



Proyectos sobre “*Brain Computer Interfaces*” y procesamiento de EEG

Grupo de Procesamiento de Señales e Inteligencia Computacional (PSIC)

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Presenta: Dra. Pilar Gómez Gil

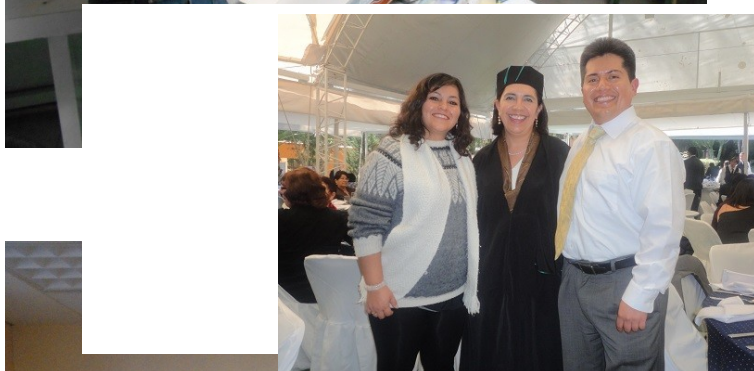
V: 2015-11-25

Esta presentación está disponible en:

<http://ccc.inaoe.mx/~pgomez/conferences/PggSEN15.pdf>

Contenido

- ▶ Un poco sobre nosotros
- ▶ Un poco sobre nuestros proyectos
- ▶ Conclusiones y perspectivas



Sobre nosotros...



El grupo PSIC

- ▶ El Grupo de procesamiento de señales e Inteligencia Computacional (PSIC) está formado por investigadores y estudiantes de las coordinaciones de Electrónica y de Ciencias de la computación.
- ▶ También participan investigadores y estudiantes de otras universidades
- ▶ Entre otros temas, este grupo desarrolla nuevas técnicas, o perfecciona algunas existentes, para la creación de algoritmos usados en Interfaces Cerebro-Computadora (BCI, por sus siglas en inglés)

Integrantes de PSIC

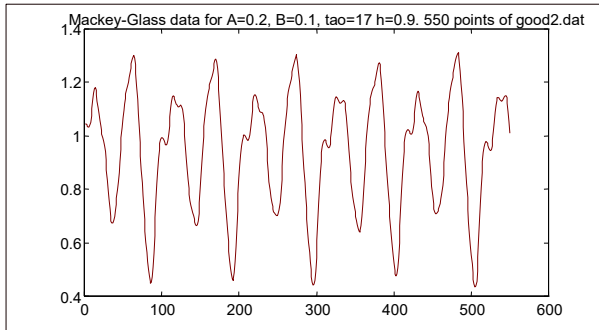
- ▶ Investigadores (en orden alfabético)
 - Dr. Vicente Alarcón Aquino– UDLAP
 - Dr. Israel Cruz Vega– investigador Conacyt–INAOE
 - Dra. María del Pilar Gómez Gil–INAOE
 - Dr. Juan Manuel Ramírez Cortés– INAOE
 - Dra. Haydé Peregrina Barreto – INAOE
 - Dr. José Rangel Magdaleno
- ▶ Alumnos de maestría y doctorado del INAOE, UDLAP y BUAP
- ▶ Colaboradores visitantes de otras instituciones

Áreas de conocimiento involucradas

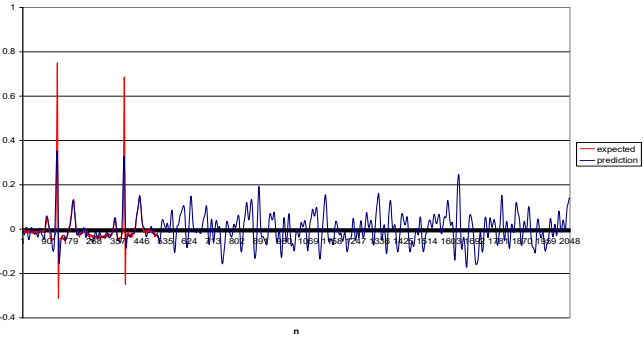
- ▶ Usamos y desarrollamos técnicas basadas en:
 - Aprendizaje basado en ejemplos e inteligencia computacional, para escribir algoritmos de clasificación y predicción, como las redes Neuronales Artificiales (RNA), la Lógica Difusa o los Algoritmos Evolutivos
 - Procesamiento digital de señales, para extraer características necesarias para clasificar o predecir

Trabajamos con señales no estacionarias (señales “difíciles”)

Case K.2

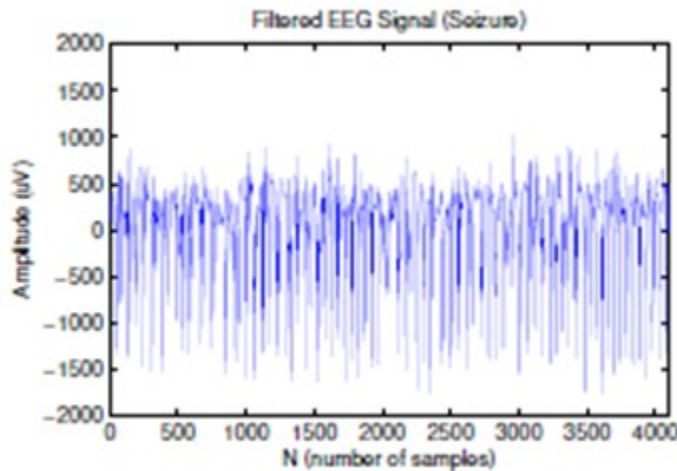
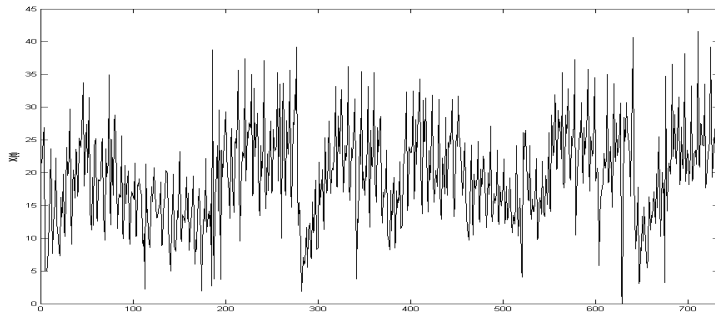


$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{ax(t-\tau)}{1+x^{10}(t-\tau)} - bx(t)$$



Mackey-Glass time series (Glass 1977)

Long-term prediction of an ECG (Gomez-Gil et al., 2011)



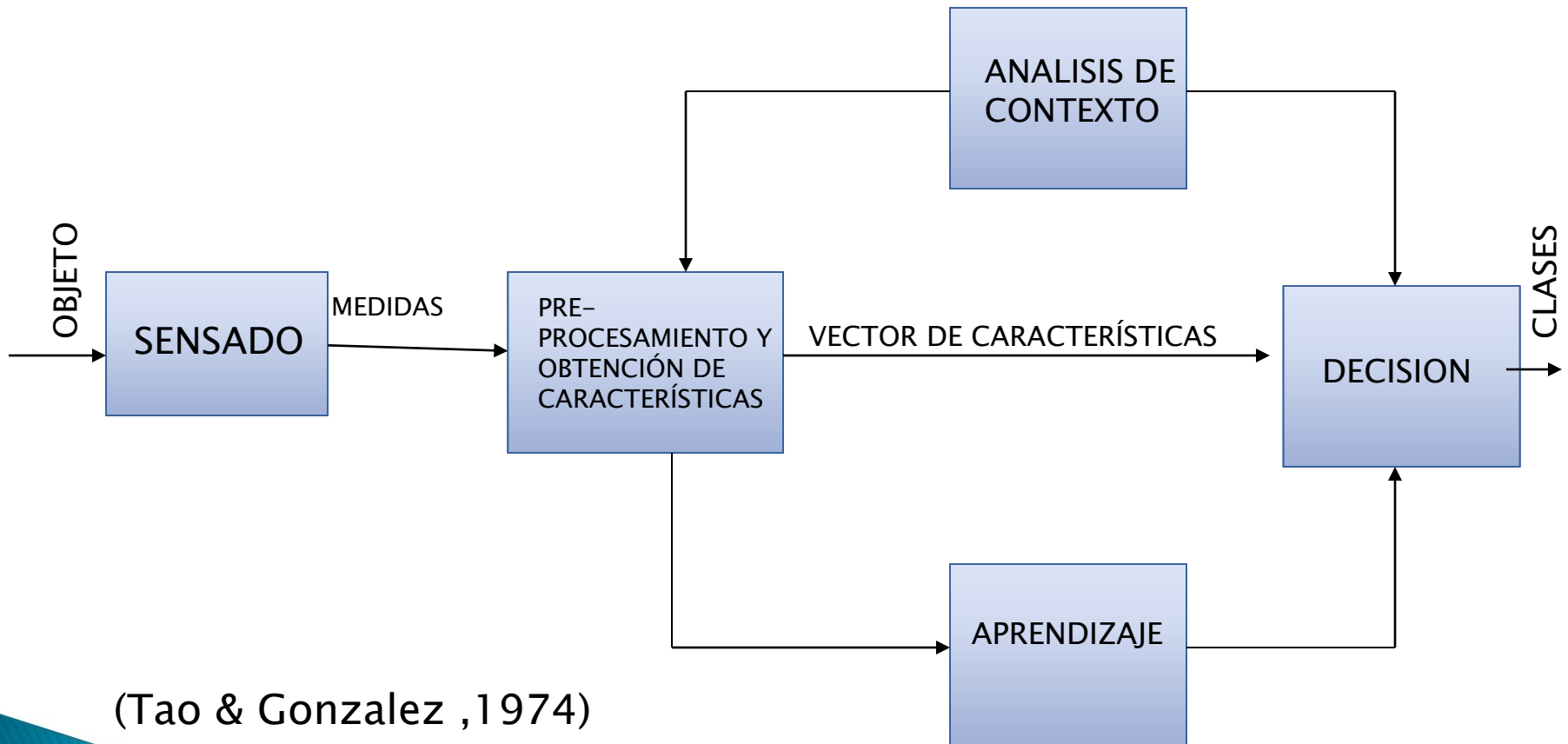
EEG of an ictal state (Juarez-Guerra, 2014)

ATM withdraws (NN5-001) (Crone 2010)

¿Que son las BCI? (Graimann et al. 2010)

- ▶ Una BCI es un sistema artificial que se salta las rutas “eferentes” normales del cuerpo.
- ▶ Eferente se refiere a la transmisión de impulsos del sistema nervioso central al sistema periférico y de allí a los músculos.
- ▶ Una BCI mide directamente la actividad cerebral asociada a un “intento” del usuario y la traslada a sus correspondientes señales de control
- ▶ Esta “traducción” involucra **procesamiento de señales y reconocimiento de patrones** para identificar el intento

El concepto de clasificación adaptativa



(Tao & Gonzalez ,1974)

Aprendizaje basado en ejemplos

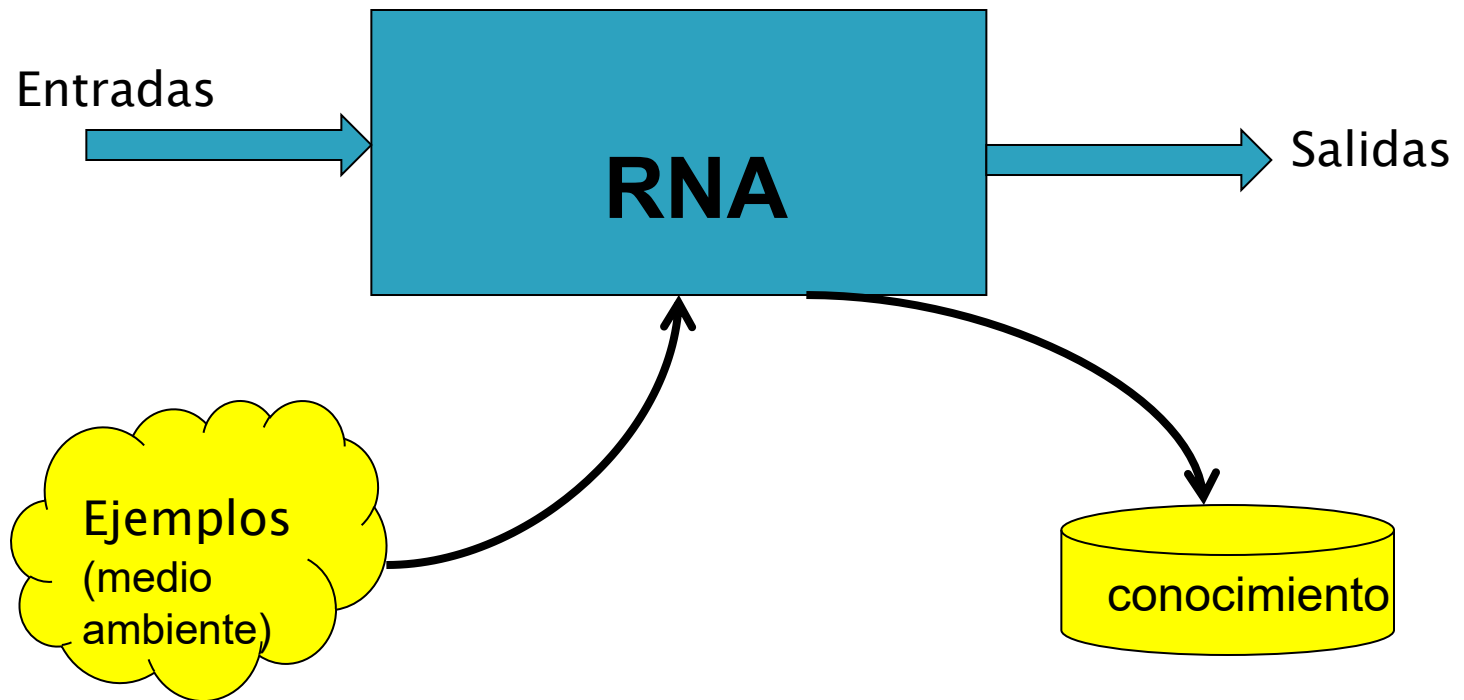
- ▶ Algunos modelos de adaptación, como las redes neuronales artificiales, son capaces de modificar su comportamiento en respuesta al medio ambiente, el cual es “presentado a la red” a través de ejemplos significativos del problema.

Qué son las Redes Neuronales Artificiales

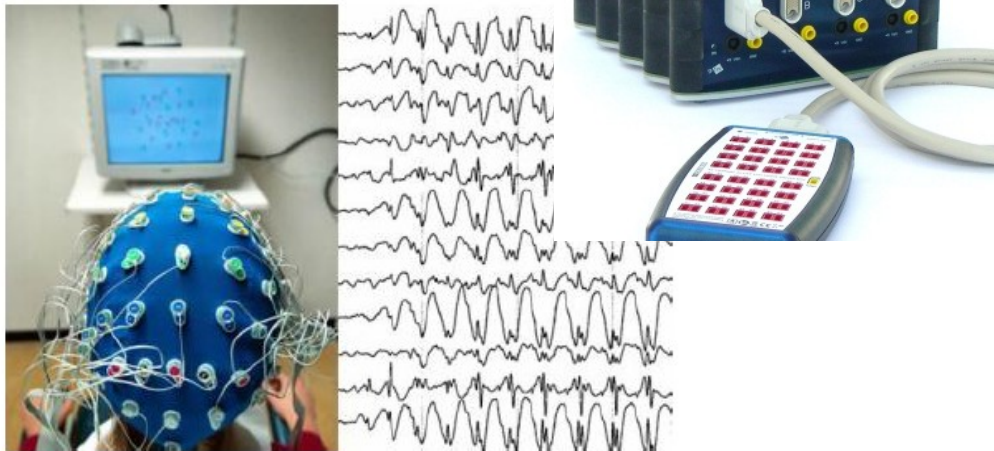
- ▶ Son **modelos matemáticos** capaces de adaptar su comportamiento en respuesta a ejemplos presentados por el medio ambiente de manera supervisada o no supervisada
- ▶ Están inspiradas en la construcción del cerebro y las neuronas biológicas.
- ▶ Puede verse a una red neuronal artificial como un procesador paralelo y distribuido, hecho de varios procesadores simples (Haykin, 2009).

El Contexto de Redes Neuronales

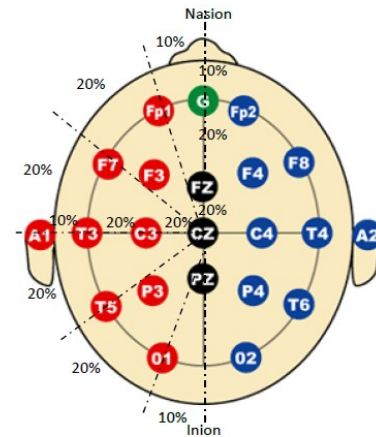
(Gómez-Gil, 2009)



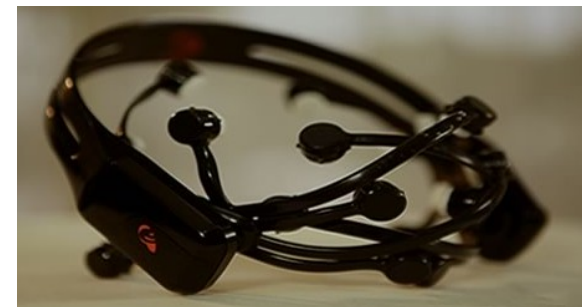
Sensado: ejemplos de dispositivos de captura



Amplificador de bio señales-EEG G.Hlamp
<http://www.gtec.at>

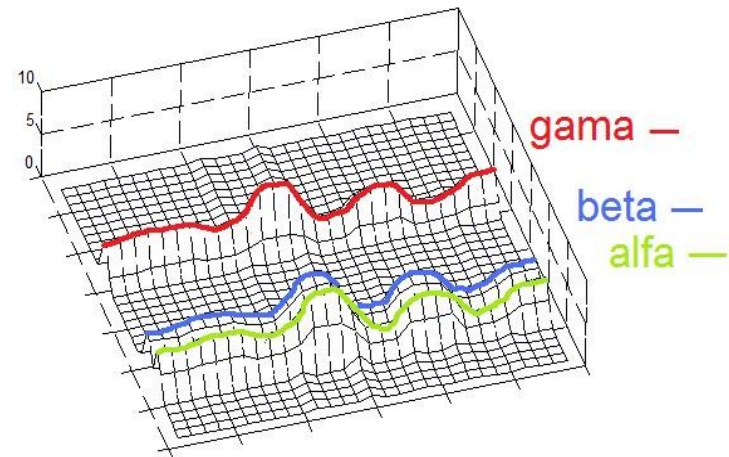
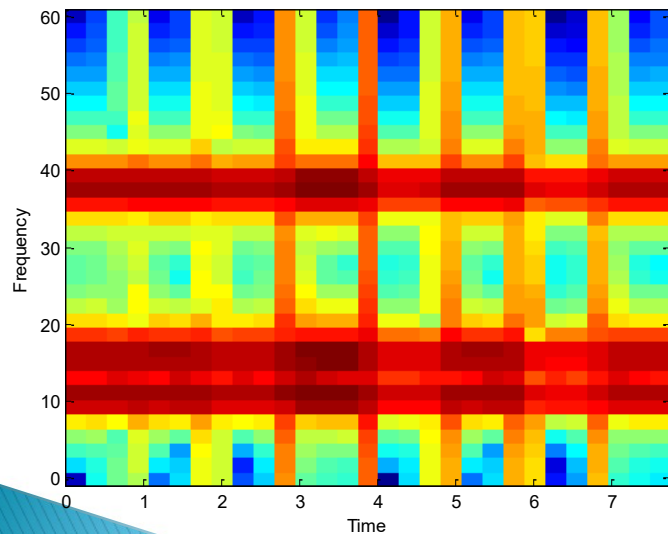
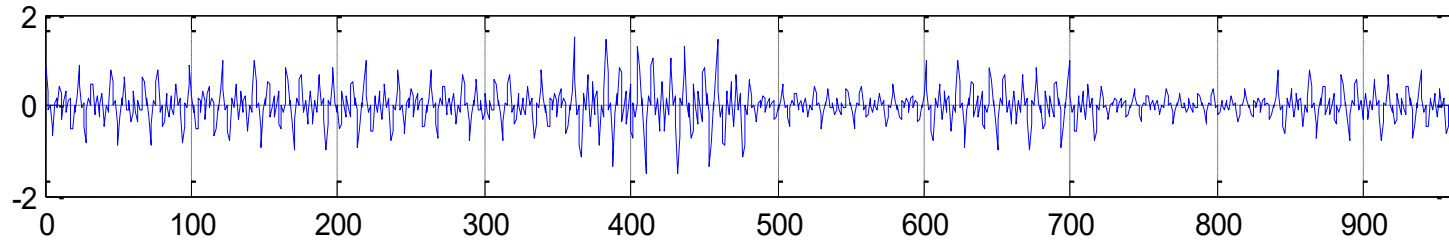


10-20 electrode placement system
(tomado de Juárez-Guerra, 2012)



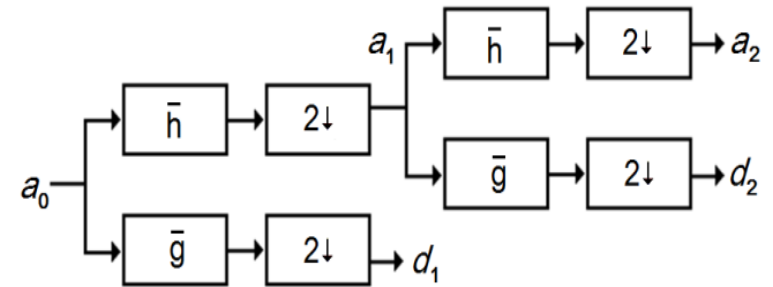
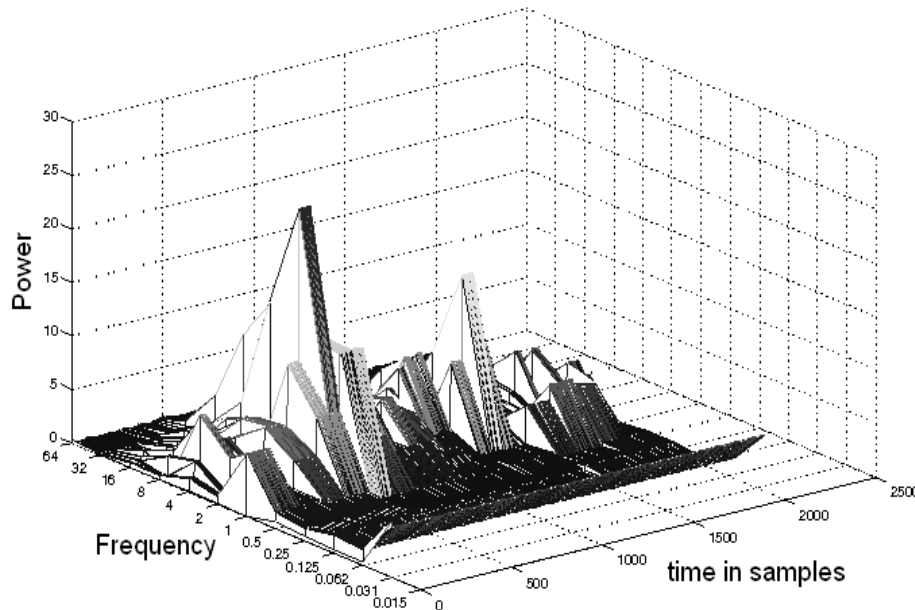
EMOTIV-EPOC
<https://emotiv.com/support.php>

El gran problema de extraer características



Una técnica de extracción: Transformada discreta wavelet DWT

$$W(j, k) = \sum_j \sum_k f(x) 2^{-j/2} \psi(2^{-j} x - k)$$



Wavelet : Daubechies 4



Sobre nuestros proyectos relacionados a BCI...



Clasificación de señales EEG para identificación de comandos.



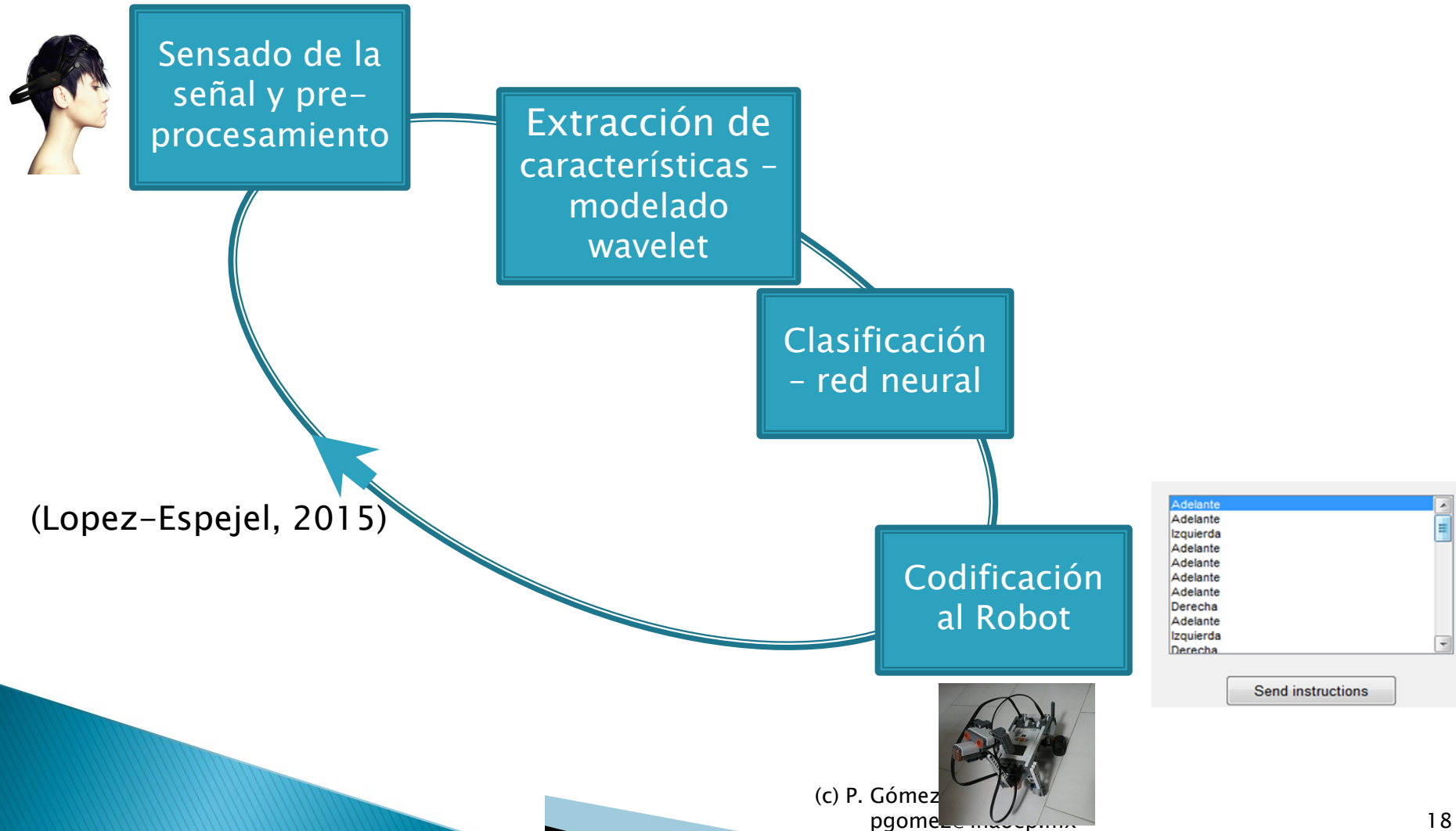
(Lopez-Espejel, 2015)



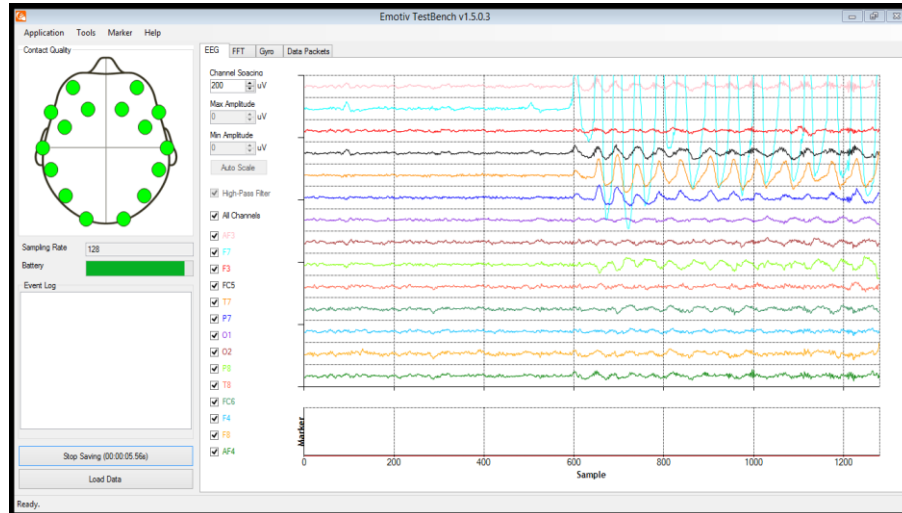
- Comandos:
- 1) Izquierda
 - 2) Derecha
 - 3) Cambio entre caminar/detenerse



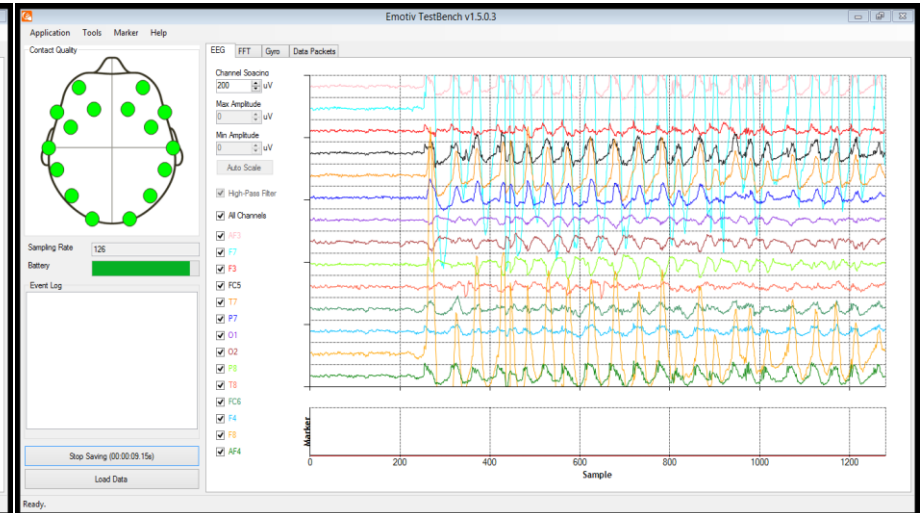
Blinky: identificador de comandos



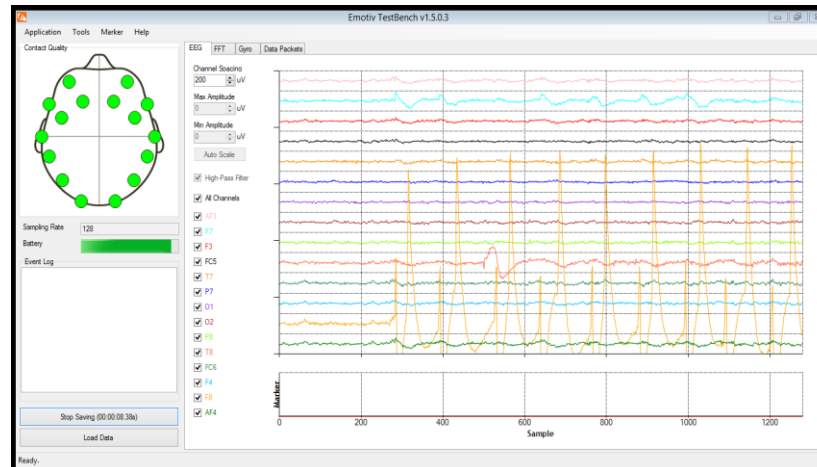
Ejemplos de EEG al realizar parpadeo de ojos



ojo izquierdo

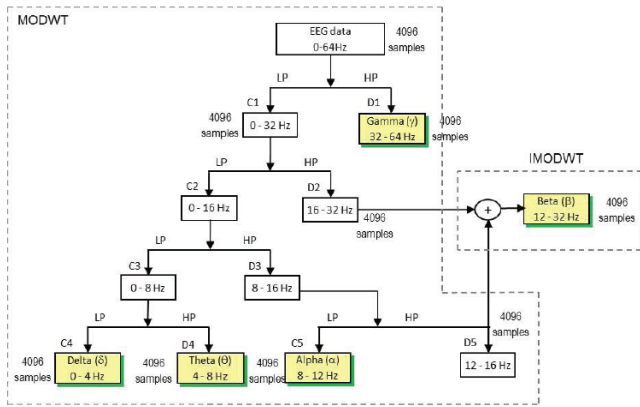


ambos ojos.

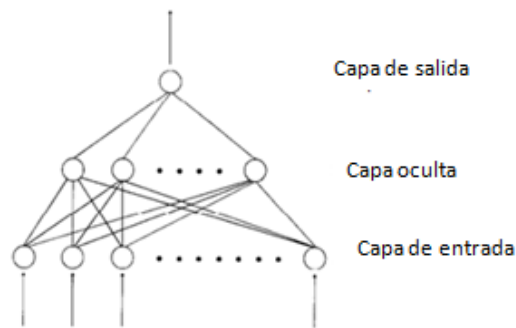


ojo derecho

Modelos y resultados a la fecha



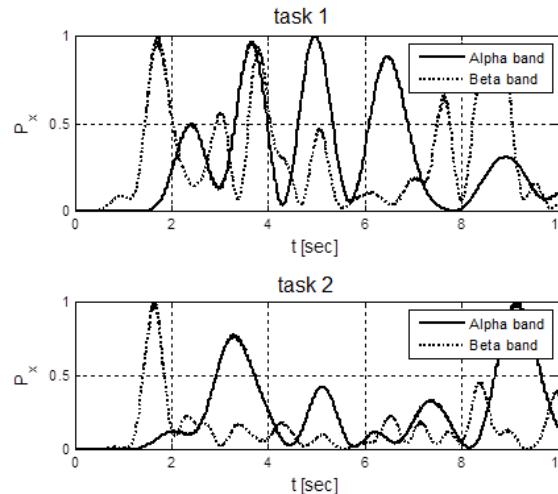
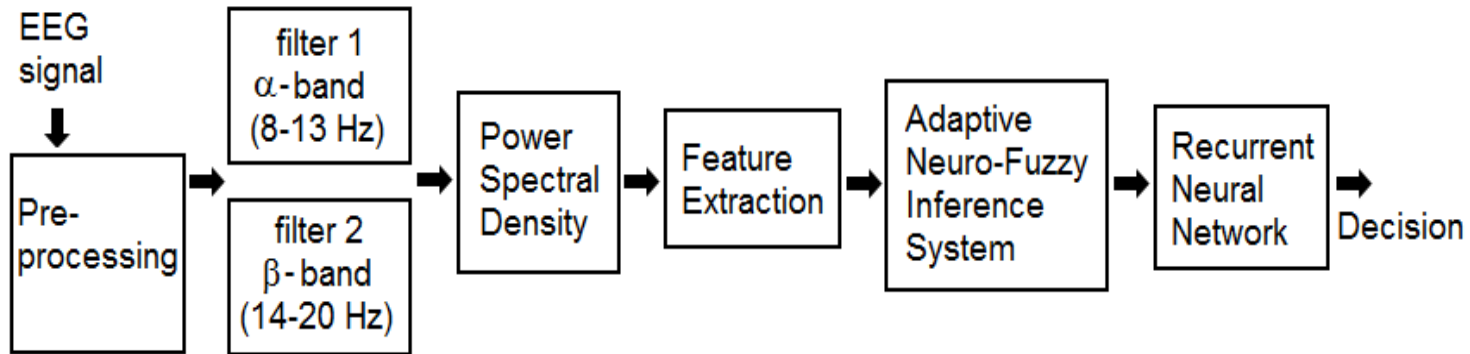
(Juarez-Guerra, 2014)



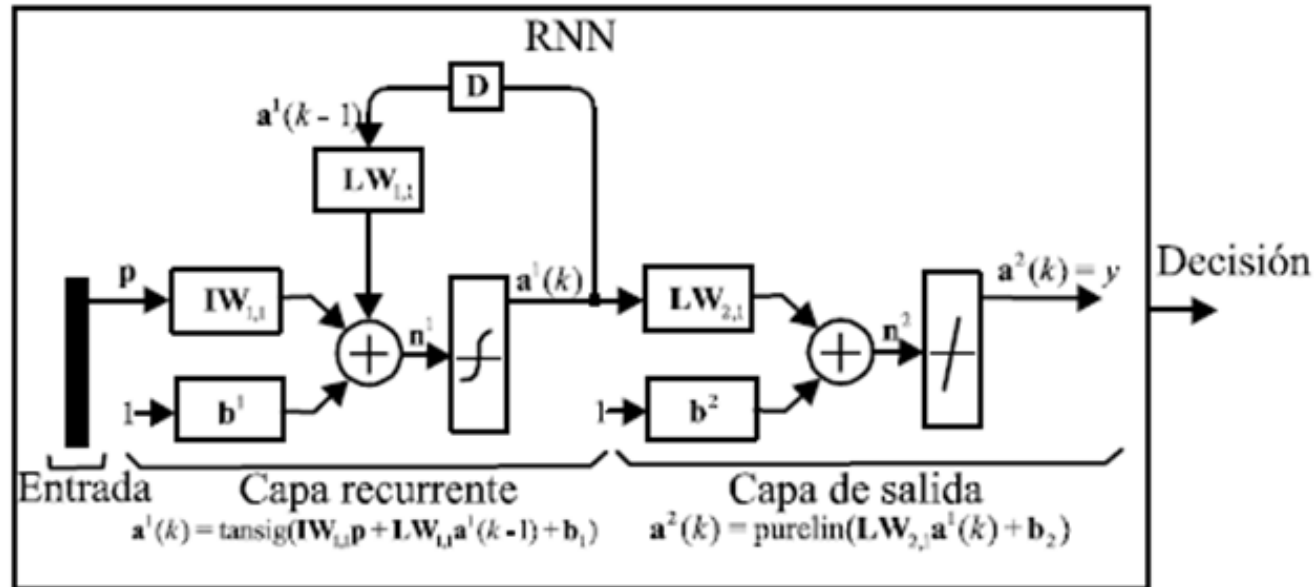
- ▶ Extracción de características usando estadísticas básicas sobre coeficientes wavelet
- ▶ Reconocimiento usando una red neuronal alimentada hacia adelante
- ▶ Se tomaron muestras de 3 sujetos
- ▶ En el mejor de los casos BLINK reconoció correctamente el 84% de los ejemplos que no participaron en el entrenamiento, utilizando 5 neuronas en la capa de entrada y 20 neuronas en la capa oculta.

Detección de ERD/ERS en tareas mentales a través de Redes Neuronales Recurrentes

(Morales-Flores et al. 2013)

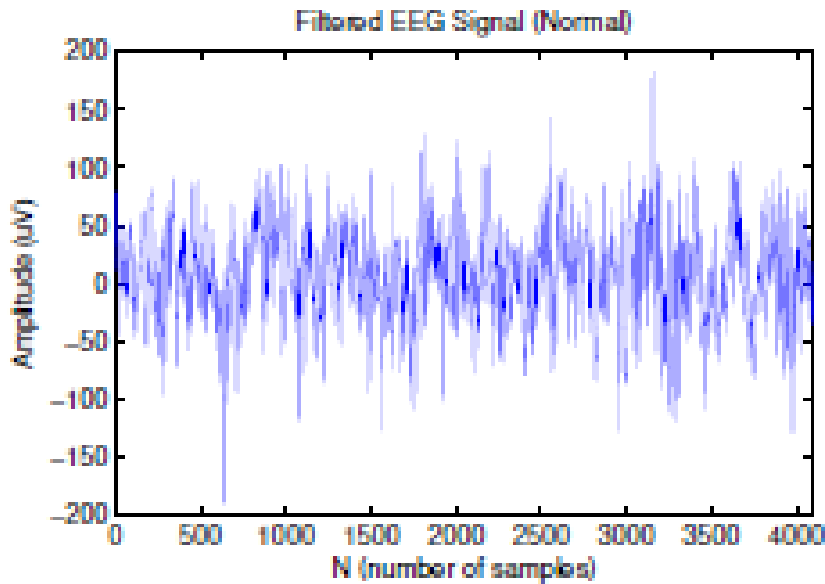
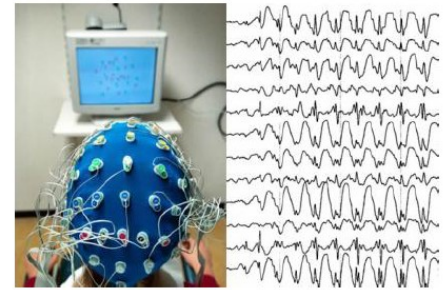


Recurrent Neural Network

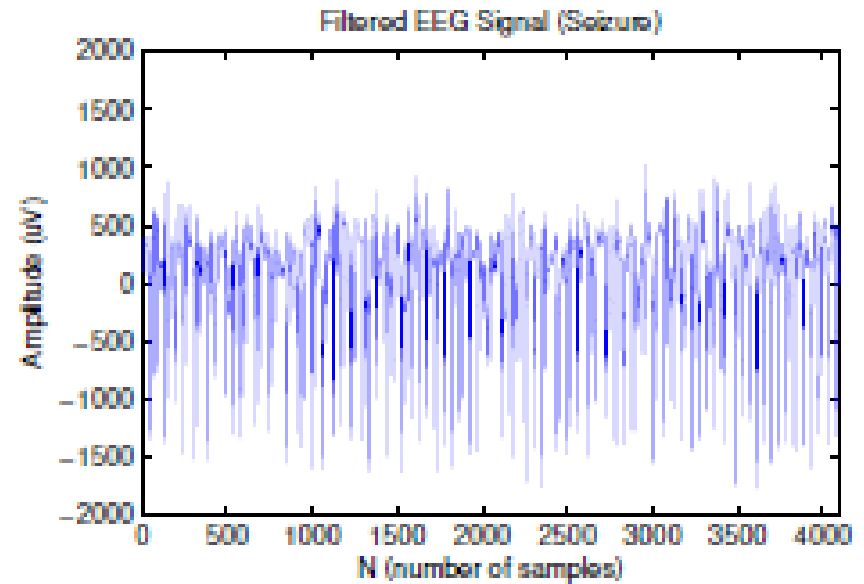


(Morales-Flores et al., 2013)

Clasificación de eventos ictales, inter-ictales y no-ictales

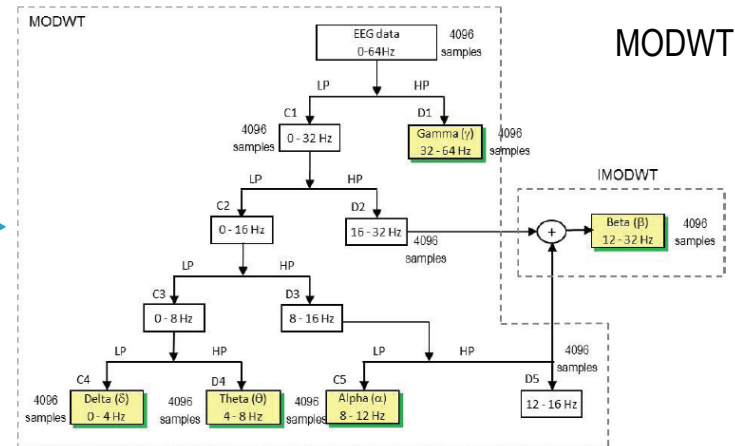
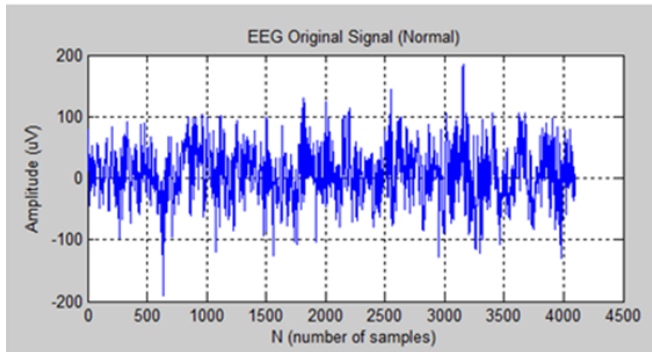


Paciente sin eventos



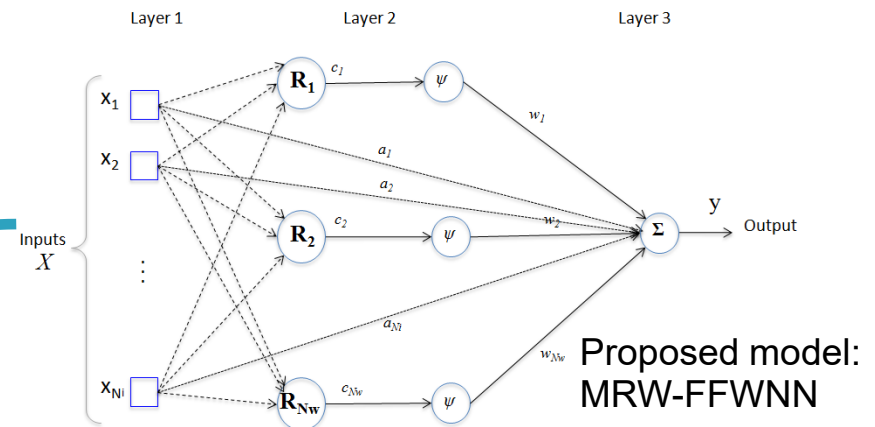
Durante un evento ictal

Biomedical Signal Processing Using Wavelet Based –Neural Networks



(Juarez-Guerra, 2014)

MRW_SRWNN (% Accuracy)					
total	Ictal	Inter	Healthy	Indeter	Total
3.11	64.44	77.06	98.42	16.44	83.56
5.56	77.24	87.62	92.00	13.78	86.22

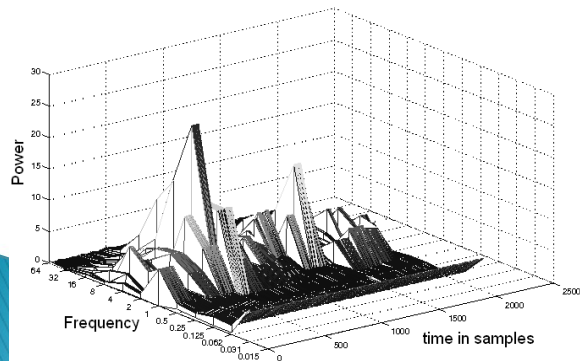


Análisis de señales EEG para sistemas BCI

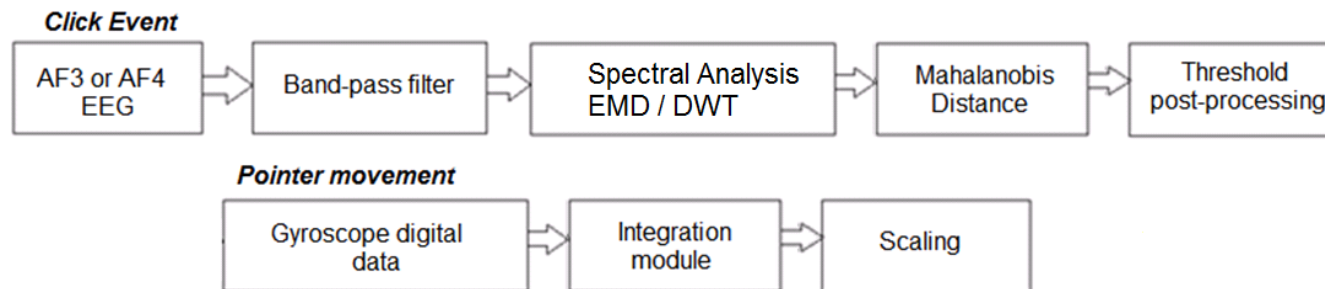
- ▶ Detección de onda P300 por Transformada Wavelet Discreta y Análisis por Componentes independientes (Gerardo Rosas; INAOE, 2011)



- ▶ Detección de fenómeno ERD/ERS; Transformada Wavelet y Patrones Espaciales Comunes. (Obed Carrera y David D´Croz; INAOE-Texas Tech; 2011)

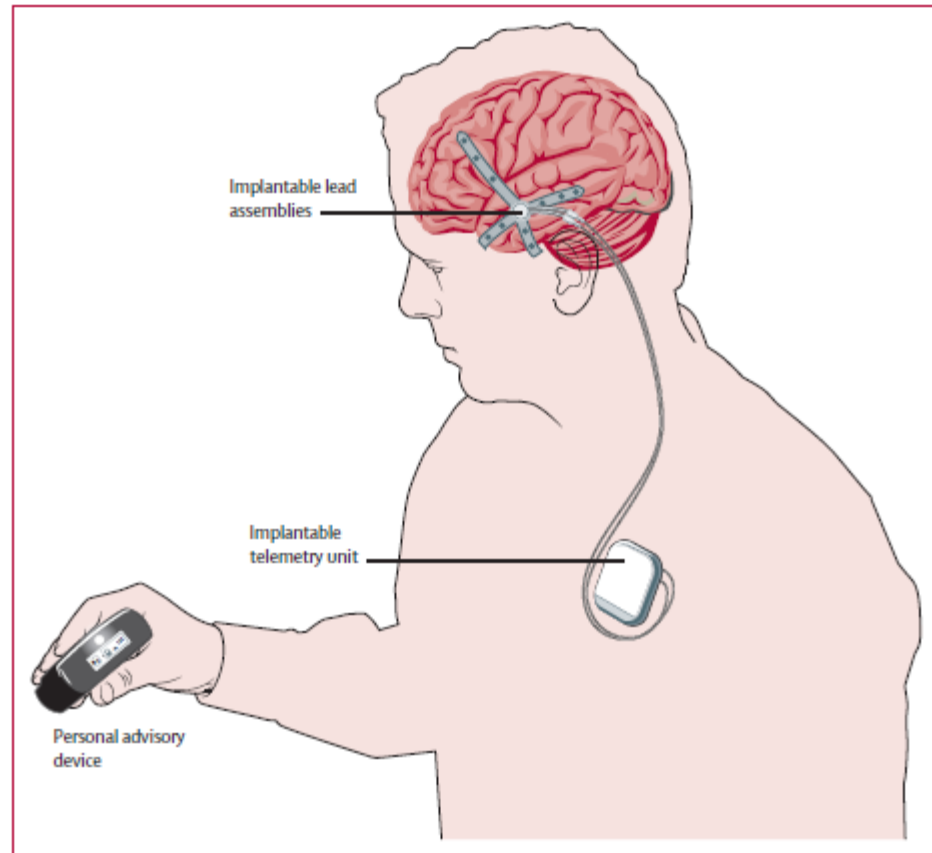


Blinking detection and gyroscope processing system



(Rosas-Cholula et al., 2013)

Proyecto iniciando: Predicción de eventos epilépticos



(Cook et al. 2013)

Figure 1: Major components of seizure advisory system

Intracranial electrode arrays (location shown by grey areas) were used to collect intracranial electroencephalogram (EEG) data on the cortical surface. Leads were connected to a subclavicularly placed implanted telemetry unit, which wirelessly transmitted data to an external, hand-held personal advisory device. The external device received the telemetered EEG, applied an algorithm to the data, and displayed the resultant information as a series of advisory lights—blue (low), white (moderate), or red (high) indicators—in addition to an audible tone or vibration, or both. The hand-held device could be worn on the belt or carried in a bag.

Conclusiones y perspectivas

- ▶ El uso práctico de BCI es una realidad actual, sin embargo se requiere de usuario entrenados, dispositivos confiables y excelentes técnicas de procesamiento y clasificación
- ▶ Hay una gran cantidad de investigación a realizarse alrededor de estos temas
- ▶ Es necesaria una colaboración interdisciplinaria para implementar adecuadamente estas técnicas.

Publicaciones escogidas

- ▶ 2015. López-Espejel, Jessica N. “Control de movimiento de objetos a través del uso de electro-encefalogramas y redes neuronales artificiales con equipo de bajo costo. “ Tesis para obtener el título de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de la Computación. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla– Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla. México. *To be published*
- ▶ 2013. Morales-Flores E Ramírez-Cortés JM, Gómez-Gil P, Alarcón-Aquino V. "Brain Computer Interface Development Based on Recurrent Neural Networks and ANFIS Systems". *Soft Computing Applications in Optimization, Control, and Recognition*, Vol. 294, pp. 215–236, Edited by Melin, P and Castillo, O, doi=10.1007/978-3-642-35323-9_9. Springer Berlin Heidelberg.
- ▶ 2013. Rosas-Cholula G, Ramirez-Cortes JM, Alarcon-Aquino V, Gomez-Gil P, Rangel-Magdaleno J, Reyes-Garcia C. "Gyroscope-Driven Mouse Pointer with an EMOTIV® EEG Headset and Data Analysis Based on Empirical Mode Decomposition." *Sensors* 2013, 13, 10561–10583; doi:10.3390/s130810561. (*cited at JCR Science-Edition 2012*)

Publicaciones escogidas (cont)

- ▶ 2013. Emmanuel Morales–Flores, Juan Manuel Ramírez–Cortés, Pilar Gómez–Gil, Vicente Alarcón–Aquino, "Mental Tasks Temporal Classification Using an Architecture Based on ANFIS and Recurrent Neural Networks", in Recent Advances on Hybrid Intelligent Systems, Springer Berlin/Heidelberg, Vol. 451, pp. 135–146, 2013.
- ▶ 2012. Obed Carrera León, Juan Manuel Ramirez Cortés, Vicente Alarcón–Aquino, Mary Baker, David D´Croez–Baron, Pilar Gomez–Gil, "A Motor Imagery BCI Experiment using Wavelet Analysis and Spatial Patterns Feature Extraction", 2012 IEEE Workshop on Engineering Applications, Bogotá, Colombia, May 2–4, 2012.

Publicaciones escogidas– (cont.)

- ▶ 2015. Juárez–Guerra E, Alarcon–Aquino V and Gomez–Gil P. “Epilepsy Seizure Detection in EEG Signals Using Wavelet Transforms and Neural Networks.” New Trends in Networking, Computing, E–learning, Systems Sciences, and Engineering Lecture Notes in Electrical Engineering. Eds: K. Elleithy, T. Sobh. Vol 312, 2015, pp 261–269. DOI: 10.1007/978–3–319–06764–3_33 . (Nota: This work was presented in the : “Virtual International Joint Conferences on Computer, Information and Systems Sciences and Engineering” (CISSE 2013). Dec. 12–14, 2013)
- ▶ 2014. Gómez–Gil P, Juárez–Guerra E, Alarcón–Aquino V, Ramírez–Cortés M, Rangel–Magdaleno J. Identification of Epilepsy Seizures Using Multi–resolution Analysis and Artificial Neural Networks. Recent Advances on Hybrid Approaches for Designing. Intelligent Systems, Studies in Computational Intelligence 547, O Castillo et al. (eds.), DOI: 10.1007/978–3–319–05170–3_23, Springer International Publishing Switzerland 2014
- ▶ 2014. Juárez Guerra, E. “Biomedical Signal Processing Using Wavelet Based –Neural Networks”. Doctoral program in computer science, technical report. Nov. 14, 2014. Cholula, Puebla.

Otras referencias

- ▶ Crone, S.F. Competition instructions. Web (Feb 2010), <http://www.neural-forecasting-competition.com/instructions.htm>
- ▶ Mackey, M.C., Glass, L.: Oscillation and chaos in physiological control systems. *Science* 197(4300), 287–289 (1977)
- ▶ Graimann, B., Allison, B., & Pfurtscheller, G. (2010). Brain-computer interfaces: A gentle introduction. In *Brain-Computer Interfaces* (pp. 1–27). Springer Berlin Heidelberg.
- ▶ Neural Networks and Learning Machines. Third Edition. Simon Haykin. New York. Pearson. 2009
- ▶ Tao J.T. and Gonzalez R.C. Pattern Recognition Principles. Addison Wesley 1974



Muchas gracias por su
atención!

pgomez@inaoep.mx

ccc.inaoep.mx/~pgomez

Esta presentación está disponible en:

<http://ccc.inaoep.mx/~pgomez/conferences/PggSEN15.pdf>



(c) P. Gomez-Gil 2011

ANEXO: ¿QUÉ SON LAS INTERFACES CEREBRO-COMPUTADORAS (BCI)?

Recuerdan al episodio de Star Trek cuando el capitán Pike termina en silla de ruedas (1966)?

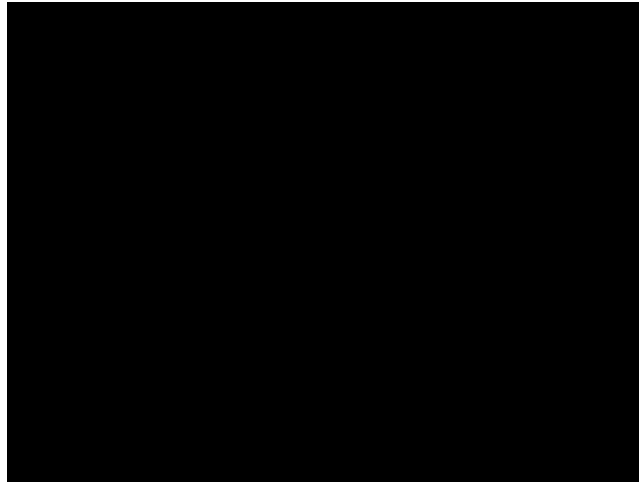


BCI se consideraba “ciencia ficción” en ese tiempo...

Debido a un accidente, el capitán solo podía comunicarse a través de señales cerebrales....



Hoy...



Algunos eventos importantes

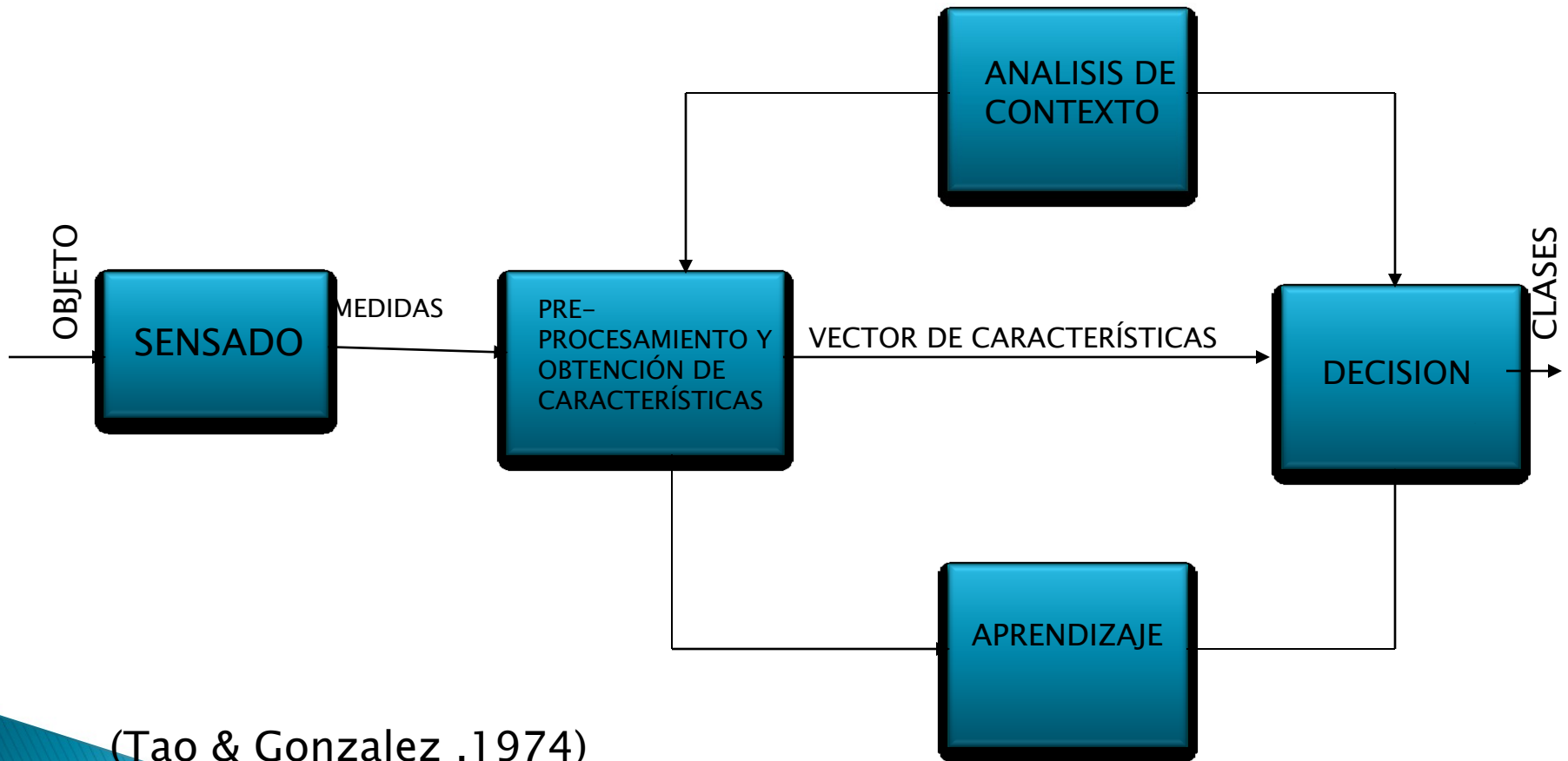
(Graimann et al. 2010)

- ▶ En 1929 el científico alemán Hans Herber grabó las primeras señales cerebrales a través del cuero cabelludo
- ▶ En 1964, el Dr. Gray Walter realizó la primera interfaz “BCI” durante una operación a cerebro abierto, consiguiendo que el paciente encendiera un proyector
- ▶ A principios del siglo, había solamente una o dos docenas de laboratorios trabajando con BCI
- ▶ Para 2010 habría al menos 100 laboratorios reconocidos trabajando seriamente con BCI
- ▶ BCI no solo ha alcanzado el objetivo de ayudar a personas con problemas de movimiento, sino también ha servido a usuarios saludables para comunicarse, por ejemplo en juegos

¿Que son las BCI?

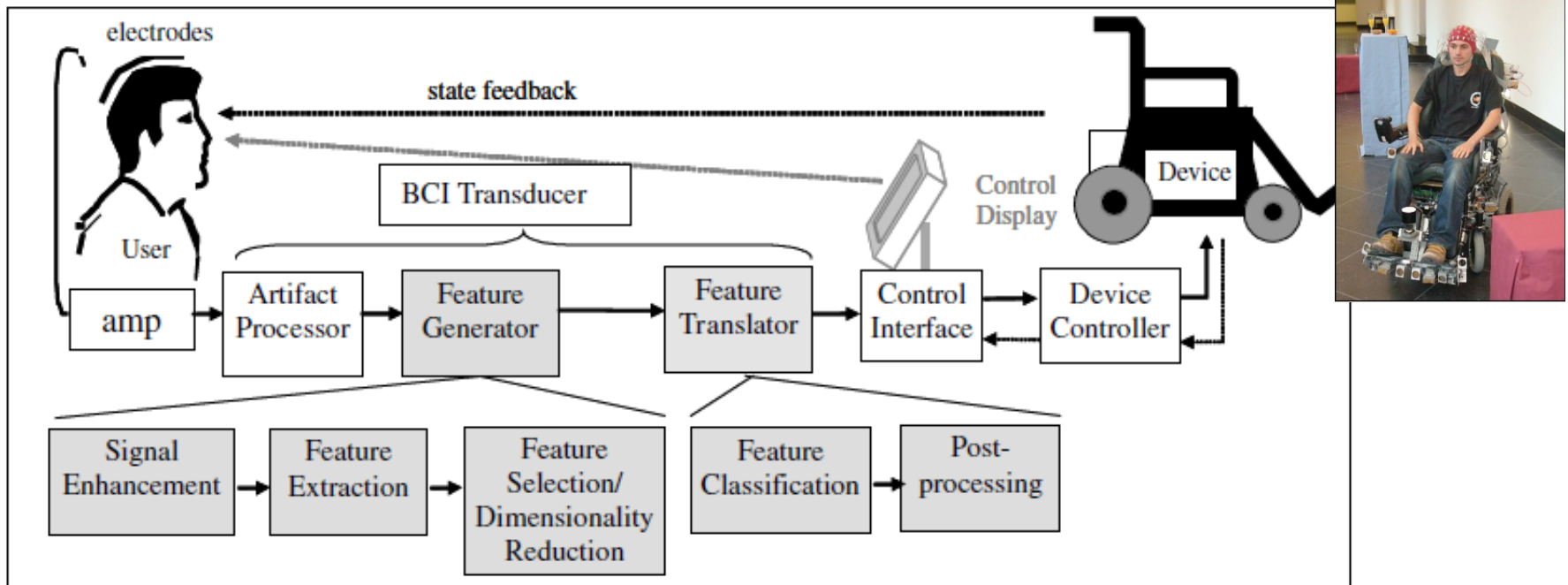
- ▶ BCI es un sistema artificial que se salta las rutas “eferentes” normales del cuerpo.
- ▶ Eferente se refiere a la transmisión de impulsos del sistema nervioso central al sistema periférico y de allí a los músculos.
- ▶ Una BCI mide directamente la actividad cerebral asociada a un “intento” del usuario y la traslada a sus correspondientes señales de control
- ▶ Esta “traducción” involucra **procesamiento de señales y reconocimiento de patrones**

El concepto de clasificación adaptativa



(Tao & Gonzalez ,1974)

Ejemplo: BCI para control de sillas de ruedas



[D'croz Barón 2010]

Características de BCI

- ▶ Hay una recolección directa de la actividad cerebral, de forma invasiva o no invasiva
- ▶ Se provee retro-alimentación al usuario
- ▶ Se realiza en tiempo real
- ▶ El usuario escoge la actividad a realizar (control intencional)
- ▶ BCI es una tipo especial de neuro-prótesis. Otros tipos de neuro-prótesis incluyen implantes de retina, estimuladores de la espina dorsal o de las partes profundas del cerebro, sistemas de control de la vejiga, etc.
- ▶ También se les conoce como BMI (brain machine interfaces) o DBI (direct brain interfaces)

BCI no “lee la mente” 😊

Tomado de

facebook

!!!WARNING!!!

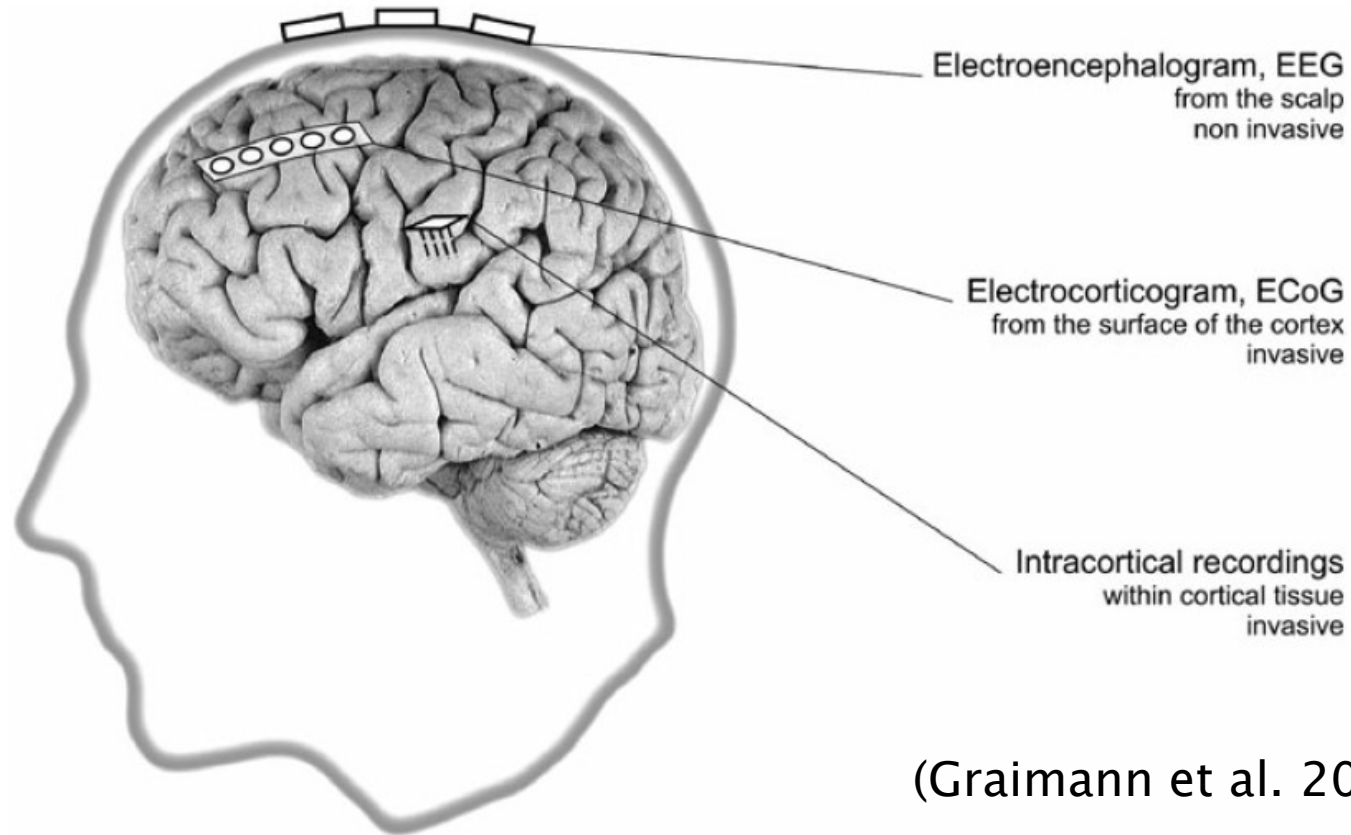
Facebook is planning to start scanning your brain for private information through your computer monitor. To stop this from happening, go to Kitchen → Cabinets → Upper Right Drawer → then REMOVE the box that says ‘Aluminum Foil’.

Then wrap all foil around your head.

Share this to warn all your friends!



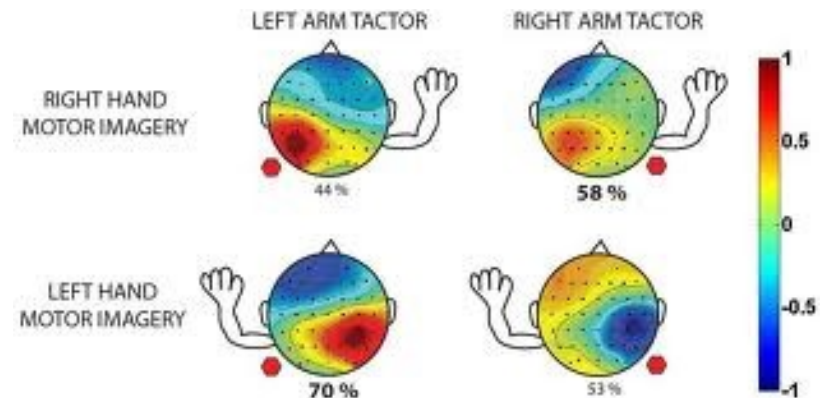
Detección de la actividad cerebral



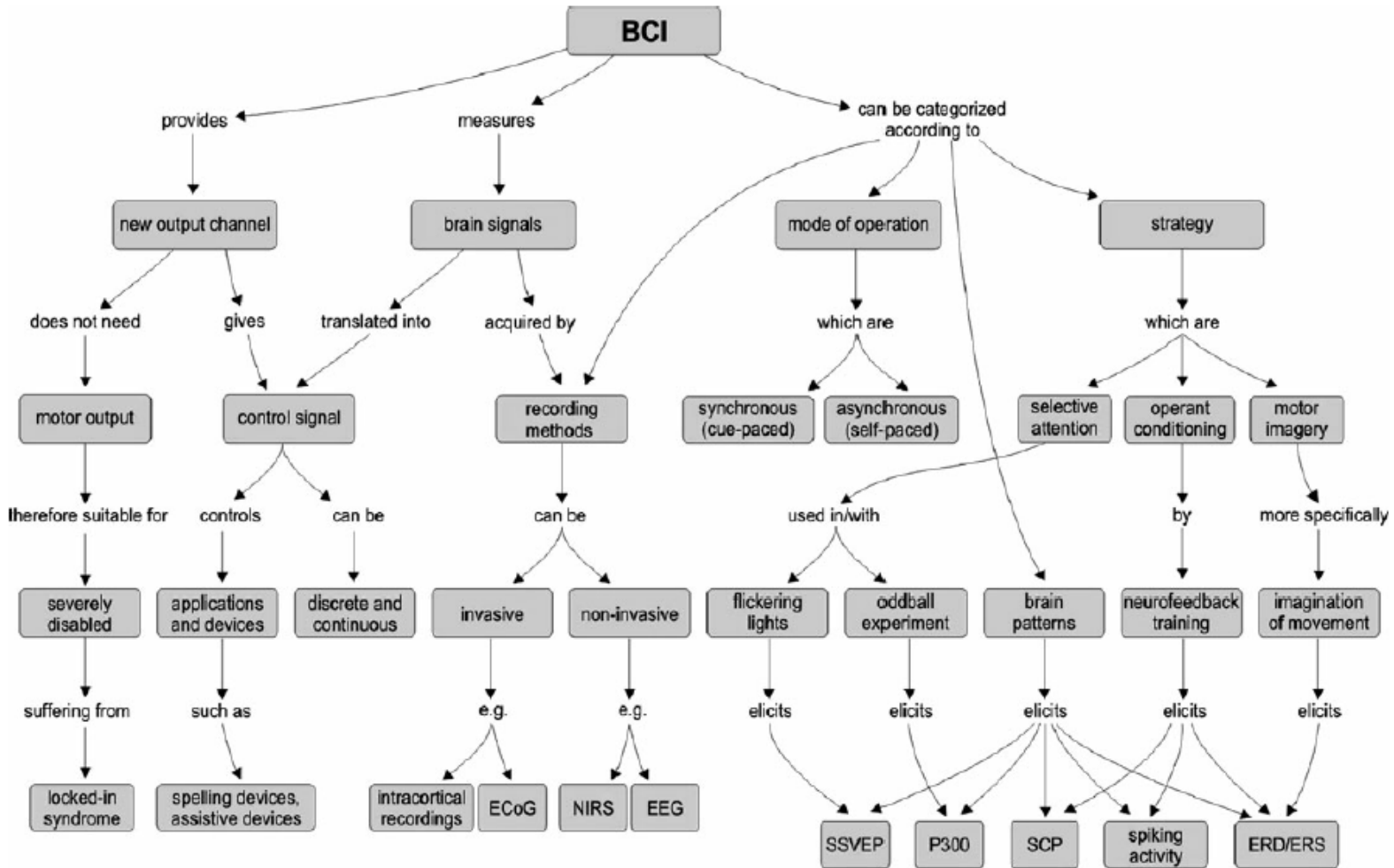
(Grimm et al. 2010)

Estrategias mentales para BCI

- ▶ BCI solamente puede detectar y clasificar señales asociadas a eventos específicos del cerebro
- ▶ Para producir estas señales, el/la usuario sigue alguna estrategia mental, las mas comunes son:
 - Atención selectiva
 - Imaginación motora



Mapa conceptual de BCI (Graimann et al. 2010)



Ejemplos de aplicaciones BCI

- ▶ Controlando un “tiburón volador” con la mente (sep. 2015):

<http://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/openbci-control-an-air-shark-with-your-mind>

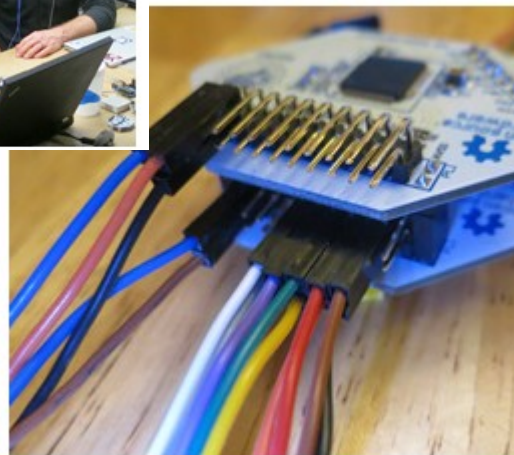
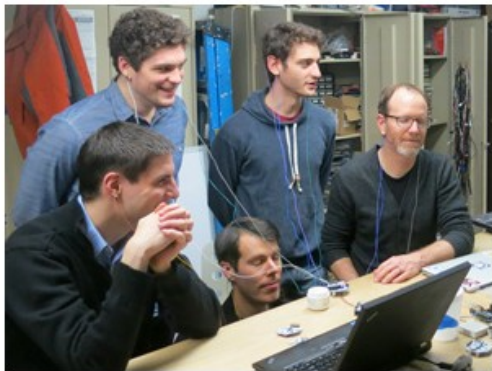
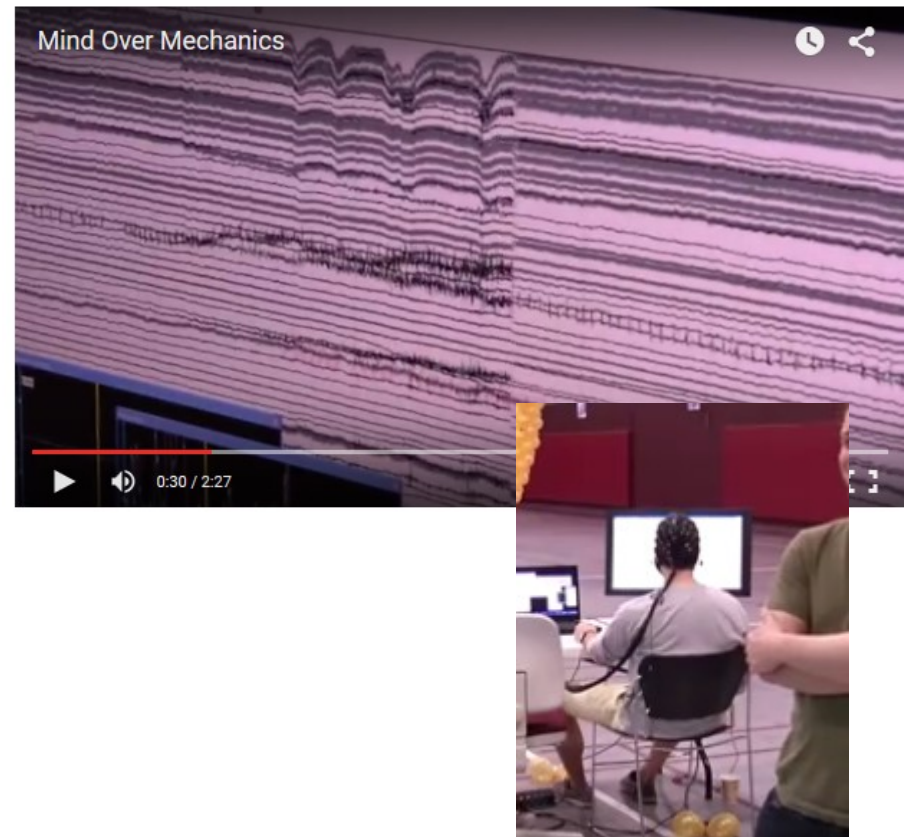
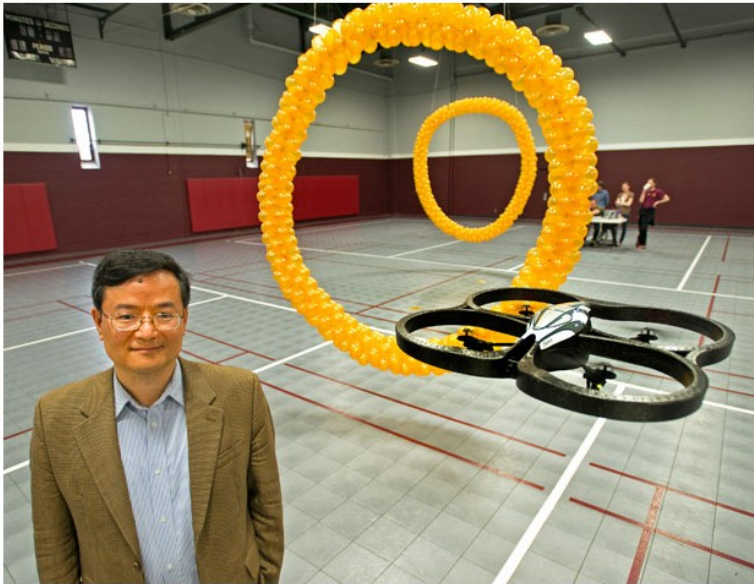


Photo: David Yellen

Ejemplo de aplicación BCI: Volando cuadratores con la mente

- ▶ <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/biomedical/bionics/flying-quadrotors-with-your-mind>



Extracción de características

Filtro en la Banda Reactiva

Los estudios y experimentos han mostrado que para la gran mayoría de las personas la banda reactiva se encuentra en el rango de 9–13 Hz, aunque puede variar.

