

# MOUSE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA EN CONTEXTOS EDUCATIVOS VIRTUALES

## MOUSE FOR PEOPLE WITH PHYSICAL DISABILITIES IN VIRTUAL EDUCATIONAL CONTEXTS

C. A. Castillo Benavides<sup>1</sup>, L. F. García<sup>2</sup>, N. D. Duque Méndez<sup>3</sup>, J. H. Estrada Estrada<sup>3</sup>

Recibido para publicación: 5 de marzo 2015 Aceptado para publicación: 25 abril de 2015

### RESUMEN

La implementación de nuevas estrategias orientadas a mejorar la usabilidad de aplicaciones educativas por personas con discapacidades físicas es un proceso complejo que involucra múltiples enfoques para la adaptación. El desarrollo de contenido educativo dirigido a estas personas suele tener que adaptarse a las características de los elementos de interfaz humano-computador típicos del mercado. En este trabajo se diseña un mouse que puede ser operado a través de movimientos de la cabeza y que permite que un usuario con discapacidades físicas pueda interactuar con el sistema sin usar el mouse ni el teclado. Los resultados muestran que el dispositivo permite una interacción efectiva con una aplicación educativa.

**Palabras Clave:** Mouse para accesibilidad, Usabilidad, Discapacidad física, Accesibilidad.

### ABSTRACT

Implementation of new strategies to improve the usability of educational applications for people with physical disabilities is a complex process that involves multiple approaches for adaptation. The developments of educational content focused on these people often have to adapt itself to the characteristics of the typical elements of human-computer interface of the market. In this work, we design a mouse which can be operated through head movements and helps a user with physical disabilities can interact with the system without using the mouse or keyboard. The results show that this device allows an effective interaction with an educational application.

**Keywords:** Accessibility Mouse, Usability, Physical Disabilities, Accessibility.

---

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín– Medellín, Colombia. {cacastilloben,lufgarciaar,nduqueme,jhestradae}@unal.edu.co

<sup>2</sup>Universidad de Caldas, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Manizales Colombia.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Manizales, Colombia.

## 1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) dirigida al aprendizaje de las personas con discapacidad física exige la ejecución de estudios de usabilidad. Esta necesidad en investigación surge porque se requiere el desarrollo de interfaces que se adapten a las necesidades de este tipo de usuarios desde las áreas de adaptación de contenido, de presentación, de interacción y de navegación (Peissner 2011). En el área de la interacción se ubican los dispositivos de entrada que brindan accesibilidad a personas con discapacidad física mediante la transformación de energía mecánica en energía eléctrica, p. ej., el mouse o el teclado (Hinckley, 2007). Para las investigaciones de usabilidad en contextos educativos soportados por TIC se requiere controlar los aspectos de diseño e implementación de los dispositivos mencionados. La ausencia de este control genera limitaciones en las investigaciones porque las características de diseño e implementación repercuten en las áreas que cubre el desarrollo de interfaces de usuario.

El diseño e implementación de dispositivos asistivos contribuye a mejorar interfaces que se adapten al usuario y que estén orientadas a la enseñanza. Esto se debe a que además de usar el dispositivo para vencer las barreras impuestas por la discapacidad física también se pretende alcanzar un grado adecuado de usabilidad de los recursos digitales educativos (Fichten et al 2000). Como todas las tecnologías asistivas, estas contribuyen a disminuir la exclusión de las personas con Necesidades Especiales en la Diversidad (NEED) y enfrenta los problemas de interacción de estudiantes con limitaciones físicas con las interfaces de usuario generalizadas, que no reconoce necesidades especiales en los estudiantes.

Este artículo presenta el proceso de desarrollo e implementación de un mouse basado en IMU (Inertial Measurement Unity) que puede ser usado por personas con discapacidad física que hacen interacción con recursos educativos virtuales. El mouse fue diseñado para ser operado mediante los movimientos de la cabeza teniendo en mente que el usuario al que va dirigido presenta limitaciones en las extremidades.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: La sección 2 presenta

una rápida visión de las tecnologías asistivas relacionadas, la sección siguiente se orienta a exponer el diseño e implementación del sistema; a continuación se presentan las pruebas realizadas del uso del mouse en plataformas educativas y se discuten los resultados, para terminar con las conclusiones y trabajo futuro.

## 2. TECNOLOGÍAS ASISTIVAS Y TRABAJOS RELACIONADOS

Bee (2015) plantea que la prosperidad y el crecimiento de la humanidad durante el siglo 21 ha estado marcada por mejorar progresivamente la calidad de vida, debido en gran parte al desarrollo de tecnologías asistivas. Las tecnologías asistivas han llegado a incluir todas las aplicaciones de la ciencia hacia el mantenimiento y la evolución de la calidad de vida. Básicamente, esto puede lograrse de dos maneras, dependiendo del destinatario. Un ser humano perfectamente normal puede ser aumentado de alguna manera a exceder sus límites de capacidades. Por otra parte, una persona que sufre de algún tipo de discapacidad o deficiencia se puede potenciar y ayudar a llevar a cabo rutinas diarias como otro ser humano completamente funcional. En los procesos de inclusión esta última visión es la relevante.

Las tecnologías asistivas (también llamada tecnología de adaptación) se refiere a cualquier "producto, dispositivo o equipo, ya sea adquirido comercialmente o modificado para requisitos particulares, que se utiliza para mantener, aumentar o mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidad.". Productos de tecnología asistiva relacionados con la informática incluyen pantalla res magni fi, teclados de gran clave, dispositivos de entrada alternativos, tales como pantallas táctiles, trackballs versized y joysticks, programas de reconocimiento de voz y lectores de texto. (Green, 2011)

Algunos trabajos se han orientado, con el fin de no recurrir al mouse o el teclado para la interacción, se han orientado al reconocimiento de movimientos o gestos.

Yoon et al. (2001), presentan su propuesta de reconocimiento de gestos de la mano como una alternativa atractiva a los dispositivos de interfaz engorrosos para la interacción humano-computador (HCI). Comentan que se han

propuesto muchos métodos de reconocimiento de gesto de la mano utilizando análisis visual: el análisis sintáctico, redes neuronales, el modelo oculto de Markov (HMM), y su investigación se orienta por esta última alternativa.

Jankó y Hajder (2012), presentan un método de calibración novedoso que permite rastrear el movimiento del ojo del usuario y la mirada a través de una única cámara web.

La interacción es significativamente influenciada por la herramienta de comunicación utilizada por un ser humano para controlar el computador y se hace sustituyendo algunas funciones del teclado o el ratón con el control de la mirada humana.

### 3. DISEÑO

El desarrollo del IMUmouse se propone como una herramienta de asistencia a personas con discapacidad física que hacen uso de material educativo virtual. La implementación del mouse está integrada con otros trabajos realizados por el Grupo de Ambientes Inteligentes y Adaptativos (GAIA) tales como: repositorios de objetos de aprendizaje, sistemas de recomendación y desarrollo de software accesible. El dispositivo construido se presenta como una herramienta que permitirá abordar estudios de usabilidad desde enfoques relacionados con los componentes de software y hardware. Como parámetro de diseño se estableció el implementar un sistema de interacción que no dependiera de complejos algoritmos de reconocimiento de patrones que se ejecutaran en segundo plano. En cambio se propone un dispositivo que puede realizar de manera autónoma el procesamiento de gestos y que ejecuta directamente las acciones del cursor.

#### a. Componentes.

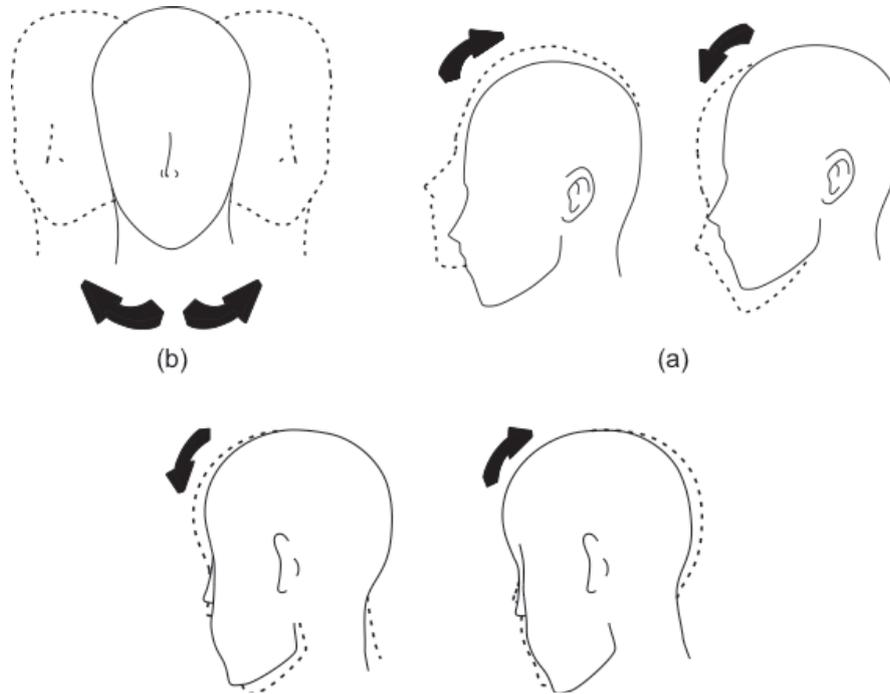
El IMUmouse fue diseñado para ser operado mediante los movimientos de la cabeza teniendo en mente que el usuario al que va dirigido presenta limitaciones en las extremidades. En el diseño se usaron dispositivos disponibles en el mercado local y que constituyen una solución A

partir del uso de una Unidad de Medida Inercial (IMU por su sigla en inglés) el mouse fue dotado de los gestos de desplazamiento del cursor y clic. La implementación se hizo mediante el uso de la tarjeta GY-85 y la placa arduino Pro Micro. Fue seleccionada la plataforma Arduino puesto que incorpora librerías que permiten comunicación directa con las acciones del mouse y teclado.

El IMUmouse basa su funcionamiento en 3 tipos de sensores: acelerómetro, giroscopio y magnetómetro. El dispositivo permitirá a usuarios con disfuncionalidades de movimiento en extremidades superiores el control de las funciones del cursor a través de movimientos de la cabeza. El uso de un IMU se justifica por la necesidad de obtener datos de posición y movimiento del usuario. A partir de estos datos deben ser diferenciados distintos tipos de acciones necesarias para interactuar con contenido educativo. El acelerómetro mide las fuerzas de inercia que actúan sobre un cuerpo. El giroscopio consiste en un cuerpo con simetría de rotación que puede girar alrededor de su eje de simetría y se aprovecha el momento angular generado en el cambio de rotación para efectuar la medición. El sensor anisotrópico magnetoresistivo permite conocer la ubicación del dispositivo en relación al campo magnético terrestre.

#### b. Definición de movimientos y gestos

En la Figura 1 se ilustran los gestos seleccionados para el control del cursor: Desplazamiento horizontal, desplazamiento vertical y clic. Para los gestos de desplazamiento se desea que el dispositivo relacione de manera intuitiva los movimientos de la cabeza con los movimientos del cursor. El desplazamiento horizontal se obtiene a través del desplazamiento angular sobre el eje transversal de la cabeza Figura 1a. Del mismo modo se logra un movimiento vertical del cursor a partir del desplazamiento angular de la cabeza sobre su eje longitudinal Figura 1b. Para generar la acción de clic a través del dispositivo a diseñar se seleccionó un movimiento basado en un pico de aceleración en la dirección vertical como se muestra en la Figura 1c.

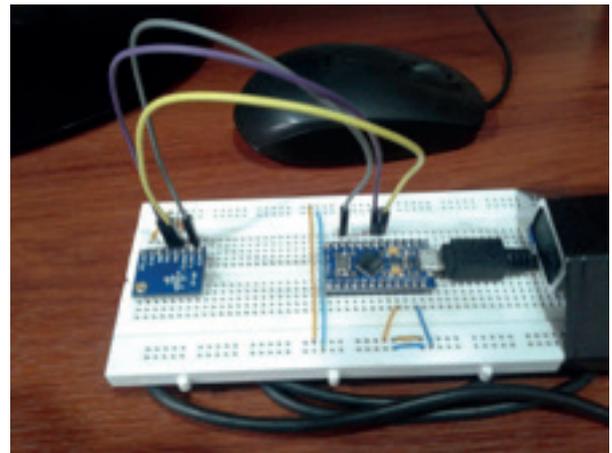


**Figura 1:** Esquema de los movimientos seleccionados para operar el dispositivo.

#### 4. IMPLEMENTACIÓN

La implementación del dispositivo de interfaz propuesto debe permitir que el usuario interactúe adecuadamente con el contenido educativo. Para lograrlo se integran en el dispositivo un sistema de medida y un sistema de procesamiento. Para el sistema de medida se tiene una tarjeta IMU GY-85 que posee un acelerómetro digital ADXL345, un giroscopio ITG3205 y un magnetómetro HMC5853L. Cada sensor puede medir 3 ejes formando un sistema de medida de 9 DOF con valores digitales a través de un protocolo de comunicaciones I<sup>2</sup>C. El sistema de procesamiento se basa en una placa Arduino Pro Micro. Se selecciona Arduino como plataforma de desarrollo gracias programación se basa en lenguaje C. Para esta plataforma se encuentran disponibles gran cantidad de librerías que permiten integrar esta familia de dispositivos con diversos sensores y plataformas.

La figura 2 muestra los elementos electrónicos que componen el dispositivo. Se aprecia la configuración física que tiene en el proceso de construcción y la relación del tamaño con un mouse convencional.



**Figura 2:** IMUmous

##### 1.1. Funcionamiento del dispositivo

En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques del funcionamiento del dispositivo. Se configuran los sensores en cuanto a rangos de medida, sensibilidad y funcionalidades. Los eventos de actividad e inactividad se implementan mediante la programación de interrupciones de hardware y se activan cuando se alcanzan umbrales de aceleración definidos para cada uno. Cuando el

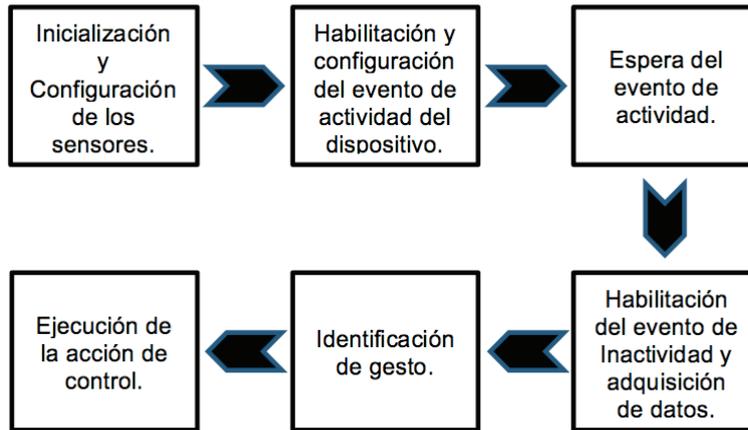


Figura 3: Diagrama de bloques del funcionamiento del dispositivo.

sistema entra en estado de actividad se ejecuta el proceso de adquisición de datos hasta que ocurra un evento de inactividad. Para la identificación de los gestos la unidad de procesamiento interpreta la serie de datos de la unidad de medida priorizando la detección del clic. A partir de la detección de las medidas características de este evento se borran los registros destinados al movimiento del puntero. En caso que se descarte la ocurrencia de clic se traducen los datos de velocidad angular en comandos para el movimiento del cursor.

#### 4.2. Pruebas realizadas

Dado que el sistema está en su fase de prototipo el experimento está dirigido a probar la capacidad del IMUmouse para interactuar con aplicaciones desarrolladas para el sistema operativo Windows y no busca evaluarlo comparativamente con otras herramientas, ni tampoco la efectividad en el proceso educativo. Para la ejecución de las pruebas se construyó una simple aplicación educativa con el fin de evaluar los gestos de interacción con los que se dotó al mouse. La aplicación mostrada en la figura 4 está orientada a la realización de cuestionarios a los cuales

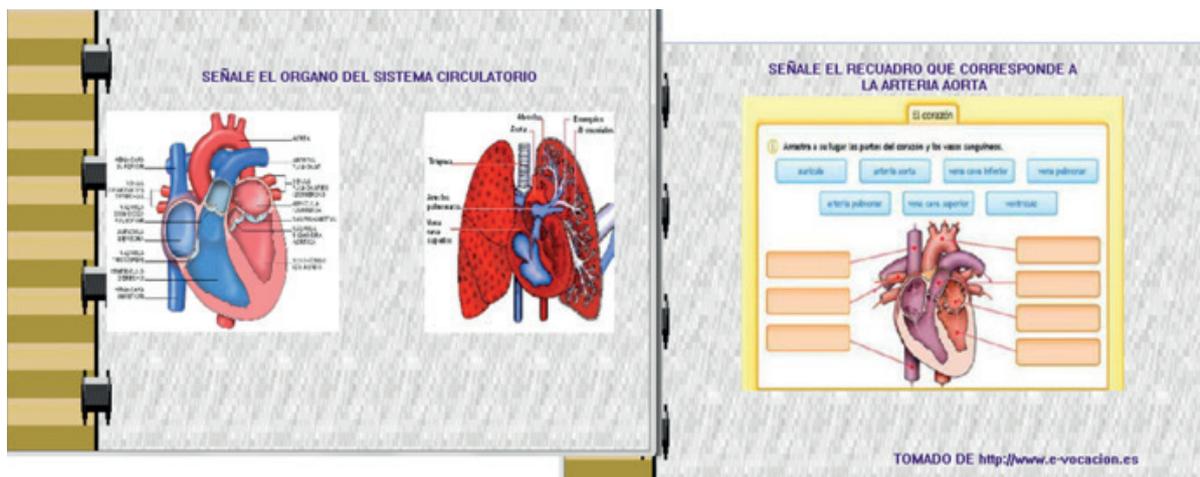


Figura 4: Ventanas de la aplicación sobre la que se realizaron las pruebas.

se responde mediante eventos del mouse, por ejemplo pasar sobre un área de la pantalla, hacer clic una o dos veces.

El IMUmouse se colocó sobre una diadema en la cabeza del usuario y este debía realizar las diferentes funciones del mouse con el solo movimiento de cabeza, como se aprecia en la figura 5.

La prueba consiste en contar el número de fallos en la ejecución de los gestos para un número finito de veces en que la aplicación es utilizada. En el caso del desplazamiento se fijó un único intento para trasladar el cursor hasta el rectángulo trazado en la pantalla. Para la acción de clic no fue restringido el número de intentos para alcanzar la zona objetivo. Esta decisión fue adoptada debido a que el clic requiere mantener la precisión mientras se genera con la cabeza un pico de aceleración.



**Figura 5:** Momento de pruebas con un usuario.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 están contenidos los resultados del experimento. La aplicación educativa fue ejecutada en diez ocasiones con el objetivo de realizar la toma de datos. Esta aplicación está dirigida al reconocimiento de procesos y componentes del sistema circulatorio del cuerpo humano. La primera ventana invita al usuario a trasladar el cursor hasta el rectángulo en donde está esquematizado el proceso de oxigenación de la sangre. En la segunda ventana se reta al estudiante a hacer uso del clic sobre un botón que indica la ubicación de la arteria aorta.

Los resultados muestran que para cada ejecución del gesto de desplazamiento no fue

reportado ningún error. Esto indica que para el desplazamiento correcto del cursor basta con el uso de los eventos de actividad e inactividad de la aceleración y las muestras del giroscopio. Para el caso del clic fueron reportados múltiples fallos a lo largo de la ejecución repetitiva de la aplicación. La detección de estos fallos evidencia la dificultad que se tiene en mantener un compromiso entre la generación del clic mediante el movimiento de la cabeza y la precisión. Estos fallos podrían ser eludidos mediante la adición de hardware que complemente al mouse o a través de la búsqueda de algoritmos alternativos para mejorar la detección de intención de clic. La adición de hardware representa una opción adicional a otras que impliquen modificar el tamaño de los botones sobre la pantalla.

**Tabla 1.** Resultados del experimento.

Ejecución	Pregunta	Intentos	Fallos
<b>1</b>	1	1	0
	2	4	3
<b>2</b>	1	1	0
	2	1	0
<b>3</b>	1	1	0
	2	2	1
<b>4</b>	1	1	0
	2	3	2
<b>5</b>	1	1	0
	2	1	0
<b>6</b>	1	1	0
	2	5	4
<b>7</b>	1	1	0
	2	1	0
<b>8</b>	1	1	0
	2	4	3
<b>9</b>	1	1	0
	2	1	0
<b>10</b>	1	1	0
	2	1	0

## CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

De acuerdo a los resultados obtenidos se infiere que el IMUmouse propuesto ofrece la posibilidad al usuario de interactuar con la aplicación educativa y esto puede ser generalizado a cualquier aplicación que use los eventos del mouse para la interacción.

El mouse fue evaluado a partir de su capacidad para interactuar con una aplicación educativa desarrollada por el grupo. A partir de los resultados obtenidos se infiere que el dispositivo permite la interacción efectiva con la aplicación.

Como trabajo futuro se propone mejorar los gestos del mouse mediante el diseño e implementación de hardware complementario y abrir nuevos espacios para la aplicación de la propuesta. Por otro lado se espera utilizar el dispositivo en personas con las limitaciones físicas reales y ver los resultados de la interacción con los sistemas educativos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del desarrollo del proyecto titulado Recursos de Hardware y Software para la Atención de Personas con Necesidades Especiales de Educación (NEED) financiado por la Universidad Nacional de Colombia con código Hermes: 23169. La investigación presentada en este artículo también fue financiada por el Programa de Formación de Investigadores "Becas COLCIENCIAS" año 2012 ofrecido por el Departamento de Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación.

## REFERENCIAS

- [1]. Bee Theng, Lau. (2015) Assistive Technologies for Physical and Cognitive Disabilities. IGI Global.USA
- [2]. Fichten, C. S., Barile, M., Asuncion, J. V. and Fossey, M. E. (2000) "What government, agencies, and organizations can do to improve access to computers for postsec-ondary students with disabili-ties: Recommendations based on Canadian

empirical data". *Int. J. Rehabil. Res.*, 23(3), 191-199.

- [3].** Green, Ravonne A. (2011) *Keep It Simple: A Guide to Assistive Technologies*. USA
- [4].** Hinckley, K., (2007). "Input technologies and techniques". A. Sears & J.A. Jacko (Eds.), *Human-Computer Interaction Fundamentals*
- [5].** Jankó, Zsolt and Hajder, Levente. (2012) *Improving Human-Computer Interaction by Gaze Tracking*. *CogInfoCom2012*. 3rd IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications. Kosice, Slovakia
- [6].** Peissner, M and H "abe, D. (2011). "Adaptation concept and Multimodal User Interface Patterns Repository", *MyUI: Mainstreaming Accessibility through Synergistic User Modelling and Adaptability*, FP7-ICT-009-4-248606.
- [7].** Yoon, Ho-Sub. Soh, Jung. Bae, Younglae J. Seung Yang, Hyun. (2001) *Hand gesture recognition using combined features of location, angle and velocity*. *Pattern Recognition* 34 pag