



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Departamento:
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Programa de acreditación:
CyTMA2

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto: C2-ING-077

Título del proyecto
Sistema de registro cerebral profundo

PIDC:

Elija un elemento.

PII:

Elija un elemento.

Director Prof. Mg. Eribe,Roberto

Integrantes:

Investigador:

Bonavento, Gabriel

Investigadores Externos:

Battaglia,Gerardo; Porral,Edgardo

Asesor-Especialista Externo:

Travi,Juan Pablo

Alumnos de grado: (Aclarar si tiene Beca UNLaM/CIN)

Campódonico, Facundo, sin beca; Caruso, Juan Pablo, sin beca; Holgado, Sergio, sin beca; Vigiani, Guido, sin beca

Alumnos de posgrado:

Resolución Rectoral de acreditación: N°: 594/21

Fecha de inicio:01/01/2021

Fecha de finalización:31/12/2022

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15 sobre **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional de La Matanza**. Consultar en el departamento académico correspondiente la inscripción del proyecto en un Programa acreditado.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

A. Desarrollo del proyecto (adjuntar el protocolo)

A.1. Grado de ejecución de los objetivos inicialmente planteados, modificaciones o ampliaciones u obstáculos encontrados para su realización (desarrolle en no más de dos (2) páginas)

Dentro del marco planteado en el Proyecto de Investigación denominado Registro Cerebral Profundo, los equipos de desarrollo, tanto los abocados al desarrollo del software (UNLaM) como el equipo de desarrollo del hardware (UTN) han completado sus objetivos.

Detalle de cada uno de los desarrollos se ponen de manifiesto en el punto G de este informe.

Cabe destacar que se ha logrado un espacio de colaboración excelente entre las instituciones involucradas, a saber, Universidad Nacional de La Matanza (equipo de desarrollo de software) Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda (equipo de desarrollo de Hardware).

Respecto de la Fundación Cenit (especialización médica); si bien la fundación se mostro sumamente interesada en el proyecto, prestando una muy buena colaboración en el comienzo del proyecto, con el tiempo ese interés fue disminuyendo, afectando al proyecto básicamente en las tareas de pruebas, tanto del software como del hardware. Entendemos que la institución se vio fuertemente afectada con motivo de la pandemia.

Se espera en los próximos meses retomar la relación a fin de comenzar con los testing planificados tanto del hardware como del software. En caso de no lograrse restablecer la relación institucional, habrá que buscar otra institución en su reemplazo.

Otra problemática que no se pudo resolver, fue la compra de la placa para la toma de datos, debido particularmente importante incremento del costo de la misma, debido básicamente a dos factores, a saber, la alta inflación y el cierre de las importaciones. Ante este hecho se procedió a devolver los fondos asignados al proyecto para la compra de este hardware.

Atento a esto, se ha procedido a utilizar un simulador para las pruebas iniciales del software y hardware.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Por otro lado cabe hacer una especial mención a la ímproba tarea desarrollada por el equipo de proyecto por parte de los investigadores y alumnos participantes, los cuales, estos últimos, se han recibido de ingenieros informáticos.

B. Principales resultados de la investigación

B.1. Publicaciones en revistas (informar cada producción por separado)

Artículo 1 (En proceso de evaluación)	
Autores	<i>Roberto Eribe Sergio Bonavento</i>
Título del artículo	Sistema de registro cerebral profundo
N° de fascículo	
N° de Volumen	
Revista REDDI	<i>REDDI</i>
Año	<i>2023</i>
Institución editora de la revista	<i>DIIT</i>
País de procedencia de institución editora	<i>ARG.</i>
Arbitraje	<i>Elija un elemento.</i>
ISSN:	
URL de descarga del artículo	
N° DOI	

B.2. Libros

Libro 1	
Autores	
Título del Libro	
Año	
Editorial	
Lugar de impresión	
Arbitraje	<i>Elija un elemento.</i>
ISBN:	
URL de descarga del libro	
N° DOI	

B.3. Capítulos de libros

Autores	
Título del Capítulo	



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Título del Libro	
Año	
Editores del libro/Compiladores	
Lugar de impresión	
Arbitraje	Elija un elemento.
ISBN:	
URL de descarga del capítulo	
N° DOI	

B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

Autores	
Título	
Año	
Evento	
Lugar de realización	
Fecha de presentación de la ponencia	
Entidad que organiza	
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

B.5. Otras publicaciones

Autores	
Año	
Título	
Medio de Publicación	

C. Otros resultados. Indicar aquellos resultados pasibles de ser protegidos a través de instrumentos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor, derechos de obtentor, etc. y desarrollos que no pueden ser protegidos por instrumentos de propiedad intelectual, como las tecnologías organizacionales y otros. Complete un cuadro por cada uno de estos dos tipos de productos.

C.1. Títulos de propiedad intelectual. Indicar: Tipo (marcas, patentes, modelos y diseños, la transferencia tecnológica) de desarrollo o producto, Titular, Fecha de solicitud, Fecha de otorgamiento

Tipo	Titular	Fecha de Solicitud	Fecha de Emisión



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

C.2. Otros desarrollos no pasibles de ser protegidos por títulos de propiedad intelectual. Indicar: Producto y Descripción.

Producto	Descripción

D. Formación de recursos humanos. Trabajos finales de graduación, tesis de grado y posgrado. Completar un cuadro por cada uno de los trabajos generados en el marco del proyecto.

D.1. Tesis de grado

Director (apellido y nombre)	y Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

D.2 Trabajo Final de Especialización

Director (apellido y nombre)	y Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del Trabajo Final

D.2. Tesis de posgrado: Maestría

Director (apellido y nombre)	y Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

D.3. Tesis de posgrado: Doctorado

Director (apellido y nombre)	y Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

D.4. Trabajos de Posdoctorado

Director (apellido y nombre)	y Posdoctorando (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del trabajo	Publicación

E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Apellido y nombre del Recurso Humano	Tipo	Institución	Período (desde/hasta)	Actividad asignada ²
Campononico, Facundo	Alumno de grado	UNLaM	01/01/21 a 31/12/22	Identificar y definir las responsabilidades, operaciones, atributos y las relaciones de los elementos de diseño. Asegurar que el diseño sea coherente con la arquitectura de software, y que esté detallado hasta un punto en que se pueda proceder la implementación
Caruso, Juan Pablo	Alumno de grado	UNLaM	01/01/21 a 31/12/22	Evaluar de manera sistemática el funcionamiento del sistema mediante el examen de las entradas y el procesamiento de datos y su consiguiente producción de información, con el propósito de mejorar los procesos del mismo. Plantear la mejor solución de despliegue del sistema y sus aplicaciones, teniendo en cuenta los aspectos de rendimiento y seguridad requeridos.
Holgado, Sergio	Alumno de grado	UNLaM	01/01/21 a 31/12/22	Encargado de desarrollar las funcionalidades nece-

² Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

				sarias del sistema, sobre la parte web
Vigiani Guido	Alumno de grado	UNLaM	01/01/21 a 31/12/22	Analizará los datos del sistema, como su forma de relacionarse, guardarse y la seguridad de los mismos. Planificará y llevará a cabo pruebas de software para comprobar si funciona correctamente. Identificará los riesgos de sufrir errores de software, generará matriz de riesgos.

F. Vinculación³: Indicar conformación de redes, intercambio científico, etc. con otros grupos de investigación; con el ámbito productivo o con entidades públicas. Desarrolle en no más de dos (2) páginas.

G. Otra información. Incluir toda otra información que se considere pertinente.

Desarrollo del software

El equipo de desarrollo ha tenido la posibilidad de participar en una cirugía a cerebro abierto realizada por el equipo médico especialista en este tema. La asistencia a la segunda cirugía lamentablemente no se pudo hacer dado a la falta de parámetros estables del paciente, así nos lo hizo saber el equipo médico.

De todas formas se pudo conocer el procedimiento quirúrgico en forma exhaustiva y se vio el funcionamiento del software que actualmente se utiliza en la clínica para la realización de este tipo de intervenciones.

Como conclusión, se encontró un software poco estable, de tecnología obso-

³ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

leta ya casi fuera de uso y con poca posibilidad de realizar cambios para su mejora.

Tras esta interesante experiencia, el equipo de desarrollo, definió en conjunto con el equipo médico de la entidad involucrada, una serie de datos que se consideraron necesarios e imprescindibles en cada intervención quirúrgica. Esto permitió encuadrar perfectamente los alcances del sistema.

Una vez logrado ese conjunto de datos, se procedió a crear la base de datos relacional, que cumple estrictamente con las características requeridas por el sistema.

Además se pudo observar como en cada punto del cerebro se genera una diferencia de potencial que varía según la posición de ubicación del objeto de medición y esta magnitud se ubica en tres ejes para finalmente tomar con estos datos la determinación de la implantación, o no, de un electrodo.

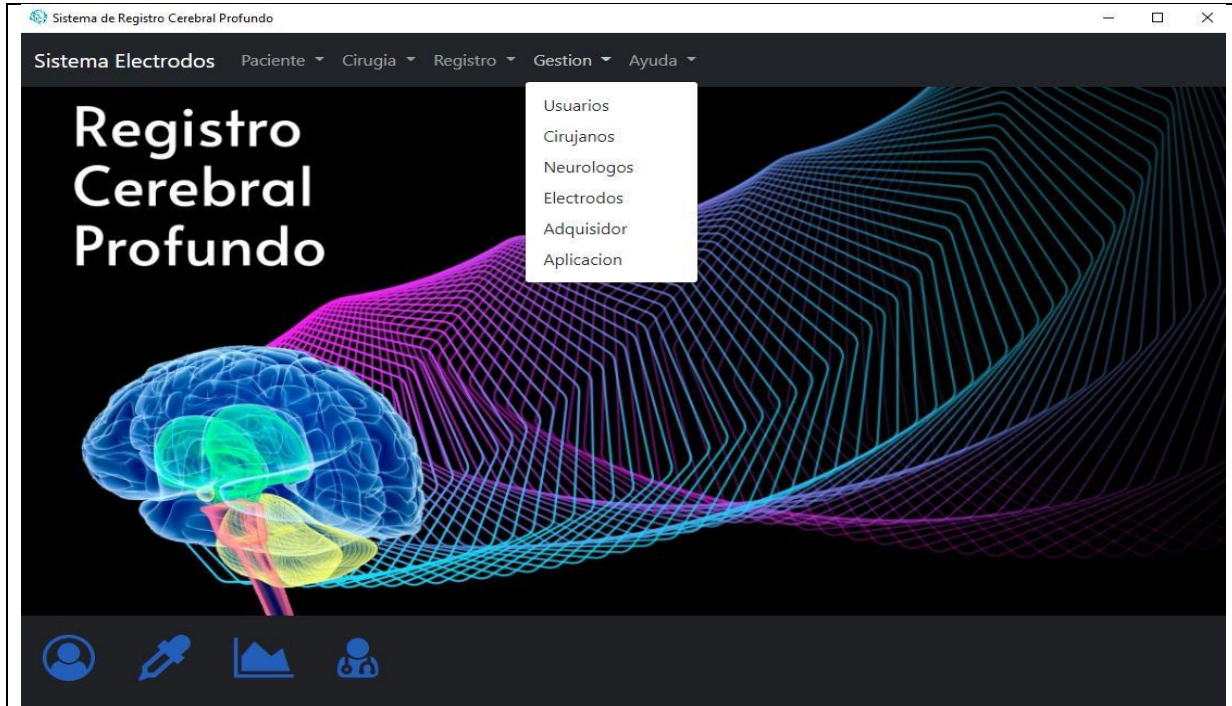
Cabe destacar, que no ha sido en ningún momento el objetivo de este desarrollo, el suplantar al profesional, sino darle respaldo al mismo con datos e información para la mejora en la toma de decisiones.

En cuanto al desarrollo del software propiamente dicho se ha utilizado el framework Electrón, debido a que el mismo facilita la utilización de Javascript y NodeJs que conforman una tecnología de la cual el equipo de desarrollo posee una gran experiencia y además cuenta con una amplia variedad de documentación y bondades en su uso. La base de datos utilizada, es de versión gratuita, MySql (8.0).

Para simular la señal que finalmente se deba adquirir desde la parte de hardware, se utilizó un vector que ha sido generado con posiciones aleatorias y un valor de señal; con el fin de conformar las ondas de prueba.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019



Diseño de la pantalla de ingreso al sistema.

Conclusión, se ha conseguido un desarrollo robusto, que pese a que no ha sido posible probar en la práctica real, muestra solidez con los datos de prueba, cumpliendo sus funciones de almacenado y expone los datos de manera eficiente.

Adicionalmente, el escalado de este proyecto está garantizado por una arquitectura cliente-servidor almacenada en la nube.

Desarrollo del Hardware

Durante el proyecto se diseñó y desarrolló un amplificador de micro registro basado en el circuito integrado de Analog device ADS1299.

El ADS1299 es un circuito integrado de amplificación de instrumentación de alta precisión diseñado específicamente para aplicaciones de registro de señales biológicas, como electroencefalografía (EEG), electrocardiografía (ECG) y electromiografía (EMG). Un amplificador de micro registro basado en el ADS1299 ofrece una alta precisión y sensibilidad para capturar señales eléc-



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

tricas de baja amplitud en el cuerpo humano.

El amplificador de micro registro desarrollado consta de múltiples canales de entrada que pueden amplificar y digitalizar señales biológicas débiles con una resolución de 24 bits. Estos canales están diseñados con entradas de alta impedancia que reducen el ruido eléctrico y aumentan la sensibilidad de las mediciones. Además, el circuito integrado también tiene la capacidad de eliminar el ruido de la línea de alimentación y el ruido electromagnético, lo que garantiza mediciones más precisas y estables. También cuenta con un sistema de auto calibración que garantiza la estabilidad y la precisión a largo plazo de las mediciones. El circuito integrado también tiene la capacidad de configurarse para realizar mediciones en diferentes rangos de frecuencia y amplitud, lo que lo hace altamente adaptable a diferentes tipos de señales biológicas.

Su desempeño es altamente preciso y sensible para la adquisición de señales biológicas débiles. Su alta precisión, sensibilidad y capacidad de auto calibración lo hacen ideal para aplicaciones de investigación médica y científica.

Además de la investigación médica y científica, el amplificador de micro registro basado en el ADS1299 tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos. La aplicación que en nuestro caso puntual es la Evaluación neurológica donde posee la función de registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) en pacientes con trastornos neurológicos como la epilepsia, la enfermedad de Alzheimer y el Parkinson. Estas mediciones son importantes para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de estas enfermedades. También puede utilizarse para realizar investigación en neurociencia: para registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) y otros tipos de señales eléctricas generadas por el cuerpo humano. Estas mediciones son importantes para entender el funcionamiento del cerebro y su relación con el

En resumen, el amplificador de micro registro basado en el ADS1299 tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos, incluyendo la monito-



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

rización del sueño, la evaluación neurológica, el control de prótesis, la investigación en neurociencia y la evaluación cardíaca. Su alta precisión y sensibilidad lo hacen ideal para la adquisición de señales biológicas débiles y su capacidad de auto calibración lo hace ideal para aplicaciones de larga duración.

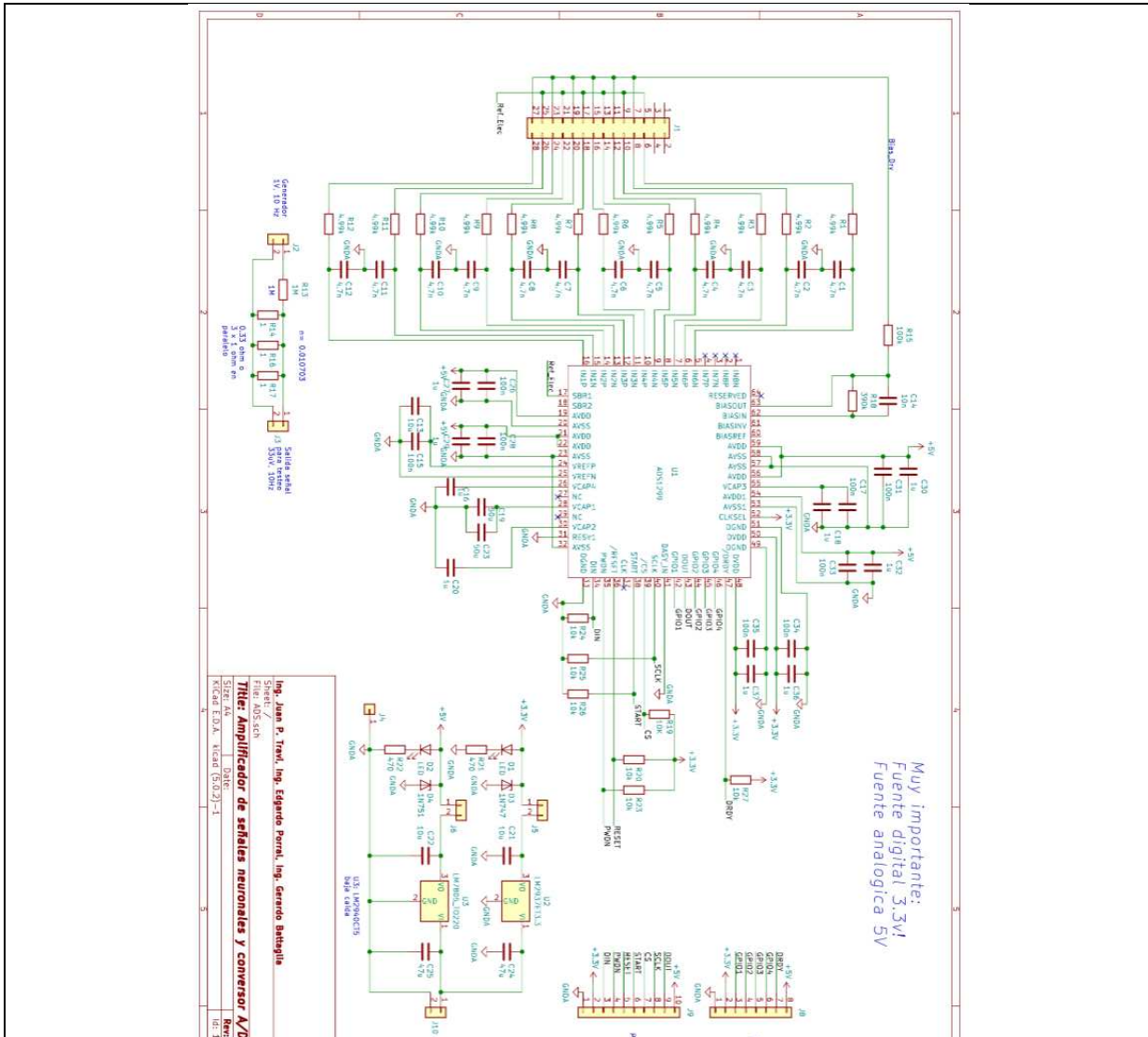
Características principales

Número de canales de entrada	8
Resolution (Bits)	24
Interface	SPI
Ruido referido a la entrada	1 μ VPP (70-Hz BW)
CMRR (Rechazo de modo común)	-110 dB
Ganancia Programable	1, 2, 4, 6, 8, 12, or 24
Alimentación Digital	3.3V
Alimentación Analogica	5V
Puerto GPIO	4
Capacidad de entrada	20pF
DC input impedance	500M Ω

Ganancia	Ancho de banda Nominal[kHz]
1	662
2	332
4	165
8	110
12	83
24	55



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019





Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

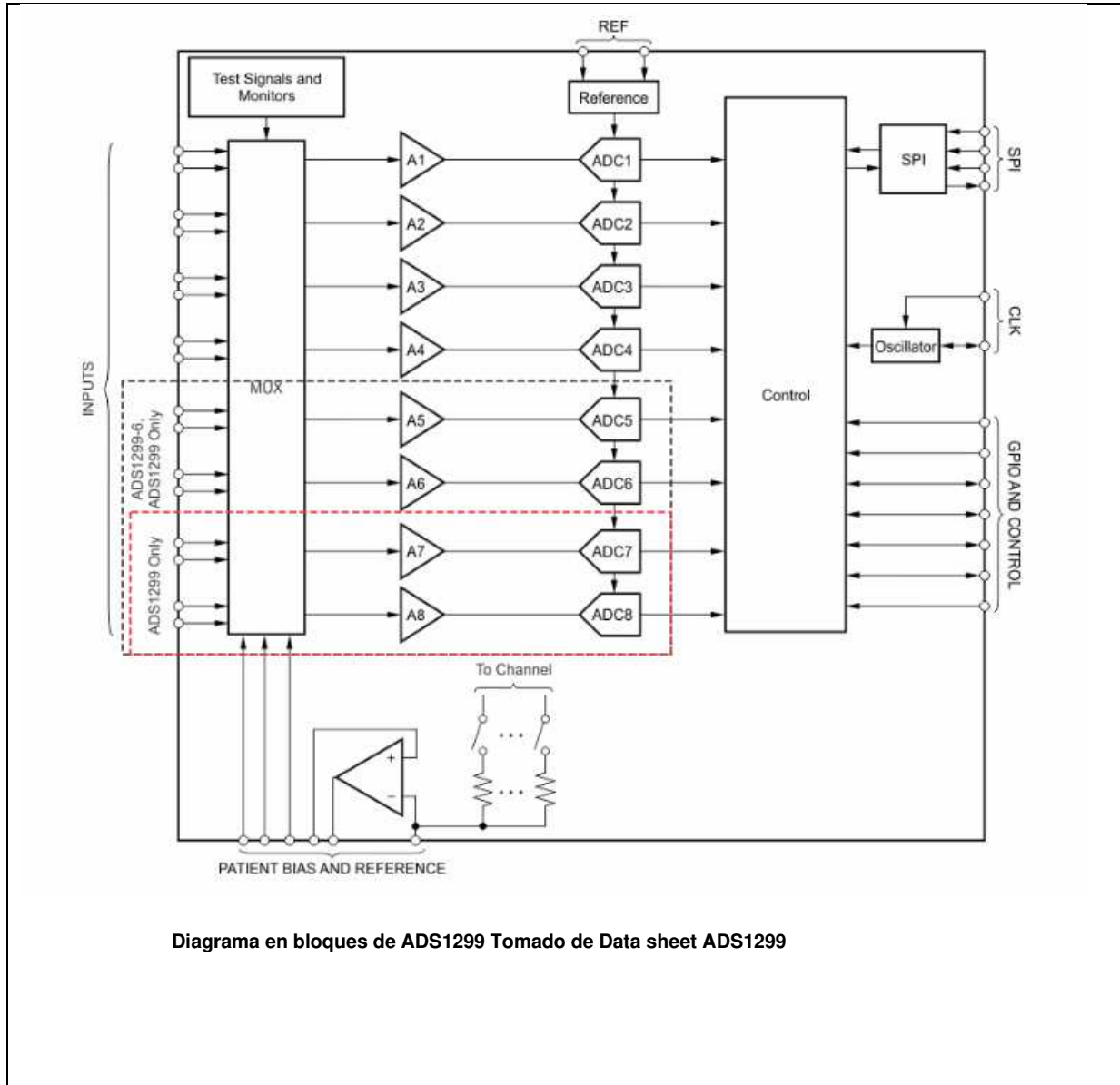


Diagrama en bloques de ADS1299 Tomado de Data sheet ADS1299

H. Cuerpo de anexos:

- Anexo I: Copia de cada uno de los trabajos mencionados en los puntos B, C y D, y certificaciones cuando corresponda.⁴
- Anexo II:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (si corresponde)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (si corresponde)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.

⁴ En caso de libros, podrá presentarse una fotocopia de la primera hoja significativa o su equivalente y el índice.



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

- FPI-035: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto.
- Anexo III: Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto (FPI 017)
- Nota justificando baja de integrantes del equipo de investigación.

Firma y aclaración del director del proyecto.

Lugar y fecha: San Justo 15 de marzo 2023.

- Presentar una copia impresa firmada del presente documento junto con los Anexos, y enviar todo en archivo PDF por correo electrónico a la Secretaría de Investigación Departamental. **Límite de entrega: 15 de marzo de 2023**



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

ANEXO II

UNLaM - SECyT

FPI-013 FOR-

MULARIO DE EVALUACIÓN DE ALUMNOS INTEGRANTES DE EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad Académica: DIIT

Código: **C2-ING-077**

Título del Proyecto: **Sistema de registro cerebral profundo**

Director del Proyecto: **Prof. Mg. Eribe, Roberto**

Programa de acreditación: CyTMA2

Fecha de inicio: 01/01/2021

Fecha de finalización: 31/12/2022

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: **Campódonico, Facundo**

DNI: 30.860.213

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Informática

Período evaluado: 01/01/2022 a 31/12/2022

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El trabajo desarrollado por el alumno evidencia un desempeño en concordancia con el logro de los objetivos planteados en el proyecto. Desarrollando una ímproba tarea.

3. Propuesta de continuidad en el proyecto (si corresponde según duración estimada)

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto:

3.2 No continuar en el presente proyecto:

Fundamentos del dictamen:

San Justo, 31/12/2022.....
Lugar y fecha

Firma del Director

Prof. ROBERTO ERIBE
Aclaración de firma



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Unidad Académica: DIIT

Código: **C2-ING-077**

Título del Proyecto: **Sistema de registro cerebral profundo**

Director del Proyecto: **Prof. Mg. Eribe, Roberto**

Programa de acreditación: CyTMA2

Fecha de inicio: 01./01./2021.

Fecha de finalización: 31/12/2022

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: **Caruso, Juan Pablo**

DNI: 30.513.994

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Informática

Período evaluado: 01/01/2022 a 31/12/2022

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El trabajo del alumno demuestra un adecuado análisis de los contenidos desarrollados. Ha desarrollado un excelente trabajo.

3. Propuesta de continuidad en el proyecto (si corresponde según duración estimada)

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto:

3.2 No continuar en el presente proyecto:

Fundamentos del dictamen:

San Justo, 31/12/2022.....

Lugar y fecha

Firma del Director

Prof. ROBERTO ERIBE

Aclaración de firma



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Unidad Académica: DIIT

Código: **C2-ING-077**

Título del Proyecto: **Sistema de registro cerebral profundo**

Director del Proyecto: **Prof. Mg. Eribe, Roberto**

Programa de acreditación: CyTMA2

Fecha de inicio:01./01./2021.

Fecha de finalización:31/12/2022

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: **Holgado, Sergio**

DNI: 29.246.646

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa:Ingeniería Informática

Período evaluado: 01/01/2022 a 31/12/2022

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El desarrollo del trabajo del alumno resulta pertinente a los objetivos del proyecto, que se le han asignado. Excelente colaborador.

3. Propuesta de continuidad en el proyecto (si corresponde según duración estimada)

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto:

3.2 No continuar en el presente proyecto:

Fundamentos del dictamen:

San Justo, 31/12/2022.....
Lugar y fecha

Firma del Director

Prof. ROBERTO ERIBE
Aclaración de firma



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Unidad Académica: DIIT

Código: **C2-ING-077**

Título del Proyecto: **Sistema de registro cerebral profundo**

Director del Proyecto: **Prof. Mg. Eribe, Roberto**

Programa de acreditación: CyTMA2

Fecha de inicio: 01./01./2021.

Fecha de finalización: 31/12/2022

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: **Vigiani, Guido**

DNI: 35.234.985

Unidad Académica: DIIT

Carrera que cursa: Ingeniería Informática

Período evaluado: 01/01/2022 a 31/12/2022

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El desempeño del alumno ha sido satisfactorio dado los conceptos analizados y las tareas desarrolladas, que se corresponden con los objetivos propuestos. Ha desarrollado un excelente trabajo.

3. Propuesta de continuidad en el proyecto (si corresponde según duración estimada)

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto:

3.2 No continuar en el presente proyecto:

Fundamentos del dictamen:

San Justo, 31/12/2022.....
Lugar y fecha

Firma del Director

Prof. ROBERTO ERIBE
Aclaración de firma

Reseña de proyecto de investigación.

Sistema de registro cerebral profundo

Deep Brain Recording System

1⁽¹⁾, Roberto Eribe 2⁽²⁾, Sergio Bonavento

⁽¹⁾Universidad Nacional de la Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

reribe@unlam.edu.ar

DESEA PUBLICAR SU E-MAIL : (SI)

⁽²⁾Universidad Nacional de la Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

sbonavento@unlam.edu.ar

DESEA PUBLICAR SU E-MAIL : (SI)

El e-journal es de un ámbito de difusión científico que publica trabajos que muestren el estado del arte y las tendencias en las áreas de la ingeniería civil, electrónica, informática, industrial, mecánica y arquitectura. Las temáticas que puede abordar son, entre otras Agentes, Sistemas Inteligentes y Robótica; Agro Ecología; Análisis de Datos; Arquitectura; Bio Ingeniería; Bio Medicina; Computación Gráfica, Visualización y Realidad Virtual; Comunicaciones de Datos; Desarrollo Sostenible; Diseño en Alto Nivel y Sistemas Empotrados; Energías Alternativas; Geología; Herramientas para la Competitividad; Ingeniería de Software; Instrumentación y Sistemas de Control; Logística; Medio Ambiente; Modelos Hidrológicos; Modelos y Simulación; Nuevos Materiales para Industria de la Construcción; Procesamiento de Señales; Procesamiento Distribuido y Paralelo; Seguridad Informática; Sistemas de Gestión de la Calidad; Sistemas Operativos; Tecnología Informática e Innovación Aplicada en Educación.

Resumen:

Este proyecto pretende desarrollar un sistema de registro cerebral profundo electrofisiológico de los ganglios basales como soporte en el tratamiento de las patologías asociadas a los desórdenes del movimiento, a fin de facilitar durante el propio acto quirúrgico, la comprensión espacial por parte de los neurocirujanos y neurólogos de la información disponible en cada caso, con el objetivo de contribuir a una correcta toma de decisiones.

El sistema estará dividido en tres bloques funcionales, a saber:

- Bloque de adquisición electrofisiológica.
- Bloque de adecuación de señal analógico/digital y adquisición de datos.
- Bloque de software de post-procesamiento y visualización de la información.

Si bien existen en la actualidad sistemas comerciales; debido a los altos costos y la poca disponibilidad de soporte técnico y la baja factibilidad de realizar mejoras o adaptaciones de los sistemas existentes, se cree necesaria la realización de una solución integral de este sistema sustituyendo importaciones e impulsando trabajos de investigación interinstitucionales. El trabajo tendrá características multidisciplinarias, y se realizará de manera cooperativa; pero cada grupo de trabajo se centrará en el desarrollo de un bloque en particular: la fundación Cenit se enfocará en dar soporte en la parte neurológica y electrofisiología, el Laboratorio de Tecnología Biomédica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda (LTB UTN FRA) se abocará al bloque de adecuación de señal en conjunto con Ingenieros de la fundación Cenit, y por último los investigadores de la UNLaM (graduados y alumnos) se encargarán del desarrollo del software post-procesamiento (generación de ondas de apoyo (V2(Dist), FFT) y visualización de la información.

Abstract:

This project aims to develop an electrophysiological deep brain recording system of the basal ganglia as support in the treatment of pathologies associated with movement disorders, in order to facilitate spatial understanding by neurosurgeons and neurologists during the surgical act itself. of the information available in each case, for decision-making with greater security.

The system will be divided into three functional blocks, namely:

- Electrophysiological acquisition block.
- Analog/digital signal adaptation block and data acquisition.
- Software block for post-processing and information visualization.

Although there are currently commercial systems due to the high costs and the low availability of technical support and the low feasibility of making improvements or adaptations of existing systems, it is believed necessary to carry out a comprehensive solution for this system, substituting imports and promoting jobs. inter-institutional research. The work will have multidisciplinary characteristics and will be carried out cooperatively, but each working group will focus on the development of a particular block: the Cenit Foundation will focus on providing support in the neurological and electrophysiology part, the Biomedical Technology Laboratory of the University Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda (LTB UTN FRA) will focus on the signal adaptation block together with Engineers from the Cenit Foundation and finally, UNLaM researchers (graduates and students) will be in charge of developing the post-processing software (generating support waveform (V2(Dist), FFT) and information display.

Palabras Clave: *Registro Cerebral Profundo, neurocirugía, electrofisiología, neurocirugía funcional, procesamiento de señales biológicas*

Key Words: *Deep brain record, neurosurgery, electrophysiology, functional neurosurgery, biological signal processing*

Colaboradores: *Battaglia Gerardo, Porral Edgardo, Travi Juan Pablo, Campódonico Facundo, Caruso Juan Pablo, Holgado Sergio, y Vigiani Guido*

I. CONTEXTO

Este proyecto corresponde al área de conocimiento de la bio tecnología, y se desarrolló durante los años 2021 y 2022.

Intervinieron tres instituciones: la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), la Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda, y la Fundación CENIT.

El proyecto tuvo como objetivo desarrollar un sistema de registro cerebral profundo electro fisiológico de los ganglios basales como soporte en el tratamiento de las patologías asociadas a los desórdenes del movimiento, a fin de facilitar durante el propio acto quirúrgico, la comprensión espacial por parte de los neurocirujanos y neurólogos de la información disponible en cada caso, para una correcta toma de decisiones.

El trabajo tuvo características multidisciplinarias, y se realizó de manera cooperativa; cada equipo de trabajo se centró en el desarrollo de un bloque en particular: la Fundación CENIT se enfocó en dar soporte en lo referente a la neurología y a la electrofisiología, el Laboratorio de Tecnología Biomédica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda (LTB UTN FRA) se abocó al desarrollo del hardware para la adecuación de la señal requerida, a fin de cumplir con los objetivos del proyecto, en conjunto con ingenieros de la Fundación CENIT, y los investigadores de la UNLaM (graduados y alumnos) se encargaron del desarrollo del software post-procesamiento (generación de

ondas de apoyo (V2(Dist), FFT) y visualización de la información.

El financiamiento del mismo estuvo a cargo de la Universidad Nacional de la Matanza en un 100%.

II. INTRODUCCIÓN

Actualmente se utilizan varios sistemas de registro electro fisiológico, mayormente en neurocirugía funcional [1], tanto en implante de DBS (deep brain stimulation) como en cirugías ablativas. Cada uno de los sistemas posee funcionalidades específicas y también otras que se comparten. El objetivo principal de todos está ampliamente estudiado y validado [2]. Tecnológicamente podemos hablar de dos tipos de registro: “Single Unit (SU)” y “Multi Unit (MU)”. Se diferencian en la cantidad de células que registran simultáneamente. Los SU se dedican al registro unitario de células pudiendo visualizar todas las características de las descargas eléctricas de las mismas. Mientras que los MU deben su diseño al registro multicelular, grupos o estructuras de células pudiendo reconocer entonces la energía descargada por ellas y además poder inferir qué tan intranuclear se encuentra la estructura registrada [3].

Durante los procedimientos quirúrgicos, la exploración suele ser abordada con cualquiera de los sistemas descritos. No obstante, se abre un capítulo aparte para los softwares de registro y grabado de dichas señales, dado que es de vital importancia la correlación, comparación y ubicación del electrodo,

en diferentes momentos del acto quirúrgico, a fin de poder identificar distintas estructuras.

Paradójicamente, son muy pocos o casi nulos los sistemas que realmente ofrecen prestaciones más versátiles y posibilidad de manejar estas dos tecnologías (SU y MU).

Dentro de las neurociencias, podemos nombrar a las patologías asociadas a la dificultad, descoordinación o descontrol de los movimientos, a éstas se las conoce como “movimientos anormales”, las cuales tienen su abordaje terapéutico farmacológico; pero en algunos casos, hay opciones quirúrgicas que pueden apoyar o complementarlas. En el caso de que el equipo tratante, opte por la terapia quirúrgica, es necesario contar con herramientas que permitan a las personas involucradas lograr identificar las áreas del SNC (Sistema Nervioso Central) a tratar para maximizar el éxito quirúrgico. En la actualidad, se encuentran en el mercado algunas opciones de difícil adquisición, tanto por costo como por representación de ventas y servicio post-venta; lo que conlleva un incremento de costos quirúrgicos sustancial. Dentro de estas podemos nombrar al NDRS (Neuro Deep Recording System) que se utiliza en el Hospital Posadas, LeadPoint (Lead Point: Medtronic) utilizado por su distribuidor, ISIS MER (ISIS MER. Inomed, Abbott) utilizado también por su distribuidor, entre otros. Cada equipo presenta características especiales y funciones que los diferencian, no obstante el estudio de estas últimas no forma parte del presente trabajo.

El desarrollo de un sistema para realizar micro registro cerebral profundo, posee bases científicas comprobadas, y está siendo utilizado actualmente por cientos de centros de salud a nivel mundial, representando una herramienta necesaria a la hora de tomar decisiones de tratamiento quirúrgicas.

III. MÉTODOS

La metodología del trabajo se dividió en tres etapas. La etapa 1, la adquisición de los electrodos, cánulas, y todos los elementos necesarios para realizar las registraciones.

La etapa 2, de adecuación, correspondiente al filtrado, amplificación y digitalización de la señal.

La etapa 3, de procesamiento, que tiene como objetivo el desarrollo y puesta en marcha del software.

Como se podrá observar las etapas dos y tres fueron las más complejas dado que hubo que llevar adelante el diseño del hardware y del software.

A Desarrollo del Software

El equipo de desarrollo ha tenido la posibilidad de participar en una cirugía a cerebro abierto realizada por el equipo médico especialista en este tema. La asistencia a la segunda cirugía lamentablemente no se pudo hacer dado la falta de parámetros estables del paciente: así nos lo hizo saber el equipo médico. De todas formas se pudo conocer el procedimiento quirúrgico en forma exhaustiva y se vio el funcionamiento del software que actualmente se utiliza en la clínica para la realización de este tipo de intervenciones.

Como conclusión, se encontró un software poco estable, de tecnología obsoleta ya casi fuera de uso y

con poca posibilidad de realizar cambios para su mejora.

Tras esta interesante experiencia, el equipo de desarrollo, definió en conjunto con el equipo médico de la entidad involucrada, una serie de datos que se consideraron necesarios e imprescindibles en cada intervención quirúrgica. Esto permitió encuadrar perfectamente los alcances del sistema.

Una vez obtenido ese conjunto de datos, se procedió a crear la base de datos relacional, que cumple estrictamente con las características requeridas por el sistema.

Además se pudo observar como en cada punto del cerebro se genera una diferencia de potencial que varía según la posición de ubicación del objeto de medición y esta magnitud se ubica en tres ejes para finalmente tomar con estos datos la determinación de la implantación, o no, de un electrodo.

Cabe destacar, que no ha sido en ningún momento el objetivo de este desarrollo, el suplantar al profesional, sino darle respaldo al mismo con datos e información para la mejora en la toma de decisiones.

En cuanto al desarrollo del software propiamente dicho se ha utilizado el framework Electrón, debido a que el mismo facilita la utilización de Javascript y NodeJs que conforman una tecnología de la cual el equipo de desarrollo posee una gran experiencia y además cuenta con una amplia variedad de documentación y bondades en su uso. La base de datos utilizada, es de versión gratuita, MySQL (8.0).

Para simular la señal que finalmente se debe adquirir desde la parte de hardware, se utilizó un vector

que ha sido generado con posiciones aleatorias y un valor de señal; con el fin de conformar las ondas de prueba.

B Desarrollo del Hardware

Durante el proyecto se diseñó y desarrolló un amplificador de micro registro basado en el circuito integrado de Analogdevice ADS1299.

El ADS1299 es un circuito integrado de amplificación de instrumentación de alta precisión diseñado específicamente para aplicaciones de registro de señales biológicas, como electroencefalografía (EEG), electrocardiografía (ECG) y electromiografía (EMG). Un amplificador de micro registro basado en el ADS1299 ofrece una alta precisión y sensibilidad para capturar señales eléctricas de baja amplitud en el cuerpo humano.

El amplificador de micro registro desarrollado consta de múltiples canales de entrada que pueden amplificar y digitalizar señales biológicas débiles con una resolución de 24 bits. Estos canales están diseñados con entradas de alta impedancia que reducen el ruido eléctrico y aumentan la sensibilidad de las mediciones. Además, el circuito integrado también tiene la capacidad de eliminar el ruido de la línea de alimentación y el ruido electromagnético, lo que garantiza mediciones más precisas y estables. También cuenta con un sistema de auto calibración que garantiza la estabilidad y la precisión a largo plazo de las mediciones. El circuito integrado también tiene la capacidad de configurarse para realizar mediciones en diferentes rangos de frecuencia y

amplitud, lo que lo hace altamente adaptable a diferentes tipos de señales biológicas.

Su desempeño es altamente preciso y sensible para la adquisición de señales biológicas débiles. Su alta precisión, sensibilidad y capacidad de auto calibración lo hacen ideal para aplicaciones de investigación médica y científica.

Además de la investigación médica y científica, el amplificador de micro registro basado en el ADS1299 tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos. La aplicación que en nuestro caso puntual es la Evaluación neurológica donde posee la función de registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) en pacientes con trastornos neurológicos como la epilepsia, la enfermedad de Alzheimer y el Parkinson. Estas mediciones son importantes para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de estas enfermedades. También puede utilizarse para realizar investigación en neurociencia: para registrar la actividad eléctrica del cerebro (EEG) y otros tipos de señales eléctricas generadas por el cuerpo humano.

En resumen, el amplificador de micro registro basado en el ADS1299 tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos, incluyendo la monitorización del sueño, la evaluación neurológica, el control de prótesis, la investigación en neurociencia y la evaluación cardíaca. Su alta precisión y sensibilidad lo hacen ideal para la adquisición de señales biológicas débiles y su capacidad de auto calibración lo hace ideal para aplicaciones de larga duración.

IV. RESULTADOS Y OBJETIVOS

Con respecto a los resultados y objetivos podemos decir que se han alcanzado en su total magnitud, en relación al planeamiento de los mismos. En síntesis, pese a las limitaciones e inconvenientes presentados por el fenómeno de la pandemia, se ha podido desarrollar un sistema sólido y escalable, tanto en lo referente al software como al hardware.

Si bien se han realizado los primeros testing con óptimos resultados, para alcanzar la etapa productiva aún queda un largo camino por recorrer, sobre todo en buscar un modelo de simulación que permita desarrollar los testing a un nivel real, tal como sucede dentro del acto quirúrgico.

Los trabajos futuros estarán orientados al desarrollo de las pruebas del sistema y a conseguir las certificaciones necesarias para poner al producto desarrollado en producción.

V. CONCLUSIONES

A fin de realizar una validación del modelo, podemos decir que se trabajó en forma consistente a lo largo de todo el trabajo. Tanto en la documentación de los procedimientos y pasos seguidos para el desarrollo del software y hardware, y que luego se usaron como evidencia de la fiabilidad de los resultados, así como la precisión y confiabilidad de los mismos se basaron en la triangulación y convergencia entre las diferentes fuentes de obtención de datos y las múltiples perspectivas de los participantes.

Por otra parte también fue unánime la visión por parte del equipo de investigadores que es necesario ver el modelo en una etapa más avanzada respecto a los niveles de testing y sus resultados, y contar con el prototipo inicial mas testado para evaluar el funcionamiento en forma más operativa y dar una opinión definitiva, antes de salir a producción.

De todas maneras se coincidió con el equipo de trabajo que las tareas por realizar para poner en funcionamiento el producto a nivel productivo será de un volumen de trabajo importante tanto desde el punto de vista del desarrollo como de la implementación.

El cuestionamiento inicial de este trabajo se centró en que era posible desarrollar un sistema de registro cerebral profundo por medio de micro electrodos (NDRS Neurosurgical Deep Recording System) de fabricación nacional con el fin de abaratar costos, mejorar el soporte técnico a fin de sustituir importaciones, generando así un producto de alto valor agregado en tecnologías convergentes médicas, biomédicas e informáticas

Los estudios, análisis y tareas realizadas permiten concluir, qué es totalmente factible la realización del producto y ponerlo en producción, en tanto se consigan los recursos humanos, de tiempo y dineros para llevarlo adelante.

Es la idea de este grupo de investigación, de ser factible la continuidad del mismo en un primer momento darle un alcance nacional, pero no se descarta que una vez afianzado pasemos al plano internacional.

VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lozano CS, Ranjan M, Boutet A, Xu DS, Kucharczyk W, Fasano A, Lozano AM. *Imagingalone versus micro electrode recording-guided targeting of the STN in patients with Parkinson's disease. J Neurosurg.* 2018 Jul 1:1-6. doi: 10.3171/2018.2.JNS172186. Epubahead of print. PMID: 30074454.
- [2] F.A. Zeiler, M. Wilkinson, J.P. Krcek *Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation: An Invaluable Role for MER*
- [3] *Priori A, Egidi M, Pesenti A, Rohr M, Rampini P, Locatelli M, et al. Do intraoperative micro recordings improve subthalamic nucle ustar geting in stereo tactic neuro surgery for Parkinson's disease J Neurosurg Sci 2003; 47(1):56-60.*



Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	03/9/2019

Recibido: A completar por el Editor. Formato: AAAA-MM-DD

Aprobado: A completar por el Editor. Formato: AAAA-MM-DD

Hipervínculo Permanente: A completar por el Editor

Datos de edición: Vol. [A completar por el Editor]-Nro. [A completar por el Editor]-Art. [A completar por el Editor]

Fecha de edición: Formato: AAAA-MM-DD



Revista Digital DIIT

Para: ROBERTO ERIBE



Lun 27/3/2023 16:55

Estimado autor, hemos recibido su artículo "Sistema de registro cerebral profundo" y se ha iniciado el proceso de evaluación.

Le informaremos las novedades conforme avancen las etapas de dicho proceso.

Saludos cordiales,

Equipo Editorial

ReDDI E-Journal

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Universidad Nacional de La Matanza

Buenos Aires, Argentina



Piense si es necesario imprimir este correo.

Todos somos responsables por el cuidado del medio ambiente