

ESTADO DE AVANCE DE TESIS (MIB)

NOMBRES Y APELLIDOS DEL MAESTRANDO.

Jeremías Adrián García Cabrera

Ingeniero en Electrónica – Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura –
Universidad Nacional del Nordeste – Corrientes Capital – Argentina

DIRECTOR PROPUESTO E INSTITUCIÓN A LA QUE PERTENECE.

Eduardo Filomena

Magíster en Ingeniería Biomédica

Centro de Ingeniería en Rehabilitación e Investigaciones Neuromusculares y
Sensoriales – CIRINS

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)

CO-DIRECTOR PROPUESTO E INSTITUCIÓN A LA QUE PERTENECE.

Jorge Emilio Monzón

Doctor en Ingeniería

Profesor Titular y Director del Grupo de Ingeniería Biomédica del Dpto. de
Ingeniería

Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del
Nordeste

TÍTULO DEL TEMA DE TESIS.

Diseño de sistema háptico para realimentación táctil no invasiva en
prótesis de miembro superior (*Anteproyecto aprobado por Res. 11243/21 D*).

SINTESIS DEL DOCUMENTO.

A continuación se presentará sintéticamente el estado de avance del
proyecto de tesis, planteado desde dos aspectos. Primeramente se listan los
objetivos específicos del Anteproyecto aprobado, discriminados entre los
cumplidos hasta el momento y los pendientes. En segunda instancia se
presentará el cronograma original (que figura en el anteproyecto aprobado),
individualizados con distintos colores las actividades cumplimentadas total o
parcialmente (con verde) y las pendientes (color original). Finalmente se presenta
una propuesta de cronograma para la concreción de las tareas pendientes para
la finalización del proyecto de Tesis.

OBJETIVOS PLANTEADOS DEL PROYECTO.

GENERAL: Diseñar un sistema que permita generar una realimentación táctil efectiva, de manera no invasiva, aplicable a prótesis de miembro superior.

ESPECÍFICOS CUMPLIDOS:

- Analizar la sensación táctil más adecuada para un funcionamiento típico de una prótesis de miembro superior.
- Determinar el tipo de mecanorreceptor relacionado con la sensación táctil pretendida y determinar los parámetros necesarios para la electroestimulación.
- Explorar las distintas topologías circuitales de dispositivos de electroestimulación funcional a fin de determinar el diseño más adecuado para el prototipo de prueba.
- Estudiar los sensores más propicios para la detección de contacto con un objetivo físico, a fin de tomarlo como disparador de la señal de electroestimulación.
- Diseñar el hardware electrónico adecuado para la adquisición y procesamiento de la señal del sensor de contacto y posterior interacción con el circuito de electroestimulación para la generación del estímulo táctil sobre el miembro residual, en función de la información del sensor.

ESPECÍFICOS PENDIENTES:

- Ensayar el prototipo de dispositivo de electroestimulador a fin de analizar los límites de valores tensión y corriente adecuados y las formas de onda más efectivas según los antecedentes.
- Establecer los criterios para los grupos de control y experimental para las pruebas de electroestimulación táctil, con el objeto de determinar los umbrales necesarios para la generación de sensación táctil en miembro superior para amputaciones del tipo transradial y transhumeral.

SINTESIS DE ACTIVIDADES PENDIENTES.

En relación a los objetivos, cumplidos y pendientes, detallados precedentemente y las tareas que se encuentran en proceso, las actividades previstas son las siguientes:

- Finalizar los ensayos de la fuente de alimentación partida de alta tensión ($\pm 160\text{V}$), implementada con un SG3525 en topología Full-Bridge. La misma se encuentra funcional con un transformador de baja frecuencia con núcleo de hierro, y se prevé el reemplazo por uno de ferrite. Una vez instalado el nuevo transformador, se relevarán las curvas de regulación y se concluirá el diseño de PCB, el cual se encuentra elaborado en un 75%.

- Finalizada la fuente de alimentación, la misma se incorporará al circuito de electroestimulación, el cual se encuentra funcional y su PCB diseñado en un 100%. Luego de ésta prueba conjunta de ambos bloques, se realizarán los ajustes que resulten necesarios y se procederá a la fabricación de ambos PCB mediante tecnología CNC de dos capas.
- Con los dos bloques funcionales y montados en un gabinete, se realizará la calibración de la interfaz gráfica en corriente y se relevará la curva de respuesta del electroestimulador con cargas de prueba en el rango de 50k Ω a 120k Ω .
- Con el prototipo calibrado, se abordará la etapa de determinación de umbrales de sensibilidad para la región correspondiente a amputación transradial y transhumeral en un grupo de control (no amputados) y un grupo experimental (amputados), para el cual se deberán conformar los mismos, previa autorización de protocolo de pruebas por parte de Comité de Ética de la institución.
- Con los datos relevados se llevará adelante el procesamiento adecuado para la determinación de los umbrales promedio en las regiones de piel evaluadas. El sistema actualmente cuenta con un sensor FSR, ya relevado, para la operación como detector de contacto y disparador de la acción estimuladora, a los fines de su implementación en una prótesis de miembro superior.
- Con los resultados del trabajo, se finalizará el documento de Tesis para ser presentado ante las autoridades de la Facultad, según lo establezcan las reglamentaciones vigentes y las instrucciones de las autoridades de la carrera.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PENDIENTES.

A continuación, en el Cuadro 1 se presenta el cronograma original, obrante en el Anteproyecto aprobado, en el cual las tareas resaltadas con color verde son las que ya se has realizado y las que conservan el color original son las pendientes:

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Revisión bibliográfica y estado del arte												
Estudio y caracterización de los mecanorreceptores y su distribución superficial												
Determinación de los parámetros de las señales de electroestimulación												
Estudio y selección del hardware electrónico adecuado para el sensado de contacto y presión y, la generación de las señales de electroestimulación												
Redacción del documento de tesis												

Cuadro 1: Cronograma original del anteproyecto con tareas realizadas y pendientes.

En función de lo detallado precedentemente, y luego de haber transitado una parte del desarrollo del proyecto, en el Cuadro 2 se presenta la propuesta de cronograma, con una extensión de 6 meses para la finalización de la tesis. Las actividades aquí planteadas, difieren de las del cronograma original dado que fueron redactadas en relación a las tareas que quedan pendientes:

Actividades	2023			2024		
	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
Estudio y caracterización de la densidad superficial de mecanorreceptores en la piel.						
Fabricación y montaje de PCB para el prototipo funcional de electroestimulador (control y fuente).						
Relevamiento de respuesta y calibración del electroestimulador con cargas de prueba.						
Pruebas con grupo de control para determinación de características de estimulación en mecanorreceptores del antebrazo.						
Generación y organización de Repositorio del proyecto.						
Redacción del documento de tesis.						

Cuadro 2: Cronograma propuesto para la finalización de la tesis.



Ing. Jeremías Adrián GARCIA CABRERA

DNI: 32.313.431

Maestrando de la MIB – FI-UNER

Anteproyecto 11.243/21 D