

# Introducción al proyecto ataque epiléptico

Diego Coulombie

Dto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas  
UNLaM  
San Justo, Buenos Aires, Argentina  
coulombie@yahoo.com.ar

Susana Blanco

Facultad de Ingeniería UB  
CONICET  
Ciudad de Buenos Aires, Argentina

**Resumen**—El objetivo del proyecto es predecir al ataque epiléptico para que el paciente pueda tomar iniciativas, desde preventivas hasta terapéuticas. El método a utilizar es mediante el análisis de señales encefalográficas. Se toma como postulado que el origen del ataque proviene de una interferencia en la comunicación neuronal. El proyecto consta de tres etapas: 1) Investigación en Ciencias Básicas para generar un modelo de crisis epiléptica y el algoritmo que permite la detección temprana del ataque. 2) Investigación Aplicada para validar en pruebas in vivo actuando de manera no invasiva 3) Transferencia Tecnológica para aplicar la técnica desarrollada como terapia con productos médicos de Re-educación Neuronal y Asistencia Crónica Implantada.

**Palabras clave:** predicción de epilepsia; encefalografía; análisis de señales; tecnología médica

## I. INTRODUCCIÓN

¿Que tenían en común Danny Glover, el papa Pío IX, Vladimir Lenin, Rudi Dutschke, Neil Young, Dostoyevsky, Sócrates, Julio Cesar, y Napoleón I de Francia?[1]. Ellos como otros varios millones de personas sufren de epilepsia. La epilepsia es uno de los más serios desórdenes cerebrales y tiene un fuerte impacto en la vida cotidiana. Existen una gran cantidad de drogas anticonvulsivas, que a demás de traer efectos no deseados tienen una eficacia relativa en algunos pacientes [2]. Uno de cada tres pacientes epilépticos son de tipo refractario, es decir que no pueden controlar sus ataques con dichas drogas .

Obtener una disminución del uso del antiépiléptico, crear técnicas de monitoreo para la prevención del ataque, o simplemente dar una probabilidad de ocurrencia del ataque disminuyendo el factor sorpresa son premisas de gran importancia en la vida del epiléptico[3].

El proyecto propone abordar la problemática usando como base un algoritmo para predecir el ataque. Las formas de combatir la epilepsia son: la prevención advirtiendo el riesgo de ataque, la acción automática de dispositivos de control de ataque y la reeducación de las neuronas afectadas[4].

El proyecto consta de tres etapas generales que marcan los hitos de avance: la de Investigación en Ciencias Básicas, la de Investigación Aplicada y la de Transferencia Tecnológica.

## II. INVESTIGACIÓN APLICADA

La segunda etapa considerada como de Investigación Aplicada establece los lineamientos generales para llevar a cabo las pruebas de validación del algoritmo con pacientes actuando de manera no invasiva.

Las pruebas se dividen en pruebas de monitoreo y en pruebas de control. Las pruebas de monitoreo verifican la funcionalidad del método usando pacientes epilépticos estimulados con un mínimo factor de riesgo (sin llegar a desencadenar el ataque). En estas condiciones se verifica la capacidad del sistema de detectar la perturbación. Las pruebas pueden ser la aplicación de estímulos considerados como epilepto-génicos (luces estroboscópicas) y la evolución del riesgo de ataque evaluado con el dispositivo que incluye al algoritmo.

Validadas las pruebas de monitoreo se aplicarán las terapias para controlar el ataque. Estas terapias pueden ser ejercicios neuronales, aplicación de drogas anticonvulsivas, o estimulación eléctrica externa en la zona del nervio vago. La aplicación y dosificación estarán a cargo de un profesional médico que será asistido con el indicador de riesgo de ataque. La gran ventaja de hacer la terapia con la monitorización es que se pueden evaluar diversos métodos y determinar cuales son los más eficientes para cada paciente sin que este llegue a sufrir una convulsión.

Para lograr ejecutar esta etapa hay que generar los materiales y métodos adecuados. Para el sistema de monitoreo se usará el algoritmo creado en la etapa anterior. Será necesario utilizar un equipo de EEG que adquiera la actividad encefalográfica del paciente y un computador que corra al algoritmo para procesar en tiempo real la señal y mostrar los resultados del monitoreo. Si bien se trata de un prototipo funcional destinado a la investigación, deberá cumplir con todas las normas de seguridad necesarias. Se deberán cumplir todas las etapas de la validación de software para uso médico.

Para la interfaz con el usuario se buscará la forma más representativa para mostrar los resultados de manera clara, eficiente y de rápida interpretación. Por este motivo el uso de un computador facilitará el desarrollo de esta etapa dando

flexibilidad a la implementación de posibles cambios y mejoras.

Se evaluará al algoritmo funcionando en conjunto con el equipo de EEG en las condiciones reales de funcionamiento. Haciendo un número significativo de muestras se analizarán los resultados midiendo falsos positivos y falsos negativos, tiempo de predicción y su varianza tratando de demostrar de manera significativa la eficacia del método.

Los usuarios y profesionales son personal médico involucrado con la investigación. Toda la investigación será llevada a cabo con el aval del comité de ética de la institución elegida. Se deberán cumplir las normas relativas a la investigación clínica reguladas por el Ministerio de Salud.

### III. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

La tercera etapa es la de Transferencia Tecnológica, semilla que generará dos nuevos sub-proyectos que toman las investigaciones anteriores e intentan llevarlas a la aplicación concreta y real de los productos médicos. Estos son: Reeducación Neuronal y Asistencia Crónica Implantada.

#### A. *Reeducación Neuronal*

El sub-proyecto de Reeducación Neuronal es el dispositivo externo, no invasivo y que usa tanto software como hardware para monitorear y guiar al paciente epiléptico durante las sesiones terapéuticas. El objetivo es que el paciente logre por sus propios medios evitar el uso de zonas del cerebro afectadas usando técnicas de neurocontrol y reeducar otras partes del cerebro sano para tomar esas funciones. El proyecto aúna las técnicas que hayan tenido mejor resultado en la investigación anterior con la herramienta de monitoreo que usa el algoritmo obtenido en el primera etapa, todo bajo una misma denominación de producto.

Toma como base el diseño funcional del prototipo anterior más los requerimientos para ser puesto en el mercado para uso profesional. Al tratarse de una técnica terapéutica novedosa necesariamente deben considerarse los resultados de las investigaciones anteriores para hacer su registro como producto médico cumpliendo con las regulaciones propias de todo dispositivo a ser aplicado en pacientes..

#### B. *Asistencia Crónica Implantada*

El sub-proyecto de Asistencia Crónica Implantada es el dispositivo que estando implantado en el paciente monitorea y controla el riesgo de ataque epiléptico. El control se puede hacer liberando pequeñas dosis de drogas en la zona afectada, estimulando eléctricamente para intentar evitar la propagación del ataque o informando al paciente para que tome los recaudos necesarios.

El dispositivo implantable es aplicable en aquellos casos donde la terapia de reeducación neuronal no logra los resultados esperados.

Si bien se trata de un dispositivo crónico e implantable necesario para una mejor calidad de la vida cotidiana, no se lo

puede considerar como soporte de vida. Esta consideración delimita de alguna manera que partes del dispositivo serán implantadas dentro del cuerpo del paciente y que otras partes serán externas a éste.

Ambas partes que estarán separadas por la capa dérmica deberán usar un medio de comunicación inalámbrico, para evitar infecciones. El nivel de seguridad de la transmisión debe ser elevado con una alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas y con una baja tasa de fallas. La parte implantada no necesitará de baterías para funcionar y será alimentada de forma inalámbrica. La parte implantable comprenderá los electrodos para captar la señal fisiológica en puntos focales del cerebro, el acondicionamiento de la señal y la conversión A/D. También deberá incluir el electrodo para la estimulación eléctrica o las válvulas que dosifican las dosis de antiépiléptico. La parte externa tendrá toda la potencia de procesamiento y es la que decidirá cuando es el momento adecuado para intervenir al detectar un aumento de la probabilidad de ataque.

Factores como la miniaturización, el manejo adecuado de la energía y una elevada inmunidad a las radiaciones electromagnéticas son los desafíos principales para este desarrollo.

### IV. SITUACIÓN ACTUAL

En este momento está en ejecución la etapa de Investigación en Ciencias Básicas, cuyos resultados serán tomados en cuenta como tesis doctoral de uno de los autores y serán evaluados por el Jurado de Doctorado de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. La situación actual de la etapa es la de planteo de las condiciones de prueba, entorno y marco de aplicación del modelo para poder evaluar el rendimiento de los algoritmos. El paso siguiente será el de analizar el modelo y a partir de allí evaluar que herramientas de análisis de señales es serán las más aptas.

Para intentar concretar las siguientes se han hecho vínculos con profesionales del área neurológica y con instituciones médico-educativas para llevar adelante etapa de Investigación aplicada. También se han establecido contactos con empresas locales y extranjeras especializadas en equipamiento médico para llevar adelante y financiar las etapas de Investigación Aplicada y de Transferencia Tecnológica..

### REFERENCIAS

- [1] <https://epilepsy.uni-freiburg.de>
- [2] Angela Bruzzo - Seizure prediction and control in epilepsy - Dottorato di Ricerca in Psicologia Generale e Clinica Indirizzo Sperimentale - Università di Bologna - 2008
- [3] Le van Quyen, M., Martinerie, J., Navarro, V., Balauc, M., Varela, F. Characterizing neurodynamic changes before seizures. J. Clin. Neurophy. 2001, 18: 191-208.
- [4] Lachaux, J.P., Rodriguez, E., Martinerie, J., Varela, F. Measuring phase synchrony in brain signals. Human brain Mapping. 1999, 8: 194-208.