resonancia magnética y tomografía axial computarizada son las principales formas de evaluación que facilitan el proceso diagnóstico.

La Sociedad Venezolana para Niños y Adultos Autistas (2008), plantea que para lograr el diagnóstico de autismo es necesario tener conocimiento sobre el desarrollo del niño, sobretodo, en relación a las habilidades sociales, comunicativas, sensoriales y de juego. Los familiares y profesores del niño juegan un papel esencial al momento de proporcionar este tipo de información, pero también es necesario contar con un equipo interdisciplinario de profesionales para lograr un diagnóstico acertado y a tiempo entre los cuales

se puede citar: neuropediatra, foniatra, nutricionista, psicólogo, terapeuta del lenguaje, psiquiatra y psicopedagogo.

El diagnóstico acertado y a tiempo del autismo es de suma importancia pues ofrece un mejor pronóstico y permite identificar cuáles serán los métodos necesarios para lograr un mejor desarrollo en el niño (Albores-Gallo et al., 2008).

## 2. Metodología

Para dar inicio a la realización de dicha investigación se obtuvo información sobre la fundación, se habló con la presidenta de la misma para poder obtener datos sobre la cantidad de familias afiliadas y cuál sería el procedimiento a seguir para contactarlas.

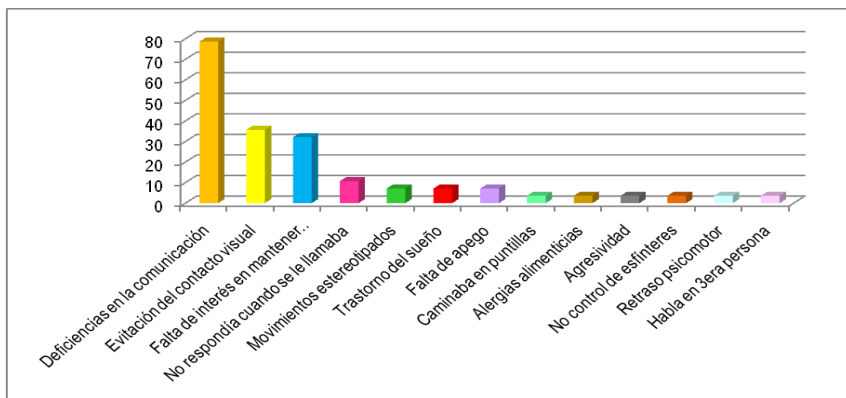
Luego, la presidenta se comunicó con las familias y les informó sobre el estudio, determinando así si estarían en la disposición de participar. Tras esto, se hizo de conocimiento de las investigadoras los teléfonos de aquellas familias que ya habían aceptado colaborar, para de este modo garantizar el anonimato y privacidad de aquellas que no deseaban formar parte de la investigación. Se procedió a llamar a cada familia para identificar el momento y el lugar en el que se aplicaría el cuestionario, para explicarles de manera más detallada el propósito de este estudio y firmar el consentimiento informado.

Más adelante se procedió a aplicar el cuestionario. Dicha aplicación se realizó en diferentes modalidades. Las aplicaciones en persona se hicieron a domicilio y tuvieron una duración entre 20 y 30 minutos. En ciertas instancias, donde era más cómodo para la familia, los cuestionarios fueron dejados en las casas o lugares de trabajo, llenados por el informante y luego pasados a recoger. En el caso de una familia que se encontraba fuera de la ciudad, el cuestionario se completó vía telefónica y el consentimiento informado fue enviado por mensajería.

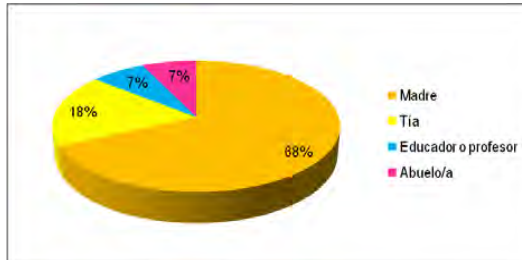
A partir de los datos recolectados se elaboró una base de datos en el programa SPSS-WIN 20.0 para llevar a cabo los análisis estadísticos de acuerdo a los objetivos planteados. Para la obtención de los datos se utilizó un cuestionario diseñado especialmente para este estudio, pero se utilizó como guía un cuestionario publicado por la Confederación Autismo España (s.f), quienes lo usaron para investigar el proceso de evaluación y diagnóstico de autismo en España. Dicho cuestionario estaba compuesto por 35 preguntas que contemplan datos demográficos, familiares, evolutivos y psicosociales del individuo.

## 3. Resultados y discusión

Mediante la presente investigación se pudo observar que las características iniciales que dan pie a la familia para iniciar el proceso de evaluación coinciden con las planteadas por Alario y Birnkrant (2010), como aquellas manifestadas por los niños con TEA en los primeros años de vida. Estos autores afirman que la falta de interés en mantener relaciones interpersonales, la evitación del contacto visual, la falta de apego y las deficiencias en la comunicación, son las principales señales exhibidas por estos niños, por lo que los padres encuestados parecen estar al tanto de las señales de alerta propias de este trastorno.



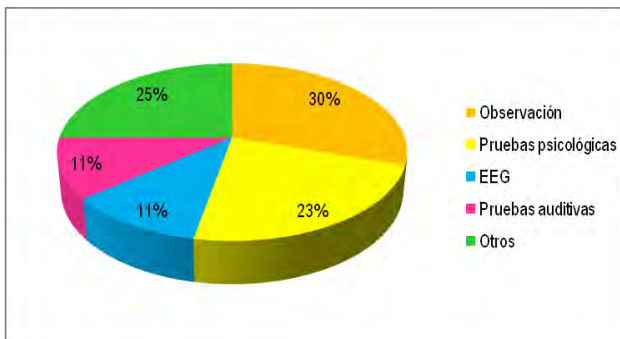
La mayoría de las familias encuestadas en este estudio indicaron que eran las madres las primeras personas en servir de alarma para iniciar el proceso evaluativo. Del mismo modo, son las madres las cuidadoras principales, lo que coincide con la investigación realizada por Seguí, Ortiz-Tallo y De Diego (2008), donde el 95% de los cuidadores principales eran las madres. Es probable que al ser las madres las cuidadoras principales, se encuentren en mayor contacto con sus hijos y por consiguiente estén más al tanto del desarrollo cognitivo, social y conductual de los mismos, haciéndolas más sensibles a la detección de anomalías en su desarrollo.



Se determinó que la edad promedio en la cual fueron observadas las primeras señales de alarma por parte de los padres es aproximadamente de un año y ocho meses, lo que se relaciona con lo afirmado por Cabanyes-Truffino y García-Villamizar (2004), de que los padres manifiestan preocupación acerca del neurodesarrollo de sus hijos alrededor de los dos años de edad.

Sin embargo, a pesar de que los padres detectan a tiempo las señales de alarma, el promedio de tiempo que pasa desde esto hasta que dan inicio al proceso diagnóstico es de aproximadamente 9 meses, en algunos casos incluso llegan a durar 2 años antes de iniciar el proceso, lo que evidentemente aumenta el tiempo que transcurre entre la detección de los signos iniciales de alarma, hasta el momento en el que se obtiene un diagnóstico (aproximadamente 1 año y 8 meses, con una desviación típica de casi 2 años).

Por otra parte, se observa una estrecha relación entre los métodos utilizados en la región para diagnosticar a los niños con autismo y los que plantean Aliaga y colaboradores (2010), quienes sostienen que las principales formas de evaluación para obtener indicadores de un posible TEA son las pruebas auditivas, electroencefalogramas, imágenes de resonancia magnética, tomografías y pruebas genéticas.



A pesar de esto, son varias las problemáticas manifestadas por las familias al momento de obtener un diagnóstico acertado de autismo. Las principales problemáticas mencionadas fueron la falta de especialistas y el poco conocimiento que tienen estos sobre el tema. Debido a estas dificultades, la mayoría de las familias se han visto en la necesidad de consultar a varios especialistas durante el proceso evaluativo e incluso algunas se vieron en la necesidad de trasladarse de ciudad o de país en busca de un diagnóstico correcto y de un asesoramiento adecuado. También indicaron sentirse poco satisfechas con el apoyo ofrecido tanto por las entidades públicas como por las privadas.

En los estudios realizados por Jacobson y Mulick; Jacobson, Mulick y Green; Jarbrink y Knapp, (citado por Albores-Gallo y colaboradores, 2008), se determinó que las familias con niños que padecen de autismo



suelen recibir tres o cuatro diagnósticos incorrectos. Los resultados de la presente investigación difieren ya que la gran mayoría de las familias afirmaron haber recibido de inicio un diagnóstico acertado.

Debido a lo complejo de la entidad y a las distintas áreas que se ven afectadas por el autismo, autores como Soler (2010) recomiendan que los niños que padecen de este trastorno reciban apoyo de un equipo multidisciplinario, compuesto por los siguientes especialistas: trabajador social, fonoaudiólogo, logopeda, pediatra, psicólogo, psiquiatra y educador.

No obstante a lo afirmado por Soler (2010), en este estudio los resultados obtenidos demuestran que las familias consultaron un promedio de tres especialistas, pero no con propósito de un trabajo multidisciplinar, sino que al no conseguir respuesta a su problema se vieron en la obligación de consultar tantos especialistas como fuera posible para poder obtener un diagnóstico acertado.

En cuanto a la rapidez para la obtención del diagnóstico, la mayoría de las familias encuestadas la valoraron negativamente lo que podría deberse a que, como plantea Wilkinson (2011), los padres se sienten más satisfechos con el proceso diagnóstico cuando consultan una menor cantidad de especialistas. El tiempo de espera que las familias catalogan como muy por debajo de lo normal no necesariamente se debe a que los especialistas no conocen sobre el TEA, sino que, como también señala Wilkinson (2011), muchos profesionales prefieren esperar y observar el desarrollo y el comportamiento del paciente antes de dar un diagnóstico definitivo.

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

- En la actualidad, el autismo es un tema que está generando mucha inquietud tanto a nivel de las familias afectadas como del sector público y de investigación.
- Existen pocas investigaciones realizadas en el país sobre el proceso diagnóstico de autismo, por lo que no se cuenta con estadísticas fiables y actualizadas sobre el número de personas que padecen este trastorno en el país.
- Las fundaciones que trabajan con autismo en la ciudad de Santiago no cuentan con los recursos necesarios para poder tener una infraestructura adecuada y de esta manera ofrecer un mejor servicio a las personas que padecen de autismo y a sus familiares.
- Las madres son las primeras en notar las irregularidades en el desarrollo evolutivo.
- Las primeras señales de alarma se observan alrededor del año y medio de edad.
- El método principal mediante el cual se llevaron a cabo la mayoría de los diagnósticos reportados por las familias encuestadas fue la observación.
- Las principales problemáticas que existen al momento de buscar un diagnóstico acertado, según las familias encuestadas, son el poco conocimiento que tienen los especialistas y la falta de profesionales en el área.
- Las entidades públicas y privadas no ofrecen el apoyo educativo, social y económico necesario para las personas que padecen de autismo.
- El psicólogo y el logopeda son los principales especialistas a los que recurren las familias desde el momento que notan las irregularidades en el desarrollo del niño.
- Se requiere consultar una gran cantidad de especialistas para obtener el diagnóstico de autismo, ya que estos no trabajan de manera integrada.
- A pesar de que muchas familias reportaron haber recibido asesoramiento y material de apoyo sobre las necesidades médicas, sociales y educativas, estas consideran el asesoramiento ofrecido por los especialistas como muy deficiente.
- A pesar de que la mayoría de las familias recibieron un diagnóstico acertado, estas consideran que el margen de error es alto.

Dentro de las líneas de investigación que se desprenden de dicho estudio podemos mencionar:

- Situación actual del proceso de diagnóstico de autismo en la República Dominicana.
- Nivel de conocimiento que tienen los especialistas sobre el autismo.

- Redes de apoyo que existen en el país para familiares de pacientes con TEA.
- Nivel de organización interna que tienen las fundaciones que trabajan con autismo en la República Dominicana.
- Apoyo económico y logístico ofrecido por las entidades públicas a familiares de pacientes con TEA.
- Nivel de participación del Estado en la realización de actividades para personas que padecen de TEA.
- Prevalencia de TEA en la República Dominicana.

## Referencias

- Albore-Gallo, L., Hernández-Guzmán, L., Díaz-Pichardo, J.A. & Cortes-Hernández, B. (2008). Dificultades en la evaluación y diagnóstico del autismo. Una discusión [versión electrónica], *Salud Mental*, 31(1), 37-44.
- American Psychiatric Association. (2002). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (4a ed. texto revisado) Washington, DC, EE. UU.: Autor.
- Diez-Cuervo, A., Muñoz-Yunta, J.A., Fuentes-Biggi, J., Canal-Bedia, R., Idiazábal-Aletxa, M.A, Ferrari-Arroyo, M.J., Posada-De la Paz, M. (2005). *Guía de buena práctica para el diagnóstico de los trastornos del espectro autista* [versión electrónica], *Revista de Neurología*, 41(5), 299-310.
- Soler, M. (2010). El Autismo: Diagnóstico e Intervención Educativa. Recuperado el 12 de enero del 2012, de [http://www.csicsif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_37/MIRIAM%20SOLER%20PENA\\_1.pdf](http://www.csicsif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_37/MIRIAM%20SOLER%20PENA_1.pdf)
- Viloca, L. (2003). *El niño autista: detección, evolución y tratamiento*. Barcelona, España: Ediciones Ceac
- Wetherby, A. M., & Woods, J. J. (2006). Early Social Interaction Project for Children With Autism Spectrum Disorders Beginning in the Second Year of Life: A Preliminary Study. *Topics in Early Childhood Special Education*, 26(2), 67-82
- Wilkinson, L. (2011). *How many doctors does it take to diagnose an autism spectrum disorder (ASD)?* Recuperado el 2 de marzo de 2012, de <http://www.examiner.com/asperger-education-in-west-palm-beach/how-many-doctors-does-it-take-to-diagnose-an-autism-spectrum-disorder-asd>

# Diseño Universal en Arquitectura-Inclusión del Usuario

Lloanna M. Acosta Eusebio

Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra: Av. Abraham Lincoln Esq. Rómulo Betancourt, Santo Domingo, República Dominicana, Tel. 809 535 0111, lloanna.1@gmail.com

**Resumen.** Con esta investigación se persigue adquirir conocimiento y competencias de diseño de espacios arquitectónicos que permitan y promuevan el acceso e inclusión de personas tradicionalmente excluidas. Se estudian los conceptos de "Diseño universal" donde se aplican al proceso de diseño de espacios y se establecen recomendaciones de diseño en las distintas etapas del proceso.

El diseño universal precisa dar importancia a todas las dimensiones de las personas a la hora de tomar las decisiones de diseño: edad, capacidades, diferencias y condiciones físicas. Estas consideraciones hacen que los espacios puedan ser utilizados por todos.

Un diseño universal produce entornos de espacios accesibles y funcionales eliminando las barreras que dificulten las actividades de sus usuarios. Por lo que una arquitectura inclusiva es aquella que crea espacios donde se satisfacen las necesidades de accesibilidad que presentan estos usuarios.

**Palabras clave:** Diseño universal, accesibilidad, espacios sin barreras, inclusión.

## 1. Introducción y contenidos

El objetivo general de esta investigación fue comprender los preceptos del Diseño Universal y como se incorporan al proceso de diseño arquitectónico. Particularmente se analiza cómo se comportan los productos del Diseño universal y las características de la arquitectura inclusiva. Los objetivos específicos fueron conocer los principios que permiten que un espacio arquitectónico sea inclusivo tanto para personas con necesidades especiales como para los que no las tienen, describir las características de un espacio que brinde accesibilidad a todos, identificar los elementos que se deben tomar en cuenta para diseñar un espacio para todos y describir las barreras arquitectónicas.

Ya sea por causas naturales o accidentales, todos hemos vivido la experiencia en algún momento de nuestra vida, de no poder acceder a algún lugar. De alguna manera nos hemos sentido excluidos por razones diversas en ciertos espacios. Ya sea cuando niños porque la estatura nos impide alcanzar ciertos lugares, así como ya adultos con alguna limitación motriz, o personas mayores que se sienten excluidos de entornos que no satisfacen necesidades que la edad ha traído consigo. En este contexto surge la pregunta: ¿hasta dónde se consideró al momento de concebir esos lugares la posibilidad de que personas con determinada diferencia de capacidad pudieran satisfacer sus necesidades?

A partir de esta preocupación se busca una manera de crear arquitectura que pueda ser accedida por todos. Cómo puede aplicarse el "diseño universal", concepto acuñado por Ronald L. Mace que trata de manera general los conceptos de diseño de productos y entornos de fácil acceso para un mayor número de personas.

## 2. Metodología

La metodología de este trabajo se rige por el formato establecido para la elaboración de proyectos de grado de arquitectura de la universidad que establece dos etapas: La elaboración de una investigación sobre un tema del ámbito de la carrera y la elaboración de un proyecto donde se aplican los conocimientos adquiridos. Para la primera etapa la investigación se fundamentó en el libro Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, que trata sobre diseño universal.



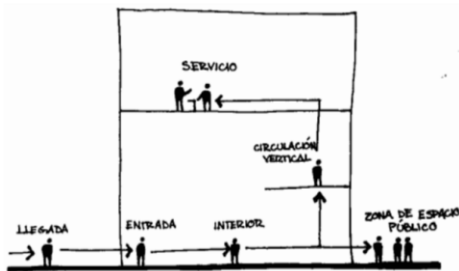


Imagen C. Accesibilidad Fuente: Esquema del autor

Para entender el objetivo del diseño universal, sería adecuado comprender los conceptos de “accesibilidad universal” y “diseño para todos”, como lo explican Julio Lillo y Humberto Moreira (2004), [4]. Según exponen, accesibilidad universal es la condición que debe cumplir un espacio y todo aquello que lo compone para que pueda comprenderse, utilizarse y puesto en práctica por todo tipo de usuario de manera segura y cómoda. Lo que lleva al concepto de un “diseño para todos”, el cual define como la actividad de plantear espacios que cualquier tipo de usuario pueda utilizar.

Luego de comprender los conceptos de “accesibilidad universal” y “diseño para todos” y con ayuda de una frase expuesta por Ronald L. Mace (1989), comprendemos que el concepto de diseño universal es “simplificar la vida de todas las personas, haciendo que los productos, las comunicaciones y el entorno construido por el hombre sean más utilizables por la mayor cantidad posible de personas con un costo nulo o mínimo”, [5]. Es decir, la unión de ambos conceptos anteriormente descritos explica que el diseño universal busca crear espacios accesible a todos, donde no se le de preferencia a un usuario dejando atrás las necesidades de accesibilidad de otros.

Queda entendido entonces que los beneficiarios de un espacio diseñado bajo este concepto de diseño universal no son solamente personas con discapacidades, sino, como explica Jesús Hernández Galán (2011), se benefician todas aquellas personas que tengan limitadas sus capacidades de forma temporal, [6].

### Principios del Diseño Universal:

Para lograr alcanzar los objetivos del “diseño universal”, el Centro para Diseño Universal de la Universidad de Carolina del Norte [7] ha creado siete principios que actuarán como directrices generales:




- Uso equiparable: El diseño debe ser útil para todas las personas.
- Uso flexible: El diseño se ajusta a un amplio rango de capacidades y preferencias individuales.
- Uso simple e intuitivo: El uso del diseño es fácil de entender, sin importar la experiencia, conocimientos, habilidades del lenguaje o nivel de concentración del usuario.
- Información perceptible: El diseño comunica de manera eficaz la información necesaria para el usuario, sin importar las condiciones ambientales o a las capacidades sensoriales del usuario.
- Tolerancia a los errores: El diseño minimiza riesgos y consecuencias adversas de las acciones accidentales o involuntarias.
- Mínimo esfuerzo físico: El diseño debe ser usado eficiente y confortablemente con un mínimo de esfuerzo o fatiga.
- El tamaño y el espacio para el acceso y uso: El diseño proporciona un tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, independiente-mente del tamaño corporal, postura o movilidad del usuario.

El objetivo de estos principios es que existan diseños que brinden la posibilidad de accesibilidad para todo tipo de usuario, sin que el diseño en si esté dirigido a personas discapacitadas; es decir, busca generar un espacio que abarque la mayor cantidad posible de la población sin tipología alguna del diseño. Logrando así el confort de todos los usuarios, sin ningún tipo de restricción en la realización de sus actividades cotidianas.

El diseño universal busca la integración de todo tipo de personas en un solo espacio, que sea agradable y que la percepción de este no sea negativa en ningún sentido. Este diseño tiene el objetivo de no limitar a nadie para su accesibilidad y movilidad, permitiendo la eficacia de las actividades que se realicen en este espacio por cualquier tipo de persona.

### Elementos de la accesibilidad:

La norma UNE 170001 sobre accesibilidad global [8], establece criterios DALCO (Deambulaci3n, Aprehensi3n, Localizaci3n y Comunicaci3n) de accesibilidad universal. Estos son un conjunto de requerimientos que permiten que estas acciones que conforman el acr3nimo de DALCO se faciliten. Estos criterios dicen:

CRITERIOS	ASPECTOS A ANALIZAR
<b>Deambulaci3n</b> 	<b>Accesos:</b> Zonas de circulaci3n: reservas de espacios, dimensiones de pasillos, huecos de paso, puertas, mecanismos de cierre, mobiliario, etc. Espacios de aproximaci3n y maniobra: dise1o, dimensiones m3nimas, obst3culos, mobiliario, etc. Cambios de plano: escalones, escaleras, rampas, ascensores, plataformas elevado-ras, tapices rodantes, etc. Pavimentos: material, caracter3sticas, etc.
<b>Aprehensi3n</b> 	Alcance: ubicaci3n, distribuci3n, etc. Accionamiento: dise1o, facilidad de uso, conveniencia, etc. Agarre: dise1o, facilidad de uso, conveniencia, etc. Transporte: elementos de traslado de material o productos, dise1o, etc.
<b>Localizaci3n</b> 	Se1alizaci3n Orientaci3n Iluminaci3n Otros medios
<b>Comunicaci3n</b> 	Comunicaci3n visual Comunicaci3n t3ctil Comunicaci3n sonora Comunicaci3n interpersonal Otros medios

Seg3n estos criterios, los arquitectos Pedro L3pez y Jose Luis Borau, [6] crean una lista de los elementos que se deben tomar en cuenta para la accesibilidad de un espacio:

1. Accesibilidad exterior
2. Accesos al edificio
3. Circulaci3n horizontal
4. Circulaci3n vertical
5. Zonas, estancias y dependencias
6. Servicios higi3nicos
7. Se1alizaci3n y comunicaci3n
8. Tecnolog3a aplicada

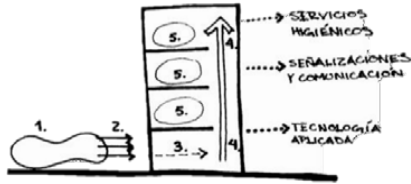


Imagen D: Elementos de accesibilidad. Fuente: Esquema del autor

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

Para lograr un entorno accesible debe considerarse la importancia y necesidad del funcionamiento de los espacios, tener en consideración los aspectos del espacio arquitectónico así como mantener la igualdad a la hora de satisfacer las necesidades de personas con impedimentos como aquellas personas que no tienen, permitiendo así una fácil y mayor integración de los usuarios en un espacio.

Una arquitectura inclusiva debe garantizar la igualdad en las oportunidades y necesidades de todos los usuarios, permitiendo la facilidad de: acceso de llegada al espacio arquitectónico, ingreso al espacio arquitectónico, permanencia en el interior del espacio, ejercicio de la actividad que se vaya a realizar en el mismo, salida del espacio arquitectónico.



De esta manera es necesario que se tomen en cuenta los distintos planos de diseño de un espacio arquitectónico, teniendo en consideración la accesibilidad de estos, complementando estas consideraciones con el "Reglamento para Proyectar sin Barreras Arquitectónicas" (1991): accesibilidad al exterior, accesos al edificio, circulación horizontal, circulación vertical, zonas de estancias y dependencias, servicios higiénicos, señalización y comunicación, medidas de emergencia y seguridad, mobiliario y tecnologías, [6].

Por esta razón, para lograr la creación de espacios universalmente accesibles se requiere más que cumplir solamente las normas de construcción establecidas. "Se trata de una responsabilidad más del proyectista a la hora de diseñar espacios para las personas, dejando de lado los parámetros del hombre medio y teniendo en cuenta el amplio espectro que supone la diversidad funcional del ser humano" (Pedro López & José Borau, 2011) [6].



A partir de estas conclusiones, se realizará un proyecto que permita la incorporación de los conocimientos obtenidos por medio de esta investigación, aplicando los principios de diseño universal y siguiendo los lineamientos para proyectar sin barreras arquitectónicas.

#### Referencias

- [1] World Health Organization. World Report on Disability. Geneva: The World Bank, 2011.
- [2] Barton, L. The Dissability Press. Oxford: Leeds, 1997.
- [3] Cabezas Conde, G. Manual para el Diseño Libre de Barreras Arquitectónicas, Lima, 2001.



- [4] Julio Lillo y Humberto Moreira. Envejecimiento y Diseño Universal. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2004.
- [5] Mace, Ronald L. Towards the Universal Design. JP Place: Center for Accesible Housing, 1989.
- [6] Jesús Hernández G. Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, Fundación ONCE, 1ra Edición, 2011.
- [7] Center for Universal Design. Universal Design Principles, North Carolina State University. Raleigh, 1997.
- [8] Norma NE 170001. Accesibilidad Universal, AENOR, 2007.









Organizan:



**PUCMM**  
Pontificia Universidad Católica  
Madre y Maestra



ASOCIACIÓN IBEROAMERICANA DE  
TECNOLOGÍAS DE APOYO A LA DISCAPACIDAD

Colaboradores:



**MESCyT**  
Ministerio de Educación  
Superior y Tecnología



Patrocinadores:



**MESCyT**  
Ministerio de Educación  
Superior y Tecnología



978-9945-00-959-9



978-9945-00-959-9