

## ***Chinpad*, un trackpad para usuarios con discapacidades físicas**

Eliana Liberman<sup>1</sup>, Emiliano Gimenez Cangelosi<sup>1</sup>, Martín L. Larrea<sup>1</sup>, Cristina Manresa-Yee<sup>2</sup>, Ramon Mas-Sansó<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab), Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur, ARGENTINA

<sup>2</sup>Universitat de les Illes Balears. Unidad de Gráficos, Visión por Computador e Inteligencia Artificial, ESPAÑA  
el@cs.uns.edu.ar, emilianogimenezcangelosi@hotmail.com, mll@cs.uns.edu.ar, {cristina.manresa, ramon.mas}@uib.es

**Abstract.** Las computadoras son instrumentos fundamentales para personas con discapacidades físicas ya que posibilitan compensar funciones disminuidas o ausentes. Las mismas facilitan la participación de personas con discapacidades en todos los niveles de la vida social, cultural y económica. Constituyen un medio por el cual personas con discapacidades pueden comunicarse, estudiar y recrearse equiparando oportunidades. En el presente trabajo se ataca la problemática de desarrollar un medio que permita a una persona incapacitada de mover cualquier parte del cuerpo con excepción de la cabeza, utilizar una computadora. Se busca así, brindar a usuarios que están cautivos en un cuerpo sin movilidad que no les permite expresarse y/o comunicarse adecuadamente, una herramienta para que puedan hacerlo a través de una computadora.

**Keywords:** Discapacidad, Computadora, Interacción humano-computadora, Interfaces táctiles.

### **1 Introducción**

La informática brinda muchas facilidades en diversos niveles a las personas con discapacidades físicas. Por un lado, constituyen un medio de comunicación mediante el cual una persona con incapacidad de habla y escritura puede expresarse con otras personas. Por otra parte, equiparan las oportunidades que alguien discapacitado puede alcanzar, dado que permiten que un individuo que está incapacitado de hablar y escribir pueda participar de clases educativas y posteriormente de una carrera universitaria.

Como se dijo, la informática permite la participación de las personas con discapacidad en todos los niveles de la vida social, cultural y económica ([1,2,3,4,5]). Por esta razón es de actual preocupación facilitar el uso de las computadoras a personas discapacitadas existiendo diversas opciones en el mercado como se detallará más adelante. Para atacar esta problemática, se analizó, diseñó y desarrolló un trackpad

que pueda manejarse utilizando el mentón el cual se denominó “Chinpad” (“Chin” por “mentón”).

La estructura de este artículo es la siguiente: A continuación se brindará una reseña de las opciones existentes en el mercado actual que atacan la problemática descrita. Luego, en la Sección 3, se procederá a introducir nuestra propuesta, describiendo sus ventajas y desventajas como así también una comparación con las opciones desarrolladas previamente. La sección 4 describe los detalles de implementación de nuestra propuesta. En la sección 5 se incluye la experiencia tenida con los alumnos de la escuela especial 509 y el feedback que se obtuvo de la misma. Finalmente, este artículo concluye delineando las conclusiones y presentando el trabajo a futuro.

Para el desarrollo del presente proyecto, se trabajó en conjunto con la escuela de chicos especiales de Bahía Blanca número 509. Se tuvieron en cuenta consideraciones explicadas por las docentes profesionales del mismo y se tomaron como parámetro dos niños alumnos de la institución con discapacidades físicas que están aprendiendo a utilizar una computadora.

Los mismos son incapaces de mover cualquier parte del cuerpo con excepción de la cabeza, y hasta el momento se comunican con la pc mediante diversos dispositivos y técnicas que se detallarán en la siguiente sección.

Tomando en cuenta tanto las ventajas como las desventajas de esta interacción detalladas por las docentes a cargo, se decidió construir un dispositivo específico para permitir manejar con mayor facilidad una computadora valiéndose solo de movimientos suaves de la cabeza.

Esto es, se desarrolló el Chinpad para un usuario target con las siguientes características: Inmovilidad del cuerpo con excepción de la cabeza. Capacidad de efectuar movimientos de cabeza controlados (permitiendo un factor pequeño de movimientos involuntarios).

## **2 Trabajo Previo**

La presente sección describe las alternativas más relevantes relacionadas con el tema de estudio de este artículo. Los trabajos aquí descriptos cubren soluciones tanto de hardware como de software. Cada alternativa será presentada junto con sus ventajas, desventajas y costo.

### **2.1 Mouse por barrido y conmutador auxiliar**

El mouse por barrido ([6,7]), es un software que provee una interfaz que alterna periódicamente entre todas las opciones de un cursor (click, doble click, click derecho, arrastrar, mover derecha, mover izquierda, etc). Con el pulsador, se efectúa un click sobre la opción deseada para obtener el comportamiento indicado con el cursor. Se tiene como ventajas la capacidad de emulación total de las características de un mouse y una curva de aprendizaje baja. Las desventajas son una interacción usuario computadora muy lenta (debido al retardo entre las distintas opciones del

cursor) y una falta de independencia usuario-computadora (otro individuo debe configurar la PC para utilizar el software por barrido y luego el usuario con discapacidad puede iniciar su uso). Esta alternativa corresponde a las tecnologías utilizadas en la escuela 509. El costo estimativo de un pulsador corriente es de €60<sup>1</sup>. Existen otros tipos de conmutadores que permiten detectar más de una acción. Algunas alternativas se detallan a continuación:

El conmutador doble, para lengua, mentón o mejilla ([8,9]), que consiste en una varilla y un doble sensor que permite detectar dos sentidos de movimiento. Está diseñado para ser accionado con esfuerzos mínimos y recorridos muy cortos de la lengua, el mentón, la mejilla u otras partes del cuerpo. Las ventajas son por un lado que permite detectar el movimiento en dos sentidos, por lo que se contaría con dos posibles estados a detectar a diferencia de un pulsador en el que solo contamos con uno y además, incluye un *driver* para configurar entre otras cosas la sensibilidad de detección de los movimientos. Como desventajas, decimos que la palanca es frágil, está pensada para captar movimientos reducidos con mucha sensibilidad. Movimientos bruscos podrían dañarla. Por otro lado, la varilla podría introducirse accidentalmente en la boca. El precio de este conmutador es de €95<sup>1</sup>.

Otra alternativa es el conmutador de doble soplido y aspiración ([10]), esté cuenta con un tubo y dos salidas de conmutador. Al soplar por el tubo se activa una de las salidas de conmutador y al aspirar por el mismo tubo se acciona la otra salida permitiendo el control de dos funciones diferentes. Se debe colocar el tubo en la boca y cerrar bien los labios a su alrededor. Entre sus ventajas se destacan que permite detectar dos acciones: soplido y aspiración. Además, incluye un *driver* para configurar entre otras cosas la fuerza necesaria para la activación. Las desventajas a mencionar son que puede producirse la obstrucción del tubo por saliva por lo que debe limpiarse habitualmente, también puede producirse la obstrucción del tubo por pliegues. Además, conlleva un esfuerzo que puede cansar al usuario. Su precio es de €145<sup>1</sup>. Una tercera alternativa constituye el conmutador con sensor de parpadeo de fibra óptica ([11,13]), este dispositivo posee una correa que permite colocar una fibra óptica cerca de un ojo, y es capaz de detectar el parpadeo. Las ventajas son que se adapta a cualquier tipo de discapacidad, ya que no requiere de un esfuerzo motriz grande. A su vez, el sensor ignora los parpadeos involuntarios, solo considera aquellos que duren tres segundos o más. Entre sus desventajas podemos encontrar que el *delay* de los parpadeos no es configurable, puede producirse la obstrucción del cable por pliegues y conlleva un esfuerzo que puede cansar al usuario. Por otra parte, resulta más agobiante que utilizar un pulsador común y dificulta la visión. Su precio es de usd 645<sup>1</sup>. La última alternativa que analizaremos se trata del conmutador con sensor de movimientos musculares ([12]), dicho conmutador es un dispositivo que posee dos sensores circulares los cuales se activan con pequeños movimientos musculares, como por ejemplo levantar una ceja o apretar la mandíbula. También se lo puede activar con el cambio de temperatura que provoca la respiración o el tacto. Sus ventajas son que se adapta a cualquier tipo de discapacidad, ya que no requiere de un esfuerzo motriz grande. Además, permite detectar dos acciones diferentes y un

---

<sup>1</sup> Precio tomado en el año 2013.

control por hardware permite ajustar la sensibilidad para discriminar acciones involuntarias, así como un tiempo de retardo. Su precio es de usd325<sup>1</sup>.

## 2.2 Sistemas basados en visión

Una alternativa son los dispositivos que a través de una o más cámaras capturan el movimiento de ciertas partes del cuerpo y lo interpretan. Estos sistemas incluyen un software específico para emular las distintas funcionalidades de un mouse dependiendo del movimiento capturado. Analizaremos dos alternativas existentes en el mercado IRISCOM y EnableViacam. IRISCOM ([14]), es un dispositivo que captura el movimiento de los ojos. Con el movimiento del iris se controla el cursor y con el pestañeo se hace la acción de click. Sus ventajas son que se adapta a cualquier tipo de discapacidad, ya que no requiere de un esfuerzo motriz. No se requiere control cefálico. Posee una interfaz en la cual se elige la acción del próximo pestañeo, click derecho, arrastrar y soltar, doble click o click izquierdo. Entre sus desventajas podemos encontrar que la experiencia ha demostrado que existen dos tipos de molestias que pueden ocasionarse por usar aparatos de seguimiento del ojo, estas son, daños en el cuello (el aparato requiere restringir el movimiento de la cabeza, lo cual con el tiempo puede causar molestias en el cuello) y molestias en los ojos (mientras se use el sistema los músculos de sus ojos se ejercitan de una forma muy precisa y controlada). Otra desventaja presente es que el tiempo que una persona puede usar el sistema antes de sentir molestias o fatiga varía de un usuario a otro. Por lo tanto, cada uno debe sentir cuando es el momento para descansar. Por último, cuenta con un precio elevado y el software se cobra por separado. Su precio es de €6000 hardware y €1800 software + instalación<sup>1</sup>. EnableViacam ([15]), es un software que permite controlar el puntero del mouse simplemente moviendo la cabeza. El primer paso consiste en calibrar el programa, para que identifique los movimientos de la cabeza, luego de lo cual el puntero responderá a estos movimientos. Para realizar los clicks, sólo es necesario dejar el puntero relativamente quieto durante un periodo de tiempo configurable. Entre sus ventajas encontramos que, permite emular completamente el comportamiento del mouse. Además, la velocidad del puntero, la aceleración y suavizado, el tiempo de detención, y otras variables pueden ser configuradas para ajustarse a las necesidades del usuario. A su vez, está diseñado específicamente para eliminar la necesidad de asistencia una vez instalado (autonomía). Su desventaja es que requiere de un esfuerzo motriz muy grande para mover toda la cabeza. Otra gran ventaja es que es gratuito.

## 2.3 Sistemas basados en el movimiento del mentón

Por último abordaremos algunas alternativas de dispositivos que al igual que nuestra propuesta emulan el comportamiento del mouse utilizando el mentón. Evaluaremos dos alternativas existentes en el mercado la primera de ellas diseñada especialmente para personas discapacitadas y la segunda no. La primera alternativa se trata de BJoy Mentón. Este dispositivo es un mouse tipo “joystick”. El reducido tamaño de la palanca, la disposición de sus botones y sus opciones de sujeción facilitan su

utilización con el mentón. Se conecta a la computadora a través del puerto USB. Sus ventajas son que provee de todas las funcionalidades de un mouse y permite autonomía. Además, incluye un *driver* para configurar la función de cada botón, la velocidad, la orientación y otros parámetros. A su vez, los ajustes se almacenan en el dispositivo que posee una memoria interna. Su desventaja es que está indicado solo para usuarios que tienen un buen control de movimiento de la cabeza. Demanda un esfuerzo motriz grande ya que para mover el cursor se necesita mover una palanca analógica. Su precio es de €500<sup>1</sup>. La segunda alternativa que analizaremos será Logitech Wireless Touchpad. Esta alternativa es desarrollada por Logitech y utiliza un touchpad externo inalámbrico. Las ventajas de esta alternativa son que provee de todas las funcionalidades de un mouse. Además, permite autonomía y posee dos botones para los clicks. Sus desventajas son que no está implementado para reconocer el tamaño de una barbilla sino para detectar dedos, por lo que al querer utilizarlo con el mentón, a veces algún movimiento no será detectado y/o deberá realizarse algún esfuerzo importante para utilizarlo apoyando una pequeña porción de la misma. Por otro lado, los botones se encuentran delante del pad táctil por lo que resulta incómodo, y hasta en algunos casos, imposible que el usuario los presione. Su precio es de usd 35<sup>1</sup>.

### 3 Propuesta

A partir de un análisis realizado sobre las distintas alternativas mostradas en la sección dos, se encaró una nueva propuesta.

Se buscó un hardware que pudiera ser utilizado fácilmente por sus usuarios finales, sin dificultades de aprendizaje y que permitiera alcanzar la misma velocidad que un mouse común.

Se buscó además, alcanzar independencia total en el uso del dispositivo generando un software que se inicie al encender la pc y que no requiera de configuración previo a su uso.

De esta manera, la propuesta de este proyecto fue analizar, diseñar y desarrollar un trackpad que pueda manejarse utilizando el mentón con el objetivo de facilitar la interacción de personas con cierta discapacidad motriz con la PC, permitiéndoles manejar a voluntad el cursor con el movimiento de su mentón. Se decidió que sea manejado con el mentón dado que resultó la parte más conveniente de la cabeza. Con la nariz o la frente no se podría mirar hacia la computadora mientras se utiliza el Chinpad. La aplicación fue basada en la idea de las cajas táctiles. En la figura 1(a) se muestra el dispositivo final.

En líneas generales, mediante movimientos de la barbilla sobre la superficie de trackpad, una cámara web situada dentro capta dichos movimientos, los cuales son luego traducidos en el movimiento del cursor en la pantalla.

Para manejar ambos clicks (derecho e izquierdo) se incluyó un mouse a uno de los lados del trackpad de manera tal que los botones estén a la altura de la superficie del mismo y puedan ser presionados con facilidad sin necesidad de levantar mucho la

barbilla. El mismo cuenta con botones redondos y separados que son fáciles de apretar con un movimiento hacia al costado del mentón.

Por sugerencia de personas involucradas con chicos que presentan estas discapacidades, se le dio a la superficie del trackpad el mismo tamaño, aproximadamente, a un trackpad presente en una notebook. Esto se debe a que un tamaño superior involucraría un mayor movimiento de cuello lo cual generaría un mayor esfuerzo en estos chicos.

La caja presenta el mínimo tamaño que fue posible realizar teniendo en cuenta el tamaño de la cámara utilizada que debe caber dentro de la caja. A su vez, fue necesario considerar que la cámara necesita estar a una cierta distancia mínima para visualizar la superficie completa. Es claro que el costo de esta alternativa consiste mayormente en el costo de una cámara web sencilla, lo cual es muy económico.

En resumen, la propuesta presentada cuenta con las siguientes características: Es un dispositivo que permite emular íntegramente el comportamiento de un mouse a través del movimiento del mentón del usuario sobre una superficie y de botones para poder hacer clicks. Consiste de una caja de madera cubierta de una tapa semitransparente, que contiene una cámara en su interior para captar las sombras producidas por el movimiento de la barbilla del usuario y de dos botones en uno de sus costados que pueden ser presionados fácilmente con la propia barbilla. Sus ventajas son que permite manejar el cursor con mayor fluidez que la mayoría de las alternativas existentes, que tiene una curva de aprendizaje muy leve, no requiere de una configuración previa para su uso permitiendo autonomía a los usuarios y resulta mucho más económica que el resto de las alternativas. Además, la caja puede inclinarse y su grado de inclinación puede ser regulado según las necesidades de cada usuario.

Sus desventajas son que debe utilizarse en una habitación iluminada con una luz de normal a suave (no muy fuerte), y el hecho de que sea bastante aparatoso (debido al tamaño considerable del dispositivo y su peso). El soporte debe insertarse en algún lugar donde quede firme y tanto la inclinación de la caja como la altura del brazo deben ajustarse al usuario antes de poder utilizar el dispositivo. Su costo es de aproximadamente 60 dólares<sup>1</sup>.

## 4 Implementación

### 4.1 Software

Para capturar las imágenes tomadas por la cámara y filtrarlas hasta detectar sólo la sombra del mentón, apoyada en una determinada posición sobre el vidrio, se utilizó el software Community Core Vision (CCV) ([16,17]) (este se configuró con los siguientes valores: Se seleccionaron los campos *show outlines*, *show ids*, *use camera*, *inverse*, *TUIO udp*, *fingers*, *smooth*, *highpass*, *Amplify*. Se asignaron valores específicos en los campos *image threshold* (249), *movement filtering* (0), *min blob size* (8), *max blob size* (793), *Smooth* (6), *Blur* (110), *Noise* (27), *Aplify* (32)). En el CCV se activaron las opciones de tracking y de envío de paquetes TUIO con la

información de los objetos trackeados. Estos paquetes son capturados por un programa desarrollado, usando el lenguaje JAVA. Este software utiliza la librería "libTUIO" para conectarse, mediante un puerto determinado, al servidor de paquetes TUIO (en este caso el CCV) e interpretarlos. Hay dos formas de mover un cursor con una superficie táctil. Una, siguiendo un estilo que denominaremos normal y otra siguiendo lo que denominaremos estilo trackpad. Pueden encontrarse en otra bibliografía los términos absoluto y relativo. La opción elegida fue la de mover el cursor al estilo de un trackpad. Siguiendo el modo normal, cada porción del trackpad se corresponde con la porción correspondiente a la misma posición en la pantalla. Esto es, el cursor se mueve a la posición mapeada en pantalla según la posición donde se colocó la barbilla sobre la superficie. En cambio, en el estilo trackpad, el movimiento del cursor continua desde la última posición que se registró al remover la barbilla de la superficie, sin importar dónde la misma es colocada nuevamente. La clase principal, ejecutable, implementa la interface TUIOlistener provista por la librería, por lo que posee métodos para manejar los eventos de aparición de un nuevo objeto, movimiento del mismo y eliminación. Para implementar el movimiento del cursor se utilizó la clase Robot predefinida de java y se implementó en cada uno de estos métodos la acción del cursor correspondiente. A su vez fue un requerimiento de las docentes de los chicos de las escuelas especiales, que los mismos pudieran adquirir la mayor autonomía posible para utilizar la PC. Esto es, no requerir de una configuración y activación detalladas que sean necesarias realizar antes de permitirles a los usuarios disponer del trackpad para controlar la pc. Por esta razón, se creó un ejecutable que corre al inicio de la máquina de forma que con solo encenderla el trackpad es activado y la PC está lista para ser utilizada por los usuarios.

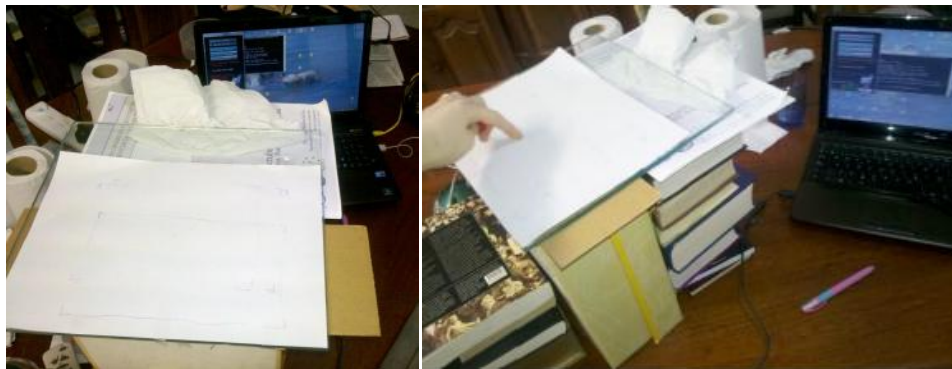
## **4.2 Hardware**

Se utilizó una cámara web estándar. En particular se usó la cámara Microsoft LifeCam VX-1000 dado que se contaba con ella. No es necesario que se trate de una cámara infrarroja a diferencia de otras de las alternativas mencionadas en la sección 2. Esto es un aspecto interesante por dos razones. Por un lado, las cámaras infrarrojas son más difíciles de conseguir y por el otro, una cámara web estándar claramente es más económica. Se adquirió un mouse con botones grandes, redondos y separados para realizar los clicks como se dijo anteriormente. Se construyó la caja con madera y la superficie se realizó con un vidrio. Entre el vidrio y la cámara hay un papel en blanco para permitir que la misma solo capte la sombra del mentón. Se decidió colocar el papel del lado de adentro (y no del lado de afuera) del vidrio para permitir que la sombra se propague de forma más atenuada a la cámara, dado que con la cabeza y el cuello se genera una sombra mayor a la generada al momento de realizar una caja táctil para utilizar con los dedos. Para su uso es necesario permanecer en una habitación iluminada pero con una luz de normal a suave. Es preferible que no sea muy fuerte. Con respecto a esto, se incluyó en el dispositivo una pequeña lámpara que acompaña a la luz de la habitación. La misma será utilizada o no dependiendo de la iluminación del ambiente, es decir, representa una ayuda que puede o no ser necesaria. Por otro lado, el trackpad fue pensado para ser utilizado de forma inclinada.

Esto es, que la superficie del trackpad no esté horizontal. Resultó más cómodo construirla inclinada hacia el usuario dado la discapacidad motriz del mismo. De todas maneras, el grado de inclinación puede ser regulado como se mostrará más adelante en algunas imágenes. Por último, la posición de la cámara puede ser ajustada hasta alcanzar la calibración adecuada.

### 4.3 Sobre el armado

Antes de construir el trackpad final, fueron probados distintos tamaños para la caja. En un comienzo la misma era más grande (se utilizó una caja de zapatos), brindando una superficie mayor y una distancia grande entre la cámara y la misma. Dado que fue construida en cartón, se utilizaron elementos domésticos (libros, vasos, papel de cocina, etc) para darle soporte ya que la porción de vidrio aún sin cortar era muy pesada. En la figura 3 se puede apreciar dos fotos de ese prototipo. A partir de este prototipo, se realizaron varias pruebas de modelos intermedios hasta llegar al tamaño óptimo, que fue el menor tamaño logrado.



**Figura 3.** Prototipos iniciales Chinpad



(a) Dispositivo final previo a la experiencia con usuarios.

(b) Dispositivo final posterior a la experiencia con usuarios.

**Figura 1.** Últimas dos versiones dispositivo final.



## **5 Experiencia con usuarios**

El dispositivo fue probado por tres alumnos de la escuela especial 509 con distintos problemas motrices. El primero de ellos, debido a que poseía movimientos involuntarios que no le permitían desplazar con facilidad el mentón sobre la superficie, no pudo realizar las pruebas con el dispositivo. Los restantes pudieron utilizarlo y se familiarizaron con él en poco tiempo, con cierta ayuda en un principio. Durante nuestra experiencia, los inconvenientes que se nos presentaron fueron sobre todo durante la instalación del dispositivo. Hubo que buscar una habitación iluminada y buscar un soporte donde apoyarlo, que fuera resistente, que se pudiese ajustar a una altura donde los alumnos pudieran llegar a él con su mentón y que no dificultara el ingreso de su silla de ruedas por debajo, al acercarse.

Por esto último, se decidió añadir al dispositivo un soporte que sea lo suficientemente resistente y regulable a la vez y que permita acercar el Chinpad a los usuarios de manera cómoda y sin estorbar el paso de la silla de ruedas. En la figura 1, se puede visualizar las dos versiones del dispositivo, una anterior a la experiencia con los usuarios y una posterior.

## **6 Conclusiones y Trabajo a futuro**

El acceso a una computadora, y por su intermedio a Internet, brinda un amplio mundo de posibilidades, tanto para la recreación como para la educación y comunicación. En este artículo se presentó una solución que tiene como beneficios ser de bajo costo y de simple construcción. Los próximos pasos a seguir en este trabajo serán continuar capacitando a los alumnos de la escuela 509 para que aprendan a utilizar el dispositivo con mayor fluidez, difundir la existencia de esta alternativa liberando el código fuente de la implementación bajo la licencia GPLv3 y finalmente donar una o más unidades del dispositivo a la escuela en cuestión.

## **7 Agradecimientos**

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto español MAEC-AECID FRIVIG A1/037910/11 y el proyecto argentino 24/N028 de la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur

## **8 Referencias**

1. A.F. Newell, P. Gregor (2002, November). Design for older and disabled people – where do we go from here?. Department of Applied Computing, The University of Dundee, Nethergate, Dundee, DD1 4HN, United Kingdom, GB.
2. Batya Friedman (Ed.). (1997). Human values and the design of computer technology (No. 72). Cambridge University Press.

3. Mussa-Ivaldi, F. A., Casadio, M., & Ranganathan, R. (2013). The body-machine interface: a pathway for rehabilitation and assistance in people with movement disorders. *Expert Review of Medical Devices*, 10(2), 145-147.
4. Murata, Y., Yoshida, K., Suzuki, K., & Takahashi, D. (2013, February). Proposal of an Automobile Driving Interface Using Gesture Operation for Disabled People. In *ACHI (2013), The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions* (pp. 472-478).
5. Abascal, J., Garay, N., & Gardezabal, L. *Sistemas de Interacción Persona-Computador para usuarios con discapacidad*. INTERACCIÓN 2.000.
6. Zappalá, D., Köppel, A., & Suchodolski, M. (2011). Inclusión de TIC en escuelas para alumnos con discapacidad motriz.
7. Pavón Rabusco, f., & Ordóñez Sierra, r. (1999). *Las nuevas tecnologías como recursos de apoyo para el aprendizaje de las personas con necesidades educativas especiales*. Cabero j, y otros coordinadores. *Nuevas tecnologías en la formación flexible y a distancia*. Sevilla: Edutec.
8. Salem, C., & Zhai, S. (1997, March). An isometric tongue pointing device. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 538-539). ACM.
9. Bates, R. (2002, March). A computer input device selection methodology for users with high-level spinal cord injuries. In *Proceedings of the 1st Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology (CWUAAT); 25th-27th March*.
10. Iga, S., & Higuchi, F. (2002). Kirifuki: Inhaling and exhaling interaction with visual objects. *Entertainment Computing: Technologies and Applications*, (pp. 133-140).
11. Jacob, R. J. (1993). Eye movement-based human-computer interaction techniques: Toward non-command interfaces. *Advances in human-computer interaction*, 4, 151-190.
12. Rantanen, V., Niemenlehto, P. H., Verho, J., & Lekkala, J. (2010). Capacitive facial movement detection for human-computer interaction to click by frowning and lifting eyebrows. *Medical & biological engineering & computing*, 48(1), 39-47.
13. Lin, M., & Mo, G. (2011, October). Eye gestures recognition technology in Human-computer Interaction. In *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2011 4th International Conference on* (Vol. 3, pp. 1316-1318). IEEE.
14. Clemotte, A., Raya, R., Ceres, R., & Rocon, E. (2013). Preliminary Result from a Multimodal Interface for Cerebral Palsy Users Based on Eye Tracking and Inertial Technology. In *Converging Clinical and Engineering Research on Neuro rehabilitation* (pp. 443-448). Springer Berlin Heidelberg.
15. Nowosielski, A., & Chodyła, Ł. (2013, January). Touchless Input Interface for Disabled. In *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Recognition Systems CORES 2013* (pp. 701-709). Springer International Publishing.
16. <http://ccv.nuigroup.com/> Web oficial del Community Core Vision
17. <http://sethsandler.com/multitouch/community-core-vision-guide/> Guía de configuración de Community Core Vision