

Diseño de algoritmos para clasificación de señales EEG.

- *Dra. María del Pilar Gómez Gil*

Coordinación de Computación

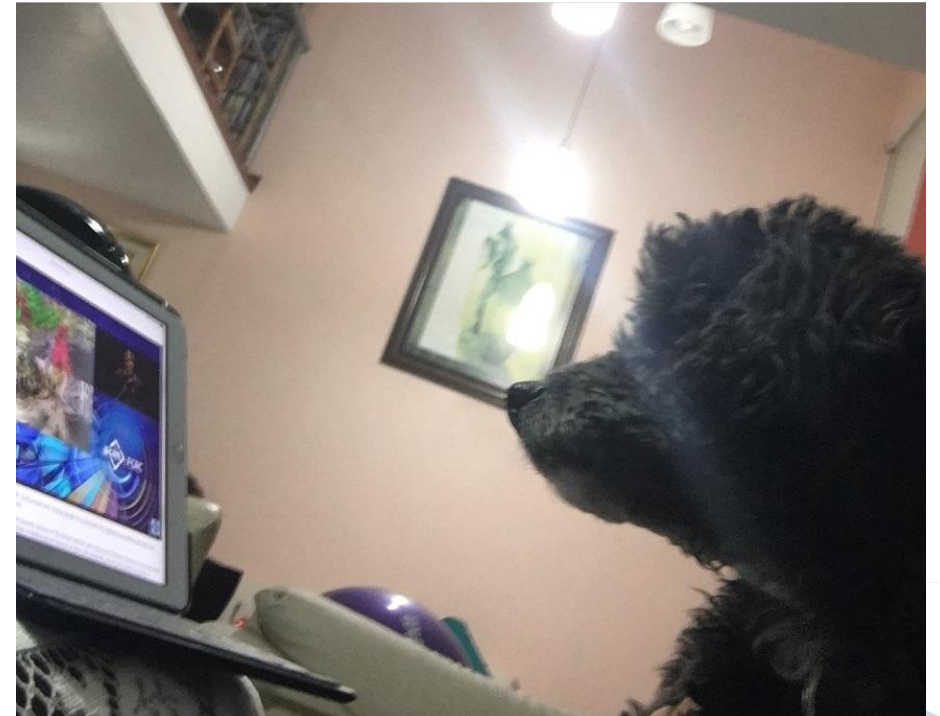
INAOE, México

pgomez@inaoep.mx

15 de Noviembre 2019

Contenido

- Un poco sobre nosotros...
- ¿Es posible leer la mente?
- Reconocimiento de patrones, IA y otros trucos...
- BCI's y otras aplicaciones
- Perspectivas y Conclusiones
- Para saber mas...



Un poco sobre nosotros...



(c) P. Gomez-Gil 2011

EL INAOE

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019




INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA
Luis Enrique Erro 1,
Snta. María Tonanzintla, 72840, Pue. México

<https://www.inaoep.mx/>

Inicio | Directorio | Contacto | Mapa del Sitio | Mapa de las Instalaciones | Mapa de Acceso | RSS | English | Versión Móvil

45 Aniversario INAOE **inaoe.edu.mx** ir CONACYT

Astrofísica Ciencias Computacionales Electrónica Óptica Posgrados Misión y Visión Historia Biblioteca Datos Transparencia



Rinden homenaje póstumo a José Luis Alva y Lechuga

NOTICIAS

- [En su 48º aniversario, el INAOE refrenda su compromiso con México](#)
- [Científicos exponen métodos de IA para envejecimiento saludable](#)
- [El lunes 11 de noviembre, tránsito de Mercurio](#)
- [Rinden homenaje póstumo a José Luis Alva y Lechuga](#)

GTM

- [Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano](#)
- Visitas:
[Visitas al Volcán Sierra Negra, Sitio del GTM y HAWC](#)

CRECTEALC

INAOE

- [Visitas al INAOE](#)
- [Anuario INAOE 2018](#)
- [Divulgación Científica para Niños y Jóvenes](#)
- [La Astronomía al Servicio de la Sociedad](#)
- [Dirección de Desarrollo Tecnológico](#)

EVENTOS

- [Eventos Astronómicos](#)

Página de posgrados de INAOE

<https://posgrados.inaoep.mx/>

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019

The screenshot displays the website for the Institute of Space and Astronautical Sciences (INAOE) postgraduate programs. The header includes the 'gob.mx' logo and navigation links for 'Trámites', 'Gobierno', 'Participa', and 'Datos'. The main navigation bar features the INAOE logo, the text 'INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA', the website URL 'inaoe.edu.mx', and the CONACYT logo. Below this, a secondary navigation bar lists various fields: 'Astrofísica', 'Ciencias Computacionales', 'Electrónica', 'Óptica', 'Posgrados', 'Misión y Visión', 'Historia', 'Ubicación', and 'Transparencia'. The main content area is titled 'INAOE | POSGRADOS' and includes a star rating for 'Asignar puntaje: ★★★★★'. A prominent banner reads 'PREPARÁNDOTE PARA EL FUTURO' with a subtext explaining the institute's goal to train researchers and professors in various scientific fields. Below this, a grid of eight postgraduate programs is presented with representative images: 'ASTROFÍSICA' (space), 'ÓPTICA' (light), 'ELECTRÓNICA' (circuit board), 'CIENCIAS COMPUTACIONALES' (data flow), 'CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESPACIO' (satellite), 'CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS BIOMÉDICAS' (cells), 'ENSEÑANZA DE CIENCIAS EXACTAS' (mathematics), and 'CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE SEGURIDAD' (security shield). A right-hand sidebar titled 'POSGRADOS' lists the full names of these programs. Below it, a 'LIGAS DE INTERÉS' section provides links for 'FECHAS IMPORTANTES', 'PROPEDEÚTICO', 'EXAMEN DE ADMISIÓN', 'DOCUMENTOS DE ADMISIÓN MAESTRÍA', 'DOCUMENTOS DE ADMISIÓN DOCTORADO', 'REQUISITOS', 'BECAS', 'INFRAESTRUCTURA', and 'SEGUIMIENTO A GRADUADOS'. At the bottom, a 'MULTIMEDIA' section includes a link to a 'GALERIA DE FOTOS'.

<http://ccc.inaoep.mx/~pgomez>



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y
ELECTRÓNICA (INAOE)



Updated : October 26, 2017 by P. Gómez-Gil



Dra. María del Pilar Gómez Gil

- ▼ Home
- ▼ Publications & Conferences
- ▼ Research
- ▼ Deep Learning Interest Group
- ▼ Cursos y Tutoriales (Spanish)
- ▼ Tesis dirigidas (Spanish)
- ▼ Interesado(a) en posgrado? (Spanish)
- ▼ Interesada(o) en residencias?
- ▼ Semblanza profesional (Spanish)

Consulta aquí
propuestas de tesis
de Maestría

I am interested in basic and applied research in artificial neural networks and other learning machines, when used for temporal classification and prediction. Our research group currently works in projects that tackle problems related to Brain Computer Interfaces, forecasting for finances, data mining and classification of brain signals

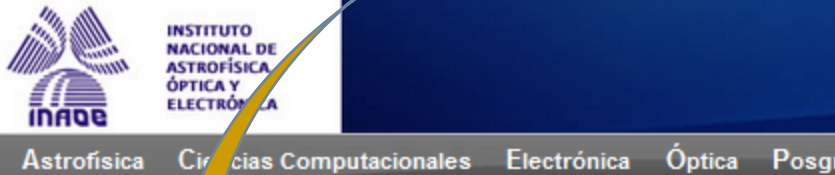


Líneas de investigación/laboratorios en INAOE en los que participo

<https://ccc.inaoep.mx/grupos/>

gob.mx

Trámites Gobierno



INAOE | CIENCIAS COMPUTACIONALES | LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
Asignar puntaje: ★★★★★ Imprimir Enviar a un amigo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- [Aprendizaje Computacional y Reconocimiento de Patrones](#)
- [Cómputo Reconfigurable y de Alto Rendimiento](#)
- [Cómputo y Procesamiento Ubicuo](#)
- [Procesamiento de Bioseñales y Computación Médica](#)
- [Robótica](#)
- [Tecnologías del Lenguaje](#)
- [Visión por Computadora](#)

Última modificación :
22-01-2019 a las 11:18 por Brenda Cervantes

- Aprendizaje automático y Reconocimiento de patrones
- Procesamiento de señales y computación biomédica

- COMPUTACIÓN MÉDICA
 - ▶ ROBÓTICA
 - ▶ LABTL
 - ▶ VISIÓN POR COMPUTADORA

- MULTIMEDIA
 - ▶ GALERIA DE FOTOS

- NOTICIAS

Mis áreas de interés

9

- Aprendizaje Automático y Redes Neuronales Artificiales (RNA) aplicadas en problemas de:
 - Reconocimiento de patrones
 - Clasificación estática y temporal
 - Predicción
 - Diseño de RNA para soluciones “a la medida”
 - Modelos de aprendizaje para redes neuronales profundas
- Otras áreas de aplicadas a dichos problemas (ejemplo: Lógica Difusa, Procesamiento de Señales e imágenes)
- Técnicas para procesamiento de señales



Grupo PSIC, algunos colaboradores y amigos



CLASIFICANDO EEG's... ¿Realmente es posible leer la mente?



APRIL 2019

VOLUME 320, NUMBER 4

SCIENTIFIC AMERICAN

GAN REPAIRS
New stem cell compound that can
repair damaged tissue **PAGE 56**

DENGUE DEBACLE
A vaccination program
gone wrong **PAGE 58**

HOW EELS GET ELECTRIC
Insights into their shocking
attack mechanisms **PAGE 62**

SCIENTIFIC AMERICAN

MIND READER

A new brain-machine interface detects what the user wants

PLUS
QUANTUM GRAVITY IN A LAB

Could new experiments
pull it off? **PAGE 48**

© 2019 Scientific American

APRIL 2019
ScientificAmerican.com

Un ejemplo....

NEUROTECH THE INTENTION MACHINE

A new generation of brain-machine interface can deduce what a person wants

By Richard Andersen

Illustration by Mark Rose

April 2019, ScientificAmerican.com 39

© 2019 Scientific American

Richard Andersen is James G. Boswell Professor of Neuroscience and the Tianqiao and Chrissy Chen Brain-Machine Interface Center Leadership chair and center director at the California Institute of Technology. He studies the neural mechanisms of sight, hearing, balance, touch and action, and the development of neural prostheses. Andersen is a member of the National Academy of Sciences and the National Academy of Medicine.



Estado actual de las Interfaces máquina-computadora (BMI) o interfaces cerebro-computadora (BCI)

- Según Andersen (2019) las BMI del tipo que “leen la actividad cerebral”, aún están en un estado de desarrollo.
- Las BMI basadas en EEG’s o fMRI’s tienen muy poca exactitud; los mejores resultados se han logrado con dispositivos incrustados directamente en la corteza cerebral.
- En 2013, Anderson y su equipo de trabajo consiguió que un paciente tetraplégico, voluntarios del proyecto, pudiera tomar cerveza sin la ayuda de nadie, a través de una BMI, controlando un brazo robótico con sus señales EEG.



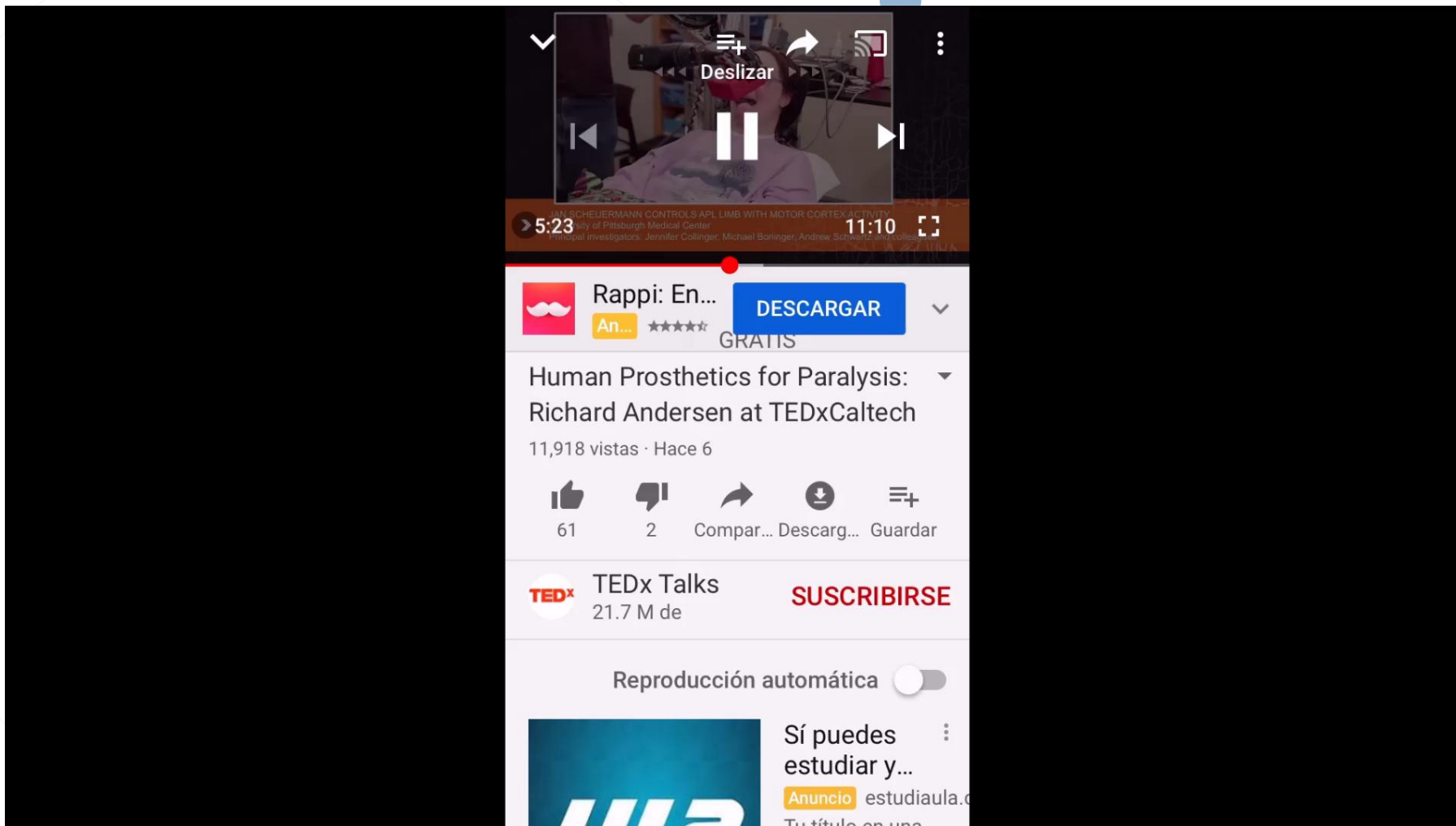
INTERFACE TECHNOLOGY, developed by Richard Andersen of Caltech (left) and his team, enabled Erik Sorto (right) to move a robotic arm.

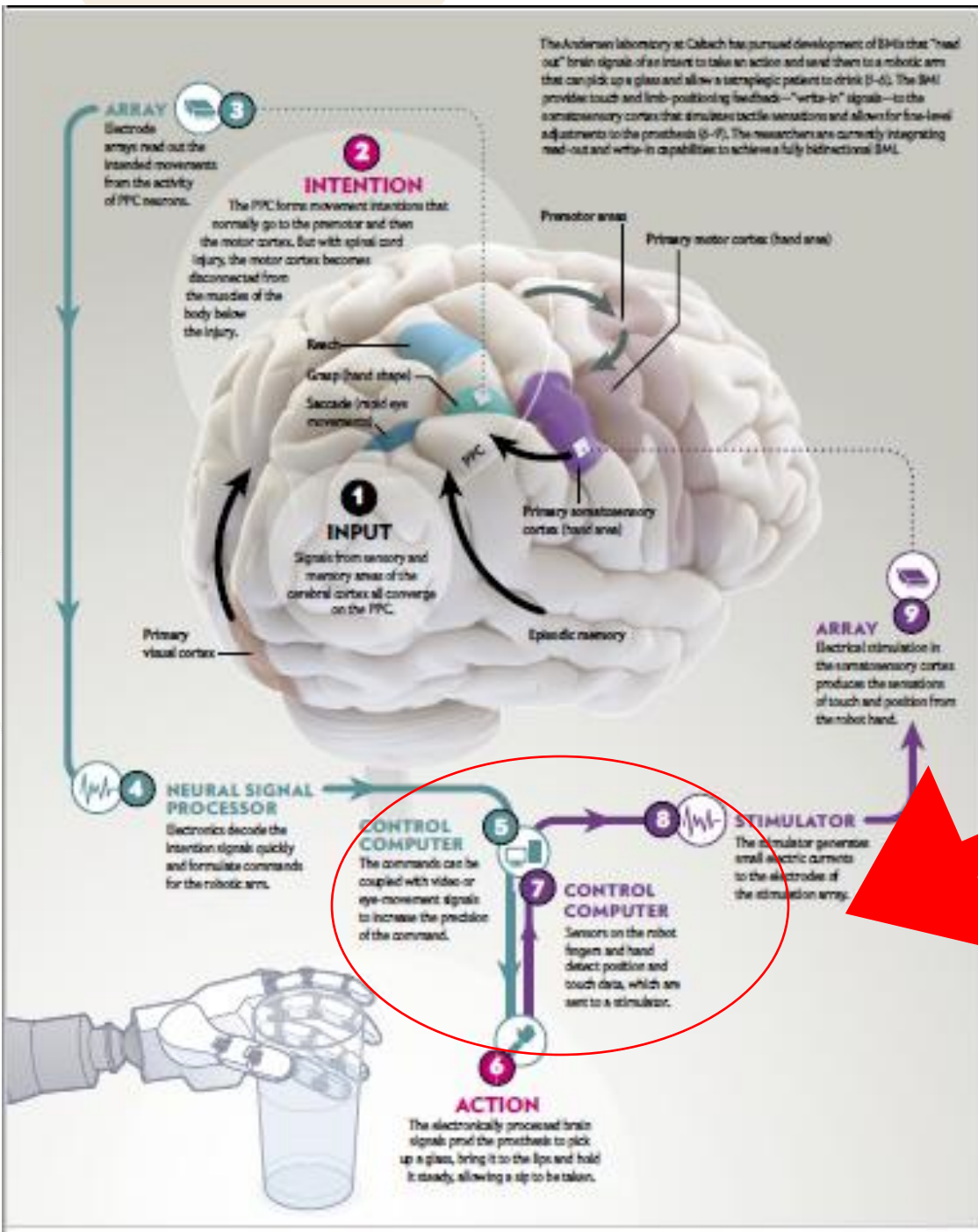
Fotografía tomada de (Andersen, 2019)

Conferencia en Youtube de Ted's presentada por Andersen en 2013 –

minuto 05:02 moviendo el brazo robótico

https://youtu.be/oRjU7KM_PB0?t=302





Fotografía tomada de (Andersen, 2019)

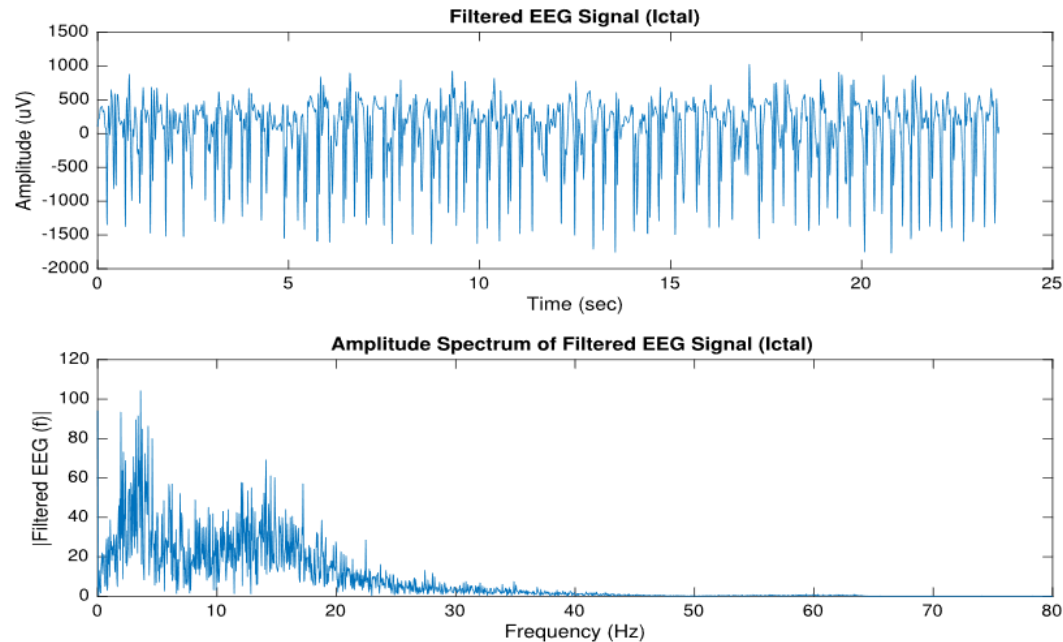
- Reconocimiento de patrones, Inteligencia Artificial y otros trucos...



Bioseñal

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019

- Señal que puede ser medida y monitoreada de manera continua, proveniente de un organismo viviente.

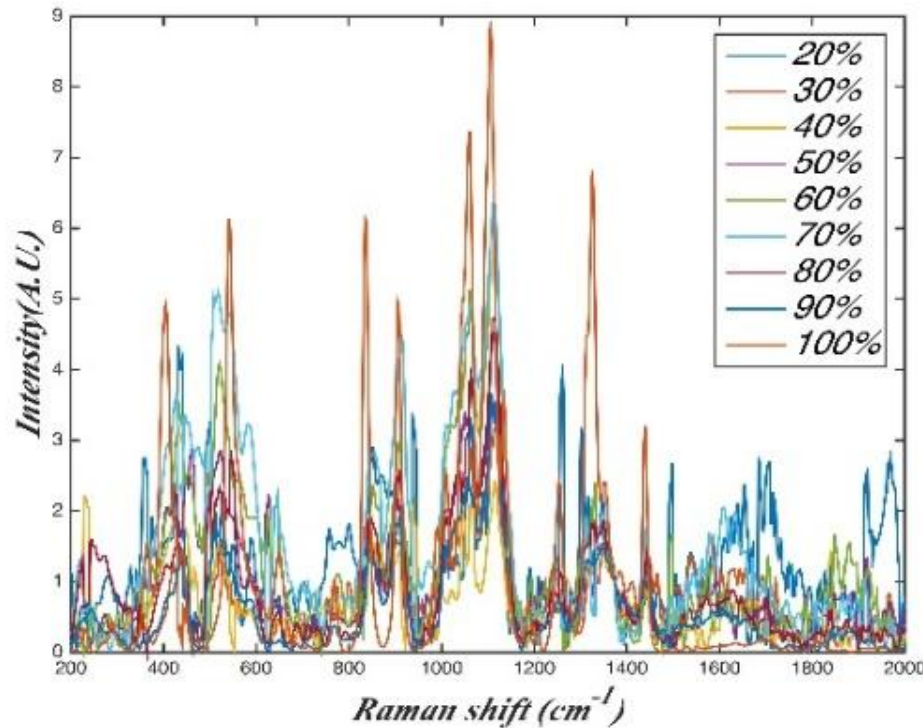


(Juárez-Guerra et al, 2019)

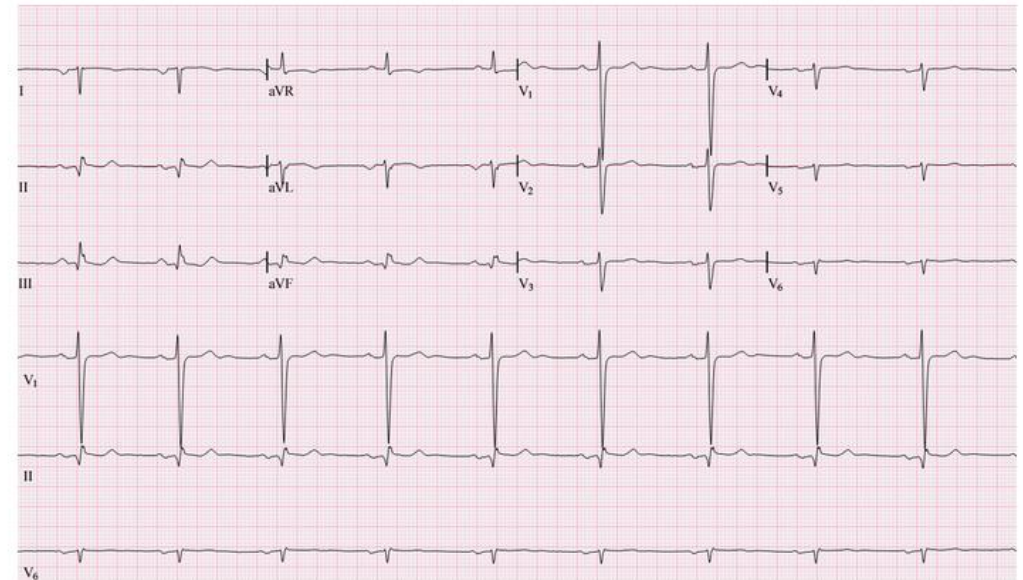
Figure 4 EEG signal filtered corresponding to ictal state using a Least Squares FIR filter (upper plot) and their corresponding frequency spectrum (lower plot).

Otros ejemplos de bioseñales

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019



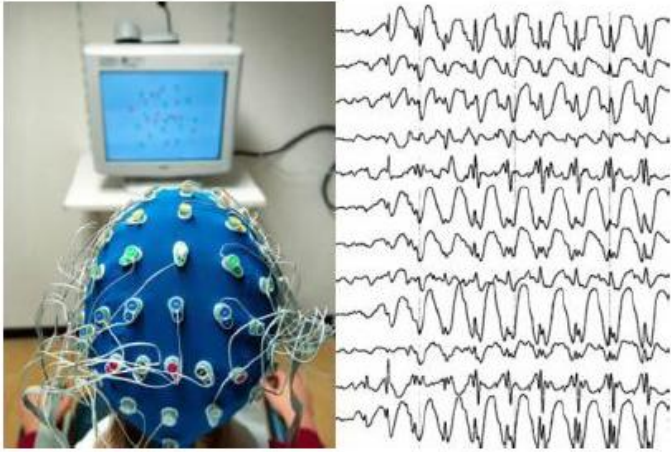
Espectro Raman con diferentes concentraciones de glucosa (Castro-Ramos et al 2017)



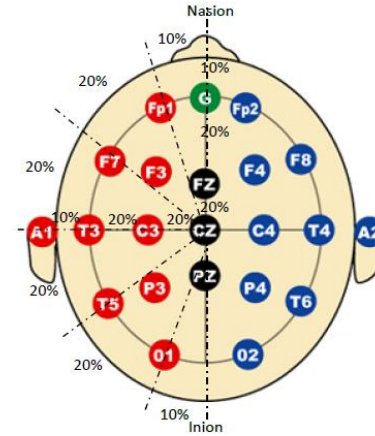
Electrocardiograma

<https://fisiosaludable.com/conceptos/247-electrocardiograma>

Ejemplos de dispositivos de captura de señales EEG



Amplifier-EEG G.Hlamp
<http://www.gtec.at>

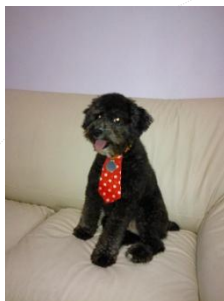


Sistema internacional de colocación de electrodos 10-20



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

Pasos de un Clasificador



Adquisición y conversión digital

Pre-procesamiento

Extracción de Características

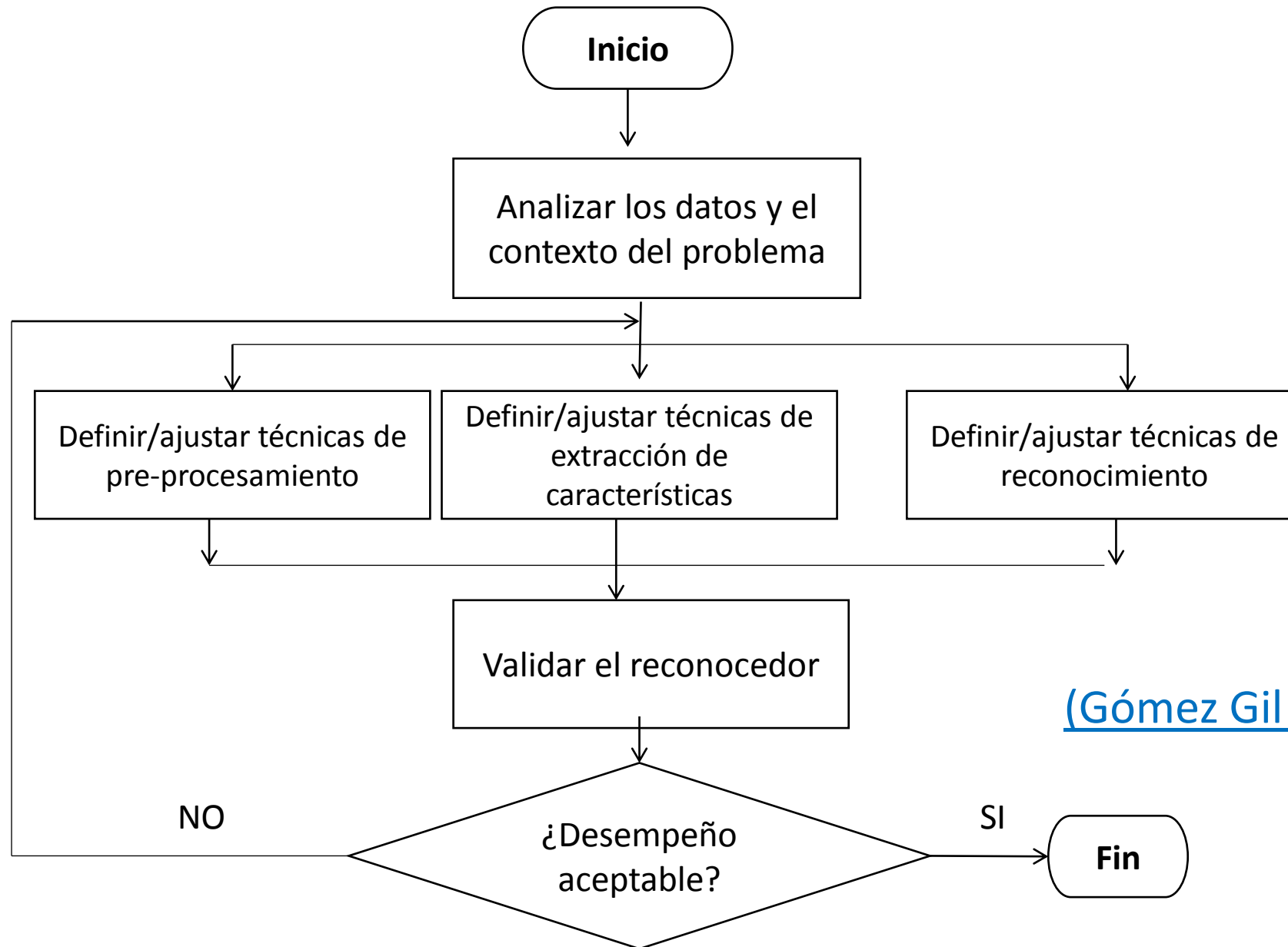
Reconocimiento

Decisión

↓
"perro"

[\(Gómez Gil et al., 2017\)](#)

Diseñando un clasificador



[\(Gómez Gil et al., 2017\)](#)

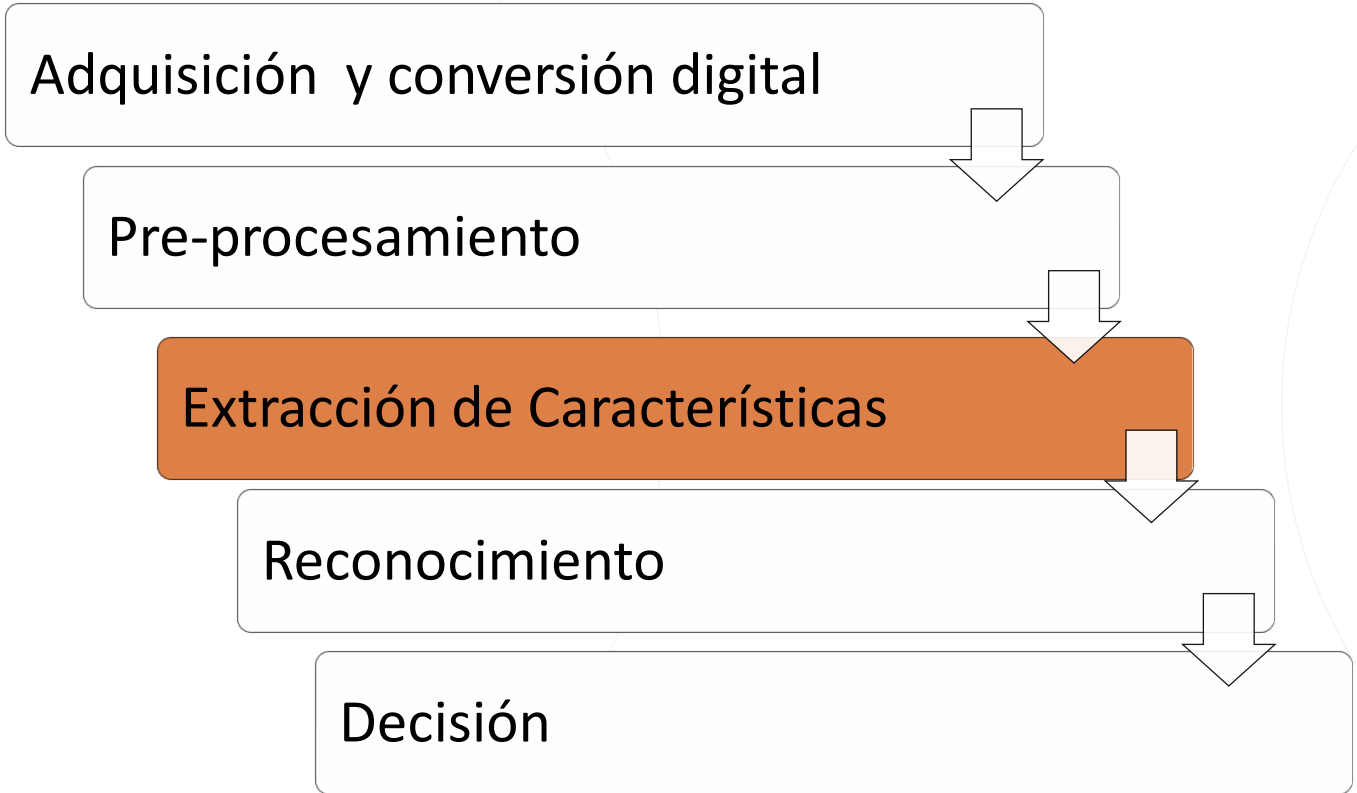
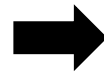
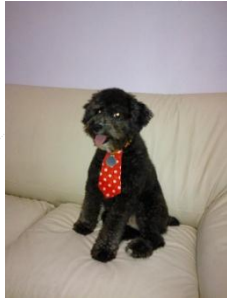
Ejemplos de clasificadores basados en EEG

- BMI o BCI
- Verificadores de identidad (Biometría)
- Identificación del estado emocional
- Medición de niveles de concentración
- Medición de niveles de cansancio
- Identificación y predicción de ataques epilépticos
- Sistemas retro-alimentadores en Fisioterapia



Aunque algunos los sistemas BCI se usan en situaciones reales actualmente, **son poco exactos, propensos a fallas y requieren usuarios altamente entrenados**

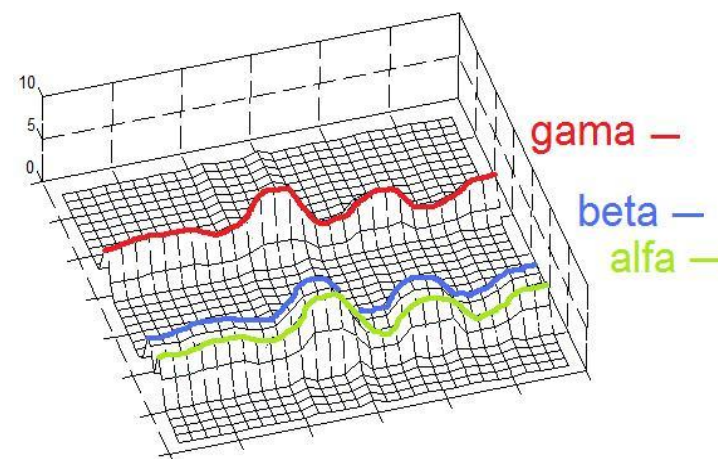
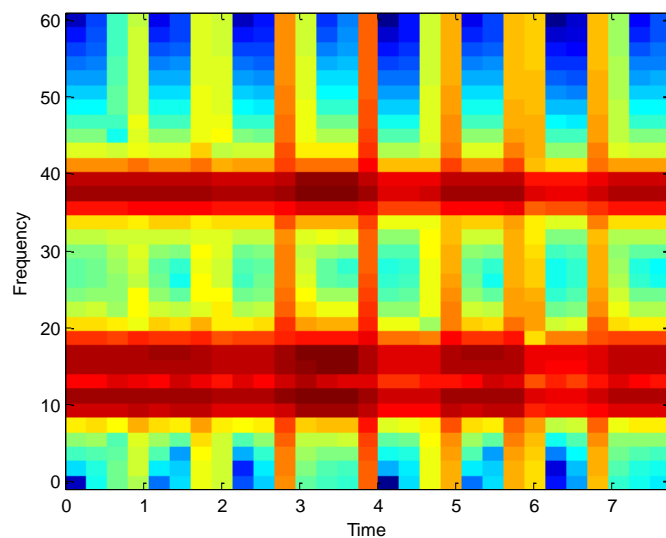
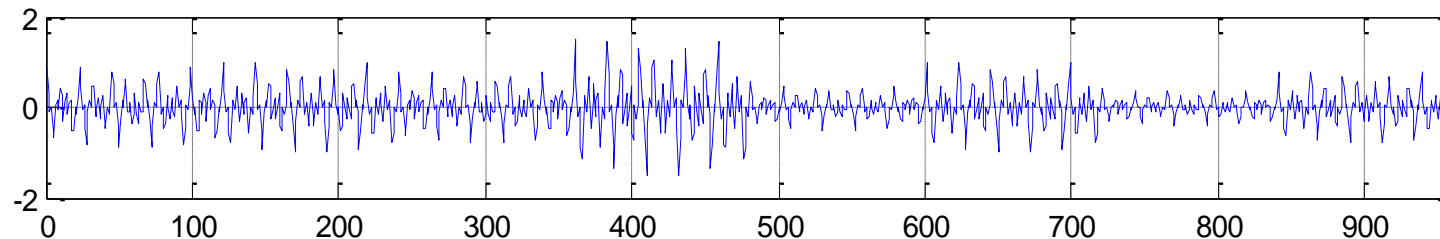
El gran problema ingenieril: extraer características (1/2)



“perro”

El gran problema ingenieril: extraer características (2/2)

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019



Procesamiento Digital de Señales

- Una *señal digital* es un conjunto de magnitudes físicas medidas en un punto o intervalo de tiempo o espacio determinado
- El *procesamiento digital de señales* cubre teoría, técnicas y algoritmos que permiten **aplicar transformaciones matemáticas en las señales digitales**, a fin de obtener información contenida en ellas.

[\(Gómez Gil et al., 2017\)](#)

¿Qué es inteligencia Artificial? (1/2)

28

- Es la habilidad de los sistemas autónomos (agentes), como computadoras, robots y otros dispositivos, para realizar actividades comúnmente asociadas a los seres humanos (Coperland, 2019)
- Algunos ejemplos de estas actividades son: la toma de decisiones, controlar procesos, **reconocer e interpretar patrones**, maniobrar de manera autónoma vehículos o robots en un ambiente desconocido (Kruse et al. 2013)

Inteligencia Computacional

- Es el conjunto de paradigmas y métodos, inspirados en la **naturaleza**, para la solución de problemas complejos, donde los métodos tradicionales no son efectivos o no pueden aplicarse.
- Cubre principalmente las áreas de Redes Neuronales, Computación Evolutiva y Lógica Difusa. También incluye inteligencia de enjambres, sistemas artificiales y otros campos de Aprendizaje de Máquina.
- Los algoritmos usados en inteligencia computacional son muy diferentes a los “convencionales.”
- Las técnicas de IC se utilizan ampliamente en la actualidad para la construcción de clasificadores de señales digitales

Aprendizaje automático

- Es el proceso por el cual una computadora puede generar automáticamente programas, a partir de datos.
- El proceso de aprendizaje automático requiere de una **adecuada representación de datos**, así como de procesos efectivos de **evaluación** y de **optimización**.
- Estos algoritmos son base para la **inteligencia computacional**.

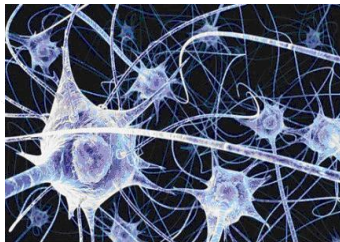
(Domingos, 2012)



Pedro Domingos
@pmddomingos

Emulando al cerebro: Redes Neuronales Artificiales (RNA)

- Son **modelos matemáticos** capaces de adaptar su comportamiento en respuesta a ejemplos tomados del medio ambiente
- Están **inspiradas** en la construcción del cerebro y las neuronas biológicas.
- Sus componentes son procesadores simples que funcionan de forma **paralela y distribuida**
- Pueden **almacenar** y **utilizar** ese conocimiento adquirido de la experiencia



(Haykin, 2009)

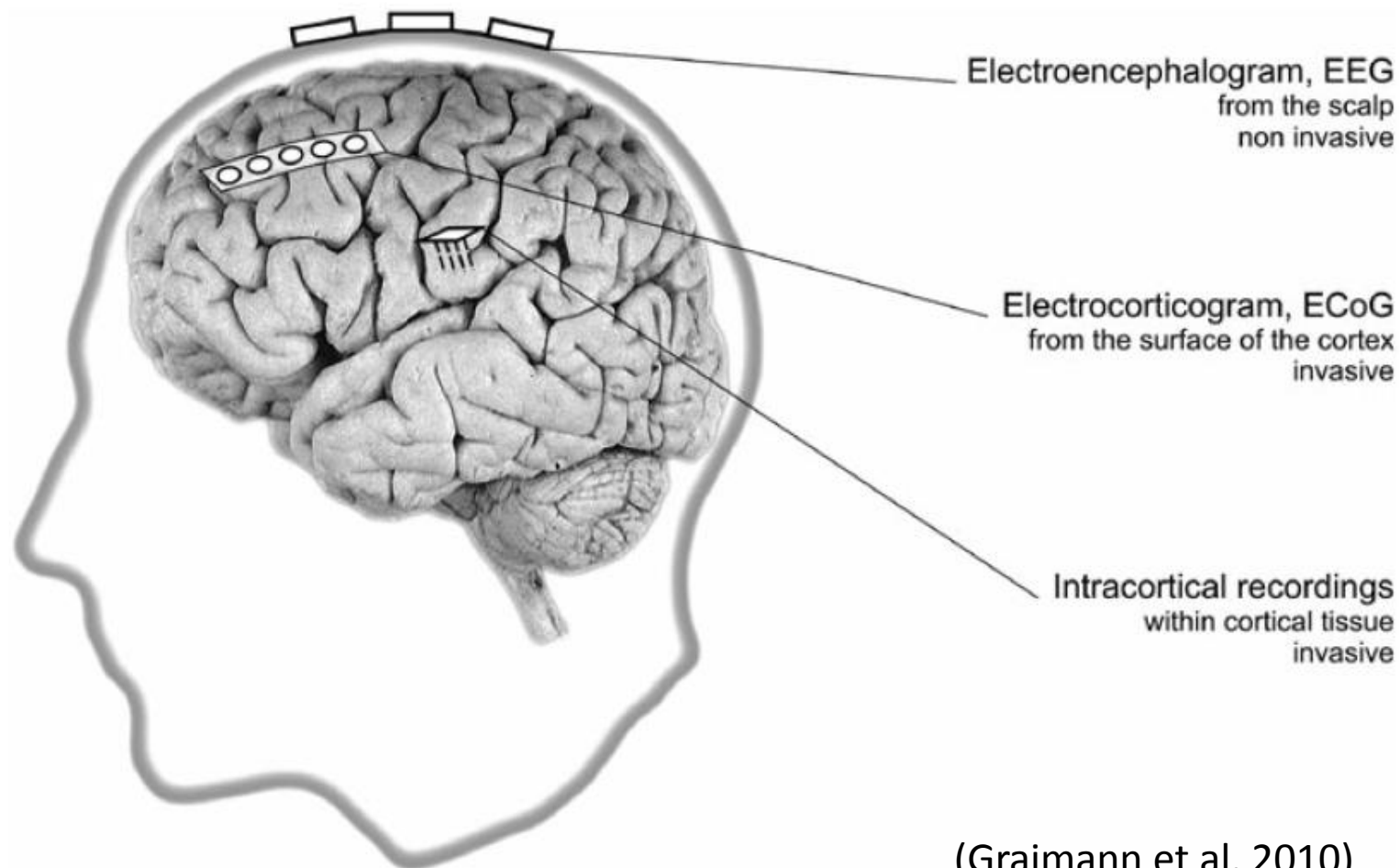
BCI's y otras aplicaciones



¿Qué es una BCI? (Grimann et al. 2010)

- Una BCI es un sistema artificial, que se “salta” los impulsos en el cuerpo humano, que van del sistema nervioso central a los músculos.
- Una BCI “mide” la actividad cerebral asociada a la “intención” de un usuario, trasladándola en comandos de control.

Niveles de detección de la actividad cerebral



(Graumann et al. 2010)

Tipos de señales mentales para controlar BCI's (1/2)

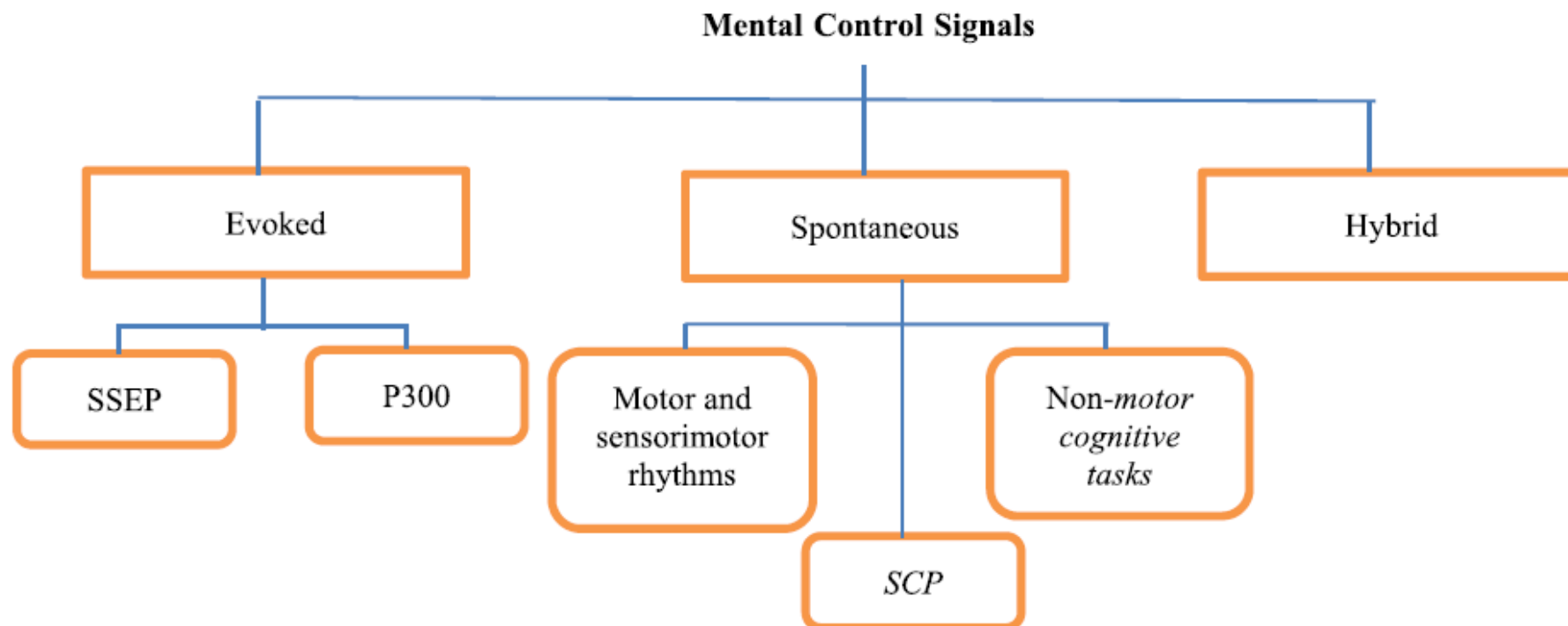
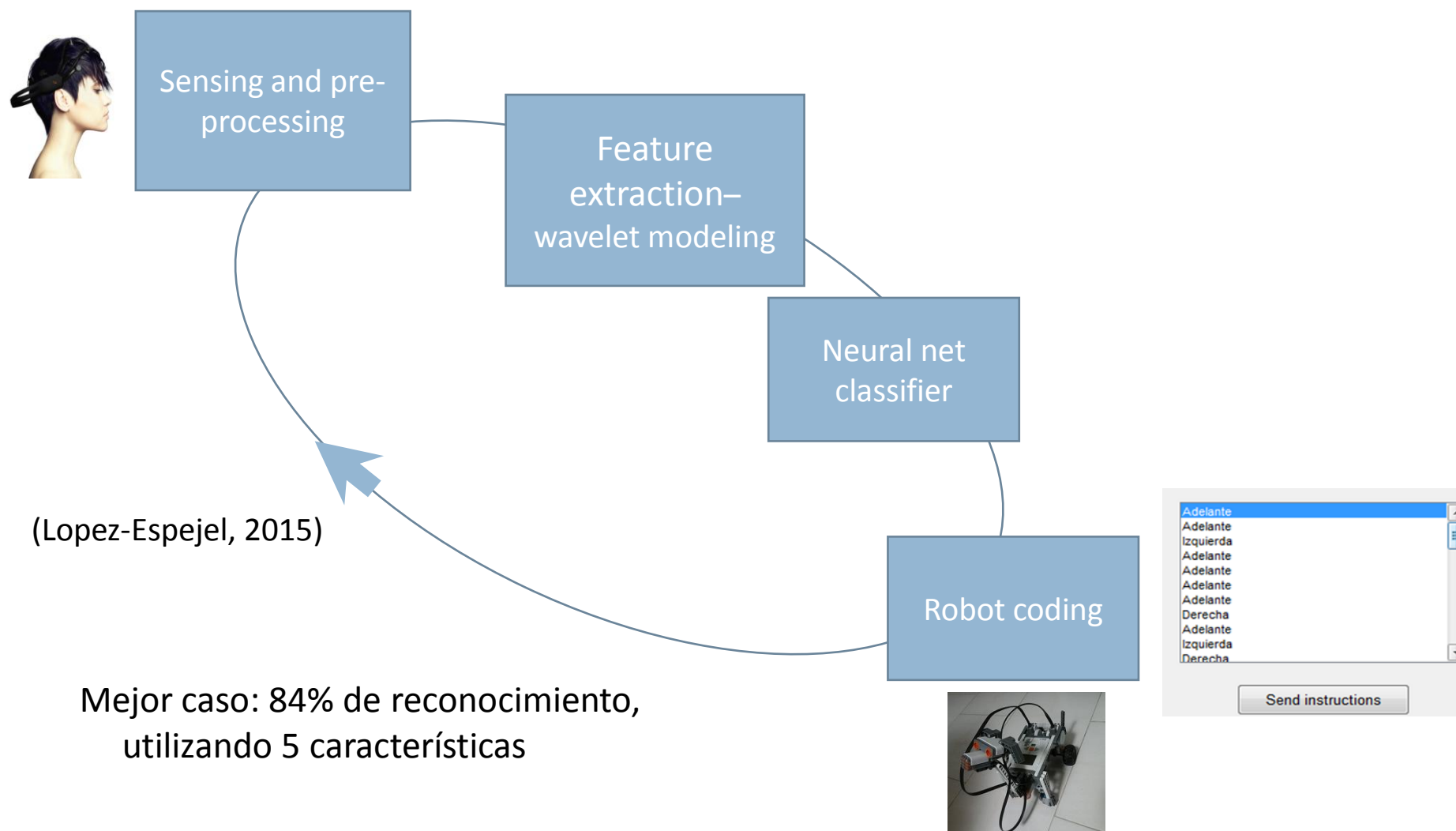


Fig. 7. Mental control signals classification.

(Ramadan & Vasilakos, 2017)

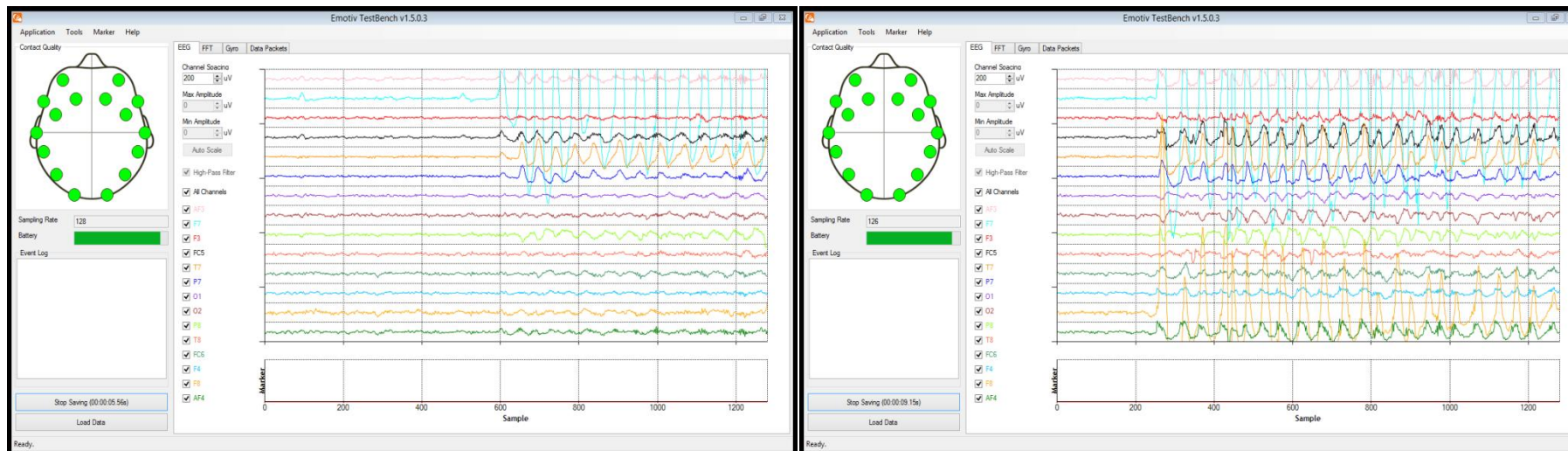
Blinky: un identificador de comandos

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019

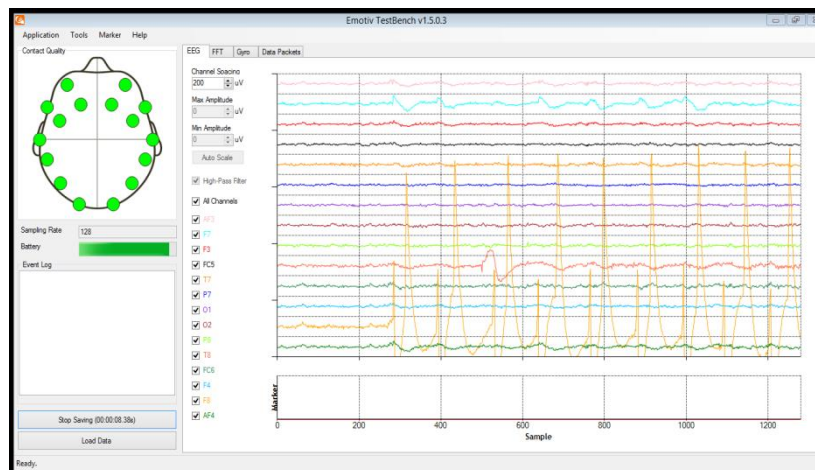


EEG durante el parpadeo de ojos

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019



Left eye



Right eye

Both eyes.

Implementación de BCI en tiempo real usando sistemas de bajo costo

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019

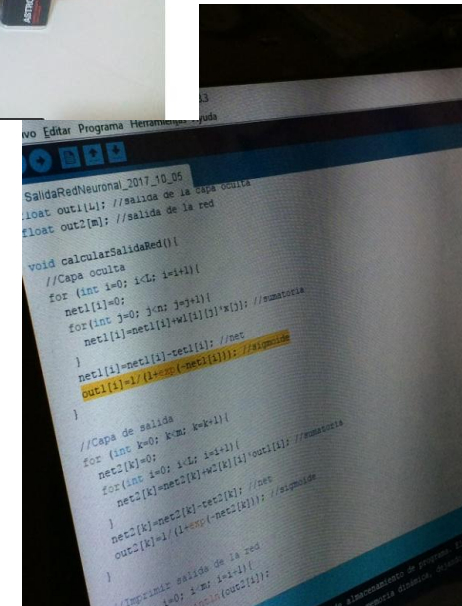
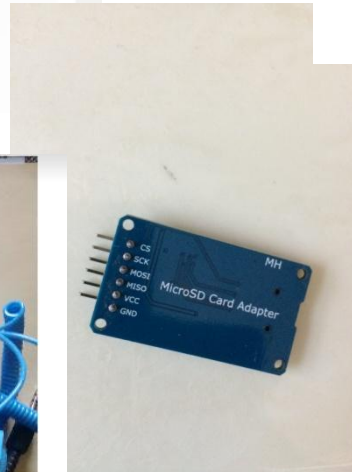
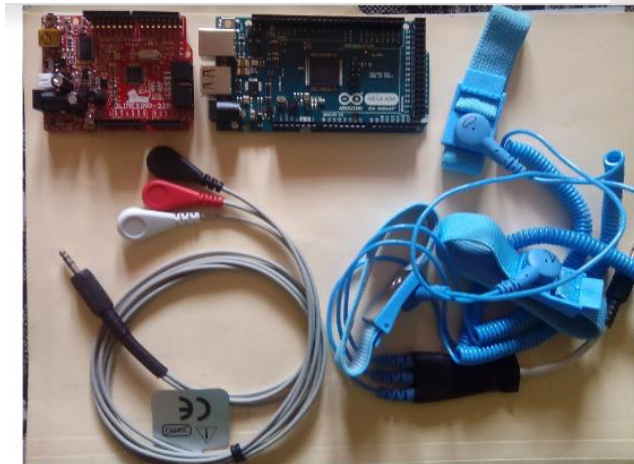
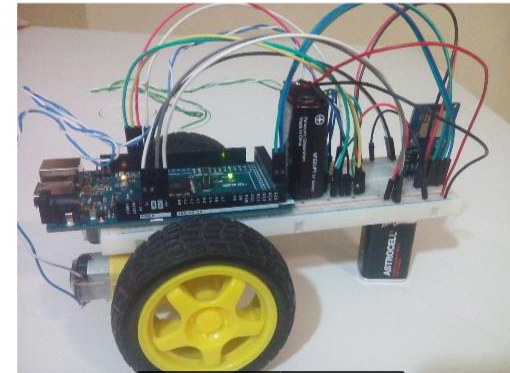


Figura 1. Olimexino-328(superior izquierda), Arduino Mega ADK (superior derecha), shield-ekg-emg-pro (inferior izquierda), shield-ekg-emg-pa (inferior derecha).

(Hernandez-Gonzalez, 2017)

Otros ejemplos de clasificación usando EEG..



¿Qué es aprendizaje profundo?

- En el contexto de Inteligencia Artificial (IA), “aprendizaje profundo” (*Deep Learning* o **DL**) se refiere a la actividad **automática de adquisición de conocimiento**, a través del uso de máquinas que usan varios niveles para la extracción.
- El adjetivo “profundo” se aplica no en sí al conocimiento adquirido, sino a la forma en que el conocimiento se adquiere.

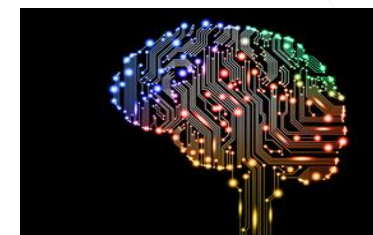
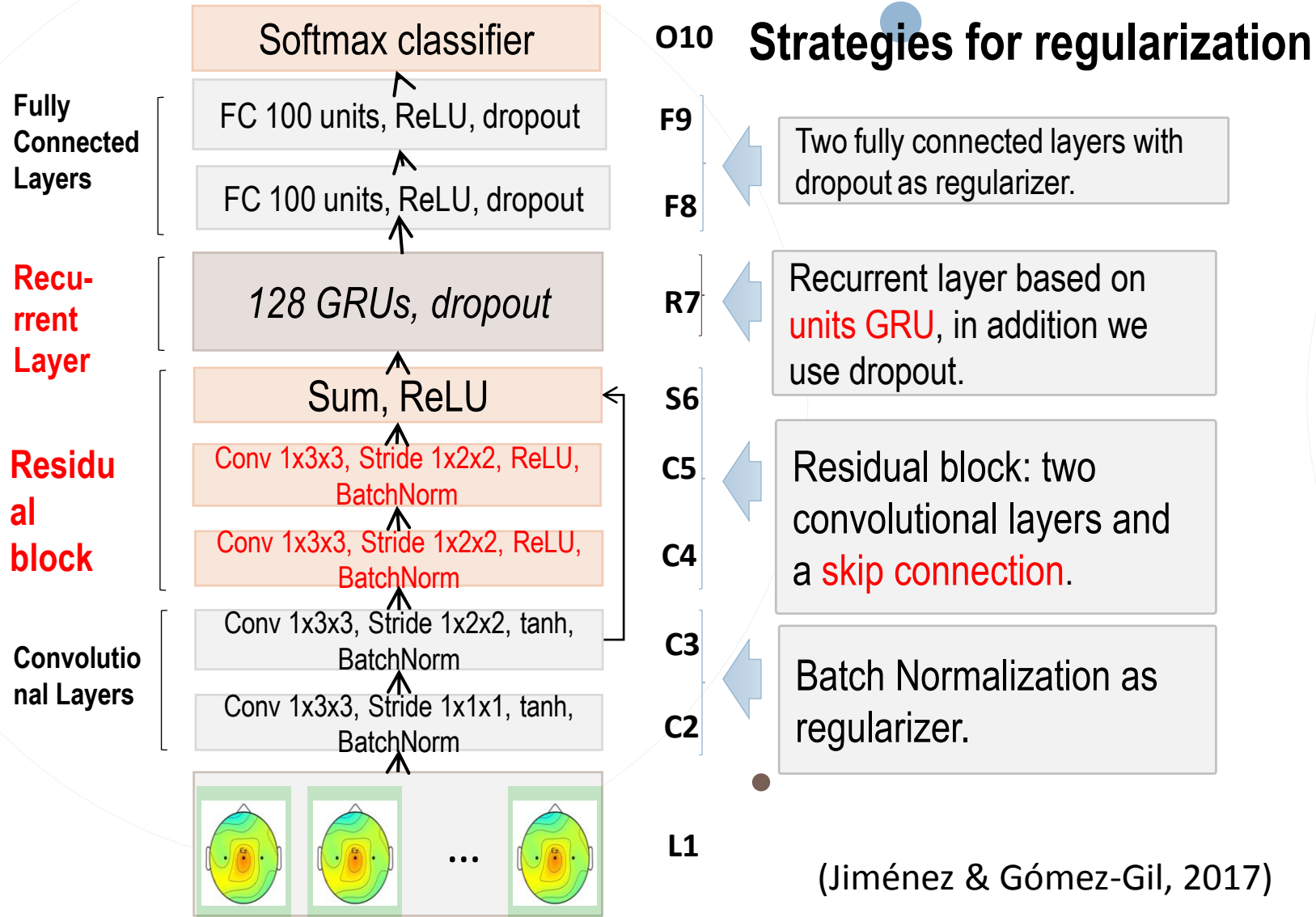


Foto tomada de:

<http://www.kodemaker.no/deeplearning/>

Arquitectura de la red profunda RecResNet para identificación de carga cognitiva

(C) Pilar Gómez-Gil, INAOE 2019



(Jiménez & Gómez-Gil, 2017)

Clasificación de señales epilépticas: estados “Ictal,” “Inter-Ictal” y “sin-convulsión”

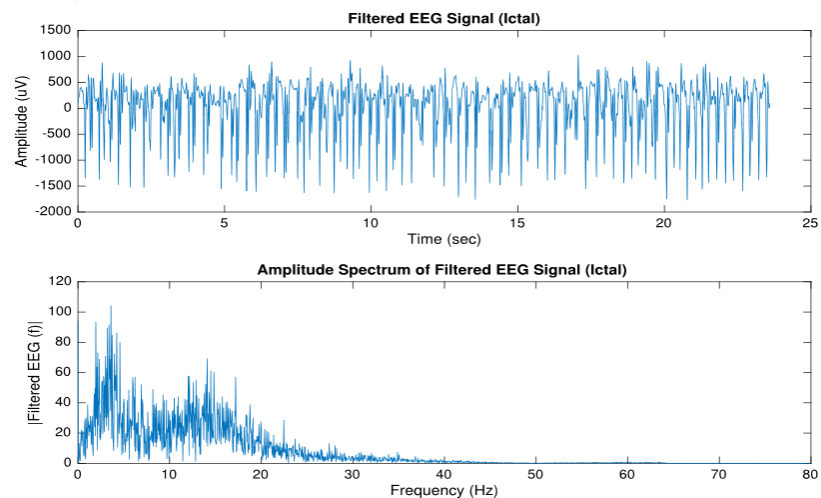


Figure 4 EEG signal filtered corresponding to ictal state using a Least Squares FIR filter (upper plot) and their corresponding frequency spectrum (lower plot).

Springer

(Juárez-Guerra et al., 2019)

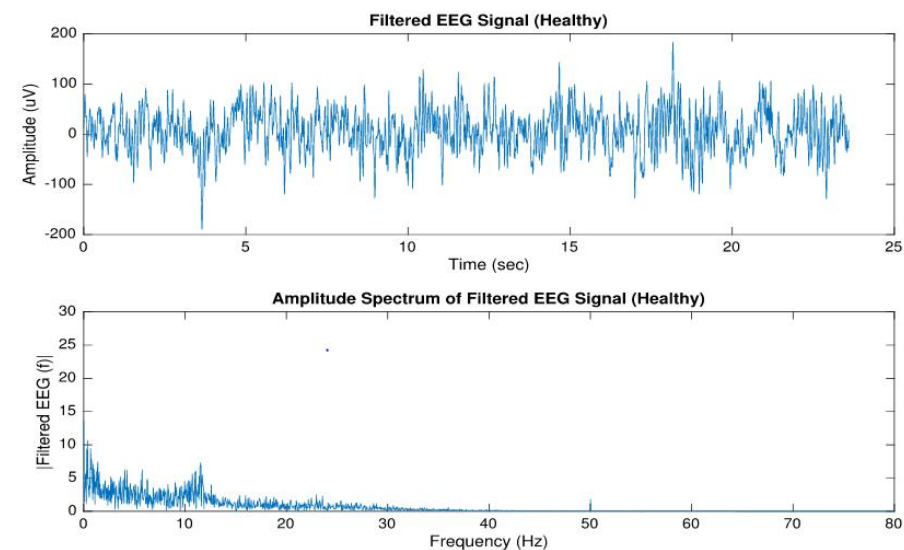


Figure 2 EEG signal filtered corresponding to healthy state using a Least Squares FIR filter (upper plot) and their corresponding frequency spectrum (lower plot).

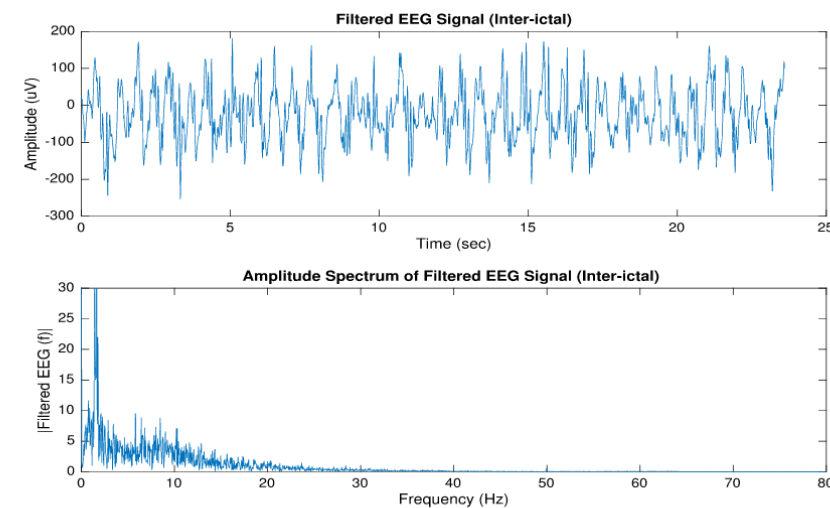
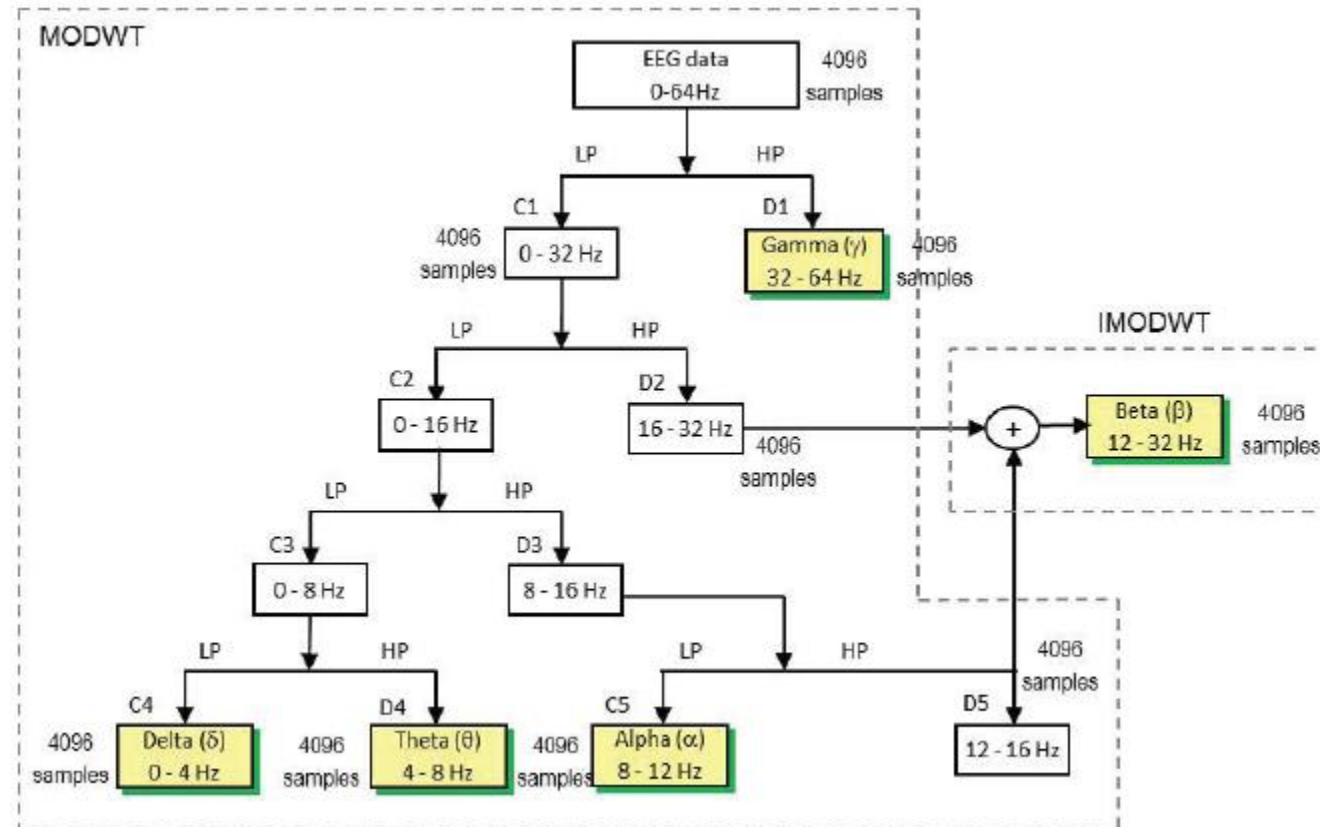


Figure 3 EEG signal filtered corresponding to interictal state using a Least Squares FIR filter (upper plot) and their corresponding frequency spectrum (lower plot).

Extracción de Características usando la transformada discreta wavelet (DWT)



Red recurrente MRW-FFWNN para clasificación de epilepsia

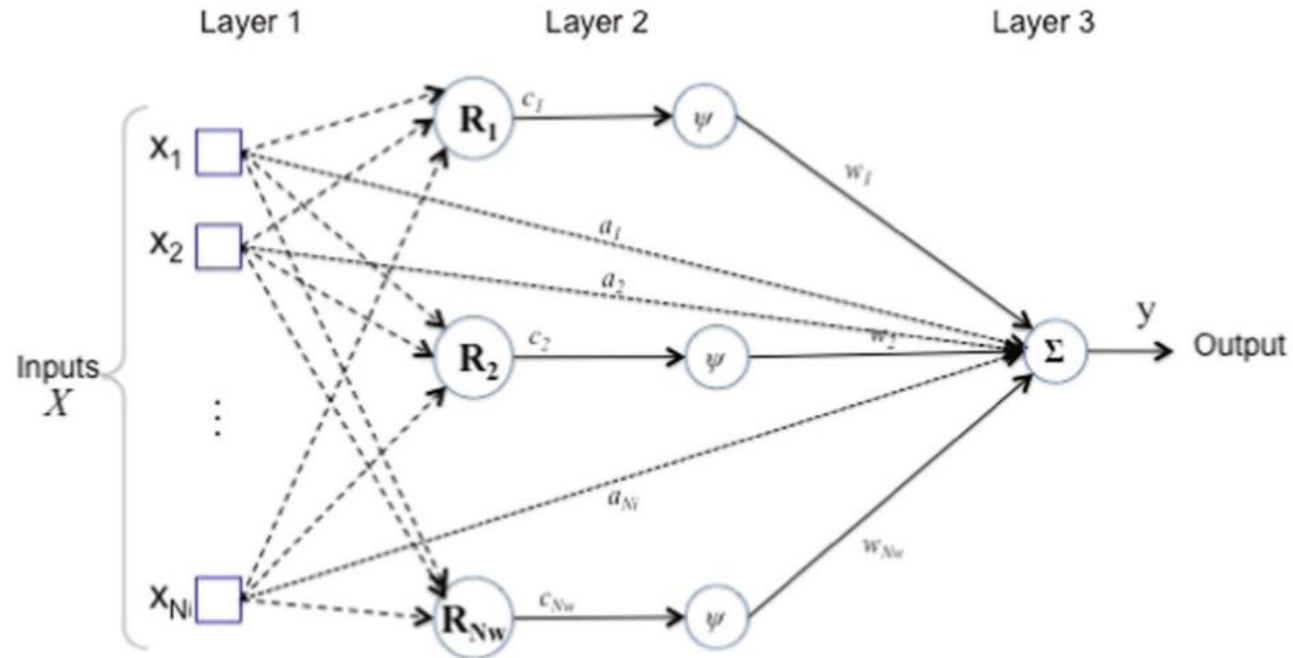



Figure 9 Proposed MRW-FFWNN structure [31].

Hot topic: Uso de EEG para biometría

Table 2. (continued)

Signal/Trait	Advantages	Disadvantages
Fingerprint	Ease in acquiring the signal. -High user acceptance. -It is the most widely used biometric trait today [58]	-Susceptible to external factors [41] -Fingerprints can be replaced using fingerprints generated artificially [40, 49]
EEG	It is very difficult to imitate signal. Brain electrical activity varies from one person to another. -The capacity of register the neuron electrical activity since the scalp [2]. EEG shows greater security because they are less likely to be generated artificially [1] 	They are complex and irregular signals, which are easily contaminated by external interference [4, 6]. -Difficulty in retrieving the sources of neuronal activity, due to its low spatial resolution [2]. -Published studies on biometrics based on this signal used medical equipment of high cost [59]. -Participants reported discomfort since it is necessary to apply on scalp

(Zapata et al. 2017)

Conclusiones y perspectivas

- Las señales cerebrales contienen gran cantidad de información pero sigue siendo un misterio cómo la representa el organismo.
- El uso práctico de algunas aplicaciones para BCI y otros ejemplos de clasificación es limitado. Los casos de éxito sin requieren usuarios altamente entrenados, sensores confiables, así como excelentes y cuidadosamente programadas técnicas de clasificación y entrenamiento.
- Las redes neuronales de aprendizaje profundo ofrecen buenas expectativas para extracción automática de características
- Se requiere mucha investigación en el área!!

Para saber mas...

1/3

- Andersen, Richard. The Intention Machine. A new generation of brain-machine interface can deduce what a person wants. *Scientific American*, Vol. 320, No. 4. April 2019. pp. 26-31-
- Castro-Ramos J, Villa-Manríquez, JF, Gómez-Gil P., González-Viveros N, Narea F, Sánchez-Escobar JJ, Muñoz-López J. "A first step to detect glucose levels in vivo by means of Raman spectroscopy, support vector machine and principal component analysis." 6o. Congreso de Óptica Aplicada. Yuridia Gto. Mx. Nov. 2017
- B.J. Copeland. "Artificial intelligence", *Encyclopædia Britannica Encyclopedia Britannica*, publicado May 09, 2019, accesado Octubre 21, 2019. URL: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>
- Domingos, Pedro " [The Five Tribes of Machine Learning \(And What You Can Learn from Each\)](#)," Webinar produced by the Association of Computing Machinery (ACM). Dec. 29, 2015. Available at <https://www.youtube.com/watch?v=E8rOVwKQ5-8>
- Gómez-Gil P, Guzmán Arenas, A. Orihuela-Espina, F. Bribiesca, E. Rascón, C. " [Análisis de Señales y Reconocimiento de Patrones](#), Cap. 7, en " [La computación en México por Especialidades Académicas](#)" Pineda-Cortés, L. Editor. Academia Mexicana de la Computación A.C. 2017
- Graimann, B., Allison, B., & Pfurtscheller, G. (2010). Brain-computer interfaces: A gentle introduction. In *Brain-Computer Interfaces* (pp. 1-27). Springer Berlin Heidelberg.

Para saber mas...

(2/3)

- Haykin, Simon. Neural Networks and Learning Machines. Third Edition. New York. Pearson. 2009
- Hernández-Gonzalez, E. “ Programación de Interfaces Cerebro Computadora aplicando análisis multivariable y redes neuronales con el fin de ayudar a personas cuadripléjicas” Reporte de avance interno. Residencias Profesionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. “ Nov. 2017
- Jiménez-Guarneros, M. and P. Gómez-Gil, "[Cross-subject classification of cognitive loads using a recurrent-residual deep network](#)," *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*," Honolulu, HI, 2017, pp. 1-7.
doi: 10.1109/SSCI.2017.8280897
- E. Juárez-Guerra, V. Alarcon-Aquino, P. Gómez-Gil, J. M. Ramírez-Cortés, E. S. García-Treviño. A New Wavelet-Based Neural Network for Classification of Epileptic-Related States using EEG. Journal of Signal Processing Systems. Published on line at 2019-05-17. DOI: 10.1007/s11265-019-01456-7.
<https://rdcu.be/bCZwU>
- Kruse, R., C. Moewes, Borgelt, M. Steinbrecher, F. Klawonn, P. Held. Computational Intelligence, a methodological introduction. Springer: London, 2013. URL:
<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4471-5013-8>
- 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. Puebla. México.

Para saber mas...

(3/3)

- R. A. Ramadan, A. V. Vasilakos, “[Brain computer interface: control signals review.](#)” Neurocomputing, Vol. 223, 2017, pp. 26-44, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.10.024>.
- J.C. Zapata, C.M. Duque, Y. Rojas-Idarraga, M.E. Gonzalez, J.A. Guzmán, and M.A. Becerra Botero. “[Data Fusion Applied to Biometric Identification – A Review](#) (2017) Fuente: Springer International Publishing AG 2017



**GRACIAS
POR SU ATENCIÓN!!**

pgomez@inaoep.mx

<http://ccc.inaoep.mx/~pgomez>



Esta presentación está disponible en:

<https://ccc.inaoep.mx/~pgomez/conferences/PggCENI19.pdf>