

Diseño y demostración de un sistema de registro de potenciales evocados auditivos de bajo coste basado en electrónica de consumo: aplicación para divulgación de conceptos audiológicos en colegios y museos de ciencia

Angel de la Torre Vega^{1,2}, Isaac Manuel Álvarez Ruiz^{1,2}, Juan Antonio Muñoz Orellana³, Juan Martín-Lagos Martínez⁴, José Luis Vargas Fernández⁴

(¹)Dpto. Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada, (²)CITIC Universidad de Granada, (³)OTRI, Universidad de Granada, (⁴)Servicio de Otorrinolaringología, Hospital Clínico Universitario S. Cecilio, Granada, España.
Contacto: A. de la Torre (atv@ugr.es)

Introducción

Dificultades para registrar potenciales evocados auditivos:

- Baja amplitud de la respuesta (aprox. 1 microvoltio)
- Ruido, especialmente interferencia de la red de potencia (PLI)

Solución convencional:

- Preamplificador avanzado (para reducir PLI; caro):
 - Con subcircuito “common-mode sense” y/o subcircuito “driven-right-leg” (o “common-mode feedback”)
- Registro en sala apantallada (para reducir PLI; caro)
- Evitar consumo elevado en entorno de registro (por PLI; caro)
- Impedancia de electrodos balanceada (por PLI; requiere tiempo)
- Promediación de muchas respuestas (requiere tiempo)

Nuestras necesidades para investigación y divulgación:

- Sistema de registro sin hardware específico
- Sistema barato, basado en electrónica de consumo
- Que permita configuración flexible
- Respuestas de calidad sin sala apantallada
- Preparación fácil del sujeto explorado (impedancias)

Principal barrera:

- Interferencia de la red eléctrica de potencia (PLI)
 - 50/60 Hz, cuasi-periódica
 - Presente en varias frecuencias (armónicos)

Nuestra solución:

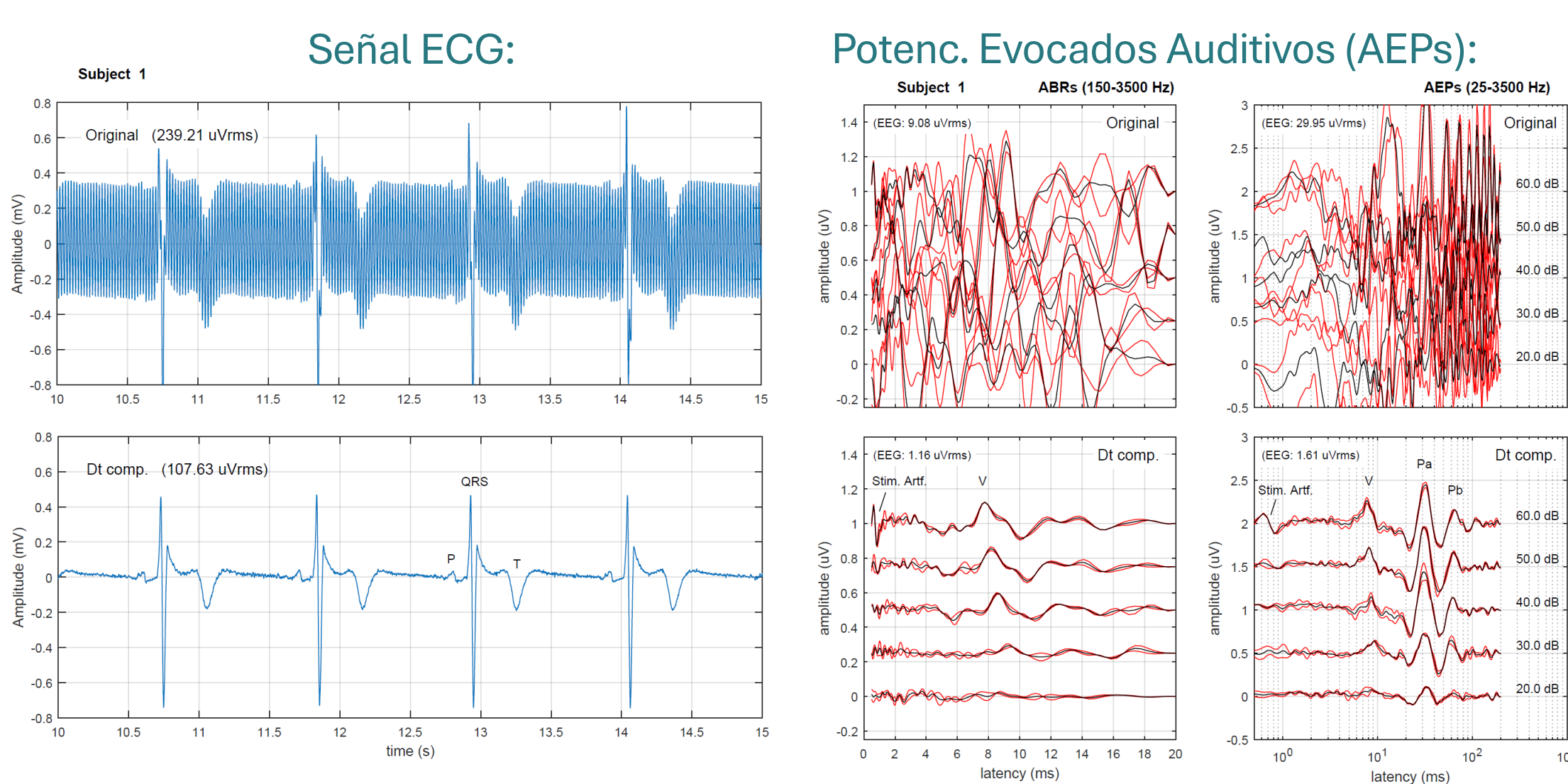
- Algoritmo específico para reducir interferencia PLI (permitiendo preamplificador simple)
- Preamplificador y resto de hardware basado en electrónica de consumo (de audio):
 - Preamplificador de micrófono (unos 80 €)
 - Interfaz de audio (desde 100 €)
- Se cubren las necesidades identificadas

Aplicaciones:

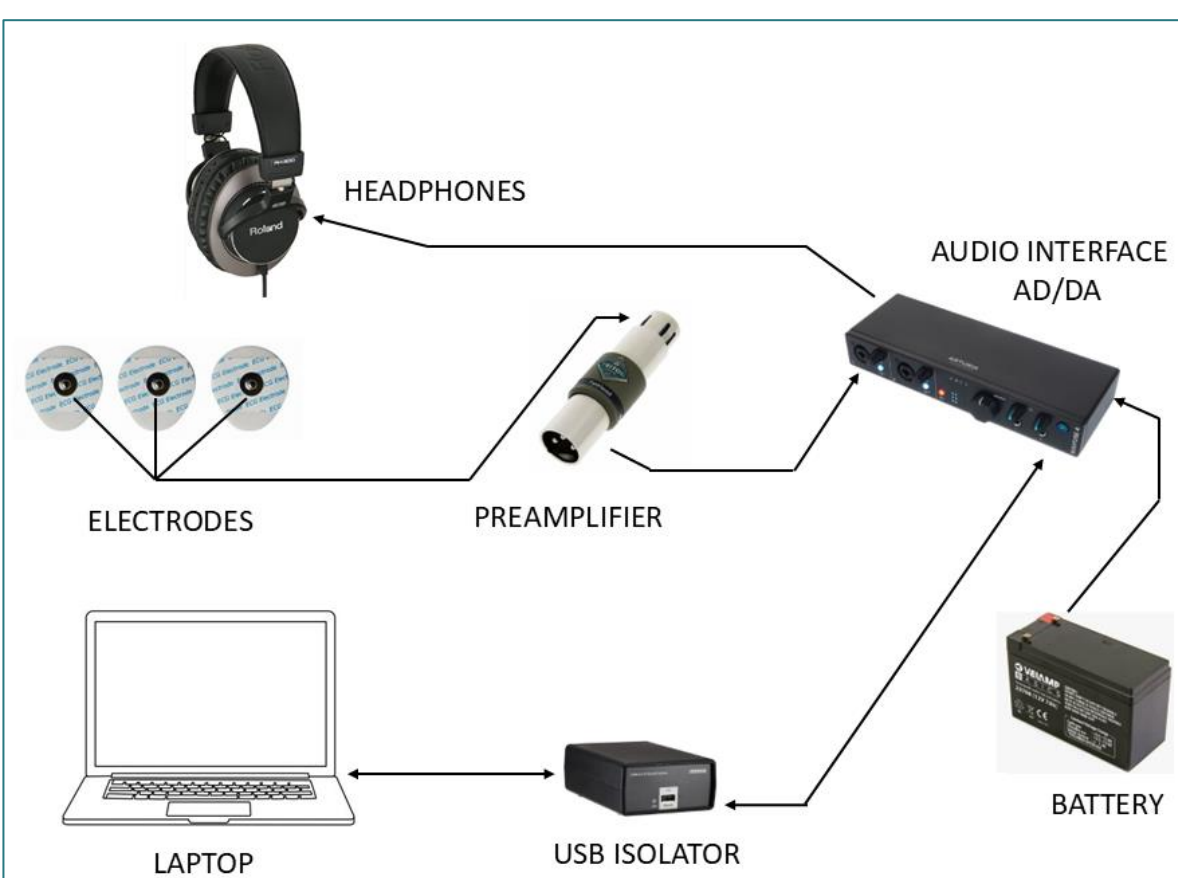
- Investigación: facilidad diseño experimental
- Divulgación: facilidad de uso, permite experimentos en colegios y museos de ciencia

Materiales y métodos

Algoritmo de reducción del PLI (pat. application EP25166854.7)



Equipo registro de biopotenciales



Versiónes del taller adaptadas a colegios, institutos, estudios universitarios y museos de ciencia

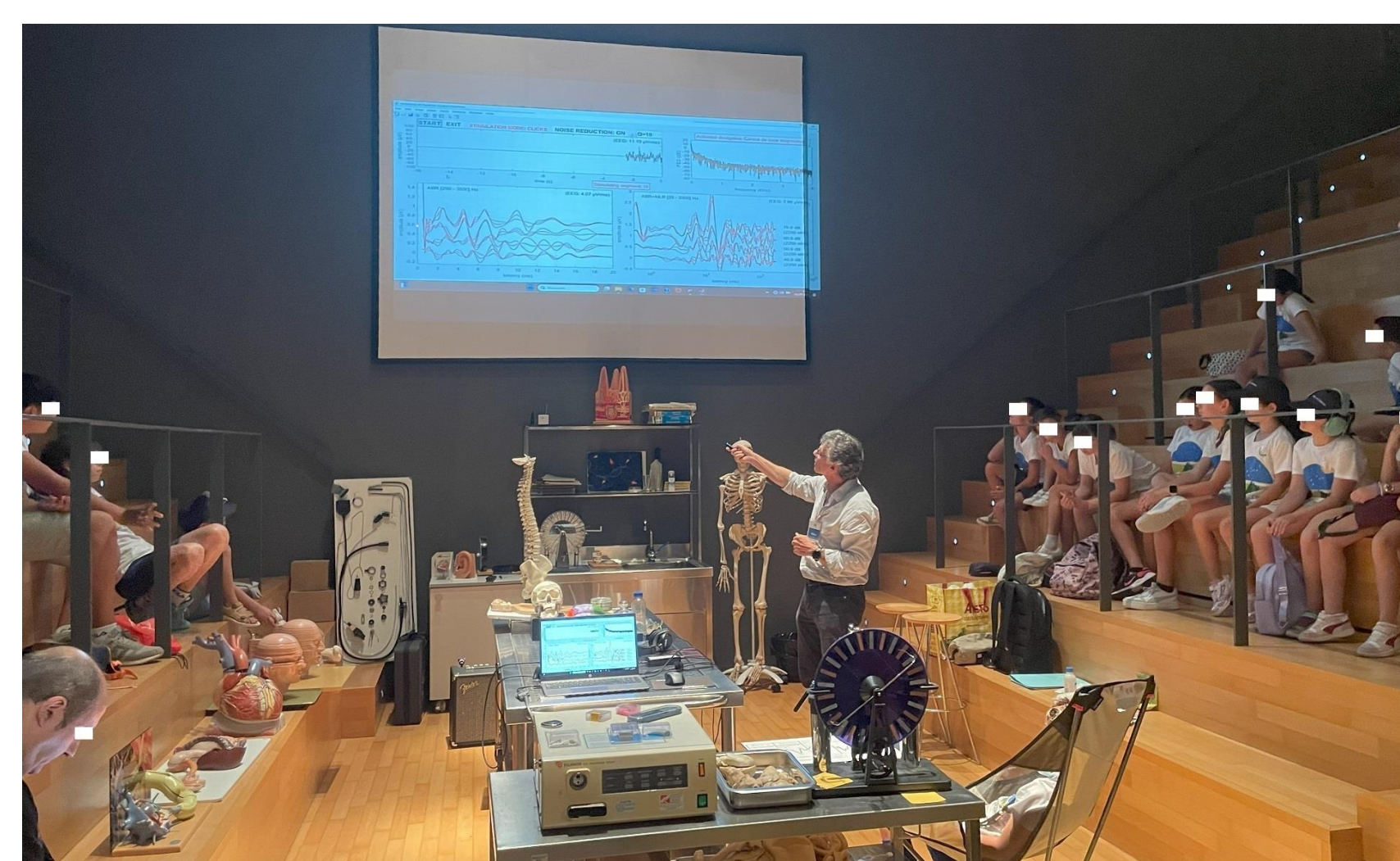
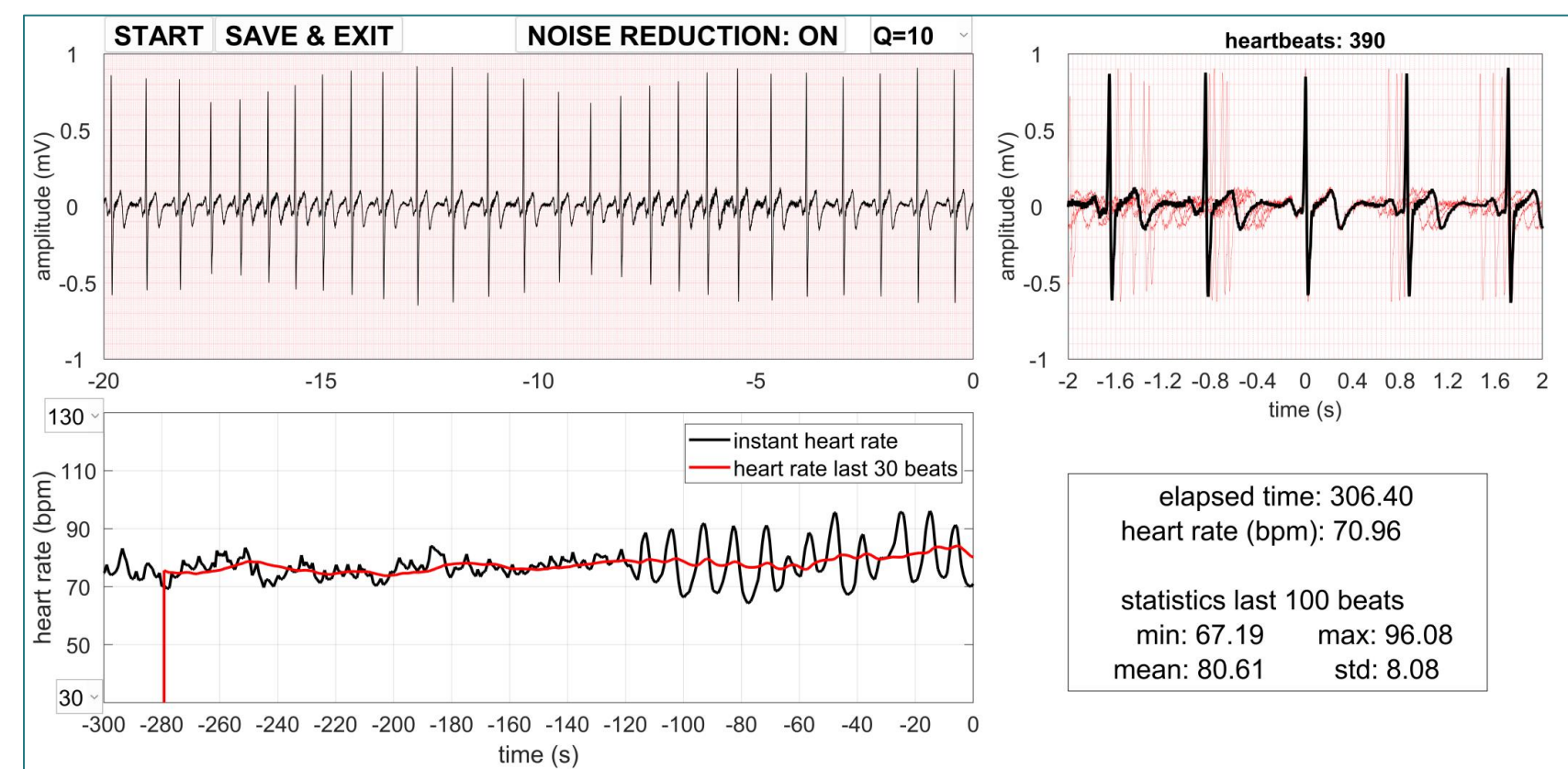
Taller divulgativo:

- “Mi cuerpo eléctrico”
- Conceptos de neuro-fisiología y mio-fisiología, cardiología, audiología
- Experimentos:
 - Ruido miogénico
 - Registros ECG
 - Registros AEPs convencionales (clicks)
 - Registros AEPs con fonemas sintéticos

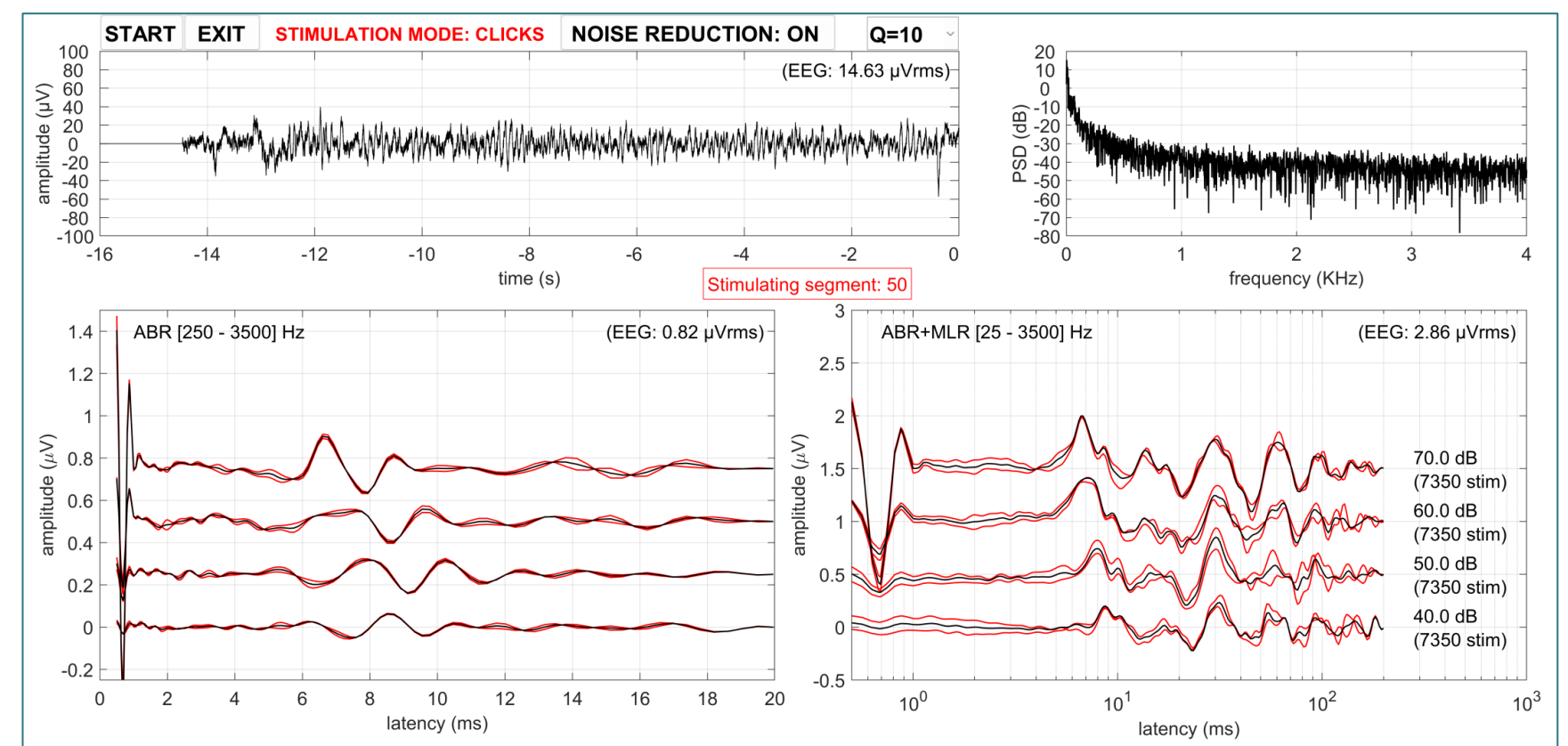
Resultados

- Sistema calibrado con AEPs para 5 sujetos
- Registros presentados en tiempo real
- El ECG se muestra y analiza en tiempo real
- Los AEPs se actualizan cada 15 segundos
- En talleres, AEPs de calidad en 5 minutos con voluntarios sin experiencia

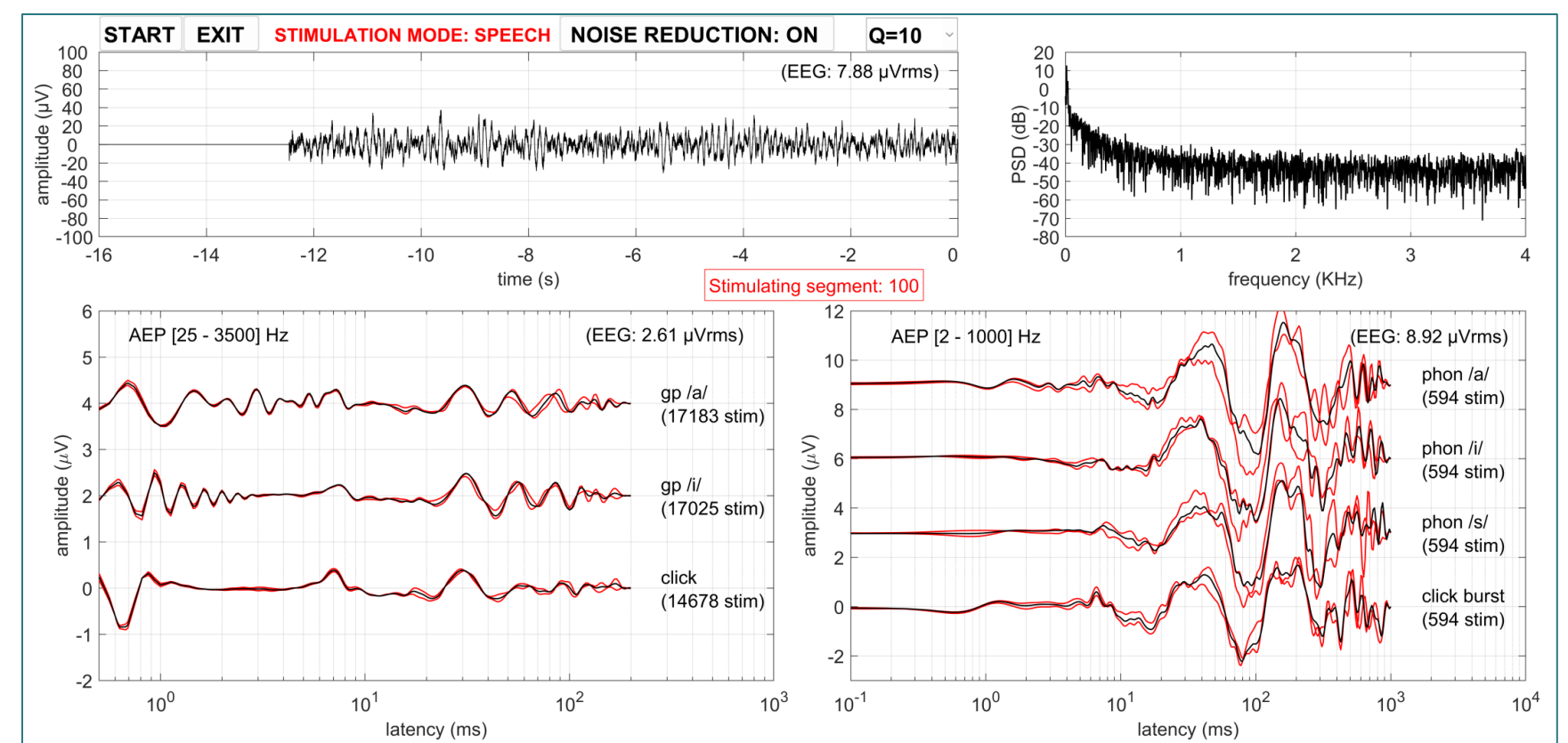
Pantalla taller: registro ECG



Pantalla taller: registro AEPs usando clicks



Pantalla taller : registro AEPs usando fonemas sintéticos



Talleres realizados (en primavera-verano 2025):

- Educación primaria: 3 talleres
- Educación secundaria: 3 talleres
- Universidad: 1 taller (ing. Telecom.)
- Interés en varias titulaciones universitarias
- Parque de las Ciencias de Andalucía (Granada):
 - Taller en “Verano con Ciencia”: 8 talleres
 - Posible taller estable a partir de septiembre

Conclusiones

Sistema de registro:

- Algoritmo de reducción de interferencia PLI muy eficiente
- Sistema de registro de biopotenciales flexible, robusto y de bajo coste, basado en electrónica de consumo
- Buena calidad de biopotenciales, permite diseño experimental flexible, fácil de configurar y usar
- Apropiado para investigación, para educación y para divulgación

Experiencia con talleres divulgativos:

- El taller ha atraído el interés de la comunidad educativa en distintos niveles (ed. primaria, secundaria, universitaria)
- El taller es muy interesante para el Parque de las Ciencias de Andalucía:
 - Implementación en la actividad “Verano con Ciencia” (campamento de verano con talleres de ciencia)
 - Taller conducido por monitores del museo de ciencia
 - Actividades futuras: adaptación del taller para actividades de “ciencia itinerante”; taller permanente; exportación para otros museos de ciencia

Importancia para comunidad ORL / Audiología:

- Investigación:** disponibilidad de un equipo de registro de potenciales evocados auditivos de calidad, de bajo coste y de gran flexibilidad en diseño experimental y configuración
- Educación y divulgación:** el taller abre una ventana muy interesante para el acercamiento de la audiología experimental a los entornos educativos y a la sociedad en general

Referencias:

- de la Torre, A., Álvarez, I.M., Muñoz-Orellana, J.A.: “An improved procedure for reduction of quasi-periodic interferences”. European Application EP25166854.7, ESP202430935 (patent under evaluation, filing date 12-Nov- 2024).
- de la Torre, A., Álvarez, I.M., Muñoz-Orellana, J.A.: “A phase-demodulation based time drift compensation for the reduction of the 50/60 Hz power line interference in biopotentials”. Submitted to Biomedical Signal Processing and Control, 29-May-2025 (under revision).

Investigación financiada por el Gobierno de España y por la Junta de Andalucía a través de los proyectos “Speech-AEPs” (PID2020-119073GB-I00) y “Early-HHL-D” (P21.00152), respectivamente.

Proyecto PID2020-119073GB-I00
financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033



Proyecto P21.00152



Jornada sobre Ingeniería de Telecomunicación en la ETSIT

Esta actividad es parte del proyecto I+D+i TSI-063000-2021-33, financiado por el Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública y la Unión Europea-Plan de Recuperación de la UE como entidades financiadoras, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



UNIVERSIDAD
DE GRANADA