



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
"NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCIÓN"

T. A. I. 2

# Interfaz Neural

Brain Computer Interface

Profesor:

Juan de Urraza

Alumno:

José Manuel Bellassai Gauto

Septiembre - 2008

Introducion.....	3
Primero lo primero.....	4
Investigaciones primeras .....	5
Tipos de IN o BCI.....	6
Invasivo .....	7
NO Invasivo .....	9
Principio de operación .....	12
Productos comerciales.....	13
Pocket BCI .....	13
P300 Spelling Device .....	14
OCZ NIA Brain-Computer Interface.....	15
Adaptive Shared Control of a Wheelchair .....	16
NeuroSky.....	17
eSense-EM™ (Algorithm Library).....	17
ThinkGear-EM™ (Module) .....	17
MindSet™ (Commercial Neural Headset).....	17
Glosario .....	18
Referencias.....	19

## Introducción

Lo que se conoce como **Interfaz Neural (IN)** es más conocido como **Direct Neural Interface, Brain Computer Interface (BCI)** o **Brain Machine Interface**. Y consiste en una comunicación directa entre el cerebro humano o animal y un dispositivo externo. Las IN o BCI pueden enviar órdenes desde el cerebro al dispositivo o recibir información desde el mismo, por ejemplo recuperar la vista, pero no ambos. La comunicación en las dos vías permitiría al hombre intercambiar información con algún dispositivo pero las pruebas aún no son exitosas.[\[1\]](#)

Es la comunicación entre el cerebro o sistema nervioso y algún dispositivo de cómputo externo. No significa que se comunica con la mente, ni se limita a un esquema específico.

Investigaciones en IN o BCI empezaron en los 70, pero recién en los 90 aparecen los primeros implantes en humanos. Luego de años de experimentación animal ahora existen implantes en humanos para restaurar audición dañada, vista y movimiento.

Todos estos estudios se centran ahora en la comunicación con una computadora personal, lo que daría al individuo con limitaciones físicas una mayor autonomía y la capacidad de controlar una innumerable cantidad de dispositivos como una silla de ruedas, navegar por Internet, controlar el teclado de una PC, hacer llamadas.

Aunque el mundo del entretenimiento y los videojuegos no está ajeno a este avance y se hacen grandes inversiones en este rubro.

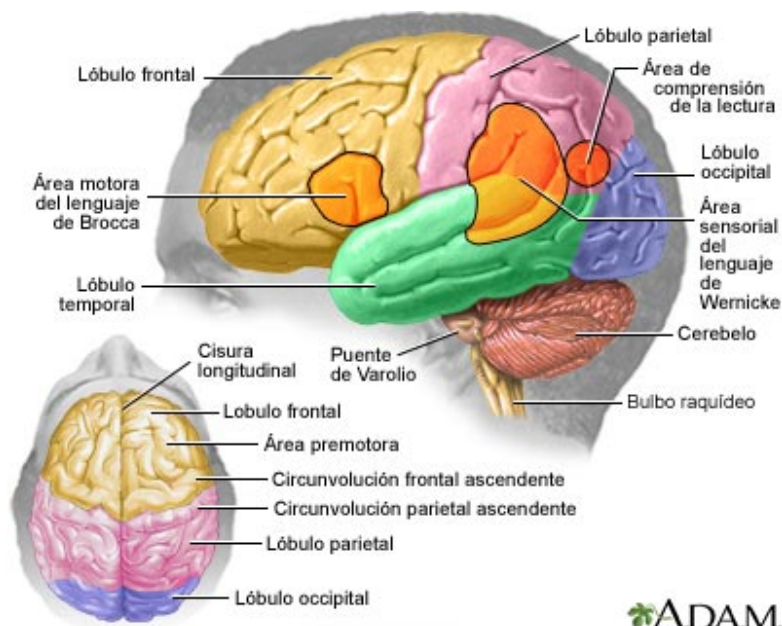
## Primero lo primero

El punto de partida para toda esta tecnología esta en el conocimiento del cerebro, sus funciones, divisiones modo de funcionamiento.

El principal punto de apoyo es la investigación en lo que se conoce como **PLASTICIDAD DEL CEREBRO**. Tal plasticidad se refiere a su capacidad para renovar o reconectar sus circuitos neuronales para así realizar nuevas tareas. Durante décadas se pensó que una vez que morían neuronas tras un accidente cerebro vascular se perdían para siempre. Sin embargo, recientes investigaciones han demostrado que el cerebro es mucho más plástico de lo que se creía, y que las secuelas de un accidente cerebro vascular (ACV), son en cierta forma reversibles.

Es la capacidad del Sistema Nervioso Central para adaptarse; sea para recuperar funciones perdidas-después de un ACV- o de una lesión de médula espinal-o para adaptarse a nuevos requerimientos ambientales; o sea aprender. Esto quiere decir en alguna medida que nuestro cerebro está permanentemente cambiando, y si se pudieran entender mejor estos mecanismos se podrían instrumentar estrategias para modificarlo con un fin determinado. Si una persona pierde el movimiento de una mano, y se supiera como estimular la plasticidad de esa corteza motora, se ayudaría a recuperar esa función mucho más rápido.[\[2\]](#)

Esta plasticidad adaptada a la IN o BCI, hace que el cerebro trate implantes como extremidades naturales. Con lo que se puede aumentar las funciones humanas no solo reconstruirlas, lo que anteriormente era solo ciencia ficción.



## Investigaciones primeras

Varios laboratorios dedicaron mucho tiempo en recolectar datos de la corteza cerebral de monos y ratas, para luego controlar cursores en la pantalla y brazos robóticos. Otras investigaciones en gatos decodificaron señales visuales.

Estudios que desarrollan algoritmos para reconstruir movimientos desde la corteza cerebral de neuronas motoras datan de 1970. Y estudios realizados por Schmidt, Fetz and Baker en los años 70 comentan que los monos pueden controlar tasas de impulsos voluntarios de neuronas individuales en la corteza motora primaria bajo experimentos en lazo cerrado y premio y castigo.

En los años 80 se Apostolos Georgopoulos en Johns Hopkins University, descubrió la relación matemática que se aproxima respuestas eléctricas de neuronas de la corteza motora y la dirección con la que los monos mueven sus brazos a la función del coseno. Pero sus experimentos estaban limitados debido a que su equipamiento solo le permitía grabar disparos neuronales de una sola área a la vez.

En los años 90 se produjo un gran avance en el área y varios grupos fueron capaces de capturar señales cerebrales complejas (de varias áreas a la vez), y utilizar estas para controlar dispositivos externos.<sup>[1]</sup>

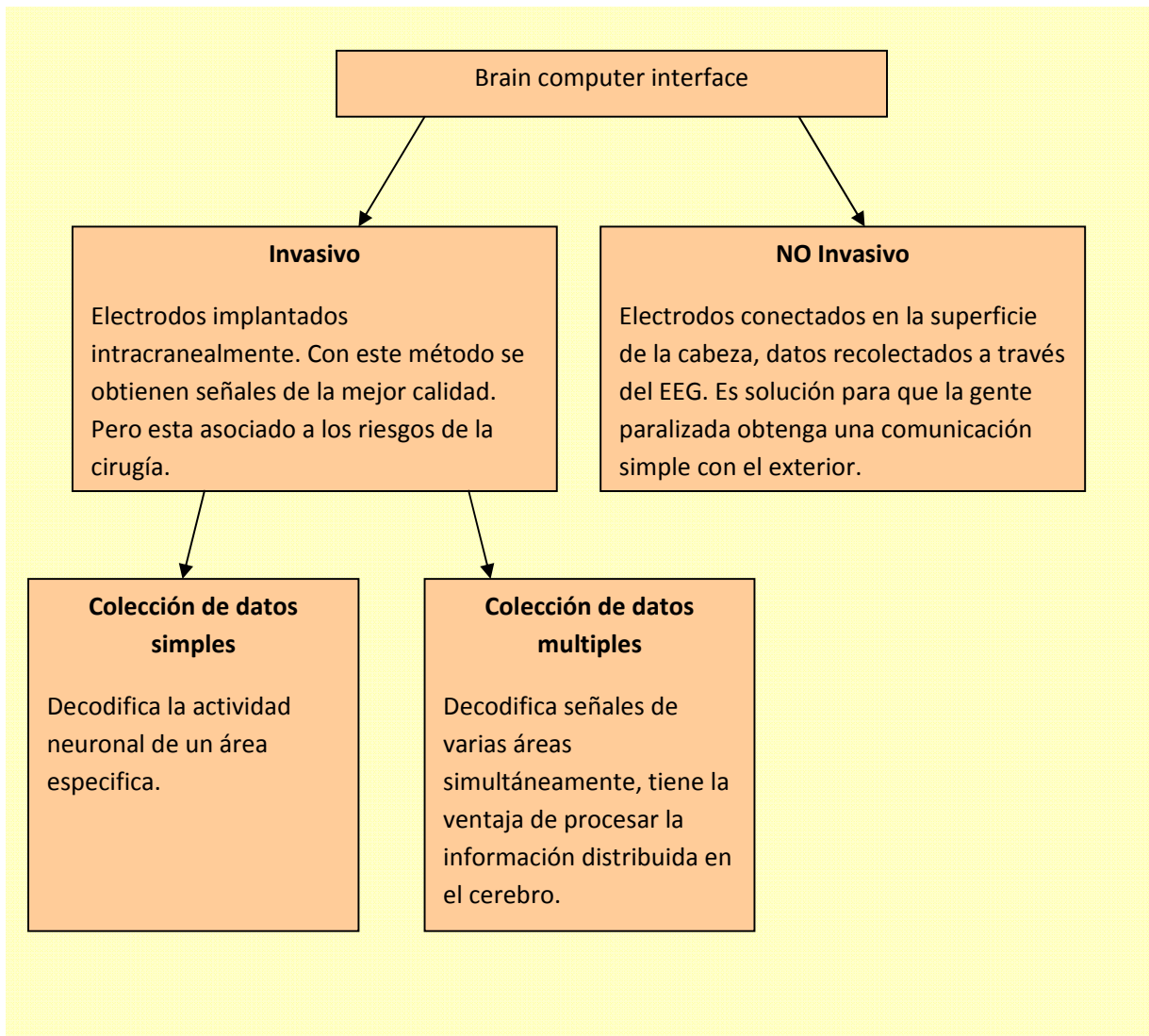
Nació como una ciencia multidisciplinaria pero tuvo un avance a pasos agigantados desde que en 1999 se produjo la primera demostración experimental en la que un conjunto de neuronas de la corteza pudieron controlar directamente un manipulador robótico. Desde entonces un flujo continuo de investigaciones despertó el interés de la comunidad científica y la ley pública en IN o BCI. Debido al gran potencial de esta tecnología en la restauración motora de pacientes con graves discapacidades.

Desde entonces promete ser la solución para paciente con problemas por derrame cerebral, parálisis, daños a la columna vertebral, la esclerosis lateral amiotrófica (un trastorno neurológico terminal que se caracteriza por la degeneración progresiva de las células motoras de la médula espinal y del encéfalo). Y a medida que esta tecnología avanza y los riesgos de las operaciones cerebrales invasivas disminuyen IN promete ser también una solución para amputados, a la vez que emergen grupos dedicados a la restauración de la locomoción y el habla.<sup>[3]</sup>

## Tipos de IN o BCI.

A partir de ahora nos referimos a Interfaz Neural IN o brain computer interface BCI indistintamente.

Estos se clasifican en dos tipos, **invasivos**, implantes en contacto directo con las neuronas, y **no invasivos** a través de lo que se conoce como Electro Encéfalo Grama EEG\*.



## **Invasivo**

Investigaciones de BCI invasivo tienen lugar en reparación de la vista, y proveyendo de nuevas funcionalidades a la gente paralizada. El BCI invasivo es implantado directamente en la materia gris del cerebro a través de una neurocirugía.

Con este método se obtiene la mejor calidad de señal pero es propenso a acumular tejidos de cicatrización, causando debilitación de la señal o hasta la pérdida de la misma debido a la reacción del cuerpo contra cuerpos extraños en el cerebro.

Este enfoque tiene sus raíces en los estudios pioneros llevados a cabo por Fetz y sus colegas en los 60 y 70. En estos experimentos monos aprendieron a controlar voluntariamente la actividad de neuronas corticales, adheridos a una biorealimentación que indicaba la tasa de disparos de una neurona simple.

Pocos años después Edgard Schmidt planteó la posibilidad de extraer comandos motores voluntarios desde la actividad neuronal pura y usarla para controlar dispositivos de prótesis diseñados para restaurar funciones motoras en pacientes con parálisis severas.

Debido a problemas técnicos para obtener las señales corticales necesarias e implementarlas en interfaces de tiempo real lo suficientemente rápidas para llevar las pruebas experimentales, la propuesta de Schmidt tardó al menos dos décadas en ser realizada. Este cuello de botella pasó por una serie de avances que permitieron una nueva metodología electrofisiológica de obtener lecturas multi-áreas y multi electrodos.

Esto se basa en gran medida en la lectura de grandes poblaciones de neuronas (100 – 400 unidades) tomadas en experimentos desarrollados en 1995. Luego de la introducción de este enfoque, numerosos estudios demostraron que lecturas de estímulos táctiles pueden ser descifrados usando algoritmos de reconocimiento de patrones, de manera similar a redes neurales artificiales.

Este desarrollo preparó el camino para el primer experimento en el cual la actividad neuronal de grabada en comportamiento de ratas promovía movimientos de un dispositivo robótico con un simple grado de libertad. Poco después de esta demostración, un enfoque similar mostrado en New World con monos rhesus.

Como resultado de esto en menos de 6 años numerosos laboratorios reportaron BCI que reproducían el brazo primate y la combinación de movimientos de alcanzar y agarrar, usando cursores de computadora o manipuladores robóticos como actuadores.



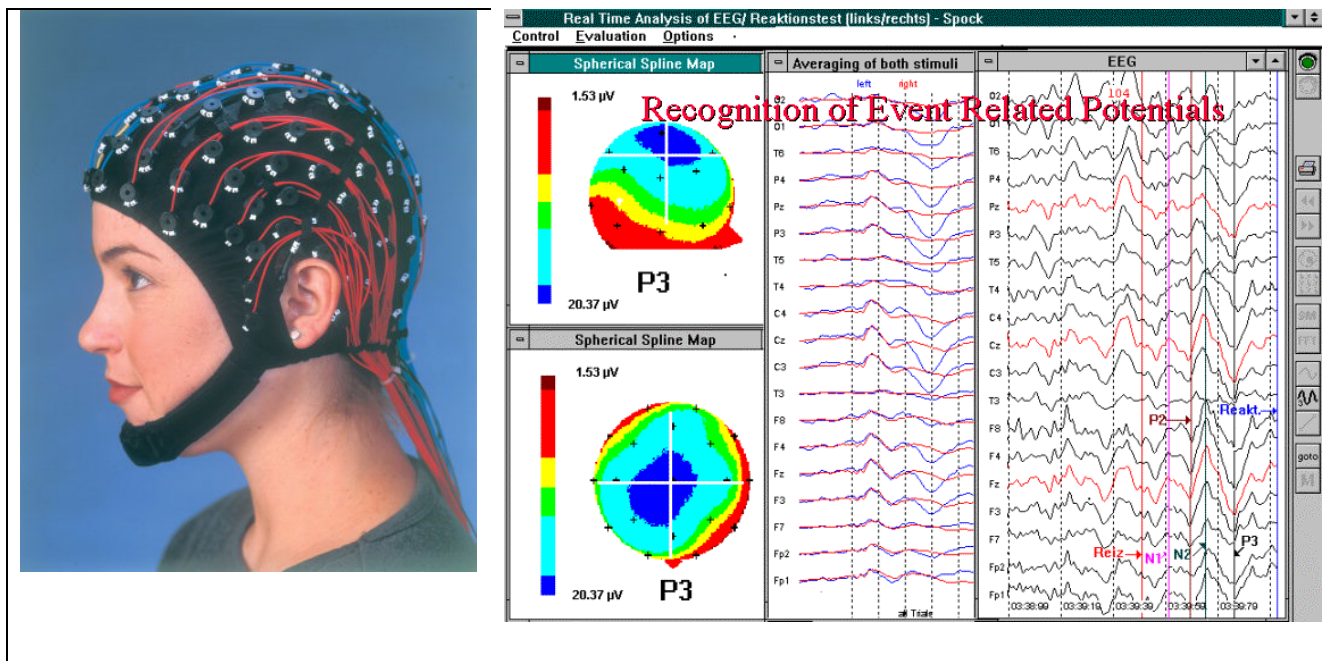


## NO Invasivo

Para este método se utiliza el EEG para controlar cursores de computadora y otros dispositivos. Y tiene la gran ventaja de no exponer al paciente a cirugías de alto riesgo. Las técnicas basadas en EEG proveen canales comunicación de ancho de banda limitado. La tasa de transferencia típica oscila entre 5-25 bits/s. Esta tasa de transferencia no es suficiente para controlar prótesis de brazos o piernas con varios grados de libertad. Pero ofrece soluciones prácticas para el control de cursores, sillas de ruedas, computadores y algunos tipos de comunicación.

En general el los BCI basados en EEG se utilizan para descifrar los movimientos y decisiones voluntarios del individuo a través de la actividad eléctrica combinada de grupos de neuronas. Aparte del limitado ancho de banda del EEG, también surge el problema del solapamiento de grupos neuronales de diferentes áreas de la zona cortical.

Otro problema de este método es la conducción pasiva a través del tejido cerebral, el hueso del cráneo y la piel de la superficie provoca gran pérdida de la señal, además del filtro paso bajos del mismo EEG.



El EEG es también susceptible a las señales de Electro miografía EMG, electrooculografía EOG, y artefactos mecánicos.

A pesar de todas estas deficiencias, el EEG es capaz de recolectar datos relacionados a la actividad cerebral ante estímulos visuales, ángulos de mirada e intenciones voluntarias.

Esto ha motivado el desarrollo de diferentes sistemas basados en EEG. Uno de ellos es el VEP (visual evoked potentials) potenciales evocados por la vista. Lo que hace es recolectar información sobre el comportamiento cerebral cuando el individuo se fija en un elemento en particular en la pantalla o se concentra en él. Los BCI de este tipo se decodifican las elecciones del individuo distinguiendo las respuestas de la corteza parietal en estímulos preferidos y no preferidos. Varios experimentos se han hecho para controlar movimientos del puntero en la pantalla. Ambos potenciales corticales lentos son recolectados de varias áreas corticales del cerebro, las frecuencias de mu (8-12 Hz) y beta (18-26 Hz) y son utilizados en el BCI. Este sistema depende de un evento relacionado con la sincronización y desincronización del EEG relacionado con el motor de imágenes.

El entrenamiento para operar los BCI basados en EEG puede tomar varios días. La realimentación visual es parte esencial del entrenamiento, y algunos diseños dependen de la capacidad del sujeto para desarrollar la capacidad de controlar su propia actividad cerebral a través de la retroalimentación. Otros utilizan algoritmos que reconocen los patrones del EEG relacionados con alguna intención voluntaria. Y los más recientemente utilizados algoritmos adaptativos que actualizan sus parámetros durante el entrenamiento.

Varias estrategias han sido propuestas para proveer realimentación a los usuarios de este tipo de sistemas. Una de ellas, la realidad virtual, que puede proveer una realimentación realista y puede ser eficiente para el entrenamiento con BCI. En una demostración reciente con este enfoque, individuos navegaron a través de un entorno virtual imaginándose a ellos mismos caminando.

Interfaces basadas en EEG han sido implementadas como soluciones para pacientes con varios grados de parálisis corporal. En el caso de pacientes con un alto grado de invalidez han logrado controlar cursores de computadoras, que utilizan para comunicarse con el mundo exterior. La primera aplicación con este enfoque más exitosa y mejor aceptada se basó en la utilización de potenciales

corticales lentos para controlar un sistema de escritura adherido a una computadora.

BCI basados en ondas mu y beta han sido probados también en numerosas personas paralizadas. Un estudio reportó que un paciente tetraplégico, adherido a un BCI que detectaba ondas beta en la corteza sensorial motora para activar un dispositivo de simulación eléctrico, aprendió a tocar objetos con su mano paralizada.

## **Principio de operación**

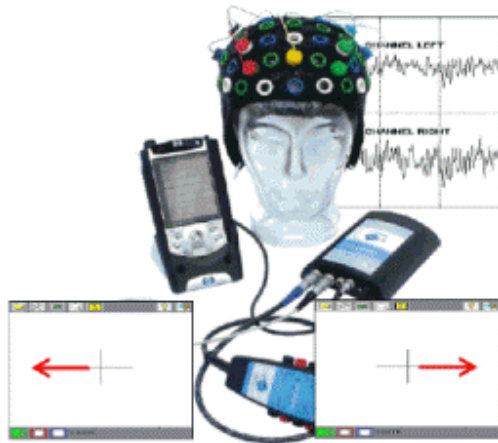
Se basa en la capacidad fisiológica de las neuronas corticales\* y sub corticales, o grupos de ellas, que modulan su actividad asociada al movimiento. El primer documento al respecto escrito por Evarts en 1968 indica que dichas modulaciones son altamente variables de neurona a neurona y de prueba en prueba. Incluso grupos de neuronas vecinas disparan distintos patrones de modulación durante la ejecución de un movimiento en particular. El disparo de una simple neurona puede variar sustancialmente de una prueba a otra, a pesar del hecho de que los movimientos se mantienen virtualmente idénticos. Sin embargo promediando varias pruebas se puede obtener una aproximación consistente de patrones. Sin embargo para el mismo experimento, promediando patrones de grandes cantidades o grupos neuronales, se reduce significativamente la variabilidad de las señales tomadas de una simple neurona.

Obteniendo las señales de control de los patrones de disparo de las neuronas y usando estas señales de control, se puede reproducir comportamientos motores de actuadores artificiales. Y esto es lo que hace clínicamente viable a los BCI. Para ser aceptados por pacientes estos dispositivos deben actuar y sentirse del mismo modo que las extremidades propias del sujeto. Algunos sugieren que esto debe ser acompañado por la creación de condiciones en las cuales el cerebro y su experiencia dependen de la plasticidad y la asimilación del mismo a las prótesis de extremidades como si fueran partes de su propio cuerpo. Y esta plasticidad se logra utilizando retroalimentación del sistema.

## Productos comerciales.

### **Pocket BCI**

Tenemos como ejemplo este producto de MOBILab+.



**g.MOBILab+**  
Mobile Laboratory

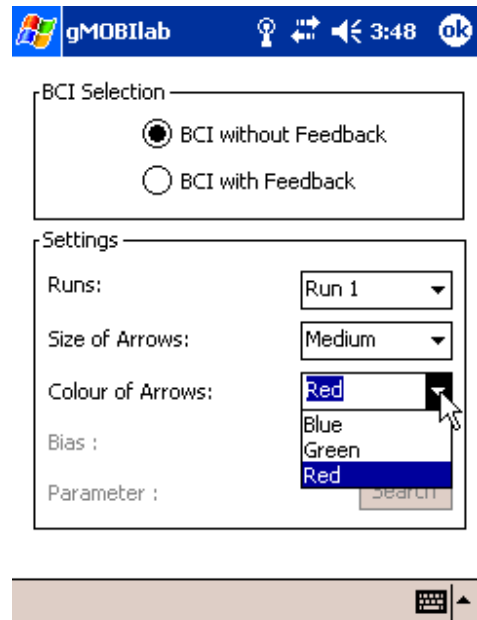
Pocket BCI

Mobile Brain-Computer Interface on the  
Pocket PC

... Bridging the gap between laboratory  
experiment and practical application ...

Esta basado en un sistema de adquisición de datos móvil de *g.MOBILab+*. El Pocket BCI es un producto ya disponible. Este nuevo sistema no se basa en nervios de extremidades ni músculos, sino en señales directamente desde el cerebro.

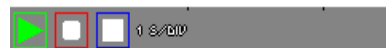
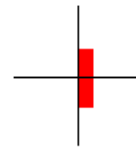
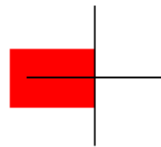
Corta la brecha entre los estudios de laboratorios y las aplicaciones prácticas. Puede ser fácilmente instalado en la casa del individuo o en una silla de ruedas. También pueden adquirirse aplicaciones BCI estándar como los de escritura e integrarlos al sistema a través de la interfaz de programación.



El Picket BCI está entrenado con las ondas cerebrales de un sujeto en particular, convirtiendo estas ondas en señales de control.

Aquí mostramos una aplicación del sistema que trabaja en dos pasos.

Paso 1: en la fase de entrenamiento el sistema es entrenado con los patrones cerebrales del individuo. Dos señales distintas son necesarias para obtener un movimiento simple o un switch on/off.



Paso 2: en la fase de aplicación el sujeto opera en BCI deliberadamente moviendo el cursor a la izquierda o la derecha.

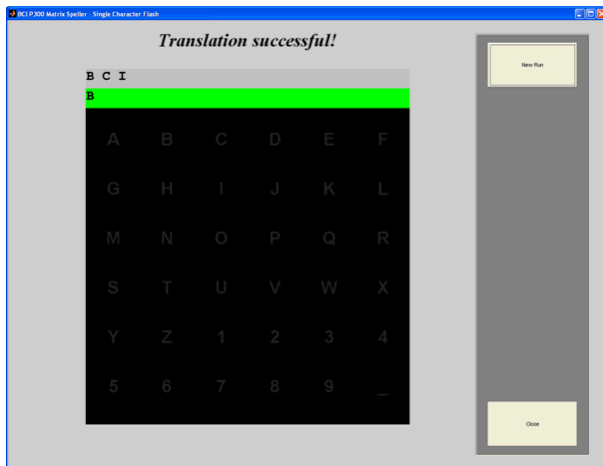
También se le pueden añadir extensiones para tomar señales biomédicas como el EEG, ECG, EMG, pulso entre otros. Y por supuesto adaptaciones específicas para controlar otros dispositivos externos.

### ***P300 Spelling Device***

Dispositivo de escritura desarrollado también por gMOBILab.

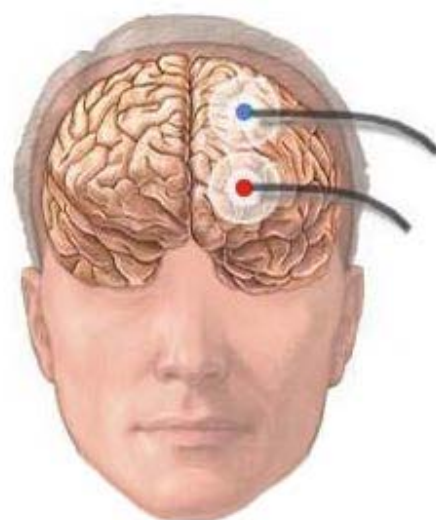
El P300 presenta un conjunto de 36 caracteres en una matriz de 6 \* 6 en el monitor de la PC. Cada letra es mostrada en parpadeos en un orden aleatorio y el individuo tiene que concentrarse en la letra que quiere escribir. Cuando la letra que se quiere escribir parpadea se crea en el cerebro un componente P300, los algoritmos están analizando los datos del EEG y seleccionan la letra con el valor P300 más alto, y luego esta letra es escrita en la pantalla. Normalmente son necesarias entre 2 y 20

muestras por letra para obtener una alta precisión. Los números dependen de la posición de los electodos, el nivel de entrenamiento del individuo y el nivel de respuesta P300 generado por el individuo.



### **OCZ NIA Brain-Computer Interface**

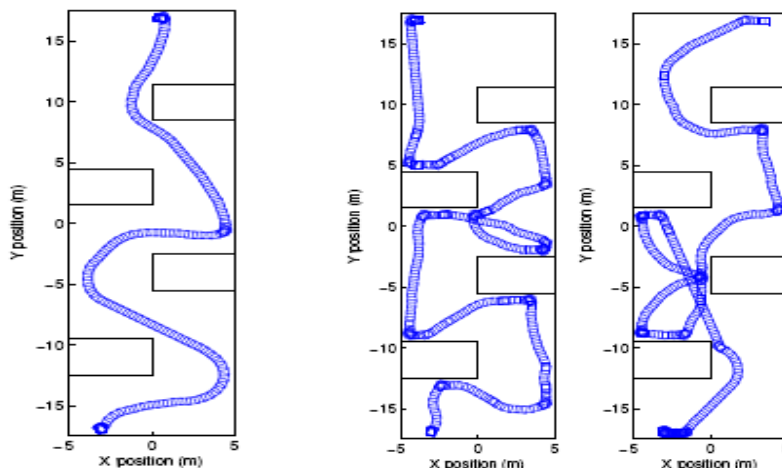
Es un producto llamado NIA, que produce la empresa OCZ. Dice ser la primera compañía en brindar la tecnología BCI al mercado minorista apuntándose específicamente a los jugadores. NIA son las iniciales o acrónimo de Neural Impulse Actuator (Actuador de Impulsos Neuronales). Y en vez de botones, palancas giróscopos o sensores de movimiento el dispositivo lee bioseñales naturales del cuerpo y las traduce en señales que pueden ser usados para controlar juegos de una PC.



El NIA puede detectar tres tipos de bioseñales generadas por el cerebro, músculos faciales y músculos del ojo, a través de una bincha especial que vemos en la figura.

### ***Adaptive Shared Control of a Wheelchair***

Básicamente es utilizar las señales del cerebro para controlar la asistencia robótica. La el control compartido provee asistencia al usuario en un número constante y en maneras idénticas cada vez. Creando así un nivel adaptativo de asistencia según las capacidades del usuario. La idea es que el usuario lo haga por si mismo recibiendo la menor asistencia del sistema compartido. Para lograr esto se necesita saber cuando el usuario necesita asistencia y que necesita. Adaptando el nivel de asistencia según la situación. Cuando el sujeto tenga mayores dificultades para manejar la silla de ruedas mayor asistencia va a necesitar. La prueba en dos sujetos mostró que este sistema de control adaptativo incrementa el rendimiento en la tarea. También mostró que el individuo con menor nivel de BCI necesita más asistencia extra en situaciones difíciles en la navegación a través de un corredor.





## NeuroSky

Es una compañía dedicada al desarrollo de tecnologías BCI. Su más reciente idea fue la de llamar a concurso de programadores de video juegos en los que se pueda utilizar la tecnología por ellos desarrollado. Los ganadores de NeuroSky Gamecubator fueron: Sink'Em – San Diego, CA y Force Of Mind – Lexington, Ma. Por cuestiones de seguridad ellos no revelan la identidad individual de los ganadores ni los detalles técnicos de los juegos.



### eSense-EM™ (Algorithm Library)

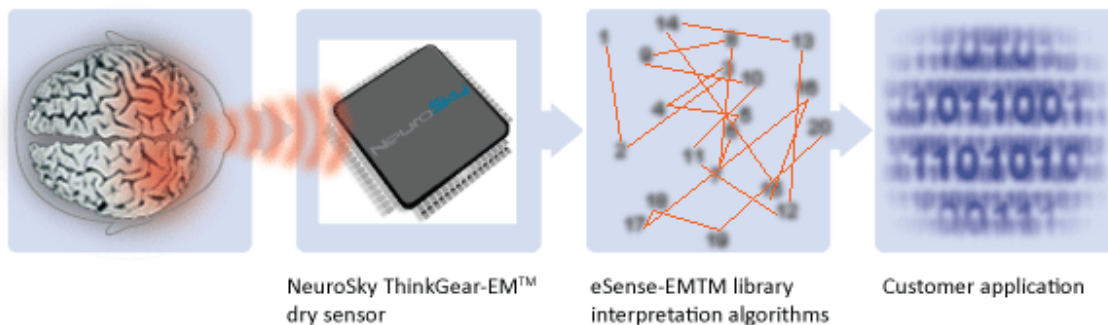
Traduce las señales de cerebro en diferentes niveles de estado mental, por ejemplo atención y meditación. Los algoritmos deben ser probados sobre una amplia población, y bajo diferentes condiciones, para trabajar con un gran espectro de individuos y localidades.

### ThinkGear-EM™ (Module)

Posee las últimas y mas poderosas carecteristicas para diseñadores de sistemas EEG aplicaciones industriales. Opera con electrodos secos, es de bajo consumo, tiene mejoras en la reducción de ruido y compatibilidad con Bluetooth.

### MindSet™ (Commercial Neural Headset)

Es un Headset comercial controlado por las ondas del cerebro, esta pensado para el mercado de consumo en masa. El dispositivo lee e interpreta diferentes estados mentales relacionados con el usuario.



También desarrolla tecnología para diseñadores que deseen construir sus propios equipos.

## **Glosario**

**Neuronas Corticales:** cuerpos celulares en la corteza cerebral. Los axones de estas neuronas corticales pasan directamente y sin sinapsis adicional, para terminar en la cercanía inmediata de las neuronas motoras.

**EEG:** Electroencefalograma, sistema de recolección de datos de la actividad cerebral mediante electrodos de superficie ubicados en lugares específicos de la cabeza.

## Referencias.

1. file:///D:/disco\_2/jose/tai2/Brain%20Computer%20Interfase/Brain-computer\_interface.htm
2. <http://www.psicomag.com/neuropsicologia/MODULACION%20DE%20LA%20PLASTICIDAD%20NEURONAL.php>
3. Brain-machine interfaces: past, present and future. Mikhail A. Lebedev<sup>1</sup> and Miguel A.L. Nicolelis
4. Adaptive Shared Control of a Brain-Actuated Simulated Wheelchair - Johan Philips, José del R. Millán, Gerolf Vanacker, Eileen Lew, Ferran Galán, Pierre W. Ferrez, Hendrik Van Brussel and Marnix Nuttin (Proceedings of the 2007 IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, June 12-15, Noordwijk, The Netherlands)