

# ACCESIBILIDAD A LA TVDI MEDIANTE INTERFACES CEREBRO COMPUTADOR

*Sebastián Barbieri<sup>1</sup>, María José Abásolo<sup>2,3</sup>, Graciela Santos<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>EciencTec, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
Paraje Arroyo Seco, 7000, Tandil, Argentina

<sup>2</sup>III-LIDI Universidad Nacional de La Plata

<sup>3</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires  
{sbarbier, nsantos}@exa.unicen.edu.ar, mjabasolo@lidi.info.unlp.edu.ar

**Resumen.** En el presente trabajo se recopilan diferentes aplicaciones que utilizan Interfaces Cerebro Computador (ICC) y pueden ser utilizadas para fomentar la accesibilidad a la Televisión Digital Interactiva (TVDi) a personas con grados avanzados de discapacidad motriz. Entre las aplicaciones accesibles mediante ICC se encuentran el ingreso de texto, y su implementación dentro de un contexto de TVDi, el control domótico y el control de la TV, y la interacción con video juegos y ambientes virtuales.

**Palabras Clave:** ICC, BCI, Interfaces Cerebro Computador, accesibilidad, discapacidad, TVDi.

## 1.- Introducción

Las Interfaces Cerebro Computador (ICC), denominadas en inglés Brain Computer Interface (BCI), involucran el procesamiento e interpretación de señales cerebrales con el soporte de un ordenador. Originalmente, el uso principal de las ICC fue facilitar la comunicación de personas que tienen dificultades de control muscular, como las personas con parálisis cerebral. En la actualidad, el bajo costo de dispositivos ICC como el *Emotive Epoc* [1] y la masificación de estas tecnologías, permiten que se utilicen en diversas aplicaciones.

La Televisión Digital Interactiva (TVDi) se presenta como una oportunidad de reducir la brecha digital y permitir que personas con discapacidades disfruten del acceso a la televisión, lo cual puede ayudarlos a participar de la actividad social, cultural y educativa [2]. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, el 10% de población mundial padece algún tipo de discapacidad (motriz, sensorial, visceral, intelectual, psicosocial). Por esto la TV accesible debería ser una herramienta fundamental en la construcción de sociedades inclusivas [3]

Las necesidades de los usuarios potenciales de la TVDi con alguna discapacidad son diferentes e incluso estas pueden cambiar substancialmente a lo largo del tiempo. Por este motivo, las aplicaciones de mayor utilidad son las que proporcionan tecnologías asistivas para permitir comunicación, control y esparcimiento. Esto engloba sistemas que permiten establecer la comunicación (por ejemplo, ingreso de texto), control domótico del medio (por ejemplo, luces, televisión, otros aparatos electrónicos, etc.) y aplicaciones con alto grado de interactividad para la recreación (por ejemplo video juegos, entornos virtuales, simuladores, etc).

El artículo se organiza de la siguiente forma: la sección 2 realiza una introducción a ICC; la sección 3 presenta una recopilación actualizada de diferentes trabajos que investigan el uso de las ICC en aplicaciones relacionadas con accesibilidad y sus posibles usos en la TVDi; finalmente la sección 4 presenta algunos comentarios finales.

## 2.- Interfaces Cerebro Computador

### 2.1. Propiedades de los sistemas ICC

El instituto de neurociencia Swartz define un sistema ICC o BCI como aquel que permite obtener señales de la actividad cerebral de una persona y predecir aspectos abstractos de su estado cognitivo [4]. Esta definición otorga otro punto de vista a las definiciones tradicionales, basadas en accesibilidad de personas con discapacidad. Esta predicción es uno de los principales desafíos que enfrentan estos sistemas. Las señales cerebrales están sujetas a variaciones, que se relacionan con estados como la fatiga, la atención, el tipo de tarea, el momento del día, etc. Además, la actividad bioeléctrica como el movimiento de los músculos puede producir ruidos en la obtención de la señal. Las señales son matemáticamente difíciles de tratar ya que todos los sensores manejan casi la misma señal y se produce una superposición de las mismas. Por lo tanto, un método matemático es necesario para “desenredarlas” con una *performance* adecuada. Mediciones específicas son difíciles de realizar porque generalmente un conjunto de neuronas realizan diferentes tareas y aislar dicha actividad requiere un análisis complejo. A todos estos factores se suma el hecho que los sistemas deben ser calibrados ya que existen patrones únicos por individuo. Para contemplar todos los aspectos mencionados, los sistemas ICC necesitan contar con un procesamiento avanzado de señales [4].

En un sistema ICC tradicional la señal se obtiene a través de los sensores, se eliminan los ruidos (*artifacts*) y se realiza el procesamiento subordinado a una calibración previa. Por último, los resultados se representan en comandos o acciones específicas que son interpretadas por el ordenador (ver Fig. 1).

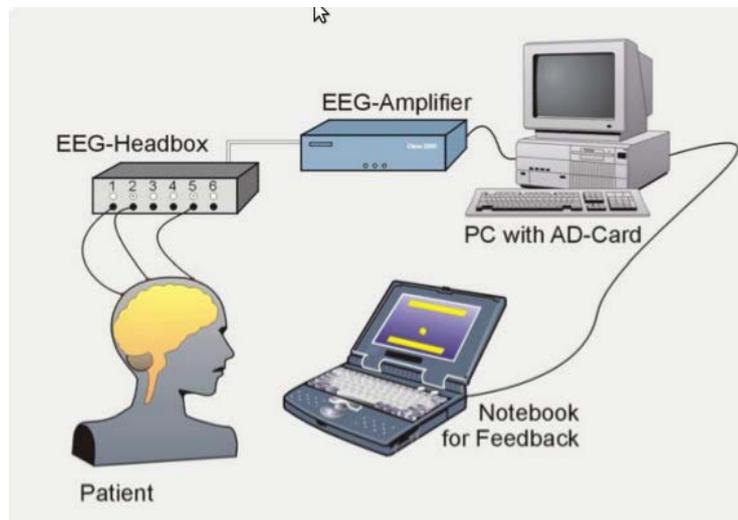


Fig. 3: Esquema tradicional de un sistema ICC(Schmidt, 2003).

### 2.2 Origen y tipos de Señales

Existen diferentes formas para obtener las señales producidas por la actividad cerebral. Según la ubicación de los sensores pueden ser *invasivas*, *semiinvasivas* (fuera de la materia gris) o *no invasivas* [5]. La señal tiene mejor calidad en la medida que los sensores se ubican más cerca de la fuente, pero también aumentan las dificultades de implementación y los riesgos para la salud de la persona. Los métodos no invasivos producen una señal de menor calidad porque el cráneo las disipa, pero son las técnicas menos riesgosas y más accesibles.

Con respecto al tipo de señal, existen diferentes métodos para medir la actividad cerebral, como medir los flujos sanguíneos y los campos magnéticos que esta produce. Pero estos métodos necesitan instrumentos de alta precisión, que incluyen superconductores, y son muy complejos de ubicar y utilizar fuera del ámbito clínico. Por tal motivo, la técnica más utilizada es el electrocardiograma, que básicamente mide la actividad eléctrica en el cuero cabelludo generado por los impulsos de las neuronas.

Entre las señales analizadas se pueden mencionar básicamente dos tipos: las generada por el usuario y las generadas por estímulos externos [6]. Las primeras son llamadas *sensorio-motoras* y se producen por variaciones en la corteza motora producidos por procesos de imaginación [7]. Las segundas son *potenciales evocados* y se originan después de que un estímulo continuo, específico, sensorial aparece. Estos estímulos pueden ser luminosos, auditivos, táctiles, etc.

### 3.- ICC y su aplicación para TVDi

#### 3.1. Ingreso de Texto mediante ICC

Con la interactividad que presenta la TVDi es necesario ingresar texto además de órdenes concretas (subir volumen, canal +, etc.), los controles de TV actuales y las soluciones tradicionales no son accesibles para que los individuos con discapacidades motrices graves puedan realizar esta tarea. Existen varias soluciones de ingreso de texto con ICC, una de las mas utilizadas y estudiada es el deletreador P300, que utiliza señales provenientes de *potenciales evocados*. Los potenciales P300 [8] son picos positivos de potencial producidos como respuesta a estímulos somático-sensoriales, visuales o auditivos infrecuentes, cuando se mezclan con estímulos frecuentes. El sistema original se representa con una matriz en de 6 x6 (ver Fig. 2) en donde las filas y columnas comienzan parpadear en orden aleatorio, cuando el parpadeo se corresponde con uno de los caracteres elegidos por el usuario, se produce un estímulo representado como positivo, que ocurre aproximadamente 300 ms. después del suceso [8]. Este sistema no necesita entrenamiento previo, a diferencia de los ritmos *sensorio-motores*.

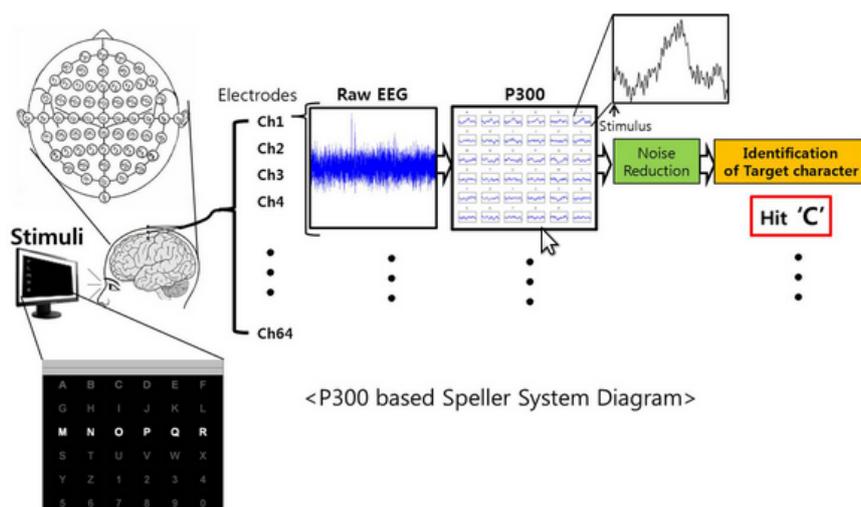


Fig. 4: Deletreador p300 original - (Neural Interface Laboratory, Korea; 2011)

Como los potenciales P300 son pulsos muy cortos, el sistema ICC tiene que realizar una media de todos ellos para obtener la columna y la fila de la matriz que ha evocado dicho potencial. Según las pruebas realizadas, con este método tradicional es posible alcanzar una precisión de hasta el 80% con una tasa de comunicación (ITF- Information Tase Rate) de hasta 7.8 letras por minuto[9].

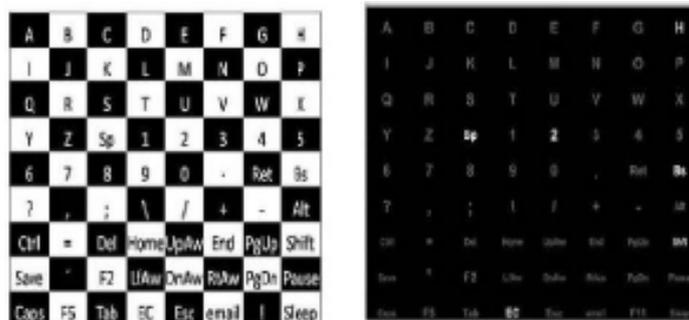


Fig. 5: Deletreador de tablero de ajedrez [9]

Se han implementado alternativas que intentan aumentar la tasa de transferencia de información (ITF) como el tablero de ajedrez (ver Fig. 3)[9], que reduce la dispersión visual producida por la matriz, y el deletreador de 2 niveles (ver Fig. 4) [10].

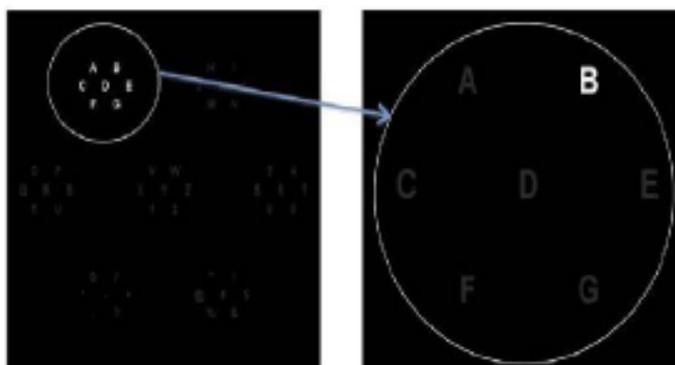


Fig. 6: Deletreador de dos niveles ( Fazel-Rezai, 2009)

### 3.2 Control domótico y de la TV mediante ICC

Un sistema de control domótico está compuesto por: los sensores que monitorizan parámetros y los transmiten al controlador, los actuadores que son elementos activos que realizan diferentes tareas (actuar sobre luces, activar, TVs, etc) y los controladores que representa al sistema informático que gestiona y administra los anteriores. Es a este último componente donde se puede aplicar ICC para hacer viviendas más accesibles a las personas con movilidad reducida. Dentro de este concepto, se incluye a la televisión (digital e interactiva) , como un componente más dentro del sistema. El departamento de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Valladolid ha desarrollado aplicaciones para el control domótico [11] utilizando sistemas ICC. Sus producciones comprenden una primera versión basada en ritmos *sensorio-motores* (ver Fig. 5) y una segunda versión basada en *potenciales evocados* (P300) (ver Fig. 6), ambas permitirían controlar diversos dispositivos del hogar.



**Fig. 7:** Aplicación de Domótica basada en ritmos sensorio-motores (Grupo de Ingeniería Biomédica -Universidad de Valladolid, 2011)

El porcentaje de aciertos en los estudios realizados en el caso de la utilización de *potenciales evocados* es notablemente superior al uso de ritmos *sensorio-motrices*. [12]. La mayoría de las personas evaluadas presentaban algún problema cognitivo asociado y esto parece afectar su capacidades de concentración y atención, necesarias en la etapa de entrenamiento. Otro aspecto a tener en cuenta es que utilizando *potenciales evocados* se pueden generar mas cantidad de opciones que en la primer versión del software (ver Fig. 5 yFig. 6).

**Menú Televisión**

ON/OFF	1	2	3	4
5	6	7	8	9
0	canal ↑	canal ↓	volumen ↑	volumen ↓
MUTE	MENÚ	SALIR	▲	▼
▶	◀	ENTER	Teletexto	VOLVER al menú principal

**Fig. 8:** Aplicación P300 - Submenú de control de la televisión. Este menú está formado por una matriz de 5 x 5 imágenes. El usuario puede seleccionar diferentes acciones: encender o apagar, subir o bajar el volumen, cambiar de canal, acceder al menú de configuración o al teletexto, etc. Captura fue realizada durante la intensificación de la tercera columna de la matriz (Grupo de Ingeniería Biomédica - Universidad de Valladolid, 2013).

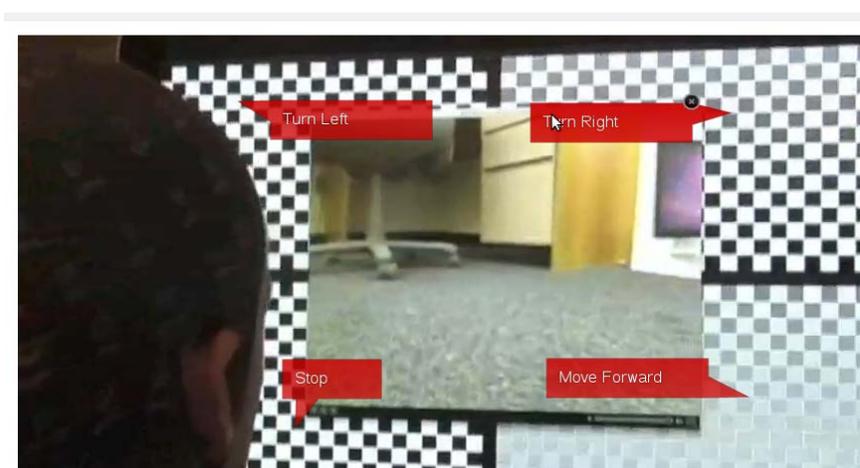
En la segunda versión de la aplicación, la mayoría de los usuarios fueron capaces de controlarla con una precisión superior al 65%. Tres de ellos, incluso, superaron el 85%. Estos resultados fueron notablemente superiores que los obtenidos en la primera etapa [12].

### 3.2 Juegos y ambientes virtuales

En los últimos años se ha incrementado notablemente la utilización de sistemas ICC para potenciar la experiencia del usuario en juegos, ambientes virtuales y aplicaciones con un alto grado de interactividad [13]. Mas allá de la demanda comercial y los parámetros que dicta el mercado, contar con este tipo de sistemas en la TVDi, convertiría a este tipo de aplicaciones en accesibles a la plataforma.

Dentro de los juegos se puede citar el Brianball, basado en técnicas de neurofeedback [14], que consiste en una contienda entre dos participantes para hacer avanzar una bola, utiliza ondas que aparecen durante la relajación y en algunas etapas del sueño, el jugador mas relajado gana la partida.

Un ejemplo sistemas de simulación es el desarrollado por Northeastern University [15]. Este simulador de manejo de un automóvil, basa su funcionamiento en *Potenciales Evocados Visuales* (SSVEP) [13]. Esta técnica consiste en exhibir en regiones de la pantalla gráficos en distintas frecuencias y a través de los mismos generar un estímulo en la corteza visual. Estos estímulos generan señales que se traducen en mandos específicos como derecha, izquierda, adelante y frenar.



**Fig. 9:** Manejo de un automóvil a control remoto mediante ICC (Northeastern University - Electrical and Computer Engineering, 2013)

Por último, se puede citar el Brianbrush, una aplicación BCI al estilo Paintbrush, que se caracteriza por utilizar 3 técnicas de accesibilidad. El hardware utilizado es un dispositivo comercial de bajo costo: el Eloc de la empresa Emotiv [1]. Las diferentes técnicas utilizadas por la aplicación son: simulación del movimiento del mouse a través de la rotación de la cabeza (giroscopio), utilización de ondas p300 para elegir el panel de herramientas y la detección del parpadeo de ojos para habilitar y deshabilitar las herramientas [16] (similar click). (ver Fig. 8). En las encuestas de utilización, los usuarios consultados prefirieron como primer método el movimiento de la cabeza, luego el parpadeo de los ojos y por último la selección de herramientas mediante potenciales evocados. La precisión obtenida en las pruebas de fue del 20 al 80% (con una media del 56%)



Fig. 10: Brainbrush (izquierda) y tablero de elección de herramientas (derecha).

#### 4.- Comentarios Finales

Durante el año 2012 se crea la Comisión para la Accesibilidad y Discapacidad de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), con lo que comienza a instalarse el tema en la comunidad universitaria. En la Facultad de Ciencias Exactas también comienza a abordarse la temática desde la tecnología y la formación de profesionales de docencia para ofrecer soluciones de accesibilidad a casos puntuales de discapacidad motora. Allí se proponen soluciones a corto plazo basadas en soluciones existentes de accesibilidad y también soluciones que involucren relevamiento e investigación. Así es que desde el grupo de tecnología educativa que participa de la RedAuti se propone estudiar las posibilidades de las BCI para ampliar la accesibilidad de las plataformas de TVDi. Este trabajo es una primera recopilación bibliográfica de trabajos en la temática.

El campo de investigación de ICC abarca diferentes disciplinas como la neurociencia, ciencia cognitiva, informática, física, medicina y tecnología, lo que añade una complejidad extra para la coordinación de los procesos interdisciplinarios.

Es necesario un procesamiento avanzado de señales por las características de variabilidad y complejidad de las mismas, lo que se representa típicamente en métodos estadísticos.

Entre los diferentes métodos analizados, los basados en ritmos *sensorio-motores* no pueden ser utilizados por todos los individuos, ya que algunos no pueden pasar con éxito una etapa inicial de entrenamiento. Con respecto a los *potenciales evocados*, en los trabajos relevados se exhibe un mayor porcentaje de precisión que los *sensorio-motores*. Por esta razón, su área de utilización se incrementa considerablemente año tras año, al igual que las publicaciones científicas en el área [8] y la herramientas libres para el análisis de señales[17][18][19][20].

Si bien el ITF (Information Transfer Rate) aún es bajo comparado con otras soluciones de accesibilidad, las aplicaciones basadas en ICC podrían ser una de las pocas opciones disponibles para personas con dificultades severas de motricidad.

## Referencias

1. Emotiv – Compañía de Neuroingeniería, <http://www.emotiv.com>
2. García-Crespo, A; Ruiz Mezcua, B; González Carrasco, I; López Cuadrado, J. Servicios Interactivos y Accesibilidad en la Televisión Digital, una Oportunidad para Reducir la Brecha Digital . IEEE-RITA Vol. 7, Núm. 2, May. 2012
3. Making Television Accessible G3ict -ITU (2009) <http://www.g3ict.org/>.
4. Christian A. Kothe - Introduction to Modern Brain-Computer Interface Design Swartz Center for Computacional Neuroscience (2009). <http://sccn.ucsd.edu/>
5. Basedas, J-Brain-Machine Interfaces: Basis and Advances, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics—part c: applications and reviews, vol. 42, no. 6, november 2012.
6. J. del R. Millán. Brain-computer interfaces. In M.A. Arbib (ed.), Handbook of Brain Theory and Neural Networks, pp. 178–181. MIT Press, 2002.
7. G. Pfurtscheller and C. Neuper. Motor imagery and direct brain-computer communication. Proceedings of the IEEE, 89:1123–1134, 2001.
8. Amiri, S; Rabbi, A; Azinfar, L ; Fazel-Rezai, R - A Review of P300, SSVEP, and Hybrid P300/SSVEP Brain- Computer Interface Systems. Book Article. Brain-Computer Interface Systems - Recent Progress and Future Prospects (2013).
9. D Ryan, G Frye, G Townsend, D Berry, S Messa-g, N Gates, and E Sellers, Predictive spelling with a 300 brain computer interface: increasing the rate of communication. Int. J. Hum. Comput. Interact. 2011.
10. R Fazel-rezai, and K Abhari, A Region-based, 300speller for brain-computer interface. Can J. Electr. Comput. Eng. 2009.
11. R. Corralejo, R. Hornero, D. Álvarez. “Desarrollo de una aplicación domótica controlada por Brain Computer Interface (BCI),” Actas del XXVII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (CASEIB 2009), pp. 577–580, ISBN: 978-84-608-0990-6, Cádiz, España, 2009.
12. Hornero R, Corralejo R, Álvarez D, Martín L . Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema Brain Computer Interface (BCI) aplicado al control de dispositivos domóticos para mejorar la calidad de vida de las personas con grave discapacidad -Trauma Fund MAPFRE (2013) Vol 24 no 2: 117-125 .
13. E.C. Lalor et al., Steady-State VEP-Based Brain-Computer Interface Control in an Immersive 3D Gaming Environment, EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2005 (2005), pp. 3156-3164.
14. Brianball . [http://smart.tii.se/smart/projects/brainball/index\\_en.html](http://smart.tii.se/smart/projects/brainball/index_en.html).
15. S. Dasgupta, M. Fanton, J. Pham, M. Willard, H. Nezamfar, B. Shafai, D. Erdogmus - Brain controlled robotic platform using Steady State Visual Evoked Potentials acquired by EEG. [http://www.ece.neu.edu/~erdogmus/publications/C152\\_AsilomarSSCabstract\\_SSVEP\\_BCI\\_iRobot.pdf](http://www.ece.neu.edu/~erdogmus/publications/C152_AsilomarSSCabstract_SSVEP_BCI_iRobot.pdf)
16. Van de Laar, B; Brugman, I; Nijboer, F; Poel, M and Nijholt. A.- BrainBrush, a Multimodal Application for Creative Expressivity. ACHI 2013 : The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, Holland.
17. Human Media Interaction , Holanda .
18. Open EEG Project. <http://openeeg.sourceforge.net/doc/index.html>
19. BCILAB - Aplicación desarrollada por Swartz Center para neurociencia computacional <http://sccn.ucsd.edu/wiki/BCILAB>.
20. BCI 2000 – Sistema de propósito general para la investigación en BCI, . [www.bci200.org](http://www.bci200.org).
21. OpenViBE – Aplicación ICC desarrollada por INRA (French Institute in Computer Science and Controls), <http://openvibe.inria.fr/>.