

# ALGORITMO ADAPTATIVO BASADO EN EMG PARA EL CONTROL PRECISO DE FUERZA EN BRAZOS ROBÓTICOS

Juan Vorobioff <sup>ab</sup>, Martin Vainer <sup>a</sup>, Magdalena C. Noé <sup>a</sup>, Nahuel Orlando <sup>a</sup>, Marco H. Maida Capalbo <sup>a</sup>, Kirsten Hergenreder Susuki <sup>a</sup> y Dino A. Filipussi <sup>abc</sup>

<sup>a</sup>Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

<sup>b</sup>Instituto de Nanociencia y Nanotecnología CNEA - CONICET, Nodo Constituyentes, Av. Gral. Paz 1499, B1650KNA San Martin, Prov. Buenos Aires, Argentina.

<sup>c</sup>ICES, Centro Atómico Constituyentes, CNEA, ARGENTINA

e-mail: [jvorobioff@gmail.com](mailto:jvorobioff@gmail.com)

## Introducción y Metodología

El control preciso de brazos robóticos mediante señales de electromiografía de superficie (EMG) tiene importantes implicaciones para aplicaciones en prótesis, rehabilitación y automatización industrial. Sin embargo, el ruido y la variabilidad inherentes a las señales EMG plantean desafíos para la estimación precisa de la fuerza.

Este estudio presenta un algoritmo adaptativo que combina técnicas avanzadas de filtrado y modelos de aprendizaje automático para mejorar la fiabilidad y precisión del control de fuerza en sistemas robóticos.

## Resultados y Conclusiones

Los datos de EMG se recopilaron mediante un sistema Biopac, y se diseñaron experimentos para analizar la generación de fuerza y la fatiga en brazos dominantes y no dominantes en diversas condiciones. El preprocesamiento de la señal incluyó pasos de filtrado, rectificación y normalización para mejorar la calidad de la señal. Se emplearon métodos de filtrado adaptativo como LMS (Mínimos Cuadrados Medios), RLS (Mínimos Cuadrados Recursivos), filtrado de Kalman y eliminación de ruido wavelet para refinar las señales. Además, se entrenó una red neuronal de memoria a largo plazo (LSTM) para predecir las salidas de fuerza. El análisis comparativo demostró que el modelo LSTM superó a los métodos tradicionales, logrando la mayor precisión y las métricas de error más bajas. Estos hallazgos subrayan el potencial de integrar el procesamiento avanzado de señales y el aprendizaje automático para el control de brazos robóticos en tiempo real. Las futuras investigaciones se centrarán en optimizar la eficiencia computacional y explorar enfoques híbridos para mejorar aún más el rendimiento.

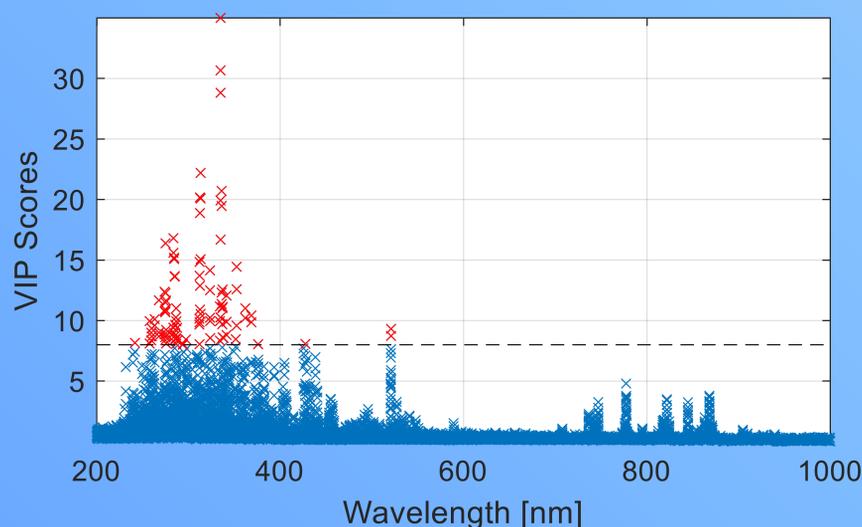


Figura 1 – a) Selección de variables

Method	Correlation (Mean ± SD)	RMSE (Mean ± SD)	MAE (Mean ± SD)	R <sup>2</sup> (Mean ± SD)	Time (s)
Original	0.420 ± 0.005	26.979 ± 0.088	24.385 ± 0.106	-4.414 ± 0.061	0
Filtered	0.926 ± 0.004	26.980 ± 0.088	24.385 ± 0.106	-4.414 ± 0.061	0.005
Wavelet	0.906 ± 0.004	26.996 ± 0.088	24.403 ± 0.106	-4.421 ± 0.061	0.004
LMS	0.986 ± 0.001	1.936 ± 0.048	0.896 ± 0.045	0.972 ± 0.002	0.112
NLMS	0.976 ± 0.003	2.525 ± 0.166	1.619 ± 0.152	0.952 ± 0.006	0.098
RLS	0.913 ± 0.010	4.775 ± 0.264	3.318 ± 0.091	0.830 ± 0.019	0.915
AFF-RLS	0.994 ± 0.000	1.249 ± 0.030	0.499 ± 0.005	0.988 ± 0.001	52.973
Kalman	0.911 ± 0.003	26.981 ± 0.088	24.385 ± 0.106	-4.415 ± 0.061	0.008
LSTM	0.918 ± 0.009	4.660 ± 0.276	3.479 ± 0.220	0.837 ± 0.019	1911

Figura 1 – b) Resultados para diferentes métodos con sus correspondientes métricas (Correlation, RMSE, MAE, R<sup>2</sup>), junto a sus desviación estándar

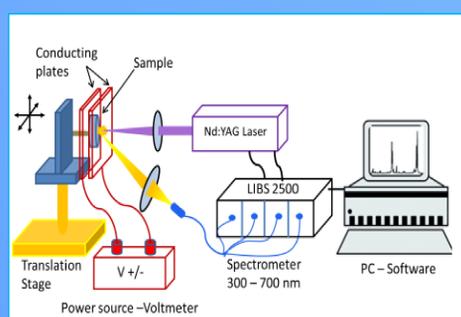


Fig.2 – Experimental Setup

Micro & Nano  
Technology  
Department –  
CAC- CNEA

### References

- [1] Kepes, E.; Vrabel, J.; Pořízka, P. test\_dataset.csv, 2022.
- [2] Fayyaz A., Asghar H., Alshehri A.M., Alrebdi T. A., LIBS assisted PCA analysis of multiple rare-earth elements (La, Ce, Nd, Sm, and Yb) in phosphorite deposits, Heliyon, Volume 9, Issue 3, 2023, e13957, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13957>.