



XXIV Seminario de Ingeniería Biomédica  
Núcleo de Ingeniería Biomédica  
Facultades de Medicina e Ingeniería  
UdelaR

## Uso de una interfaz Cerebro-Computadora en un paciente en estado vegetativo de conciencia mínima.

**Gastón Oberti**

"Monografía vinculada a la conferencia del Sr. Daniel Larrosa sobre "**Exoesqueleto en rehabilitación: ideas para investigación y su aplicación en Uruguay**" con fecha 7 de Abril de 2015.

gaston.oberti@gmail.com

**Resumen:** Este trabajo se refiere a la utilización con éxito de un casco neurosensor en rehabilitación de un paciente en estado vegetativo. Y a la forma en que el uso de este aparato posibilitó que el paciente recupere en cierto grado una comunicación básica con su entorno familiar mas cercano.

## Introducción

Las interfaces Cerebro-Computadora (BCI por sus siglas en inglés) han sido desde hace mucho tiempo moneda corriente en la ciencia ficción, en donde son utilizadas en una increíble variedad de aplicaciones, desde controlar exoesqueletos, robots de gran tamaño, miembros artificiales, hacer música con ellas, crear arte, etc. Si bien aún estamos algo lejos esta clase de usos para esta tecnología, existen en el mercado BCI simples que cada vez llaman más la atención debido a su disponibilidad, su bajo costo, su facilidad de uso y las diversas posibilidades que ofrecen.

Este trabajo explora el proceso de utilizar el Emotiv EPOC, una BCI de bajo costo y disponible en el mercado internacional, de forma innovadora como elemento clave en la rehabilitación de la comunicación en un paciente en estado vegetal, o en condiciones de comunicación y movimientos extremadamente disminuidas.

### Emotiv EPOC, BCI de bajo costo disponible al consumo



Fig1. Emotiv EPOC visto desde abajo

El Emotiv EPOC<sup>i</sup> (Fig1) es un dispositivo tipo casco (headset) de adquisición de señales neurológicas en tiempo real. Utiliza un conjunto de sensores para detectar las variaciones eléctricas producidas por el cerebro del usuario, y mediante software puede “conocer” el pensamiento del mismo, sus estados emotivos y puede detectar ciertas expresiones faciales. También puede detectar cuando el usuario se encuentra en un estado de relajación, de alerta, de excitación, etc. El EPOC es liviano, fabricado con distintos plásticos flexibles y resistentes, con una batería que le otorga hasta 12 horas de autonomía en un uso continuo. Se comercializa desde inicios de 2009 en Estados Unidos y su precio, en el mercado americano, es de U\$S 399. Cuenta con 14 sensores<sup>ii</sup> activos más dos de referencia, respetando el sistema internacional 10/20 para posicionamiento de sensores de EEG (Fig2). Estos sensores se humedecen en una solución salina antes de colocarse (suero fisiológico) para mejorar la transmisión eléctrica, y al contrario de lo que sucede con un EEG tradicional, no se requiere de otros productos o cremas para fijar los sensores a la cabeza, ya que la propia estructura del casco se encarga de esto, ejerciendo la precisión adecuada, como si de unos auriculares de vincha se tratase. Además, cuenta con un giroscopio para poder controlar el puntero del mouse solo con el movimiento de la cabeza. Se coloca siguiendo algunas reglas muy simples de posicionamiento, y se conecta a la computadora mediante un dongle USB, haciendo la transmisión de datos totalmente inalámbrica y permitiendo al usuario, al no estar atado a cables o conexiones, moverse o desplazarse libremente mientras lo utiliza.

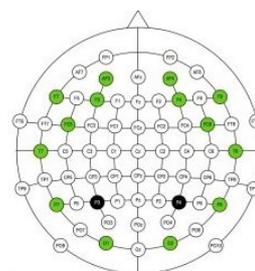


Fig2. Sensores del EPOC

El paquete incluye el EPOC Control Panel, una aplicación multiplataforma que permite mapear ciertos pensamientos a diferentes teclas, haciendo posible el control de ciertas funciones de la computadora solo con nuestro pensamiento. También grafica los diferentes estados de ánimo del paciente, en un lapso de 30 minutos, además de contar con otras funciones accesorias. En su versión EPOC+, el paquete cuenta con TestBench, una aplicación que brinda acceso a los datos EEG y del giroscopio en crudo, además de incluir un SDK para poder crear software para su uso, y todos los derechos de uso de sus respectivas licencias.

El Emotiv EPOC es portátil, inalámbrico, cómodo y muy liviano, lo que lo hace ideal para ser utilizado en pacientes con movilidad reducida, o que carecen de control cefálico voluntario y requieren de ciertos apoyos o ayudas para sostener su cabeza erguida, como sucede con pacientes que dada su condición están en sillas con apoyos especiales, o directamente en una cama.

En cuanto al **EPOC Control Panel**, el mismo cuenta con cinco pestañas. La primera “Headset Setup” (Fig3) muestra un esquema del casco y los sensores, estado de la batería y la señal, y estado de conectividad de los sensores. La segunda “Expressiv Suite” nos muestra la cara de un simpático robot, el cual imita los gestos faciales que el casco detecta del usuario, y se puede ajustar la sensibilidad de la detección de los mismos. En la tercera “Affectiv Suite”, nos grafica Excitación y Atención del paciente, en una escala de 30 minutos. En la cuarta (Fig4) “Cognitiv Suite” nos muestra un volumen cúbico flotando en el espacio, y un set de movimientos que podemos calibrar (Arriba, Abajo, Derecha, Izquierda Rotación Horaria, Antihoraria, Empujar, Tirar y Desvanecer). Luego de una calibración sencilla podemos hacer mover ese cubo en la dirección en que se haya calibrado.

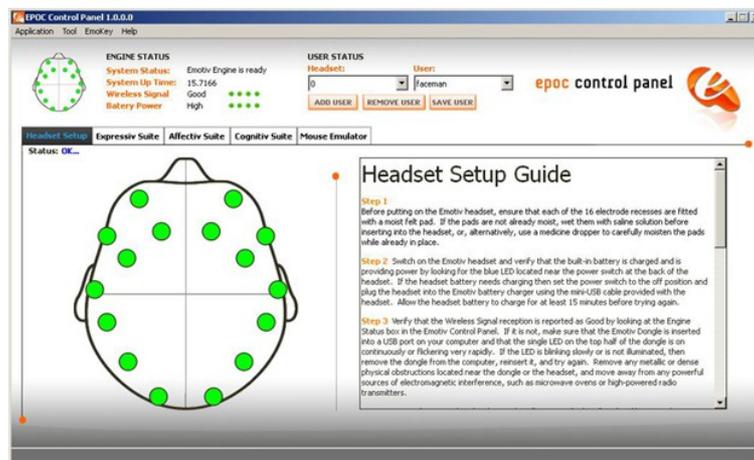


Fig3. EPOC Control Panel y su primera pestaña "Headset Setup".

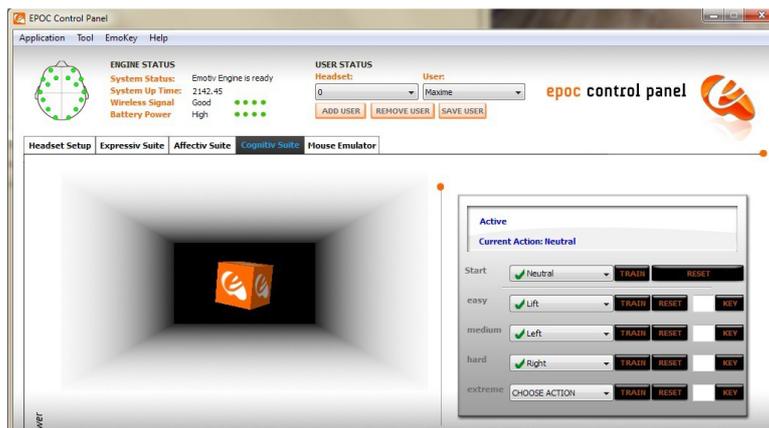


Fig4. Pestaña "Cognitiv Suite", con las acciones configurables a la derecha, y el cubo naranja flotando en el espacio a la izquierda.

## **Un paciente extremo y la esperanza de “leer la mente”**

Se presentó el caso de un paciente con parálisis cerebral cuadripléjica espástica severa y no progresiva, ocasionada por encefalopatía anóxica, con estado de mínima conciencia, con un nivel cognitivo 1-2 en la “escala Rancho Los Amigos”<sup>iii</sup>. A raíz de su condición, el paciente carece de movilidad voluntaria en todo su cuerpo, viéndose imposibilitado de comunicarse, o de hacer uso de cualquier dispositivo para tal fin. El paciente no controla su cabeza, ni sus ojos, por lo que desde el episodio sufrido, la comunicación con el es extremadamente rudimentaria, sino imposible. La evaluación clínica del paciente por parte de los especialistas que lo tratan también se vuelve extremadamente difícil ya que el mismo no responde a los estímulos auditivos ni visuales, ni estímulos corporales de dolor (pellizcos, sacudones, contacto con elementos fríos o mojados, etc), o se duda de que las escasas respuestas sean voluntarias. El paciente está gastrectomizado, por lo que la rehabilitación deglutoria fué lo primero que se abordó. Al presentarse complicaciones, en parte ocasionadas por la traqueotomía que le permite respirar, se suspendió la terapia deglutoria, dando inicio a la terapia rehabilitatoria comunicacional. Se intentó con métodos tradicionales, mostrándole tableros con imágenes pero no dió resultados. Se intentó que mueva los ojos a derecha e izquierda para indicar Si y No, pero tampoco controla estos movimientos, los mismos son espontáneos y la fijación visual solo se mantiene por escasos minutos.

Su familia adquirió el Emotiv EPOC en Estados Unidos con la esperanza de que el dispositivo pueda leer la mente del paciente. Luego de algunos intentos no logró darle utilidad principalmente por no saber como utilizarlo, y el EPOC quedó guardado sobre un armario durante casi dos años. Hasta que el equipo de fonoaudiología encargado de la rehabilitación comunicativa me consultó por el EPOC, su función y si era posible utilizarlo con el paciente. Luego de unos días interiorizándome en el tema, sus funciones y sus posibilidades, nos reunimos el equipo de fonoaudiólogos, la familia y yo, para decidir si podíamos utilizarlo en el paciente, con la idea de simplemente configurar las acciones Arriba y Abajo como Si y No respectivamente. De modo que el paciente pueda controlar el cubo naranja, moviéndolo para arriba si deseaba contestar que si, y para abajo si su respuesta era negativa. Si el paciente dominaba estos movimientos, se pretendía configurar un tercero, y utilizar una aplicación que permita recorrer una tira de caracteres de derecha a izquierda, seleccionando de a uno para poder ir escribiendo palabras y así lograr una comunicación de mayor riqueza.

## **Rehabilitación de la comunicación con el EPOC como herramieta**

Luego de llegar a un acuerdo con la familia nos presentamos con el paciente. Le explicamos lo que queríamos hacer y las pruebas que pensábamos realizar. Además lo interiorizamos del EPOC, de su función y de que íbamos a probarlo con el, desconociendo los resultados. Antes del episodio el paciente era estudiante de informática, por lo que dedujimos que todo el tema del casco suponía una motivación extra para trabajar, ya que se mostraba desganado y desmotivado al ver llegar al equipo de fonoaudiólogos que durante meses trabajaban con el.

Se dispuso de una sala con poca luz, en el interior de la vivienda, aislada de ruidos de la calle o de otros estímulos que pudiesen desviar la atención del paciente. Se utilizó una laptop con el EPOC Control Panel conectado al casco del paciente. Le colocamos el EPOC y comenzamos el proceso de calibración sin estar seguros del resultado del mismo. Finalizado este proceso, la fonoaudióloga comenzó a realizar algunas preguntas obvias y fáciles a modo de control, para saber que el paciente estaba respondiendo concientemente y no al azar. Preguntas como las siguientes fueron formuladas:

*Tu nombre es --- --- --- ?. Tu apodo es --- --- --- ?*

*Tu mamá se llama Verónica?.*

*Tu mamá está en la sala con nosotros?*

*La fonoaudióloga se llama Mercedes?*

El paciente se mostró mas atento de lo normal y sus respuestas comenzaron a aparecer con algunos segundos de retraso. La fonoaudióloga continuó preguntando sobre la actualidad ya que el paciente miraba televisión por algunas horas al día y escuchaba la radio demostrando un umbral de atención bastante alto para su condición. Se formularon entonces preguntas como las siguientes:

*Viste el partido de Uruguay de anoche?*

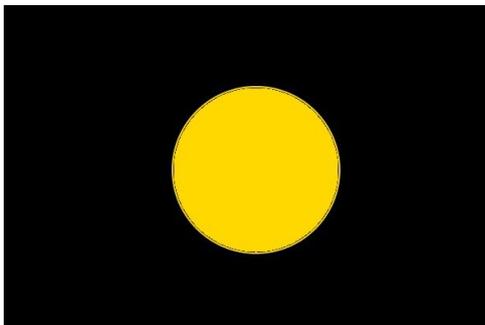
*Te simpatiza el nuevo presidente del país?*

*Hoy está lloviendo muy fuerte, te gusta la lluvia?*

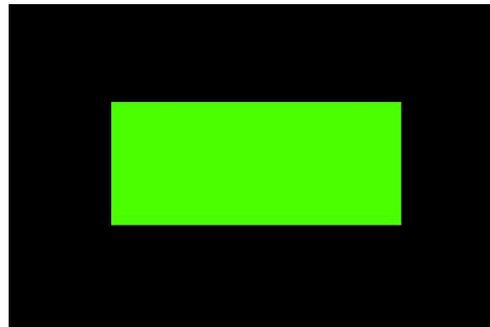
En las primeras sesiones se llegaba hasta este punto con resultados mas que satisfactorios ya que, con algunos segundos de demora, se conseguían aciertos de mas del 80% en las respuestas, lo que evidenciaba que el paciente era conciente de su entorno, que entendía lo que se le preguntaba, y que también comprendía su realidad y su estado actual.

En ocasiones se trabajaba con música. Se le hacía escuchar canciones de bandas que conocía y se le preguntaba sobre las mismas, los cantantes, etc. El paciente siempre respondió con el mismo nivel de aciertos a los estímulos auditivos musicales que a los visuales.

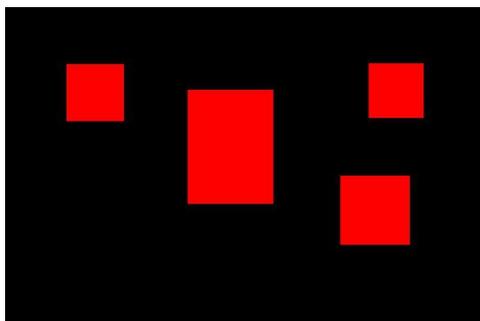
Para la próxima etapa se instaló una pantalla gigante (LCD 32" a unos dos metros del paciente) en la cual se mostraban imágenes a pantalla completa de formas básicas y colores primarios sobre fondo negro (*Fig4, Fig5*). Los técnicos preguntaban por las formas y los colores. El paciente llegó a indentificar inequívocamente las formas básicas y los colores primarios y secundarios, por lo que comenzamos a mostrarle las mismas imágenes representando cantidades (*Fig6*), en grupos de a dos o de a tres. El paciente así logró, con el paso de las sesiones, recordar los números decimales, y llegó a contar hasta 4 o 5 haciendo sonidos guturales, sus primeros sonidos en años.



*Fig4. Círculo Amarillo*



*Fig5. Rectángulo Verde*



*Fig6. Cuatro Cuadrados Rojos para trabajar con cantidades*



XXIV Seminario de Ingeniería Biomédica  
Núcleo de Ingeniería Biomédica  
Facultades de Medicina e Ingeniería  
UdelaR

Dominadas las formas básicas, los colores y las cantidades hasta la decena, comenzamos a mostrarle palabras simples, como *mamá, papá, nacho, nico*, etc. en tipografía color blanco y tamaño de fuente muy grande, ocupando cada palabra el total de la pantalla, siempre sobre fondo negro. Le preguntamos si reconoce las palabras y en caso de contestar afirmativamente la leíamos, a veces con errores, para ver si efectivamente la reconocía. Llegó a reconocer varias palabras.

La última etapa con la que trabajamos fué la de mostrarle fotos de la familia, y a pedirle que identifique a sus familiares mas cercanos, los lugares, la cantidad de personas en la foto, etc. lo que al cabo de unas pocas sesiones hacía sin mayores problemas.

A este punto estábamos trabajando en sesiones de hasta 40 minutos diarios, en plan semanal. En ocasiones en que la salud del paciente desmejoraba y el mismo debía ser internado, luego de volver a su casa comenzábamos de cero la terapia, ya que no respondía con precisión a las preguntas de etapas “mas avanzadas”. La duración de las sesiones disminuía notablemente tras cada internación, por lo que llegó un momento en que su salud no permitió el avance de la terapia como terapia rehabilitatoria, por lo que la misma dejó de tener sentido y se suspendió hasta que la salud del paciente mejorase.

Luego de un tiempo prudencial se entrenó a la familia del paciente para que puedan utilizar el casco y una laptop de su propiedad, para que ellos sean capaces de comunicarse con el paciente en el día a día, lo que ha dado hasta ahora buenos resultados. Esto ha permitido que se realicen paseos en la ciudad con el paciente, o que el mismo sea capaz de disfrutar un día soleado en el patio de la casa. También permite preguntarle sobre sus dolencias cuando se nota por su expresión facial que se siente incómodo, haciendo mas fácil el tratamiento de dolencias o malestares puntuales.

## Conclusiones finales

Si bien encontramos referencias al EPOC como parte de otros proyectos<sup>iv</sup>, no hay referencias del uso del mismo en terapias rehabilitatorias de la comunicación, por lo que creemos que la experiencia fue tan positiva como innovadora. Podemos concluir que la misma probó ser exitosa, dado que se logró que el paciente retome la comunicación con su entorno mas íntimo, de forma básica, lo que mejora notablemente su calidad de vida, teniendo siempre en cuenta su diagnóstico que no mejorará con el tiempo o los diferentes tratamientos a los que es sometido el paciente.

Sería muy interesante que se retome el desarrollo de aplicaciones específicas para este tipo de terapias, ya que todo lo que se logró se hizo utilizando el software estandar (EPOC Control Panel) que viene con el dispositivo. Contar con software a medida y con un laboratorio de pruebas puede mejorar enormemente el uso del casco para aplicaciones con otros pacientes en igual estado de salud. También es deseable que se desarrollen aplicaciones que permitan el EPOC como herramienta de rehabilitación en pacientes con trastornos cerebrales menores, con los cuales, en opinión de los profesionales de la salud involucrados, sería muy bueno comenzar a utilizarlo.



XXIV Seminario de Ingeniería Biomédica  
Núcleo de Ingeniería Biomédica  
Facultades de Medicina e Ingeniería  
UdelaR

## **Bibliografía**

- i - Emotiv EPOC / EPOC+ (2015, Junio 6). [online]. Disponible: <https://emotiv.com/epoc.php>
- ii - Emotivstation. (2015, Junio 6). *Use of the Emotiv Epoc Headset* [video]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=OQ8sgKc65i8>
- iii - Rancho Los Amigos Revised (2015, Junio 6). [online]. Disponible: <http://www.neuroskills.com/resources/rancho-los-amigos-revised.php>
- iv - Brain Controlled weelchair (2015, Junio 6). [online]. Disponible: <https://emotiv.com/blog/brain-controlled-wheelchair/>