

TECLADO VIRTUAL PARA PERSONAS CON ENFERMEDADES NEUROMUSCULARES ACCIONADO A TRAVÉS DE UN EVENTO ACÚSTICO

Jhon Fernando Sanchez Alvarez ¹, Jovani Alberto Jiménez Builes ²

¹ Magister en ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, jfsancheza@unal.edu.co,

² Doctor en ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, jajimen1@unal.edu.co

RESUMEN

Personas con enfermedades neuromusculares severas presentan pérdida de la capacidad para comunicarse de forma verbal y escrita. El uso de periféricos clásicos para tratar de facilitar la comunicación resulta imposible debido a que enfermedades como distrofia muscular, parálisis, ataxia de Friedreich cerebral, y trastornos de la columna vertebral causan en el cuerpo de las personas que los padecen, efectos tales como la espasticidad, espasmos, mala coordinación, la restricción de movimientos y pérdida de fuerza muscular. La comunicación aumentativa y alternativa (AAC) es una opción complementaria o de reemplazo total al habla que permite romper la barrera de estas personas con la interacción con la sociedad. En este artículo, se presenta el desarrollo de un sistema de teclado virtual usando como método un evento acústico para seleccionar el carácter deseado y una agrupación de caracteres similar a los teclados de celulares clásicos para optimizar la eficiencia del sistema. Además, se presenta un análisis de usabilidad para validar el sistema.

Palabras clave: Comunicación Aumentativa Y Alternativa, Accesibilidad, Productos de Apoyo

Recibido: 19 de Marzo de 2016.

Aceptado: 01 de Junio de 2016

Received: March 19th, 2016

Accepted: June 01st, 2016

VIRTUAL KEYBOARD FOR PEOPLE WITH NEUROMUSCULAR DISEASES OPERATED THROUGH AN ACOUSTIC EVENT

ABSTRACT

Persons with severe neuromuscular diseases have lost the ability to communicate verbally and in writing. The use of classic peripherals to try to facilitate communication, it is impossible due to diseases such as muscular dystrophy, paralysis, Friedreich's ataxia and disorders of the spine causing in the bodies of the people who suffer this diseases, effects such as spasticity, spasms, poor coordination, restricted movement and loss of muscle strength. The augmentative and alternative communication (AAC), is a complementary option or total replacement speech, allowing break the communication and interaction barrier of these people with society. In this article, the development of a virtual system keyboard it shows as a method using an acoustic event to select the desired character and a group similar to the keyboard of a classic cell phone to optimize system efficiency. In addition, a usability analysis is presented to validate it.

Keywords: Augmentative and Alternative Communication, Accessibility, Support Products

Cómo citar este artículo: J. F. Sánchez, J. A. Jiménez, "Teclado virtual para personas con enfermedades neuromusculares accionado a través de un evento acústico," *Revista Politécnica*, vol. 12, no. 22, pp. 33-40, 2016.

1. INTRODUCCIÓN

El 15% de la población mundial, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) presenta algún tipo de discapacidad. Alrededor de 785 millones de personas viven con al menos una discapacidad. En 1970, la OMS estimó que era aproximadamente el 10% de la población mundial. Este incremento del 5% se debe al envejecimiento de la población (las personas ancianas tienen un mayor riesgo de discapacidad) y al incremento global de los problemas crónicos de salud asociados a discapacidad como por ejemplo la diabetes, enfermedades cardiovasculares y trastornos mentales [1]. El 5,9% de la población posee algún tipo de afectación severa en su movilidad y el 1,6% la afectación de su movilidad es extrema [1]. Las enfermedades neuromusculares son un acumulado de alrededor de 150 padecimientos neurológicos, comúnmente con el paso del tiempo tienden a incrementar los síntomas, la principal característica es la pérdida de fuerza muscular. Son enfermedades crónicas que generan gran discapacidad y pérdida de la autonomía personal. Las enfermedades neuromusculares no poseen de tratamientos efectivos, ni curación [2].

Particularmente en Colombia, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) en el 2010, reporta que 413.269 personas presentan alteraciones en el movimiento en su cuerpo [2]. En Colombia, la tasa de desempleo según el DANE para el mes de Enero de 2015 fue de 10,8% [3]. La tasa de desempleo de las personas que padecen una enfermedad que altera los movimientos de su cuerpo es del 39,2% [2]. Lo anterior, se suma a los escasos recursos de la mayoría de la población que padece algún tipo de discapacidad, les imposibilita la adquisición de equipos que les permita acceder a una mejor calidad de vida por su alto costo. Un ejemplo de estos equipos son los dispositivos llamados Interfaz Cerebro-Computador (ICC) que son un dispositivo de comunicación que permite generar una señal de control a partir de señales cerebrales como los ritmos sensorimotrices y los potenciales evocados [4]. Otro ejemplo son los dispositivos que funcionan por medio de Eye tracker, el cual es un aplicativo que obtiene las coordenadas del ojo y las transforma en coordenadas del puntero del mouse [5]. El teclado virtual presentado en este artículo (también llamado teclado acústico), solo requiere un computador de gama baja y un micrófono genérico. Dado el bajo

costo de los implementos de estos instrumentos, es una alternativa de solución real para la población que poseen enfermedades que alteran la motricidad.

Es interesante recalcar que las enfermedades neurodegenerativas son la principal causa de pérdida de capacidad motriz, y esto implica que con el paso del tiempo sus efectos en el cuerpo de la persona afectada aumentarán [6]. A los usuarios con deficiencias motrices les resulta difícil o imposible hacer uso de los periféricos comunes para interactuar con el mundo [7].

Algunos expertos argumentan que los requisitos para que estas personas accedan a la tecnología esta solventada por medio de dispositivos de apoyo especializados. Sin embargo, poseen tres grandes defectos: alto costo, complejidad de uso y la excesiva alta demanda de mantenimiento. Los anteriores defectos hacen que los dispositivos sean abandonados tiempo después de su creación [8][9][10]. A menudo se percibe que diseñar artefactos exclusivos para las personas con discapacidad motriz es inviable económicamente debido a que es una población relativamente reducida [11]. Es importante mencionar que los periféricos de entrada como el mouse y el teclado se diseñan para el usuario promedio y son inmutables. Por ende, los usuarios con deficiencias motrices deben adaptarse a las características de ellos [12]. Sin embargo, expertos afirman que estas limitaciones de hardware deben ser solventadas por medio de software que permita superar la barrera de los costos [13].

El teclado virtual que es presentado en ese artículo, aporta significativamente a las limitaciones de hardware, dado que es un aplicativo informático que de una manera sencilla y sin hardware especializados permite la comunicación de la persona con enfermedades neuromusculares, solventando a su vez, el problema de los costos. La intervención con las personas no hablantes por medio de estrategias de comunicación aumentativa y alternativa (AAC) ha recibido mucha atención en la última década. Estas estrategias tienen como objetivo facilitar la comunicación, ya sea aumentando la producción verbal de la persona, o proporcionando un método alternativo para expresar sus necesidades y pensamientos. Contrariamente a las creencias anteriores, estas

tácticas son vistas para facilitar el desarrollo de una mayor producción verbal y la interacción social en lugar de inhibir o aislar a la persona de la sociedad [1]

El trabajo presentado en este artículo está organizado de la siguiente manera: en el siguiente capítulo se muestran los materiales y métodos; luego en el capítulo siguiente se exteriorizan los resultados y la discusión. Finalmente se encuentran las conclusiones y referencias bibliográficas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Antecedentes

El diseño de sistemas para personas con enfermedades que alteran la motricidad se está convirtiendo en un tema cada vez más importante por una variedad de razones, sobre todo debido a la reciente legislación en muchos países que promueve los derechos de las personas con discapacidad que generan proyectos de estado para facilitar la vida de las personas con diferentes tipos de enfermedades. Muchos desarrolladores se preocupan por la necesidad de producir un aplicativo que será usable para todos los usuarios, independiente de su capacidad y pérdida gradual de movilidad. Además, se inquietan debido al hecho de que tengan que comprometer seriamente su diseño general para lograr este objetivo. Es evidente que esto no estaría en el interés de nadie, y con la creciente capacidad de personalizar las interfaces para satisfacer las necesidades de los diferentes usuarios, esto no es necesario [15].

Existen numerosos conjuntos de pautas para ayudar a los desarrolladores a producir aplicativos que sean accesibles y utilizables por personas con discapacidad. Estos incluyen directrices muy generales, como los producidos por el Centro de Diseño Universal [16], herramienta de autor [17] y los desarrolladores de contenido [18]. Sin embargo, no está claro si proporcionar pautas es un método eficaz para garantizar diseños utilizables.

Para Helen et al, [19], para tratar con diseños para las personas con discapacidad, los desarrolladores necesitan tener un marco conceptual en el que

deben situar las directrices relacionadas con la discapacidad, que a menudo no tienen debido a la falta de experiencia con personas con discapacidad y sus tecnologías.

Uno de los muchos desafíos de diseño para las personas con discapacidad es el hecho de que hay muchas posibilidades de padecer discapacidades, de los sistemas sensoriales, físicas y cognitivas, y que éstos pueden ocurrir en las combinaciones, en vez de individualmente. Esto es particularmente importante ya que a medida de que la edad avanza, es probable que las personas adquieran múltiples discapacidades. Y aunque una discapacidad por separado puede tener un efecto relativamente menor, sus efectos combinados pueden ser importantes.

Diversas organizaciones e investigadores desarrollan un gran número de aplicativos informáticos con el fin de solventar la imposibilidad de expresarse.

En España, se creó hace 15 años el proyecto Fressa de donde surgió TotiPm que es un emulador de teclado (Ver Fig. 1). TotiPm permite disponer de un teclado en pantalla para personas que no puedan utilizar un teclado normal. Funciona por escaneo automático y se activa pulsando un conmutador o un sonido detectado por el micrófono. Permite además, enviar las pulsaciones a cualquier procesador de texto [20].



Fig. 1. TotiPM Proyecto Fressa [20]

Otro antecedente es el teclado virtual, cuyo funcionamiento es activado por señales cerebrales (Ver Fig. 2). Este teclado presenta la imagen de un teclado en la pantalla del computador, en donde el

usuario utiliza la interfaz bio-señales para hacer la selección [21]



Fig. 2. Teclado virtual usando bioseñales [21].

2.2 Características del aplicativo

En la actualidad, existen diversos aplicativos comerciales y no comerciales, que facilitan la interacción de personas con discapacidad motriz. No obstante, son ineficientes y/o requieren la incorporación de hardware especializado.

Para la Organización Internacional de Normalización [22] (ISO por sus siglas en inglés), la usabilidad es “el grado en que un producto o sistema puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico”.

Para Nielsen [23], la usabilidad es una cualidad abstracta del software para ser cuantificada claramente. Para medirla se requiere realizar una descomposición. Nielsen especifica cinco atributos: Facilidad de aprendizaje, eficiencia, recuerdo en el tiempo, tasa de errores y satisfacción. En los sistemas analizados en los antecedentes, la eficiencia en la mayoría de los casos es dejada de lado y prioriza las demás características.

La eficiencia [24] es la cantidad de operaciones realizadas por unidad de tiempo usando el software. Si la usabilidad del software es alta, más rápido es el usuario al utilizarlo. Esto no implica que la eficiencia del usuario sea alto debido a una alta eficiencia del software. Para lograr optimizar el tiempo que tarda el usuario en escribir un carácter se buscó una distribución de teclado diferente a la clásica. La agrupación que hace el teclado obedece a la de un celular, el cual congrega de 3 a 4

caracteres por tecla, con esto se reduce el tiempo que tarda en seleccionar un carácter. Como método de interacción humano computador el producir un evento acústico es ideal para personas con enfermedades neurológicas, debido a que usar tacto en ocasiones no es factible.

Las enfermedades neurológicas presentan una gran amplitud de variaciones en los síntomas; algunas avanzan más rápidas que otras [2]. Por esto, los métodos de accesos en ACC son diferentes, de acuerdo a las necesidades del usuario. Con el fin de incorporar la mayor cantidad de usuarios a partir de las capacidades que poseen, Se usó el método de acceso de tipo indirecto: escaneo dirigido; el sistema realiza un desplazamiento cada segundo de izquierda a derecha; el usuario debe producir un evento acústico cuando el sistema alcance la agrupación de caracteres donde se encuentre el deseado y otro evento al momento de que el sistema alcance el carácter deseado.

1 QW	2 ABC	3 DEF
4 GHI	5 JKL	6 MNO
7 PQRS	8 TUV	9 WXYZ
* 0 +	#	☞

Fig. 3. Teclado típico de celular.

2.3 Implementación

El sistema fue desarrollado en el lenguaje de programación C# usando Microsoft Visual Studio. El diseño del teclado también se fundamentó en el concepto “esfuerzo mínimo del usuario”, que se define como la cantidad mínima efectiva de acciones ejecutadas por el usuario para realizar tareas. Una cantidad mínima de clics del mouse o pulsaciones de teclado se debe utilizar para ejecutar acciones. En nuestro caso, el esfuerzo mínimo del usuario se definió como la mínima cantidad de sonidos efectuados por el usuario para escribir una letra.

El sistema se ejecuta en plataformas con sistema operativo Windows. Como hardware adicional para accionarlo se requiere un micrófono sin ningún tipo de particularidad especial.



Fig. 4. Desarrollo de software (elaboración propia)

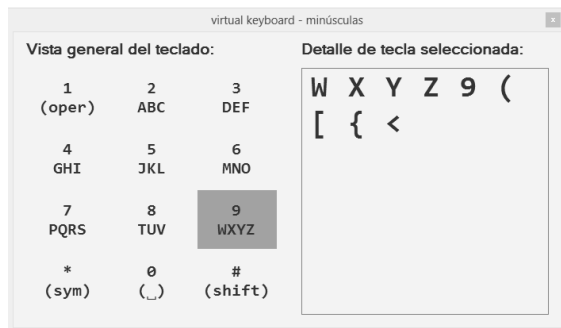


Fig. 5. Teclado virtual.

Existen teclados accionados por sonido. La distribución de estos obedece al diseño QWERTY, que presenta dificultades para las personas con discapacidad motriz. Por lo anterior, se buscó un teclado alternativo que permitiera reducir el tiempo de escritura. La agrupación de letras en los teclados celulares posibilitó el incremento de la eficiencia un 20% de las personas que escriben con él respecto a TotiPM (distribución QWERTY).

El sistema realiza un barrido automático tecla a tecla cada segundo. Al alcanzar la agrupación deseada, el usuario debe realizar un evento de tipo acústico. Luego se ofrecen las letras que se encuentran en la tecla. El sistema realiza otro barrido y al llegar a la tecla otro evento bastara para que la letra sea vista en pantalla.

El entrenamiento para el uso del software por parte del usuario es cómodo y no requiere mucho tiempo, otra ventaja con el software es que no necesita recalibrar el micrófono en cada uso del mismo brindando autonomía al usuario desde que inicial el computador.

3. RESULTADOS

3.1 Evaluación de usabilidad

Para evaluar la usabilidad del aplicativo Teclado virtual, se convocaron a cuatro personas (usuarios) con diverso porcentaje de pérdida de movilidad debido a enfermedades tales como distrofia muscular generalizada (dos usuarios), parálisis cerebral (un usuario) y ataxia de Friedreich (un usuario). Participaron en la prueba de usabilidad, previa aceptación del consentimiento informado por parte de los usuarios.

El objetivo de esta prueba es tener la posibilidad real de usar el aplicativo con personas con necesidades especiales y obtener una variedad de opiniones para mejorar el entorno.

Para realizar la prueba se usó el procedimiento de evaluación de usabilidad propuesto por An et al [21] con variaciones en los tiempos de las pruebas. En [21] se asignaron tres días separados para hacer las respectivas pruebas (día 1, día 5 y día 10). En este caso, por petición de las familias, se realizaron las pruebas en un solo día (debido al costo del transporte).

En la realización de la prueba su hicieron Los siguientes pasos:

En el primer paso, se les explicó a los usuarios el funcionamiento del aplicativo Teclado virtual.

En el segundo paso se dejó que el usuario interactuara con el aplicativo por diez minutos. Luego, se indicó a los usuarios que escribieran una frase de 25 letras.

En el tercer y último paso se les indicó que dieran su opinión acerca de la apariencia del aplicativo, grado de rendimiento, nivel de satisfacción e intención de compra usando el software en una escala de 1 a 10. Las respuestas y el tiempo de escritura se detallan en la **Tabla 1**.

La **Tabla 1** muestra los resultados de la evaluación de usabilidad. De los resultados, se deduce que el aplicativo desarrollado podría ser una solución práctica debido a que todos los participantes (usuarios) completaron la prueba y que mostraron un alto conocimiento del mismo. Además, es importante destacar que el porcentaje de pérdida de movilidad es variable en cada usuario. Lo anterior es de suma importancia debido a que

según los resultados, las personas con una movilidad superior completaron la tarea en menor tiempo comparando los demás tiempos.

En algunos casos, el tiempo que transcurre en el desplazamiento tecla a tecla debe adecuarse a las necesidades del usuario. Sin embargo, esto debe hacerse directamente en el código.

Tabla 1. Resultados de la prueba.

	Persona 1 con Distrofia Muscular	Persona 2 con Distrofia Muscular	Persona 1 con Parálisis cerebral	Persona 1 con Ataxia de Friedreich
Apariencia del sistema	7	5	4	2
Grado de rendimiento	5	4	6	7
Nivel de satisfacción	5	4	4	7
Intención de compra	2	3	3	4
Tiempo de escritura (25 letras)	12:02	15:35	10:15	8:48

Además, se realizó otra evaluación de usabilidad siguiendo el método propuesto por Sánchez [25].

En su tesis Sánchez no propone un tiempo ideal para que el usuario registre los 25 caracteres, este evalúa características heurísticas y arroja un promedio de cada característica, por medio de una ecuación se obtiene un total de usabilidad.

Se considera una usabilidad alta si el índice total se encuentra entre 80% a 100%. Una usabilidad media entre 70% a 80% y una usabilidad baja entre 0% y 70%. El total de usabilidad reportado en esta investigación es bastante notorio; siete de los diez software presentan un bajo índice de usabilidad.

La evaluación realizada, se hizo sobre software que actúan como facilitador de periférico de entrada al computador.

Tabla 2. Resultados de la prueba

	Eficiencia	Eficacia	Aprendibilidad	Satisfacción	Total
Software 1	44%	50%	19%	54%	43%
Software 2	75%	0%	62%	77%	67%
Software 3	60%	100%	81%	82%	76%
Software 4	69%	100%	87%	81%	80%
Software 5	75%	0%	31%	38%	45%
Software 6	40%	0%	24%	49%	37%
Software 7	84%	50%	62%	70%	71%
Software 8	40%	100%	50%	77%	61%
Software 9	65%	50%	62%	80%	69%
Software 10	35%	0%	50%	48%	41%

El software “Teclado acústico” corresponde al “Software 2” en la **Tabla 2**.

4. DISCUSION

En este trabajo se presentó un aplicativo informático denominado teclado virtual (acústico) con el fin de resolver las limitaciones que subyacen en el uso de los periféricos genéricos y ofrecer una solución práctica para personas con enfermedades neuromusculares para interactuar con los demás.

A pesar de buscar la mayor cantidad de usuarios para realizar las pruebas de usabilidad, es complejo organizar con ellos una reunión conjunta por motivos de costo de transporte que debe asumir los autores. El aplicativo fue validado por cuatro sujetos (2 usuarios con distrofia muscular generalizada, 1 sujeto con parálisis cerebral, 1 sujeto con Ataxia de Friedreich), en la prueba de usabilidad. En el futuro, vamos a mejorar el sistema desarrollado con base a los resultados de la encuesta.

Esta investigación muestra cómo se puede aplicar un análisis detallado y la comprensión de las limitaciones humanas de percepción fundamentales y las capacidades de retroalimentación para crear interfaces hombre-máquina que permitan la comunicación de las personas con enfermedades que alteran la capacidad de comunicarse con su entorno.

Este sistema es de libre distribución y es una aplicación que no requiere ningún tipo de hardware adicional para su funcionamiento. Actualmente es usado por un gran número de personas en situación de discapacidad tanto en Colombia como en el exterior.

Existen muchas potencialidades por desarrollar en el aplicativo a futuro, como por ejemplo la posibilidad de incorporar texto predictivo puede mejorar el rendimiento del mismo. Además se puede optimizar la captación del sonido añadiendo un micrófono de mayor calidad. O incluso incorporar visión artificial posibilitara mayor inclusión de las personas que no puedan generar el sonido necesario para utilizar el software.

5. CONCLUSION

Si una persona no puede comunicarse, no podrá tomar decisiones que afecten a su vida, lo que originará dependencia y aislamiento. A través de sistemas de comunicación aumentativa y alternativa las personas que han perdido la capacidad pueden verse beneficiadas con este sistema para tomar decisiones que repercuten en su vida. Además, hace falta un mayor compromiso por la comunidad científica para investigar estos temas de accesibilidad de personas con enfermedades que alteran la motricidad.

6. AGRADECIMIENTO

El presente trabajo fue realizado dentro del marco del alcance del proyecto de investigación "Creación de un entorno computacional para la inclusión de personas con discapacidad motriz en miembros superiores y el habla" identificado con código Hermes 19697 y auspiciado por la Vicerrectoría de investigación de la Universidad Nacional de Colombia.

Los autores también agradecen al Dr. Carlos Jaime Yepes por su colaboración en la realización de la prueba de usabilidad y a la Clínica Las Américas (Medellín, Colombia) por suministrar el espacio necesario para hacer la misma.

7. REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, "World report on disability 2011," 2011. [Online]. Available: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report.pdf.
- [2] Kandel, Eric R., James H. Schwartz, and Thomas M. Jessell, eds. *Principles of neural science*. Vol. 4. New York: McGraw-hill, 2000..
- [3] Departamento Administrativo. Nacional de Estadística, "Discapacidad Total Nacional," 2007. [Online]. Available: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/Total_nacional.xls.
- [4] Departamento Administrativo. Nacional de Estadística "Tasa de Desempleo," 2015. [Online]. Available: <http://www.dane.gov.co/index.php/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>.
- [5] C. Arboleda, E. García, A. Posada, and R. Torres, "Diseño y construcción de un prototipo de interfaz cerebro-computador para facilitar la comunicación de personas con discapacidad motora," Rev. EIA, 2009.
- [6] M. Adjouadi, A. Sesin, M. Ayala, and M. Cabrerizo, "Remote eye gaze tracking system as a computer interface for persons with severe motor disability," 2004.
- [7] K. Z. Gajos, J. O. Wobbrock, and D. S. Weld, "Improving the performance of motor-impaired users with automatically-generated, ability-based interfaces," in Proceeding of the twenty-sixth annual CHI conference on Human factors in computing systems - CHI '08, 2008, p. 1257.
- [8] H. Koester, "Abandonment of speech recognition by new users," Proc. RESNA, 2003.
- [9] B. Phillips and H. Zhao, "Predictors of assistive technology abandonment.," Assist. Technol., vol. 5, no. 1, pp. 36–45, Jan. 1993.
- [10] M. J. Scherer, "The change in emphasis from people to person: introduction to the special issue on Assistive Technology," Disability and Rehabilitation, vol. 24, no. 1–3, pp. 1–4, Jan. 2002.
- [11] S. Keates, J. Clarkson, and P. Robinson, "Investigating the applicability of user models for motion-impaired users," in Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies - Assets '00, 2000, pp. 129–136.
- [12] S. Keates, P. Langdon, P. J. Clarkson, and P. Robinson, "User Models and User Physical Capability," User Model. User-adapt. Interaction. vol. 12, no. 2–3, pp. 139–169, Jun. 2002.
- [13] C. Law, A. Sears, and K. Price, "Issues in the categorization of disabilities for user testing," Procedures HCII, 2005.
- [14] P. E. Alant and M. J. Bornman, "Augmentative and Alternative Communication," South African Family Practice, vol. 15, no. 5. .
- [15] H. Petrie, G. Weber, and W. Fisher, "Personalization, interaction, and navigation in rich multimedia documents for print-disabled users," IBM Syst. J., 2005.
- [16] M. F. Story, "Maximizing usability: the principles of universal design." Assistance Technology, vol. 10, no. 1, pp. 4–12, Jan. 1998.
- [17] Treviranus, Jutta, et al. "Authoring Tool Accessibility Guidelines." The latest working draft of these guidelines for designing accessible authoring tools is available at www.w3.org/TR/WD-WAI-AUTOOLS, 1999.
- [18] T. Sullivan and R. Matson, "Barriers to use: usability and content accessibility on the Web's most popular sites," Proc. 2000 Conf. ..., 2000.
- [19] H. Petrie, F. Hamilton, N. King, and P. Pavan, "Remote usability evaluations With disabled

people,” Proc. SIGCHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - CHI '06, p. 1133, 2006.

[20] “Projecte FRESSA 2014. Educación Especial. Diversidad funcional. Discapacidad. Jordi Lagares Roset. BESALÚ. Descripción en español.” [Online]. Available: <http://www.xtec.cat/~jlagares/f2kesp.htm>. [Accessed: 06-Jan-2015].

[21] K. An, D. Kim, and J. Kim, “Development of a Virtual Keyboard System Using a Bio-signal Interface and Preliminary Usability Test,” Human-Computer Interact. Towar. Intell. ..., pp. 3–9, 2013.

[22] A. Abran, A. Khelifi, W. Suryn, and A. Seffah, “Consolidating the ISO usability models,” Proc. 11th Int. ..., 2003.

[23] J. Nielsen, L. A. Blatt, J. Bradford, and P. Brooks, “Usability Inspection,” pp. 413–414, 1994.

[24] X. Ferré Grau, “Principios Básicos7 de Usabilidad para Ingenieros Software,” Nueva Publicación de Prueba, vol. 1, no. 1. p. 8, 05-Aug-2010.

[25] Sánchez Álvarez, Jhon Fernando. Método de evaluación de usabilidad aplicada a productos de software que facilitan el acceso a herramientas informáticas de personas con enfermedades que afectan la motricidad. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. 2015.