

Predicción del valor de ICP en pacientes pediátricos en cuidados neurocríticos usando modelos LSTM y FCNN

ROBERTO MARIN
LUIS BARRETO
ARELI SÁNCHEZ
GIANFRANCO FERIA

PROBLEMÁTICA



ENFERMEDADES NEUROLÓGICAS

CONDICIONES NEUROLÓGICAS PROVOCAN EXPANSIÓN DE UN COMPARTIMENTO INTRACRANEAL, ESTA EXPANSIÓN ELEVA LA PRESIÓN INTRACRANEAL

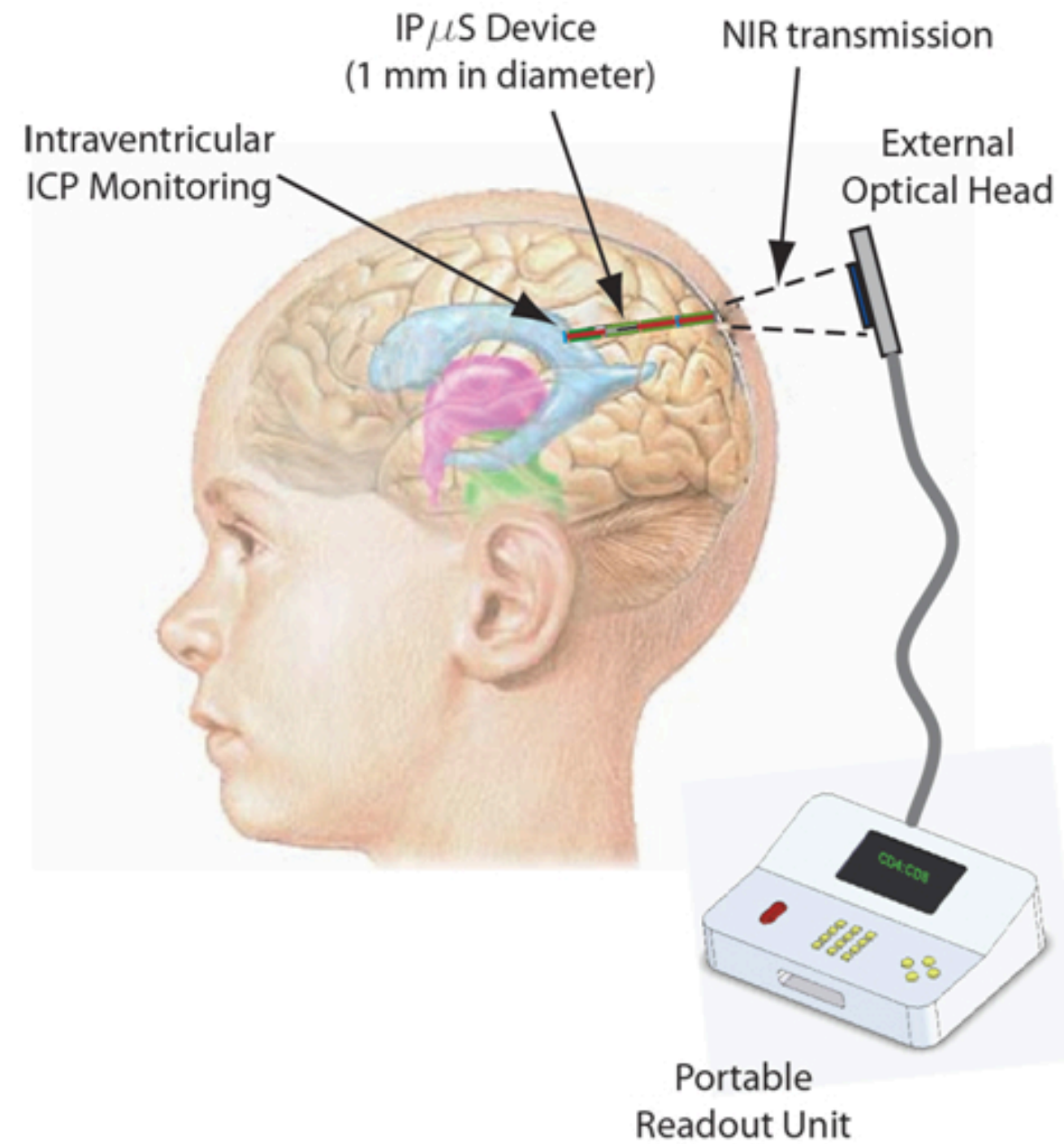
**LESIÓN CEREBRAL TRAUMÁTICA (TBI)
HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA (SAH),
HEMORRAGIA INTRACRANEAL RELACIONADA CON LA PREMATURIDAD
DISFUNCIÓN CEREBRAL ASOCIADA A SEPSIS
ACCIDENTE CEREBROVASCULAR (ACV)**

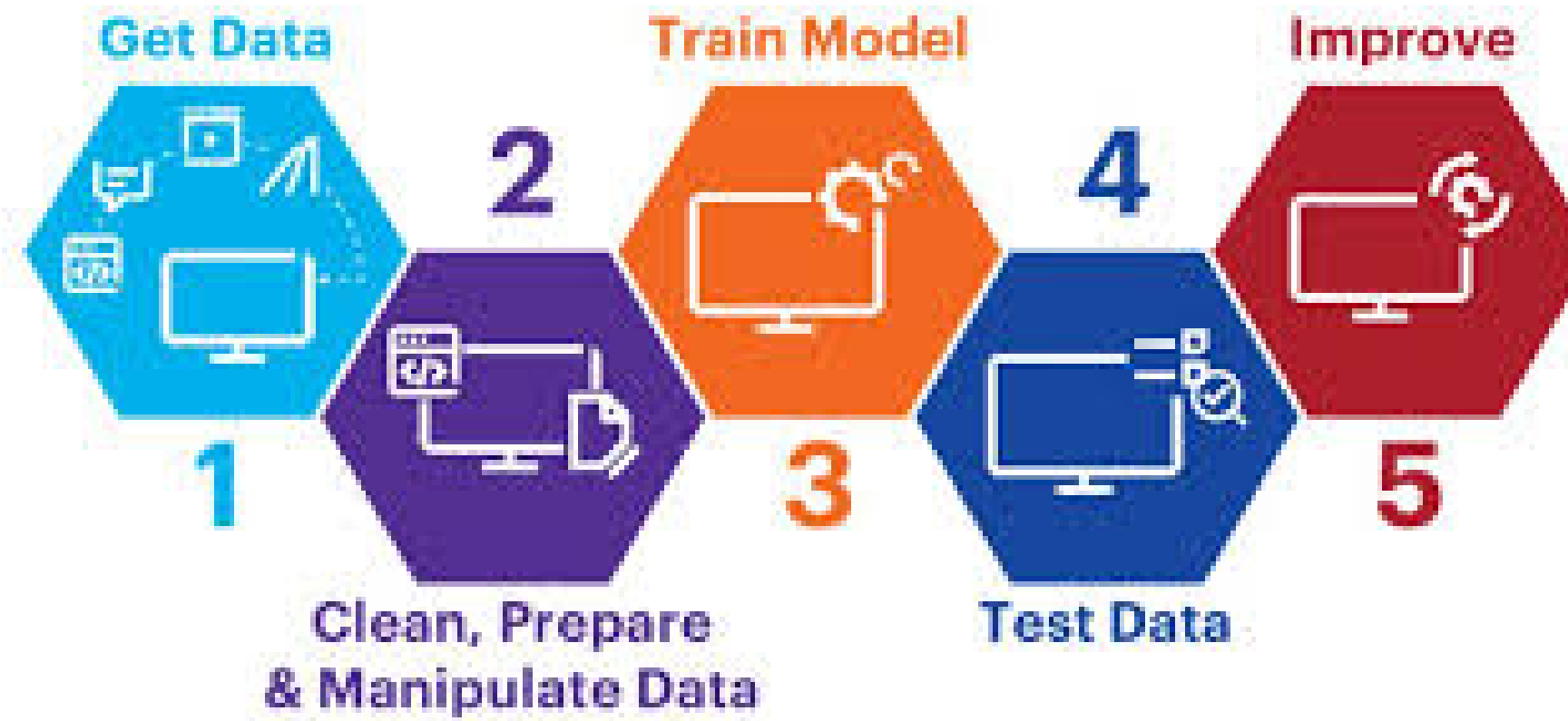
LA INCIDENCIA ANUAL SE ESTIMA ENTRE 2.5 Y 3 CASOS POR 100,000 NIÑOS, ES CATALOGADO COMO UNA DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE Y DISCAPACIDAD A LARGO PLAZO

FUENTE: C. B. DABDOUB ET AL., "ACCIDENTE CEREBROVASCULAR: UN MANTO OSCURO EN PEDIATRÍA,"

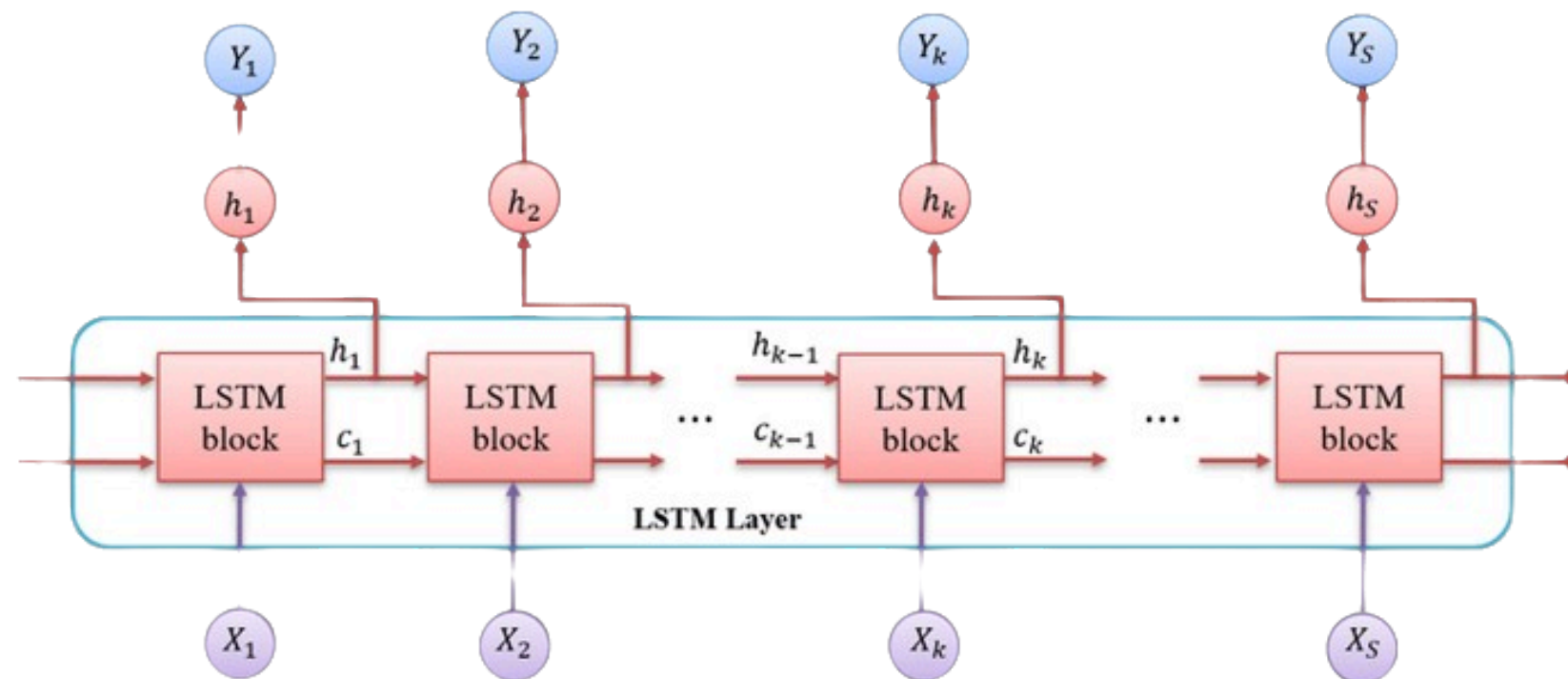
X. LIU, Y. PU, D. WU, Z. ZHANG, X. HU, AND L. LIU, "CROSS-FREQUENCY COUPLING BETWEEN CEREBRAL BLOOD FLOW VELOCITY AND EEG IN ISCHEMIC STROKE PATIENTS WITH LARGE VESSEL OCCLUSION,"

EL MONITOREO INVASIVO DE LA ICP ES EL ESTÁNDAR ACTUAL, PERO SU INVASIVIDAD Y RIESGO DE INFECCIÓN LIMITAN SU USO A PACIENTES GRAVEMENTE ENFERMOS.

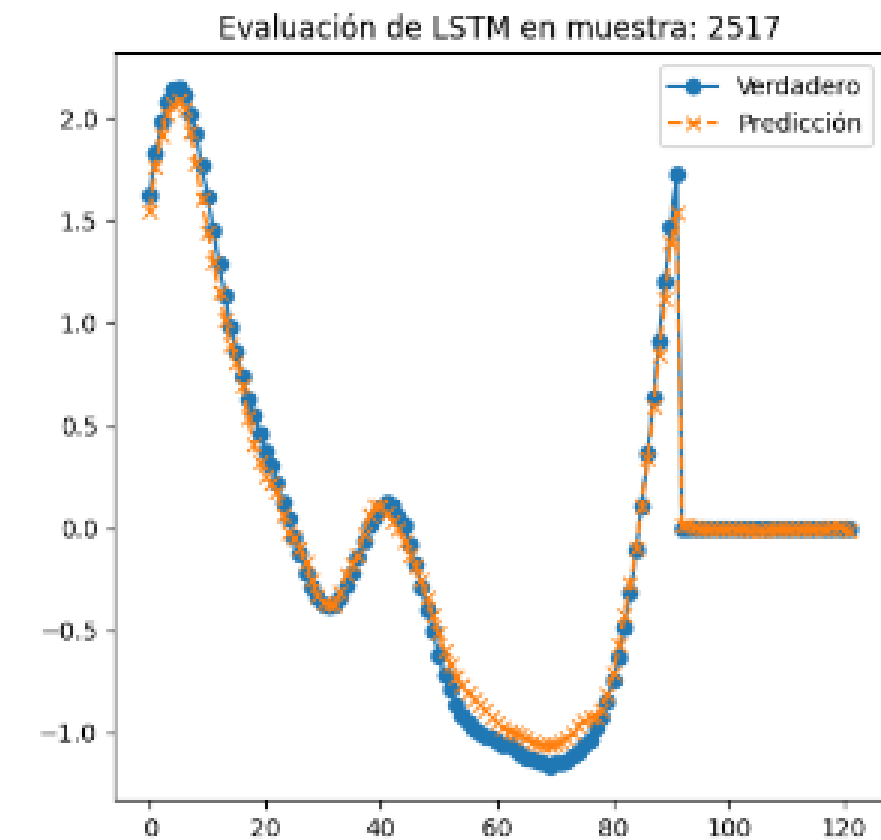
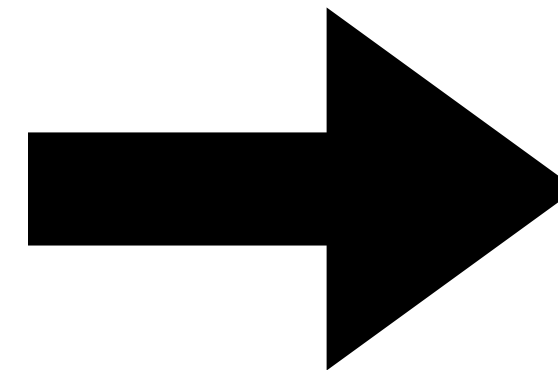




Flujo de trabajo de machine learning



Arquitectura de modelo LSTM



Regresión de ICP

Propuesta de solución

Predicción del valor de ICP
mediante señales de ABP y CBFV
usando modelos LSTM y FCNN



METODOLOGÍA



BASE DE DATOS

NEUROCRITICAL CARE WAVEFORM RECORDINGS IN PEDIATRIC PATIENTS

VARIABLES:

- PRESIÓN ARTERIAL (ABP)
- PRESIÓN INTRACRANEAL (ICP)
- HEMATÓCRITO (HCT)
- VELOCIDAD DE FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL (CBFV)
- ALTURA DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ARTERIAL (HABP)
- ALTURA DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN INTRACRANEAL (HICP).

INSTRUMENTOS UTILIZADOS:

- MONITORES DE CABECERA PHILIPS MP-90
- SISTEMA DE ULTRASONIDO DOPPLER TRANSCRANEAL SPENCER ST3.

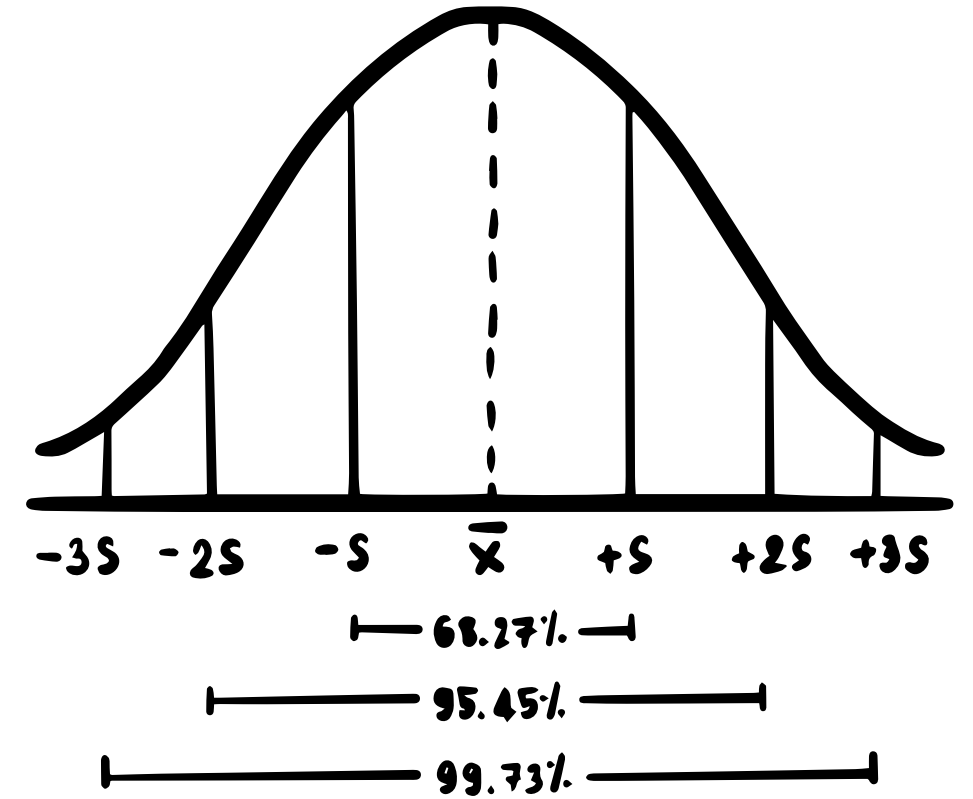
12 PACIENTES PEDIÁTRICOS, APROXIMADAMENTE 10 HORAS DE GRABACIÓN EN TOTAL
MUESTREADAS A 125 HZ.

PROCESAMIENTO



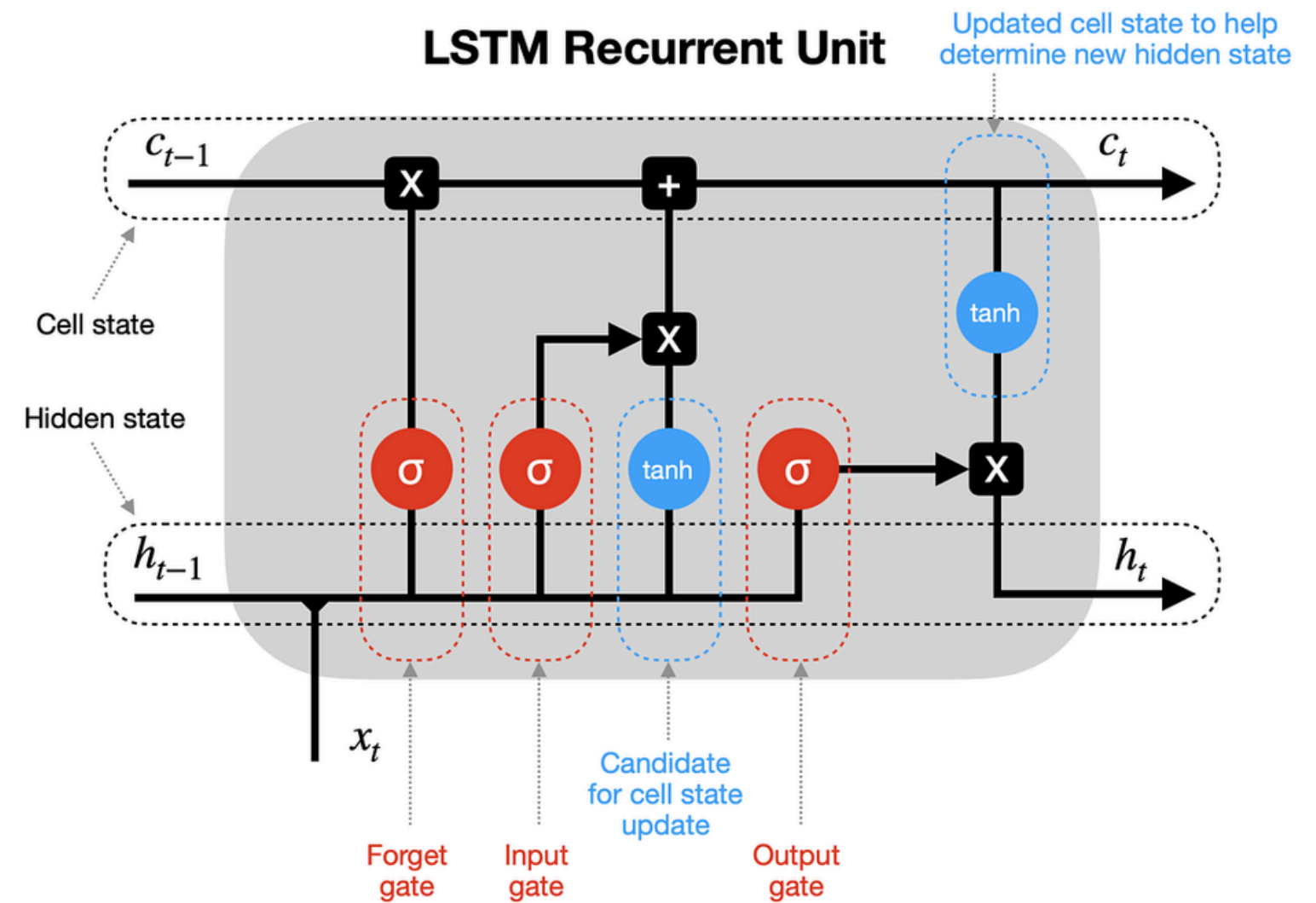
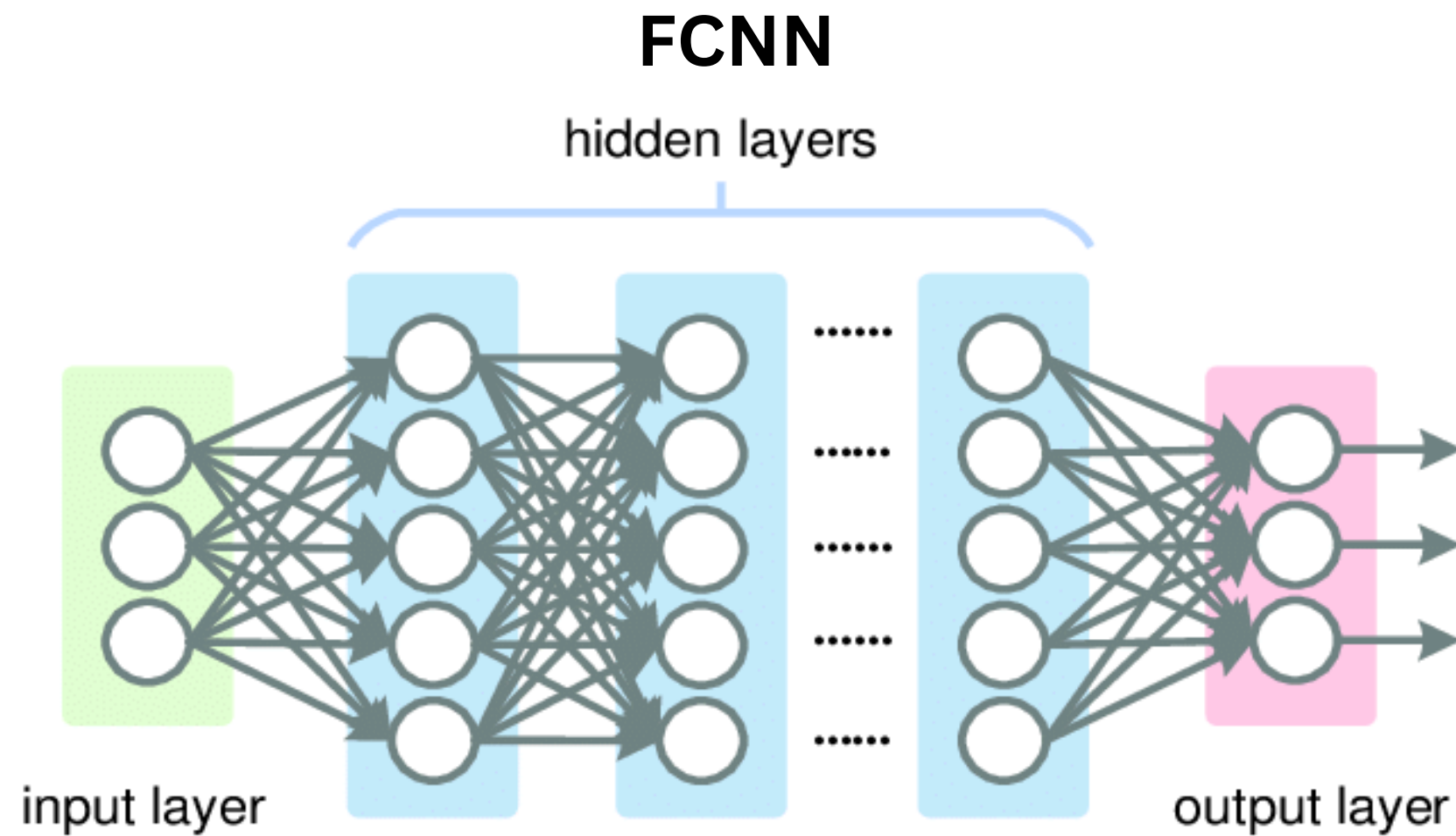
Entorno seguro

Análisis de datos



Normalización

MODELOS ML



μ

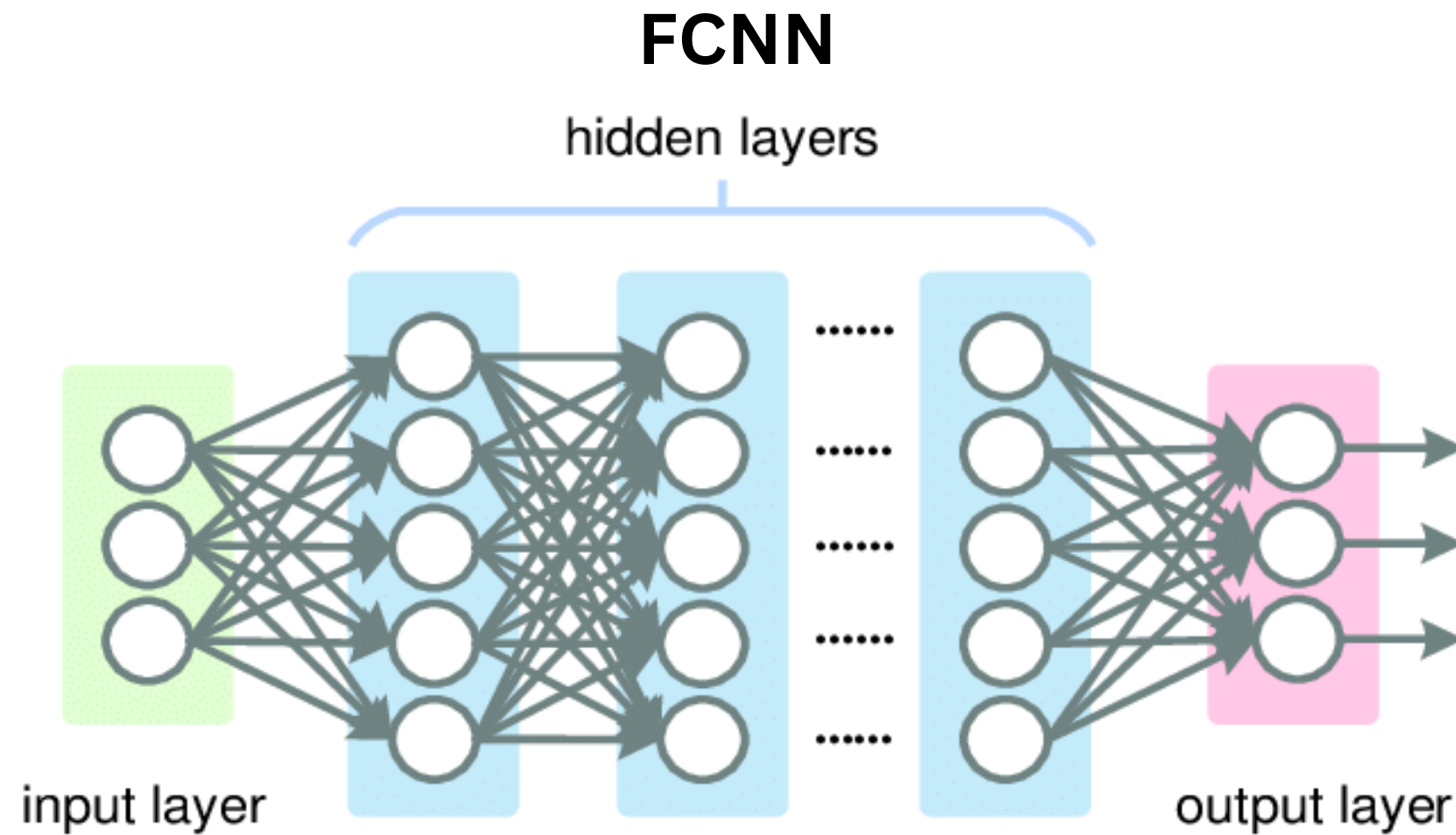
Media

σ

Desviación
estándar

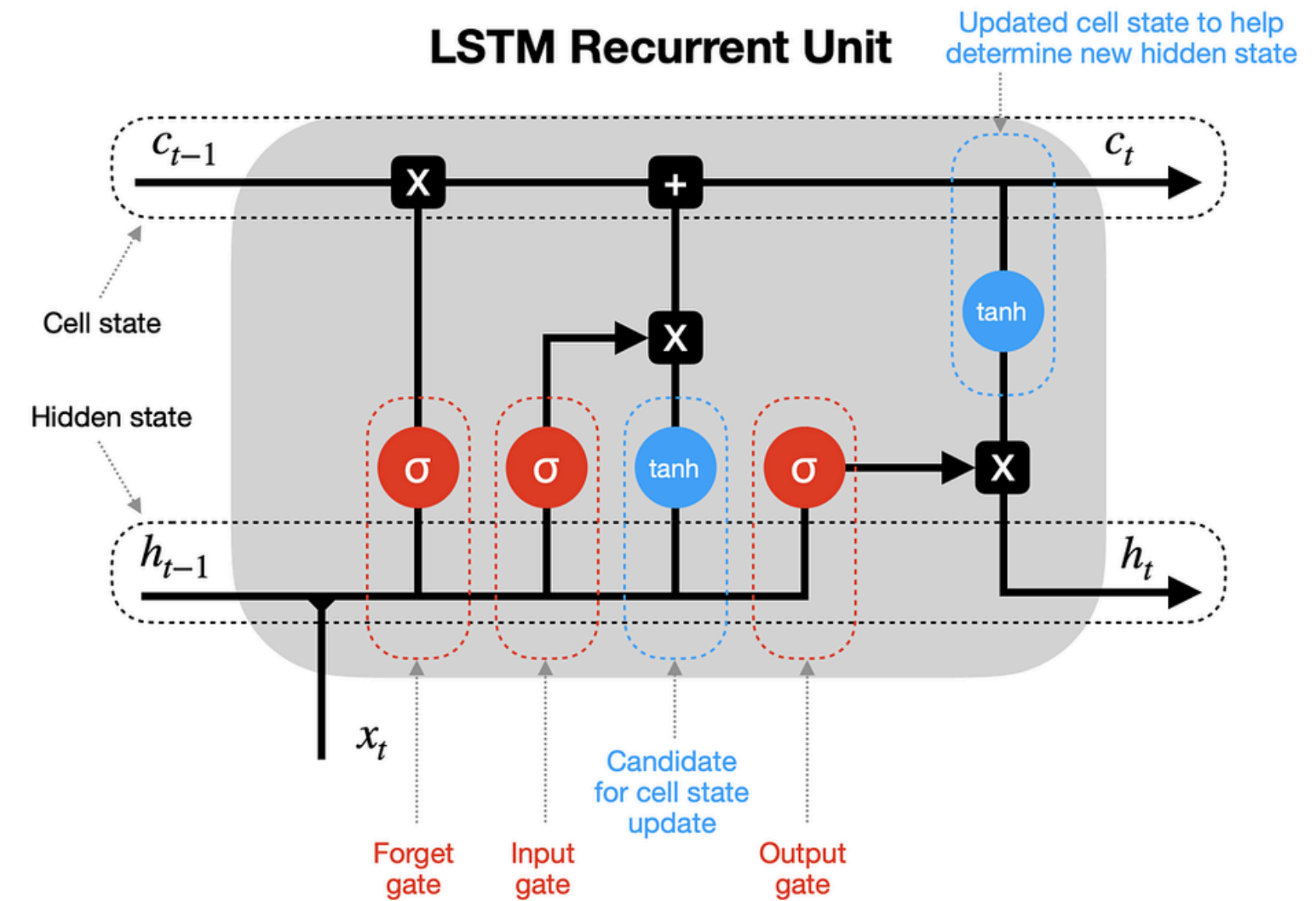
Forma de onda

VALIDACIÓN



Bias

Desviación estándar del error
Error cuadrático medio



Desviación estándar del error

CONSIDERACIONES ÉTICAS

TRANSPARENCIA SOBRE EL ORIGEN Y USO DE DATOS

APROBACIÓN ÉTICA PARA EL USO DEL DATASET

USO EXCLUSIVO DE LOS DATOS PARA LOS FINES DEL ESTUDIO

COMUNICACIÓN RESPONSABLE DE LOS RESULTADOS

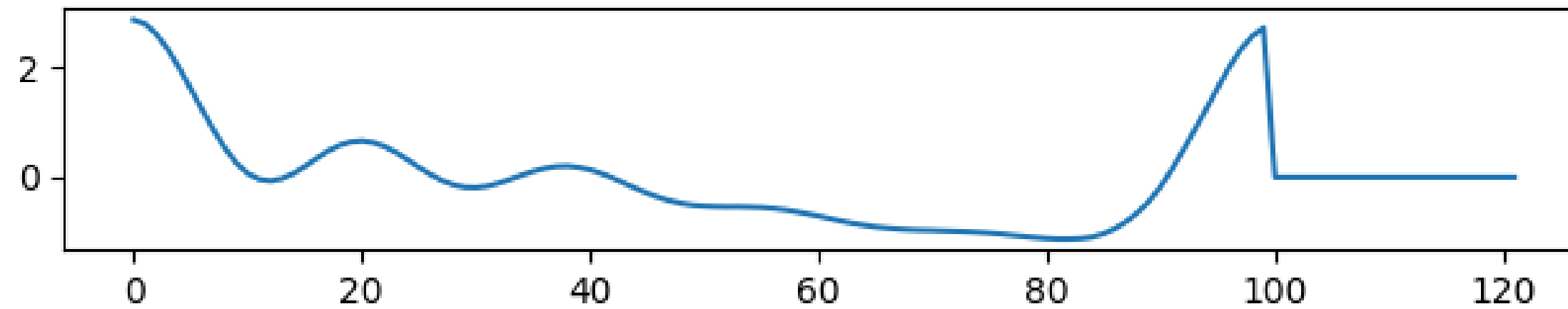


RESULTADOS

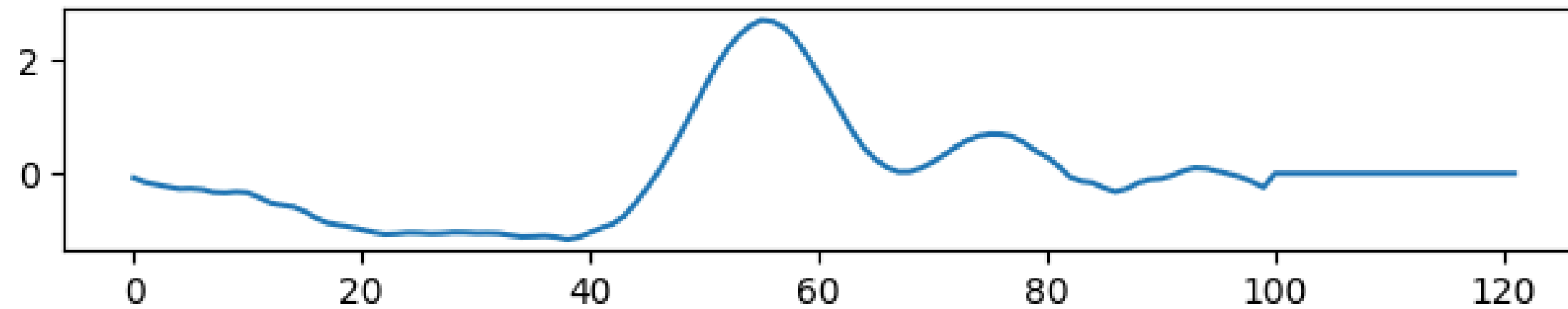


PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA DE ICP

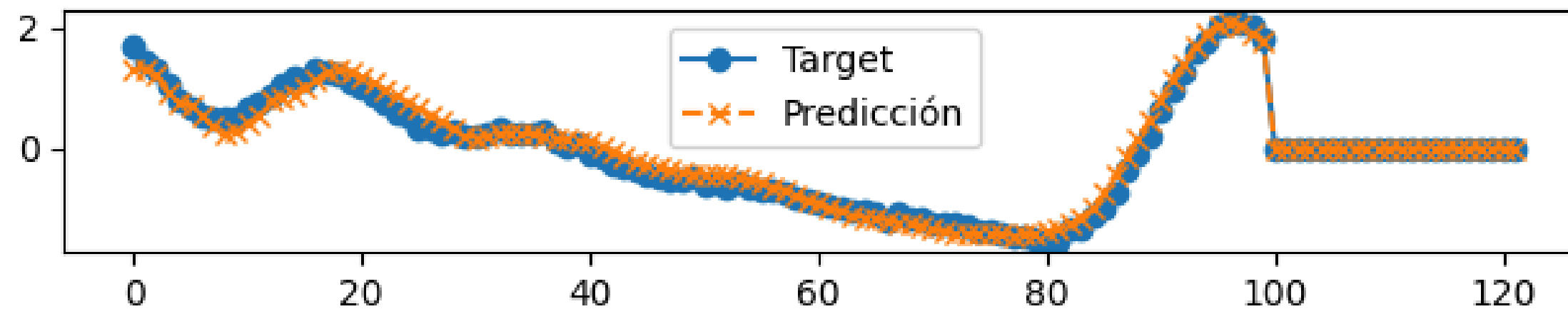
ABP (input 1)



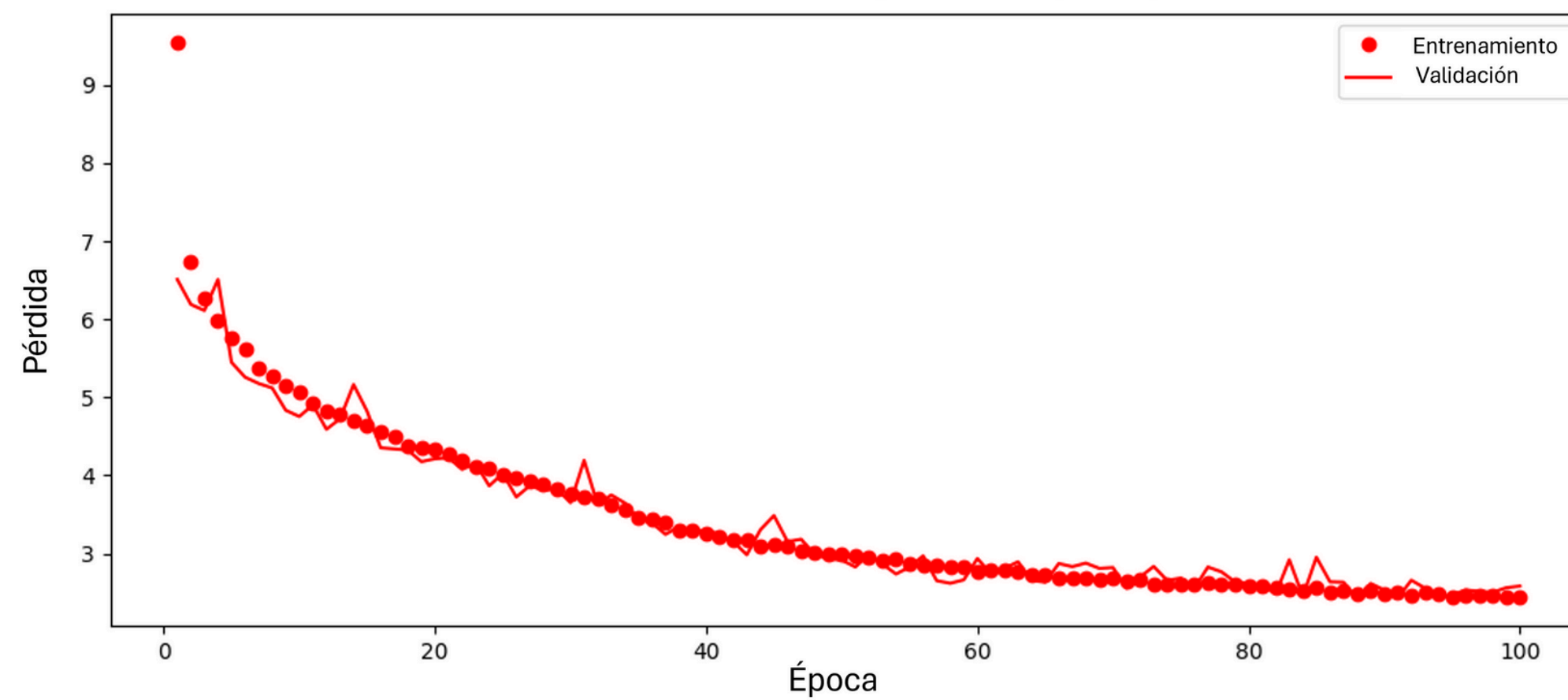
CBFV (input 2)



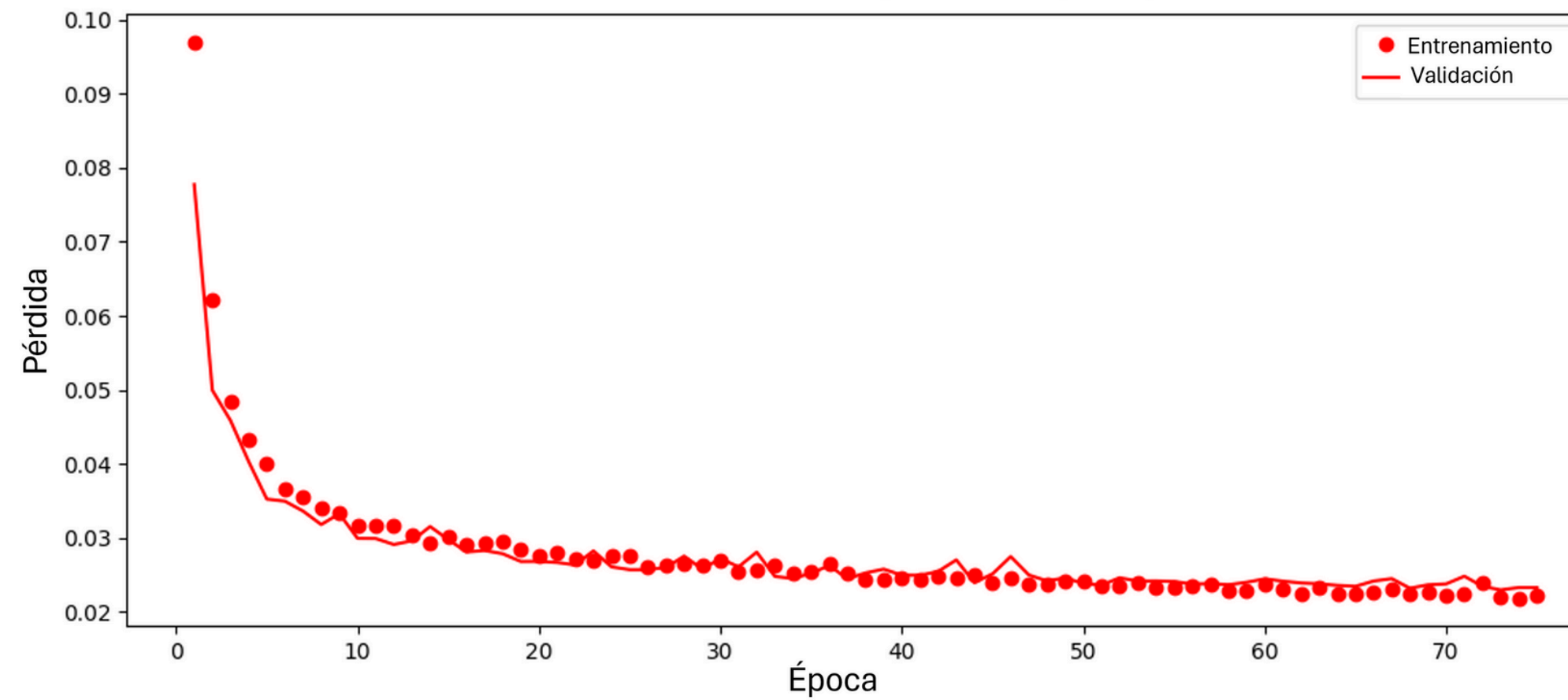
ICP (output)



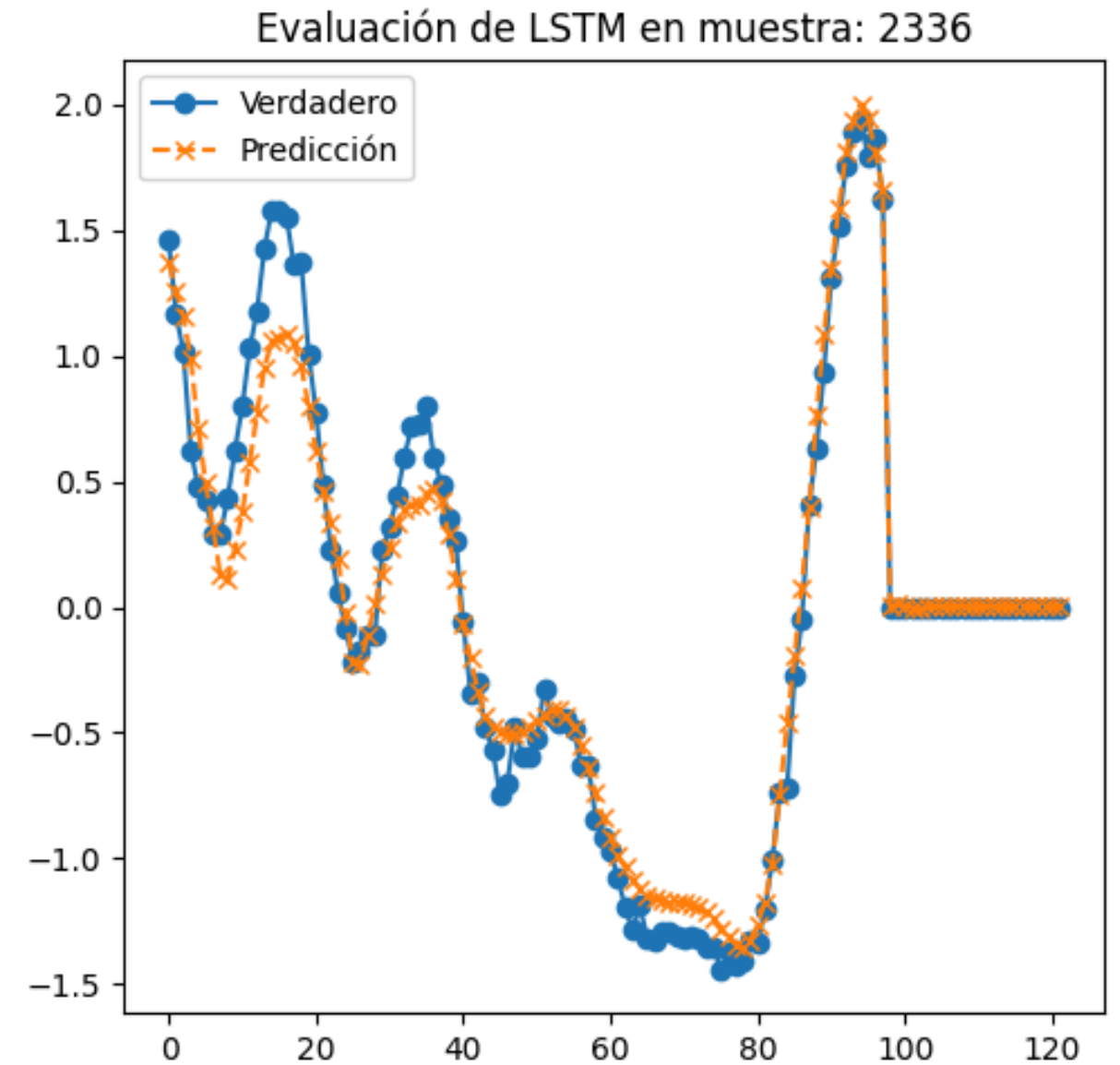
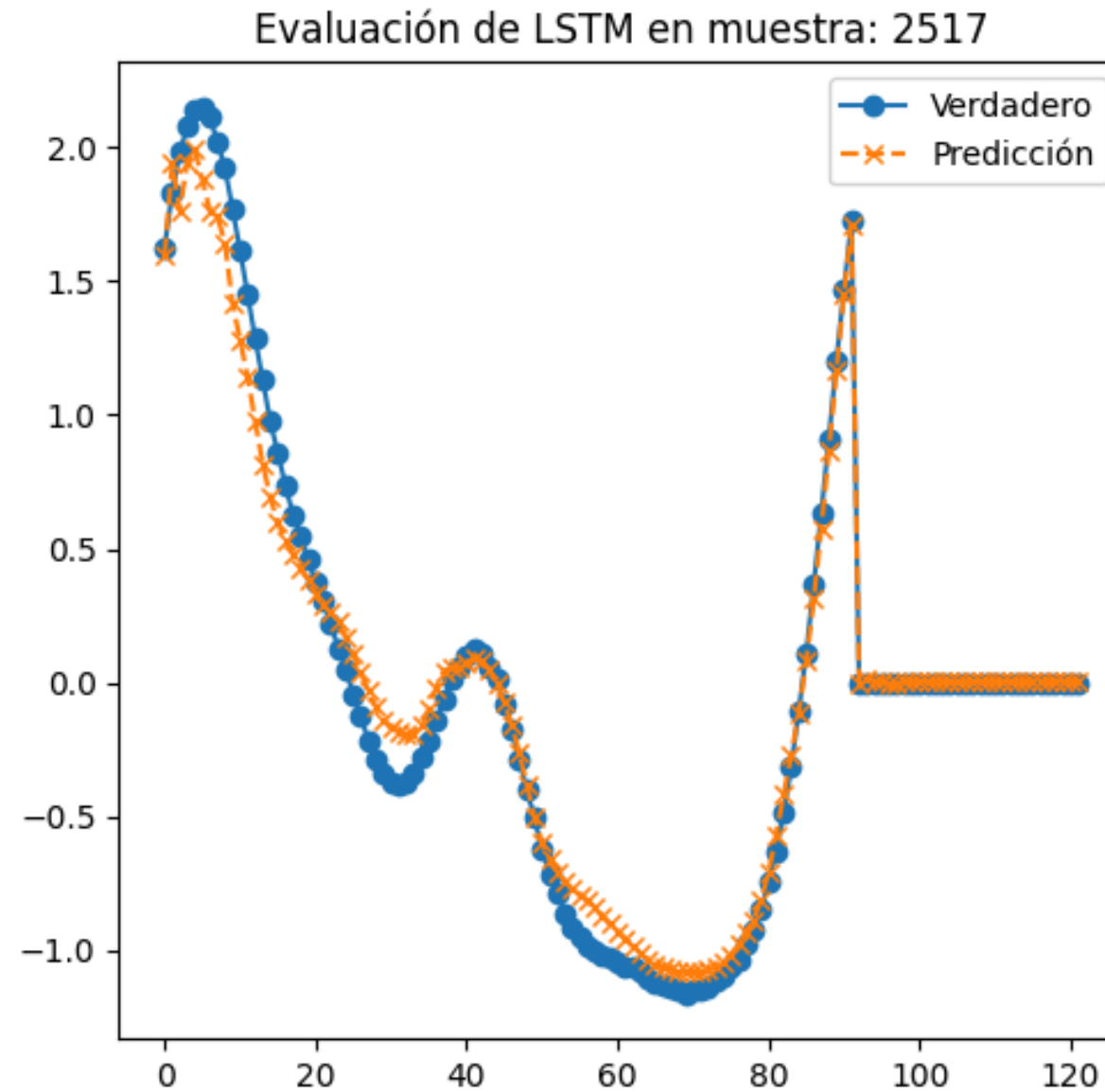
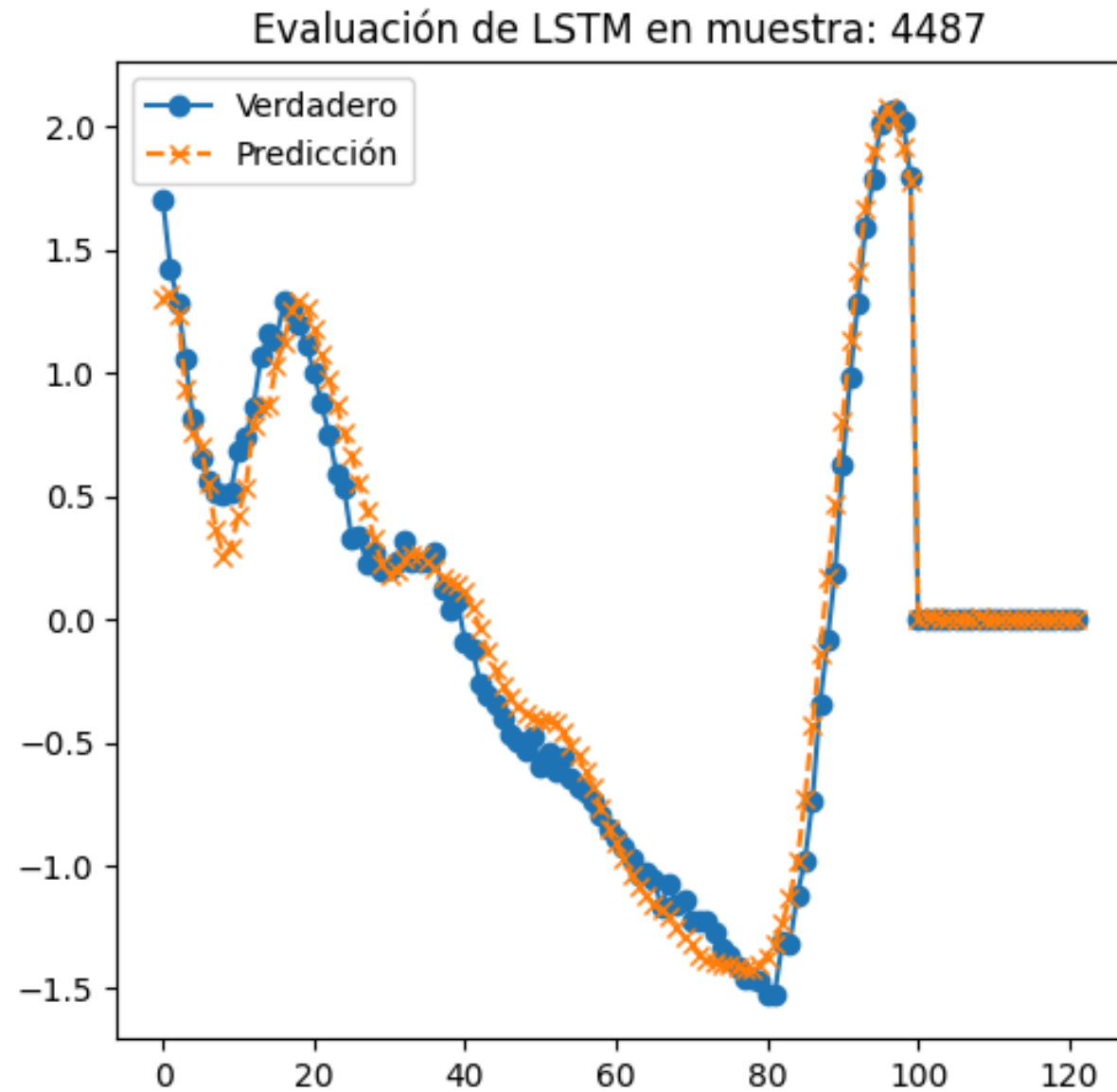
Pérdida de entrenamiento y validación (FCNN)



Pérdida de entrenamiento y validación (LSTM)

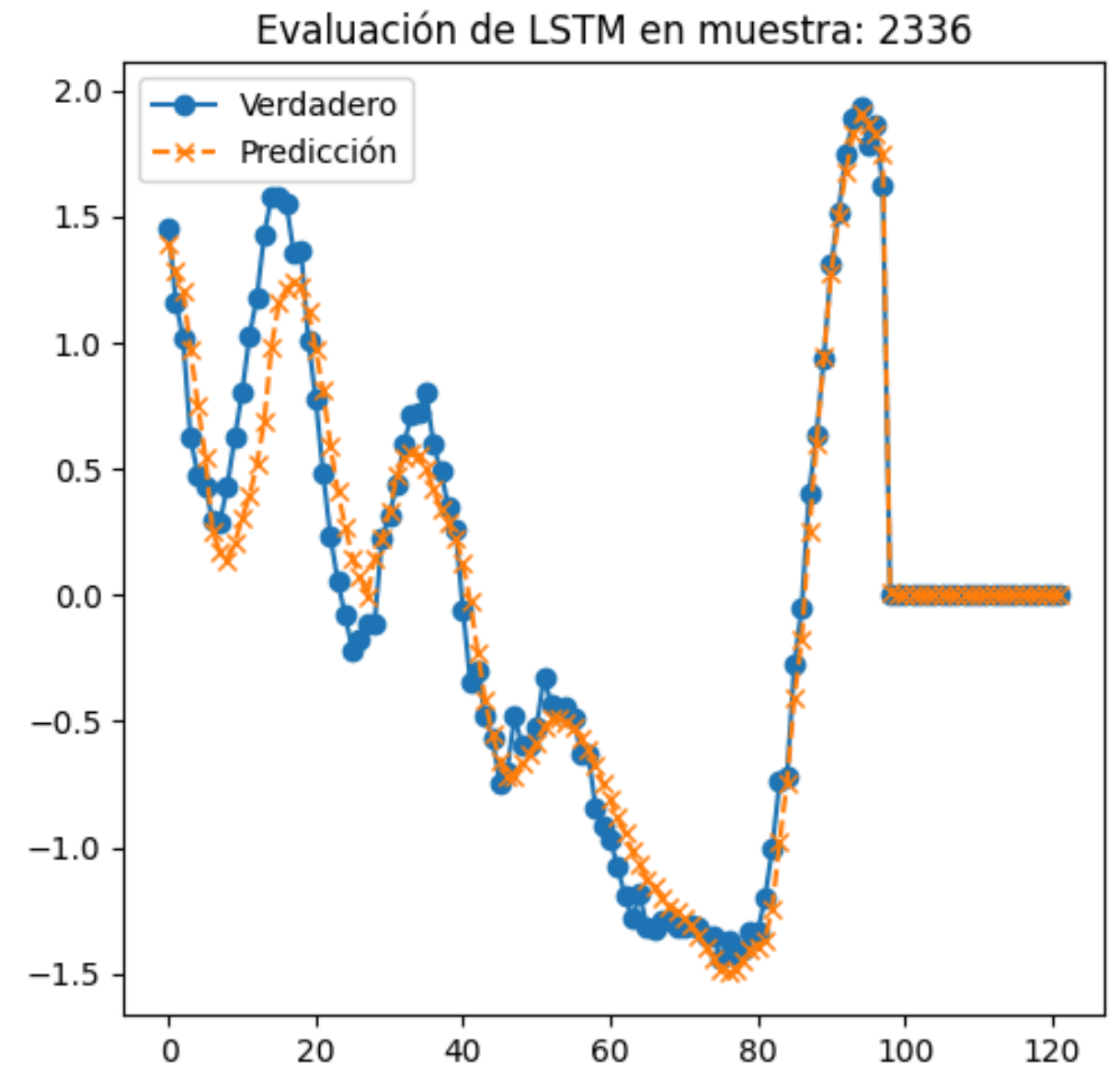
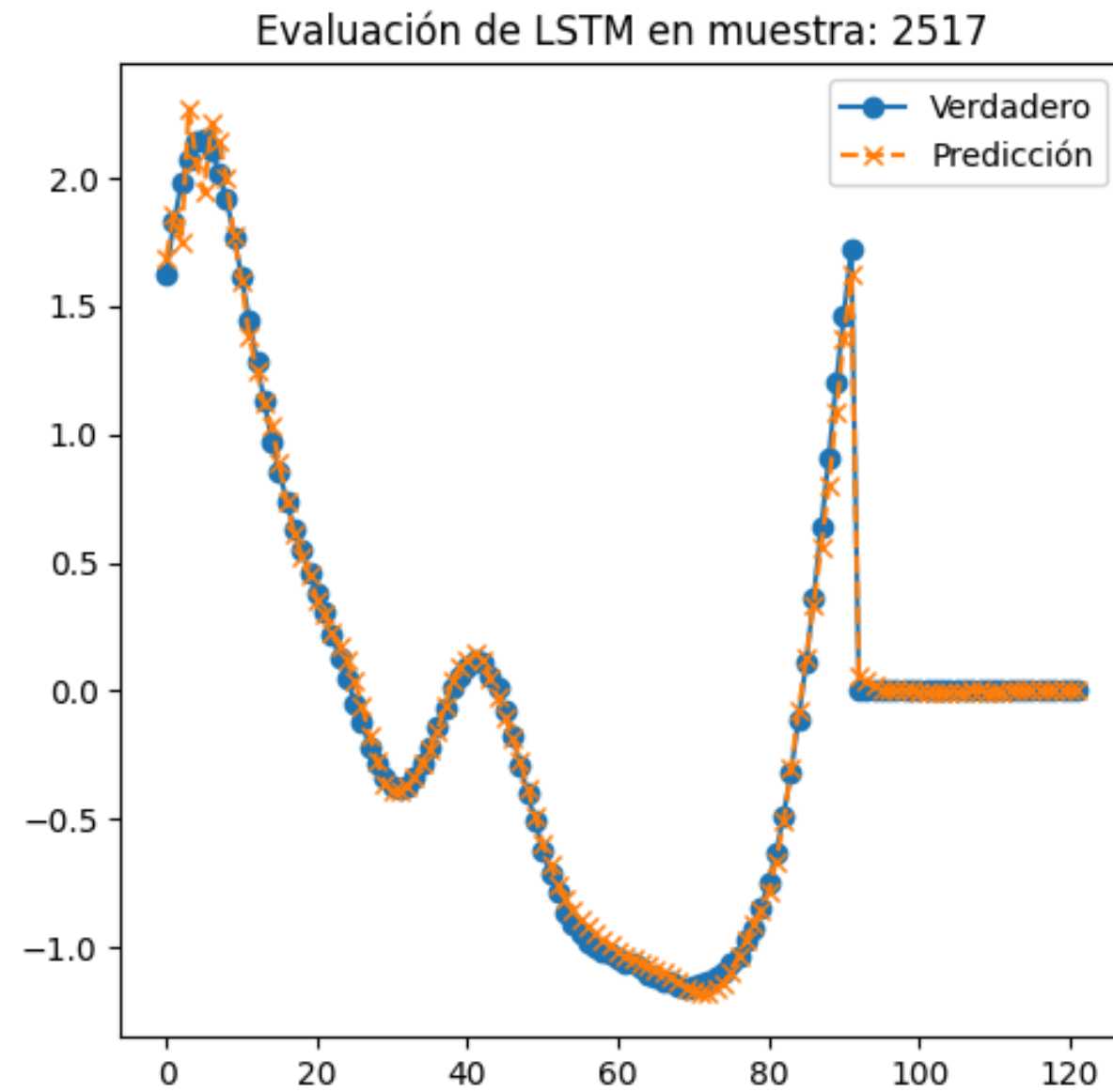
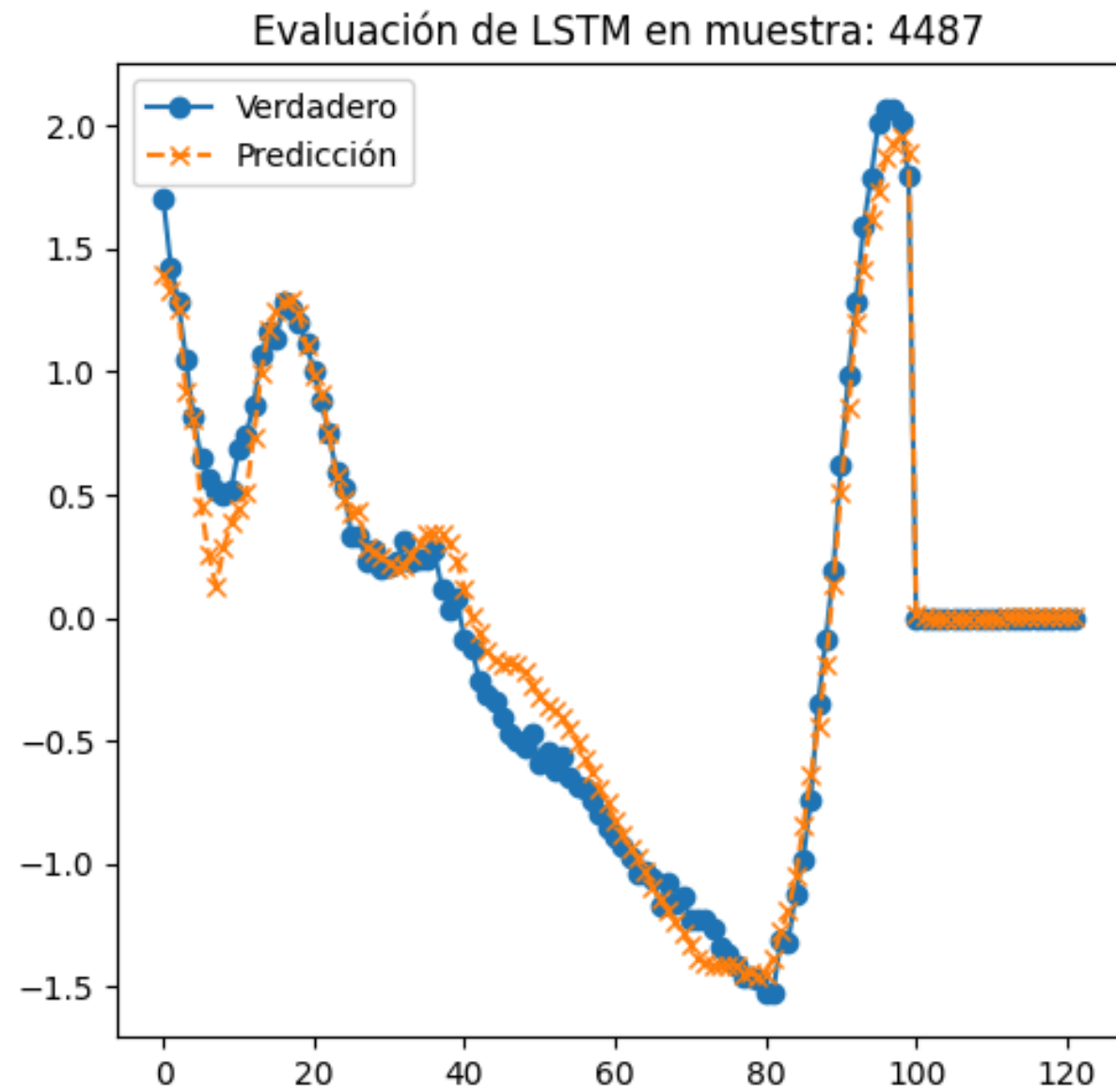


PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA (0)



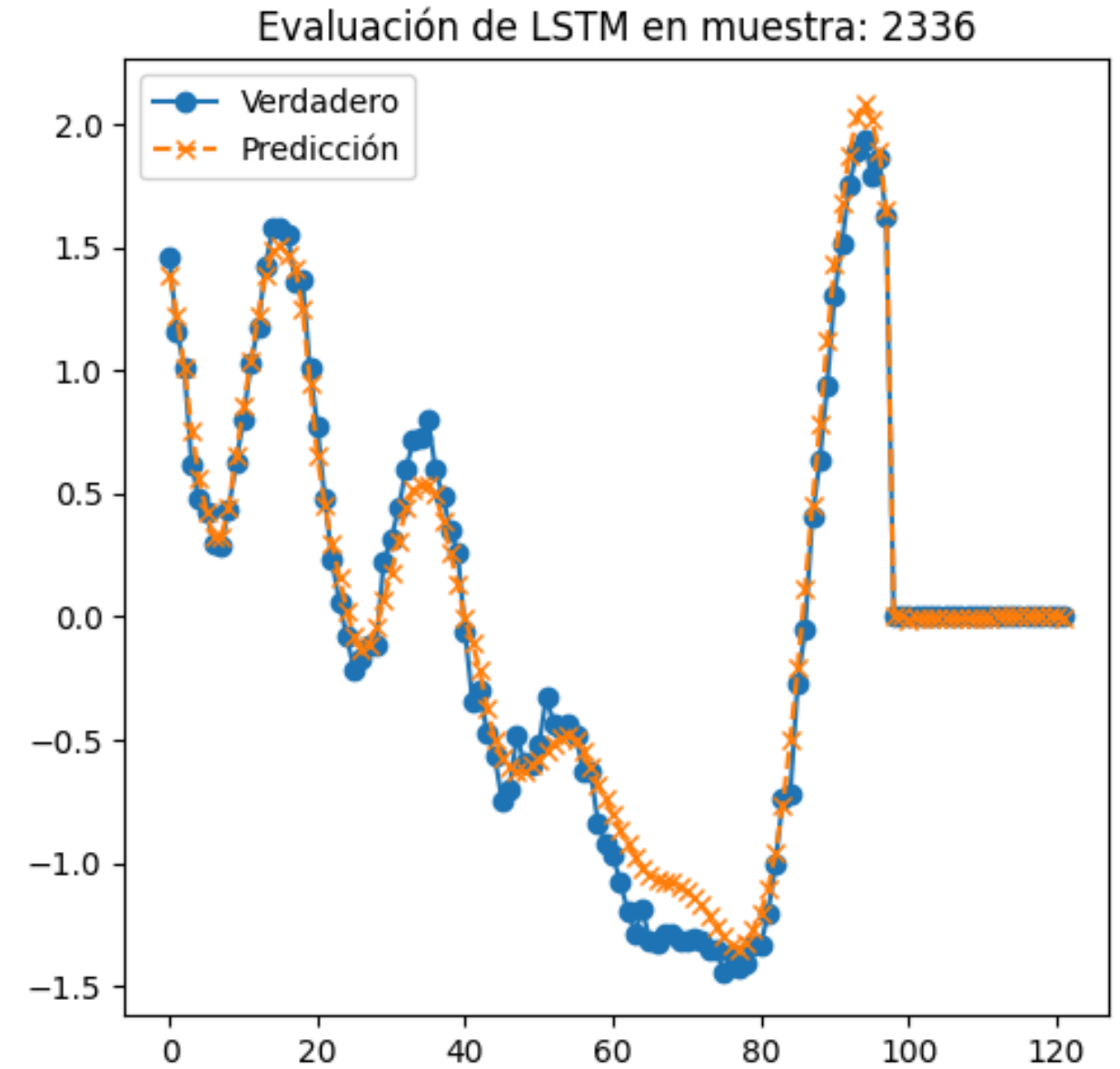
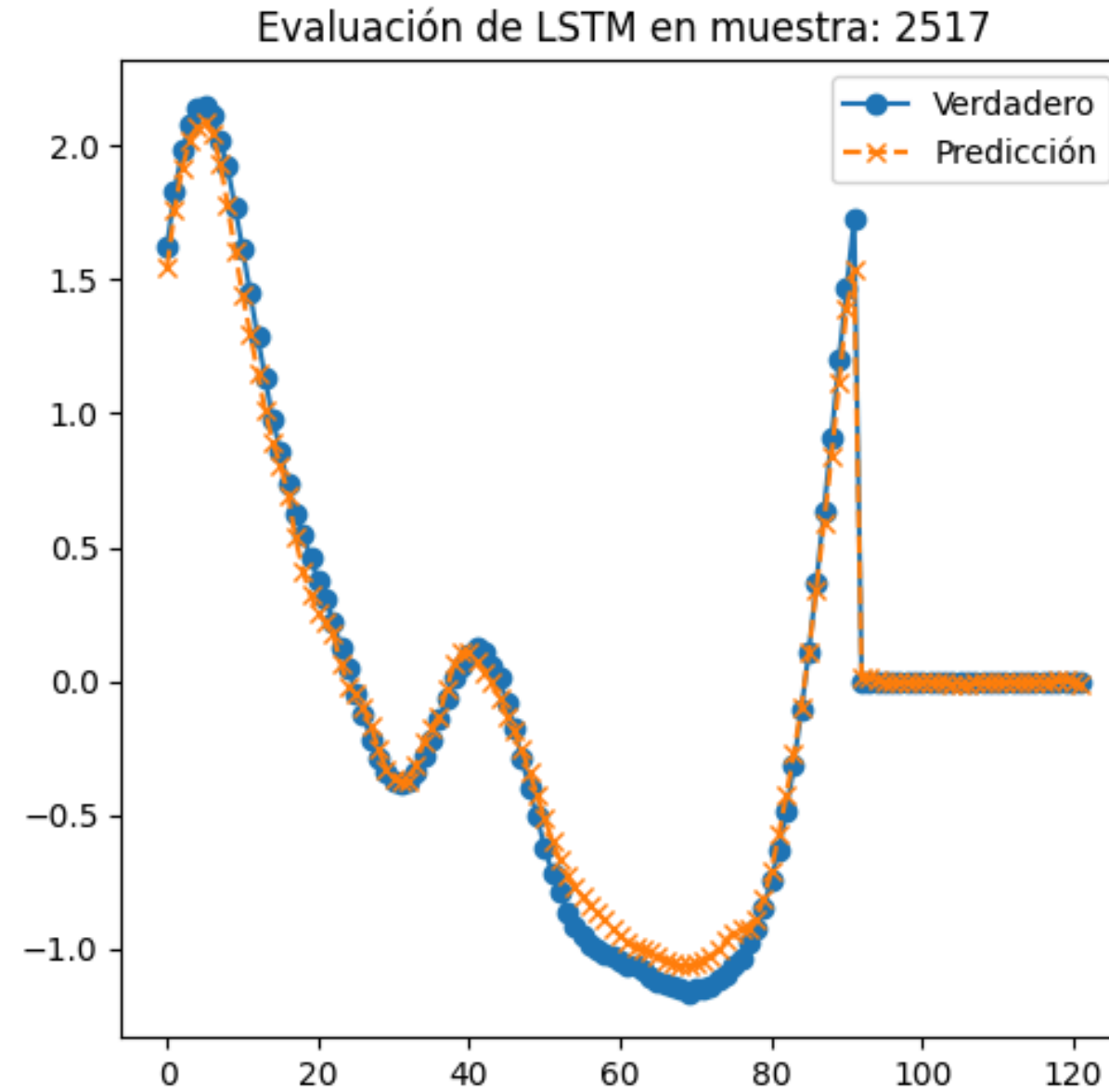
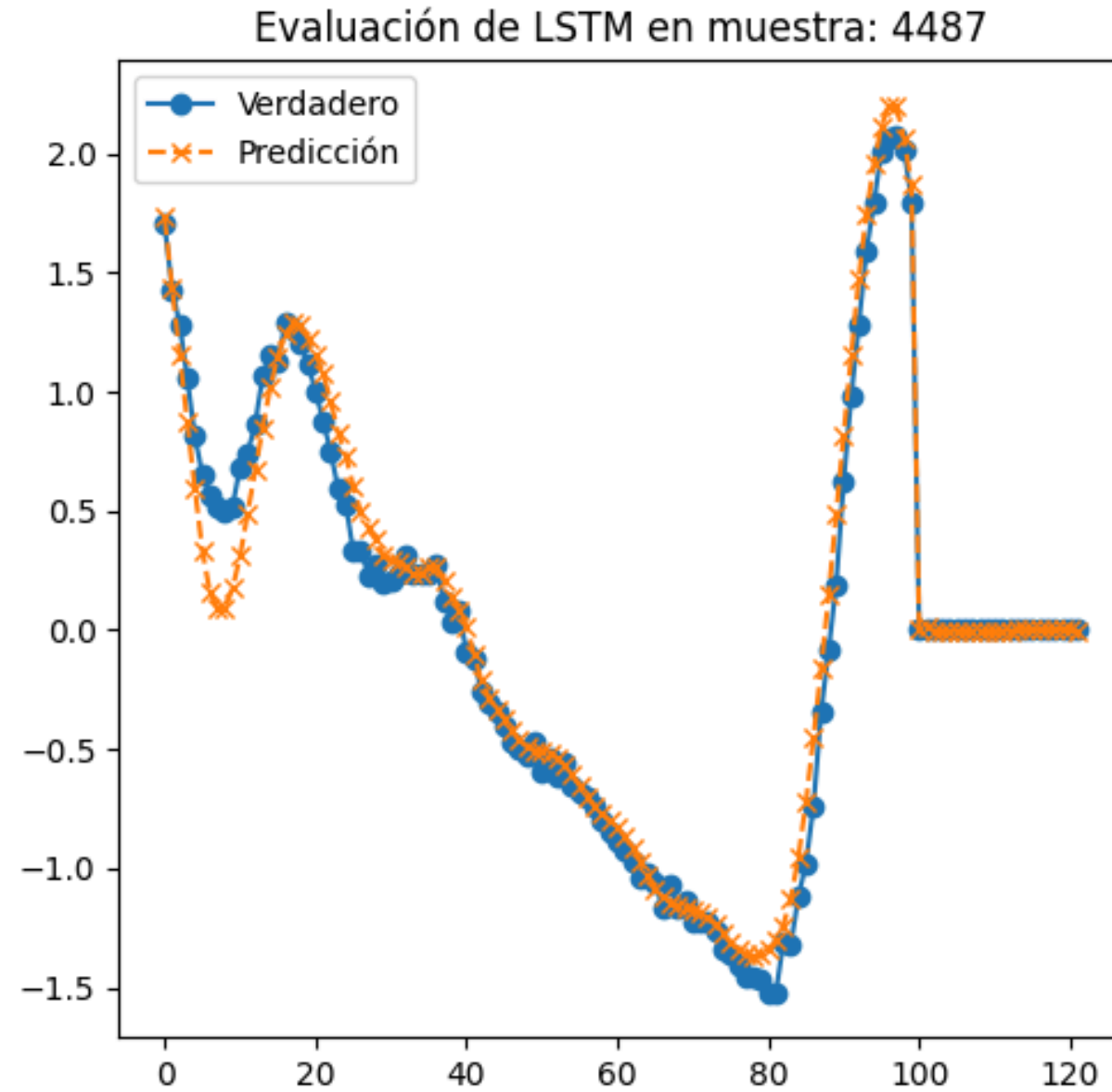
MAE: 0.20, MSE: 0.14, HUBER: 0.8

PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA (1)



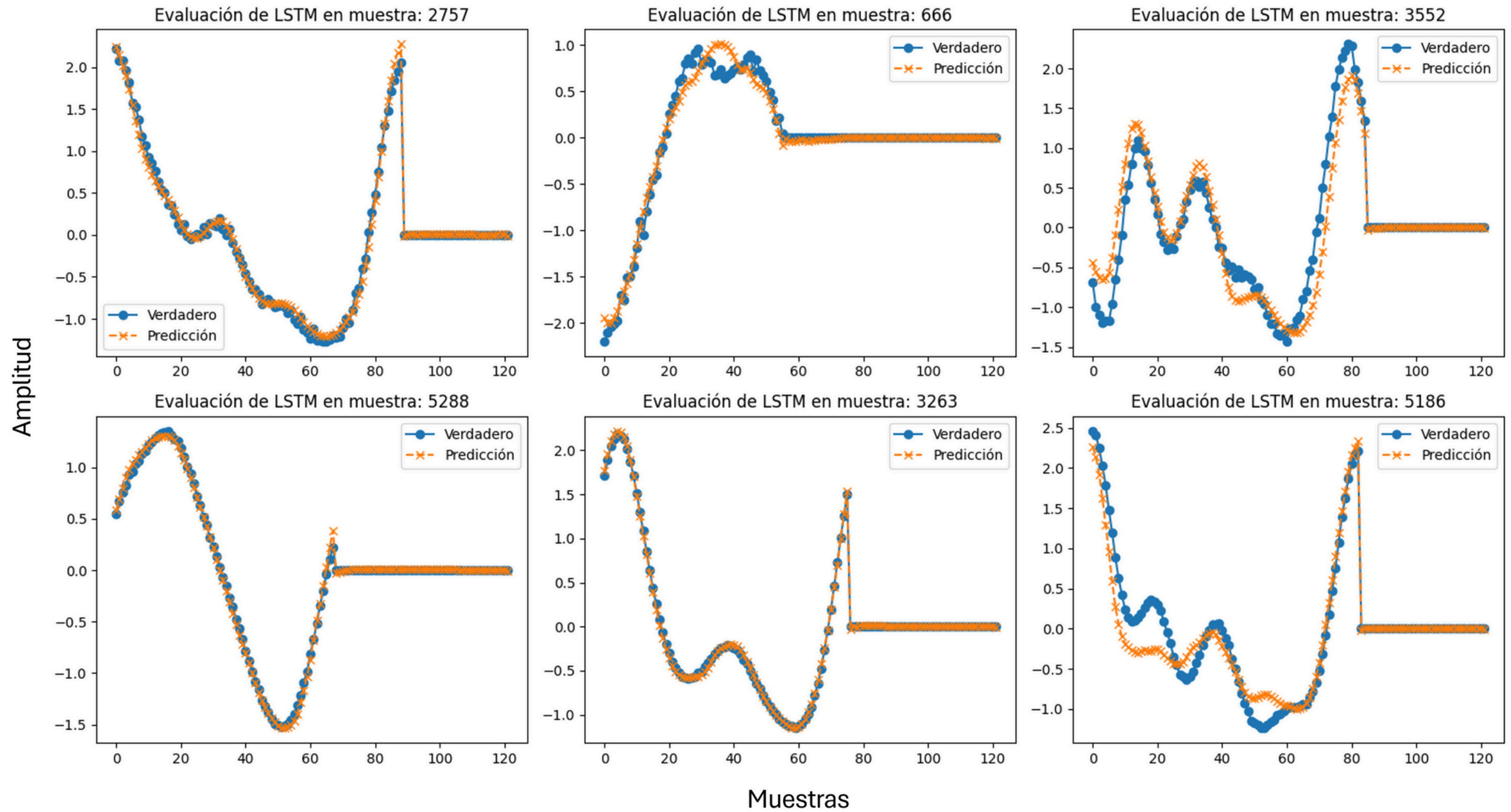
MAE: 0.19, MSE: 0.11, HUBER: 0.7

PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA (2)

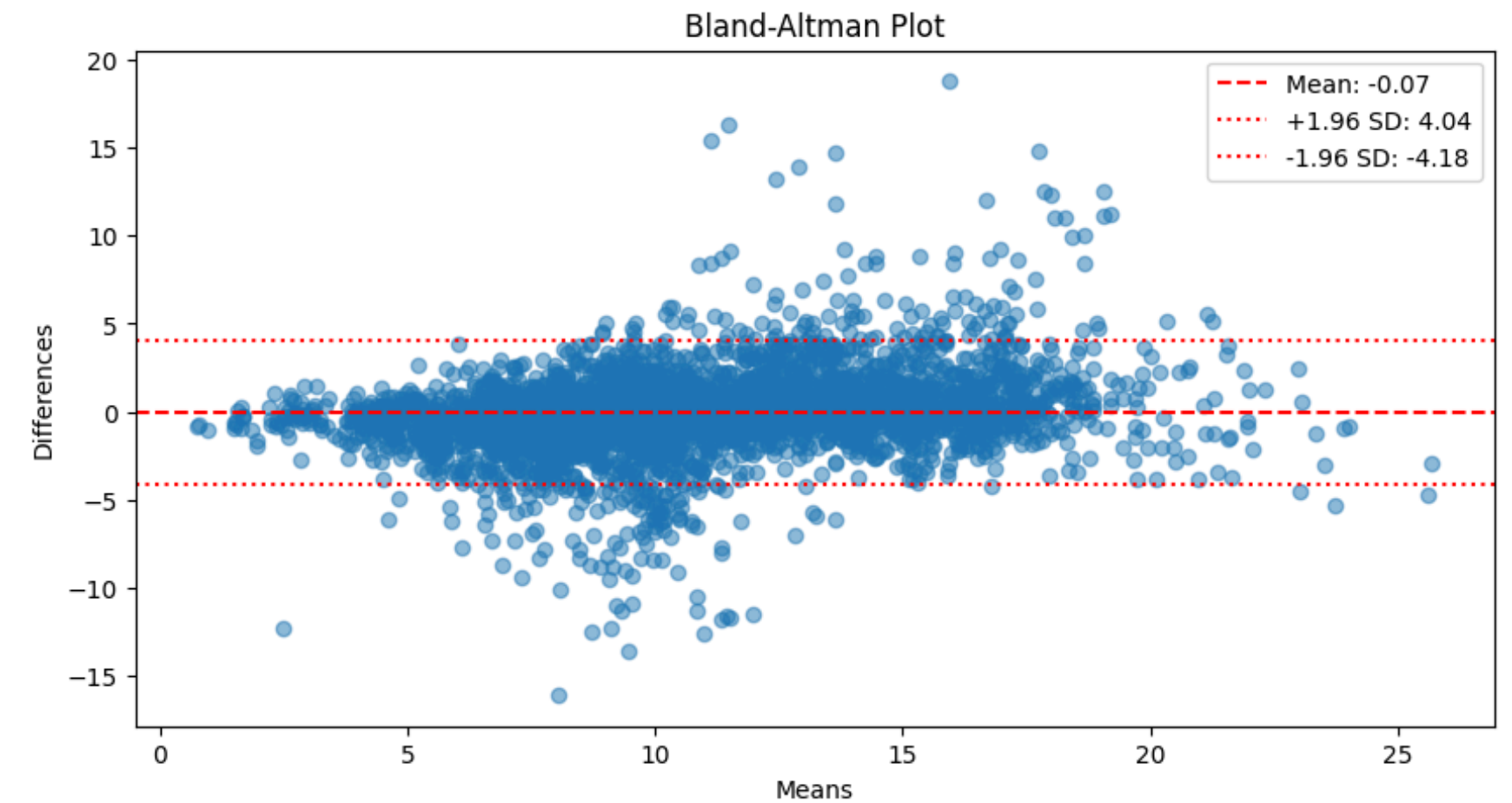
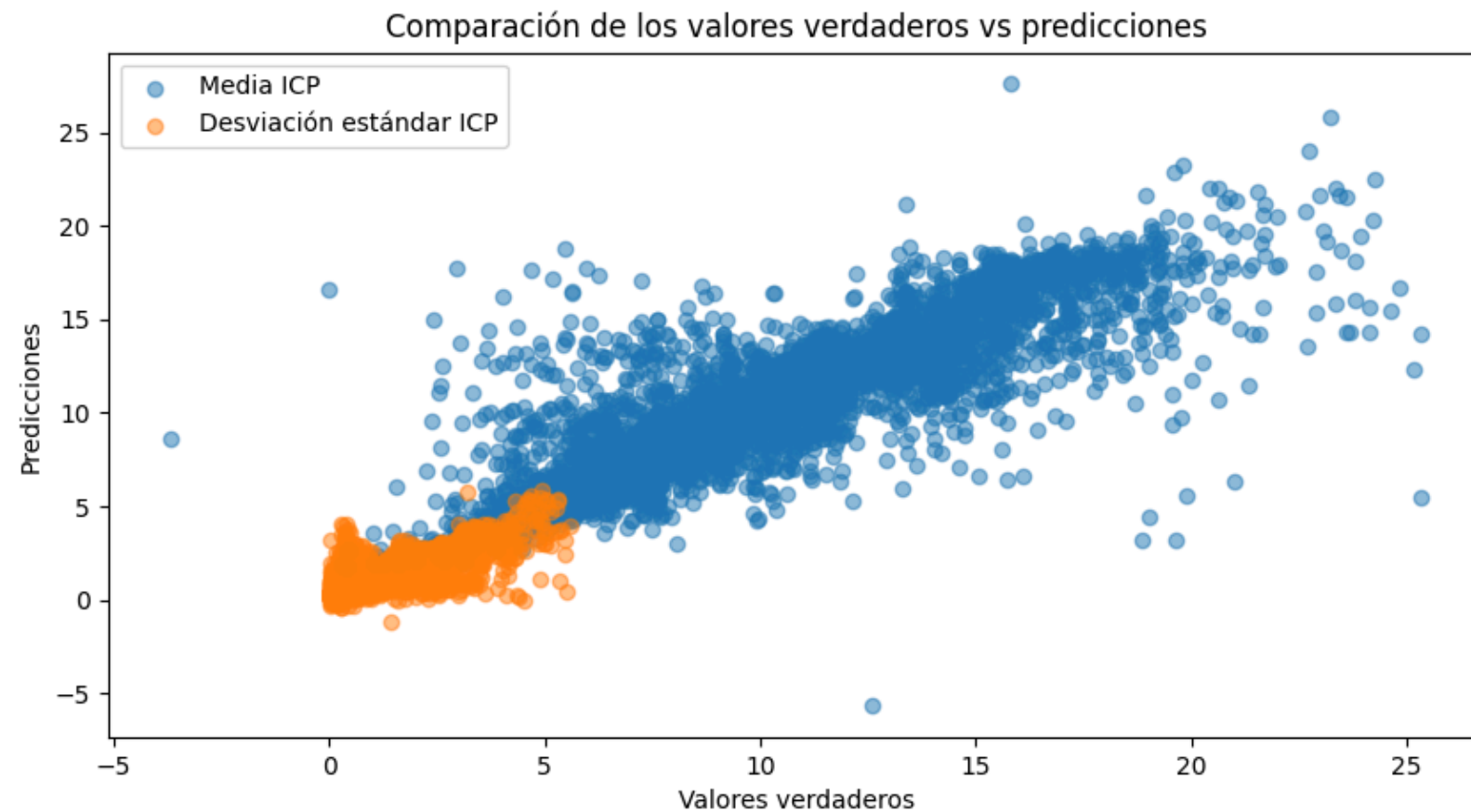


MAE: 0.16, MSE: 0.09, HUBER: 0.6

PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA



PREDICCIÓN DE MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR



BIAS: 0.07

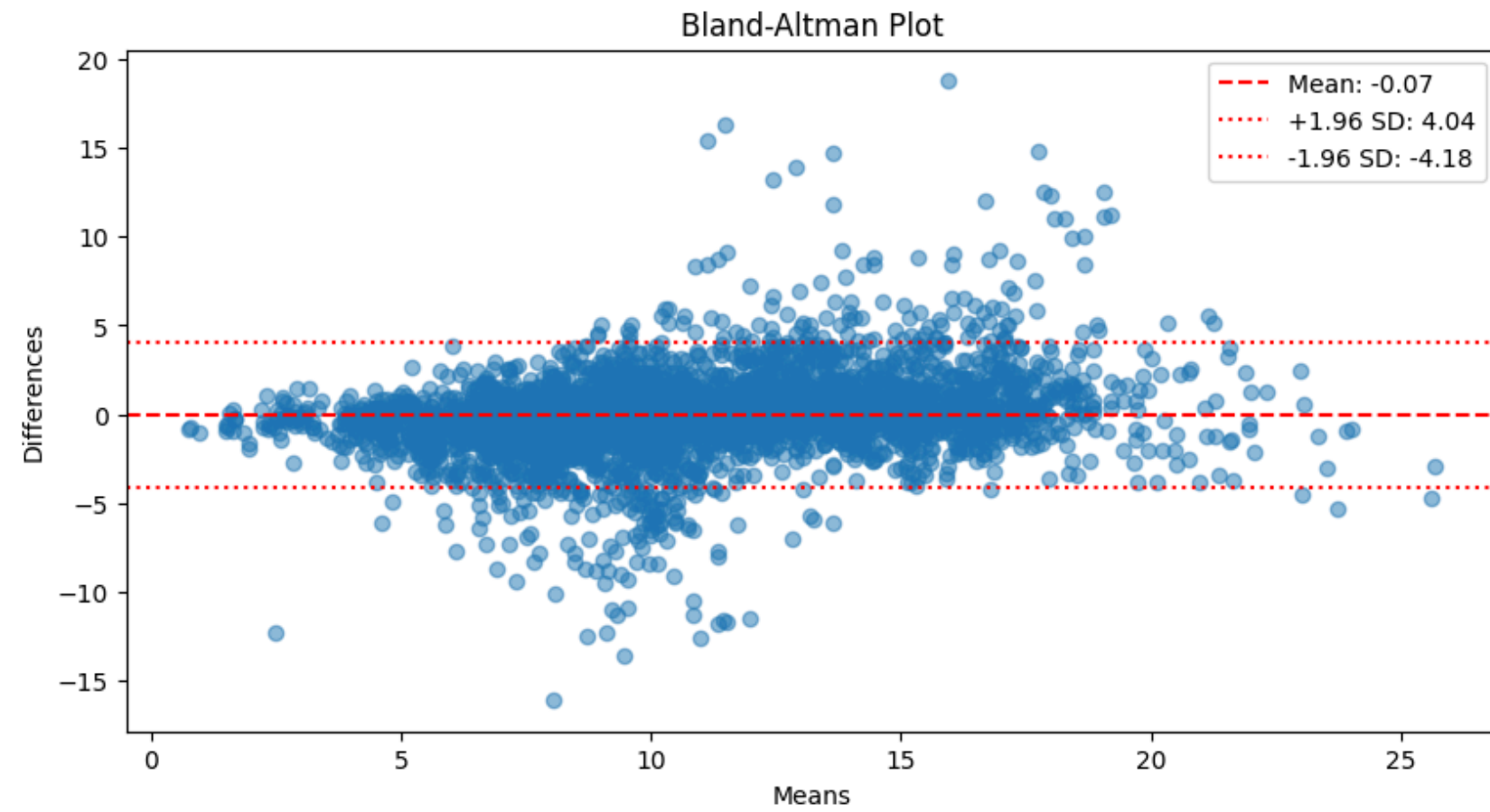
RMSE: 2.10

SDE: 2.18

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES



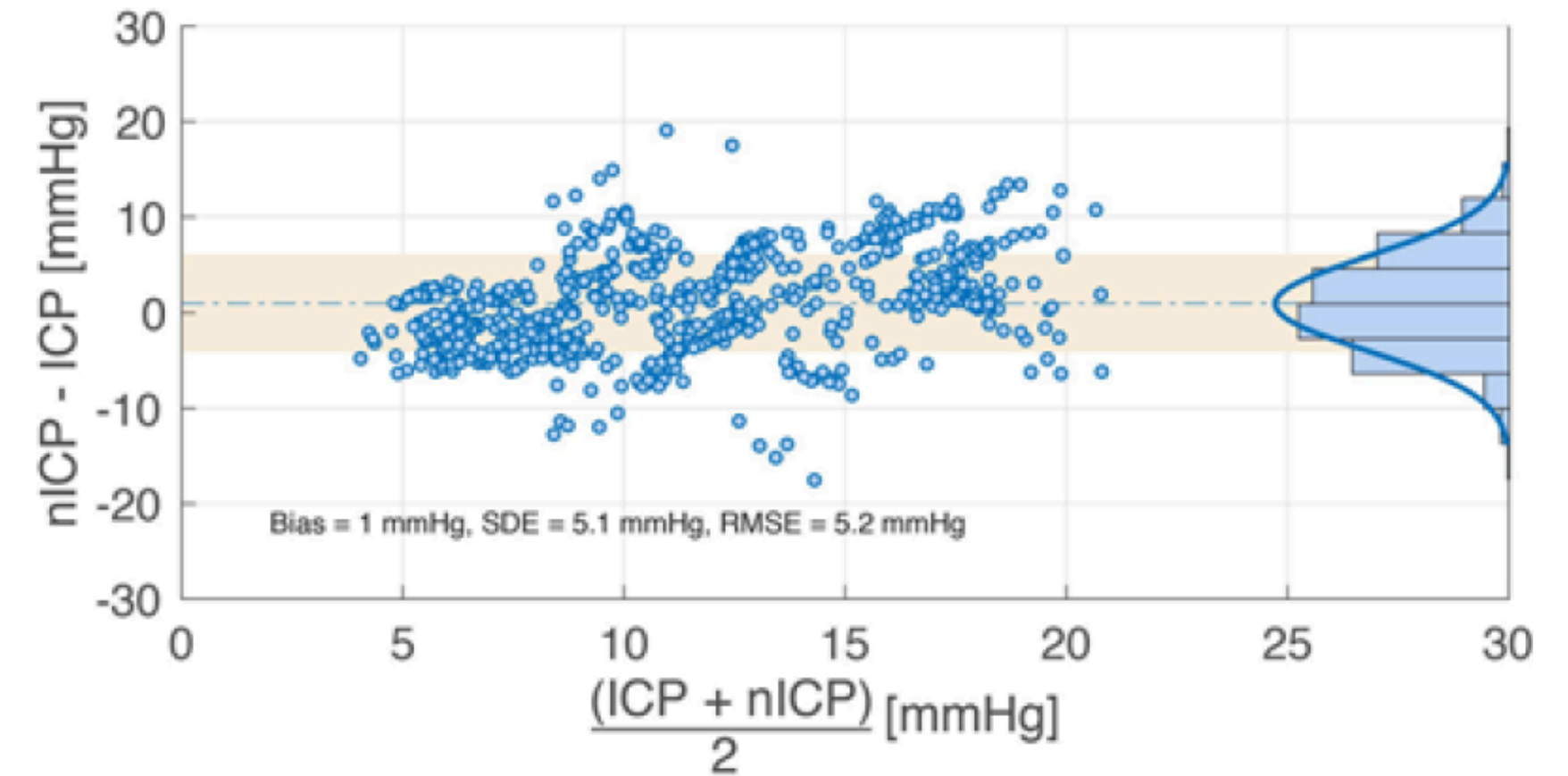
COMPARACIÓN CON LA LITERATURA



BIAS: 0.07

RMSE: 2.10

SDE: 2.18



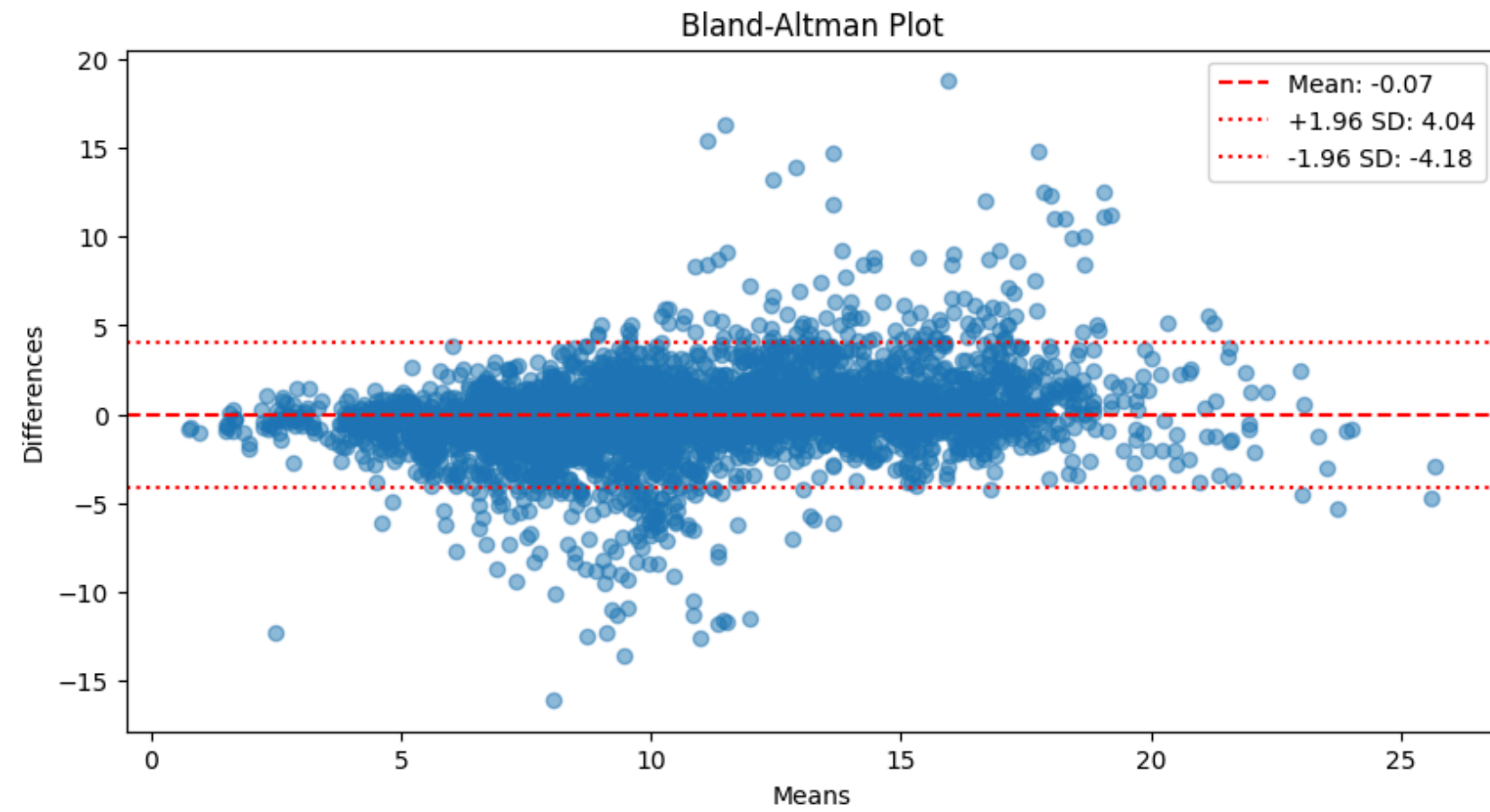
ADAPTADO DE [1]

BIAS: 1.0

RMSE: 5.2

SDE: 5.1

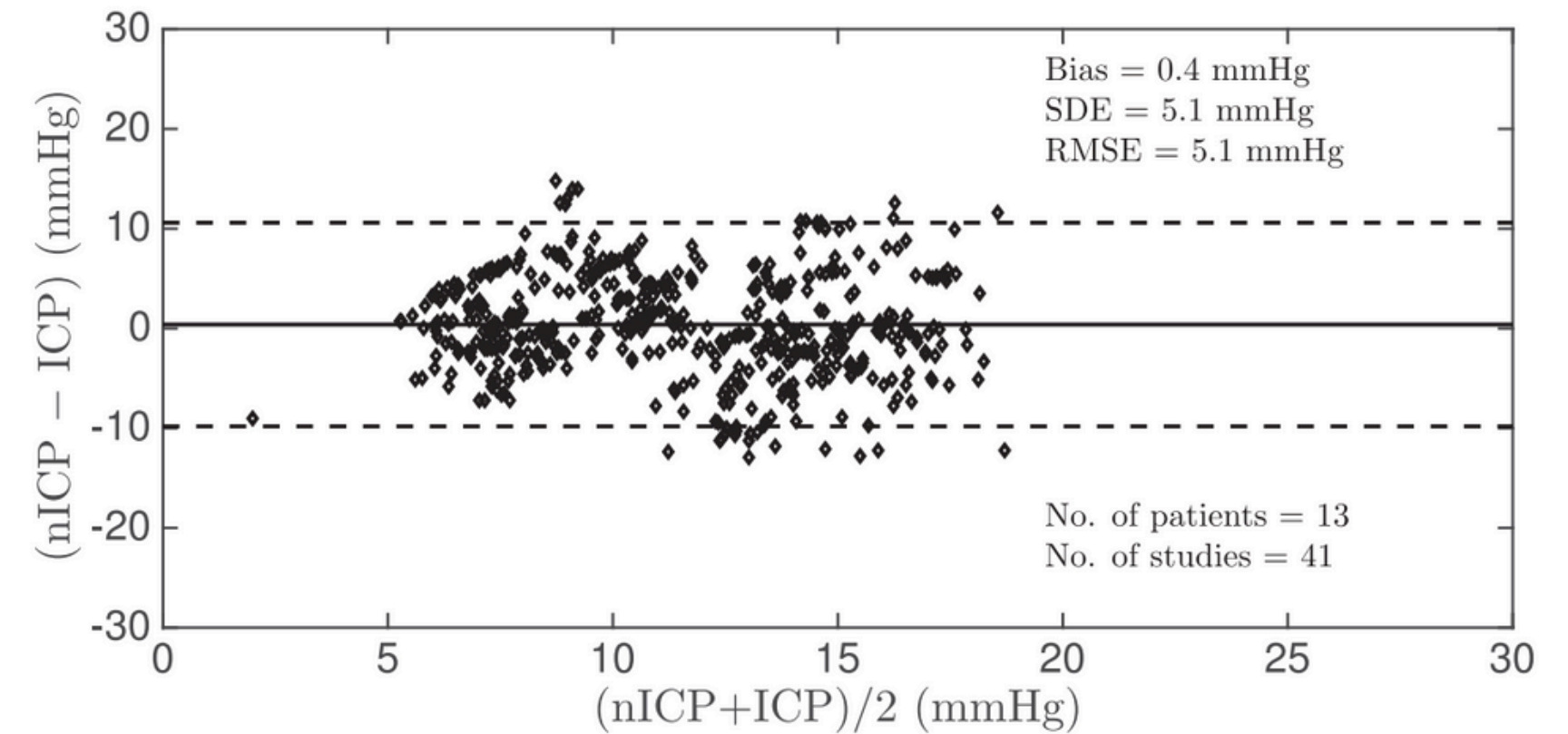
COMPARACIÓN CON LA LITERATURA



BIAS: 0.07

RMSE: 2.10

SDE: 2.18



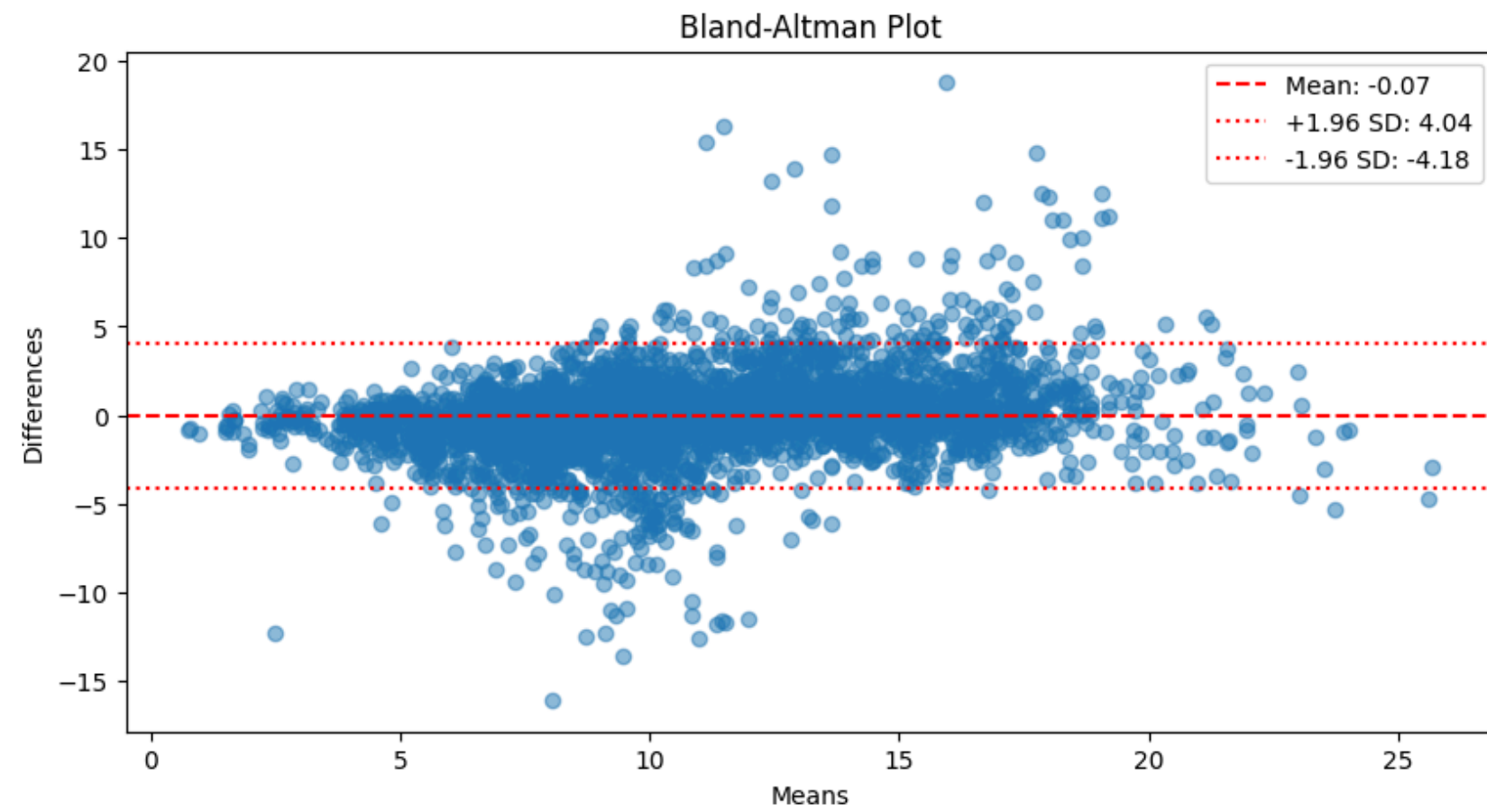
ADAPTADO DE [2]

BIAS: 0.4

RMSE: 5.1

SDE: 5.1

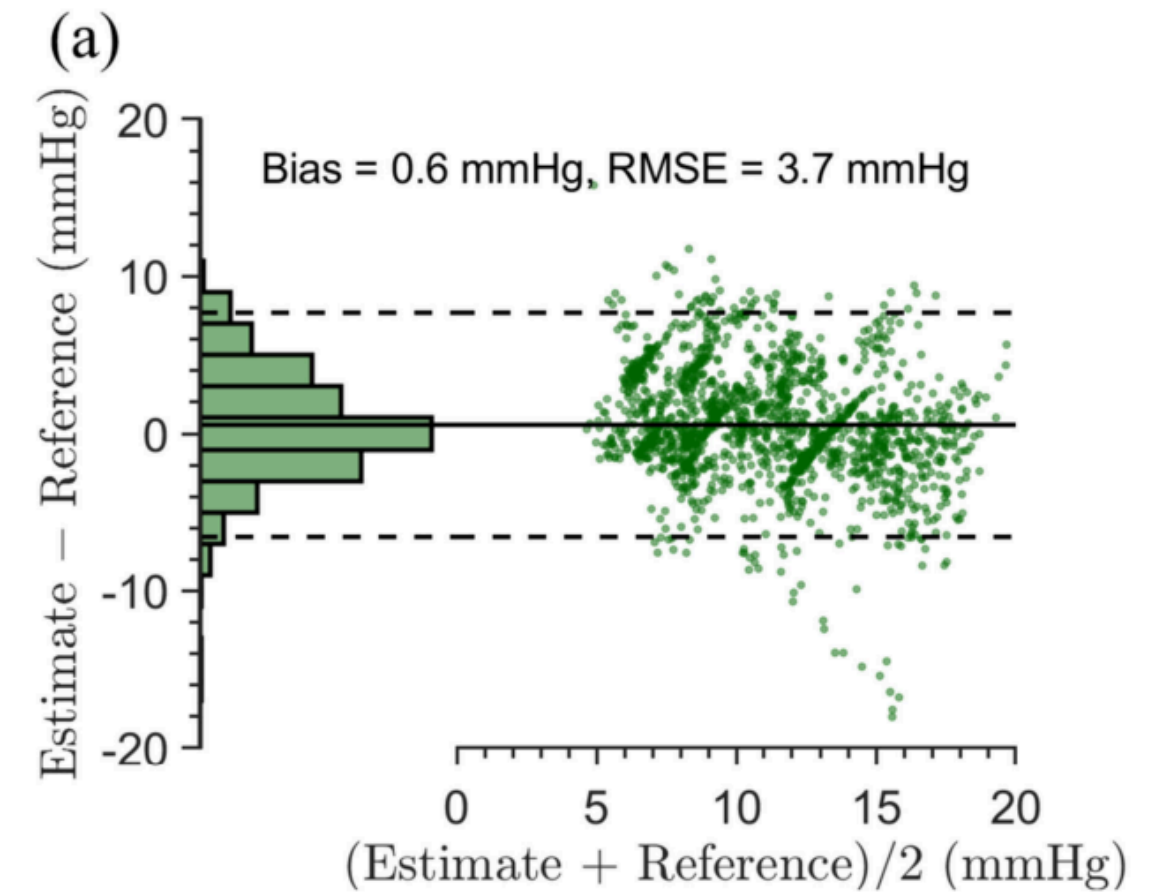
COMPARACIÓN CON LA LITERATURA



BIAS: 0.07

RMSE: 2.10

SDE: 2.18



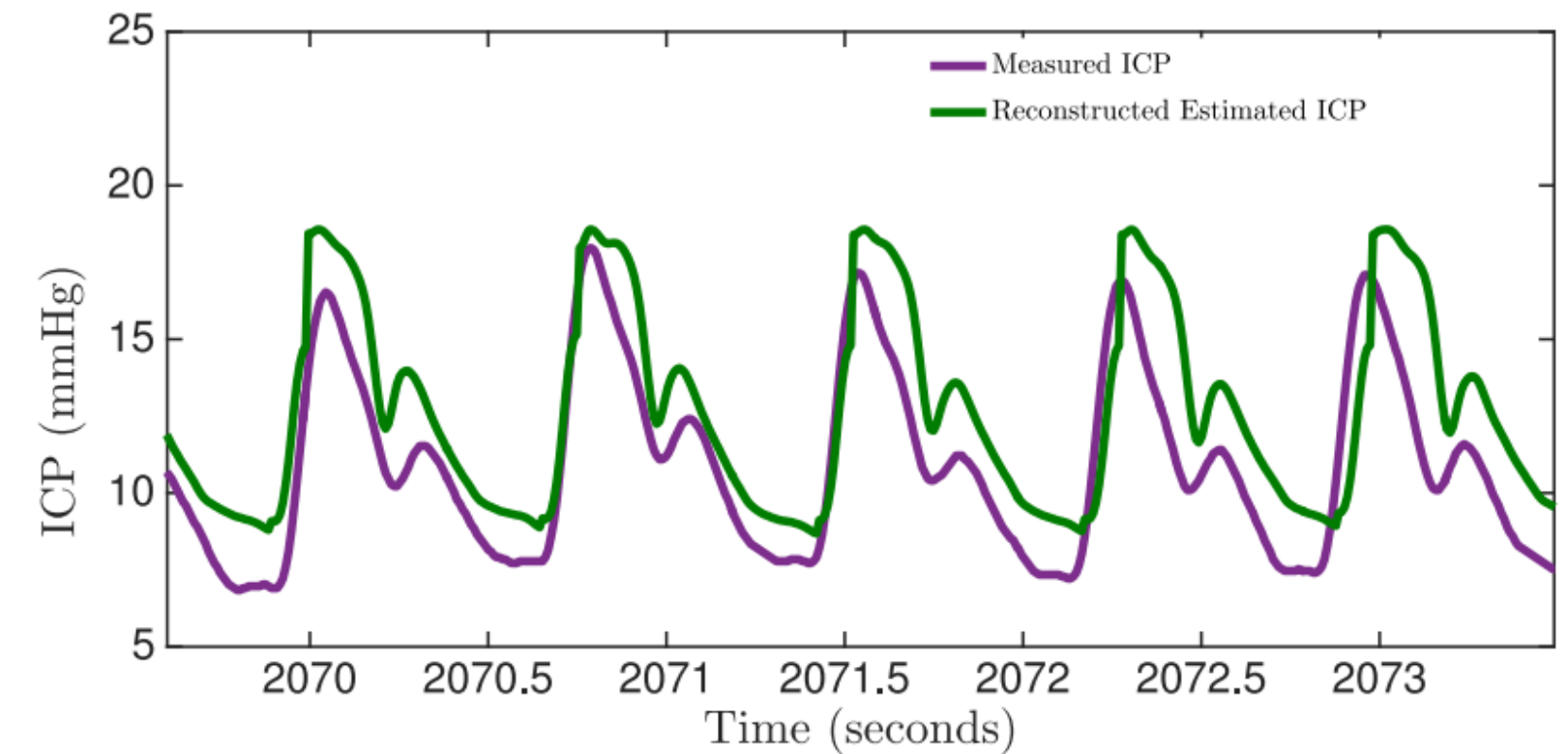
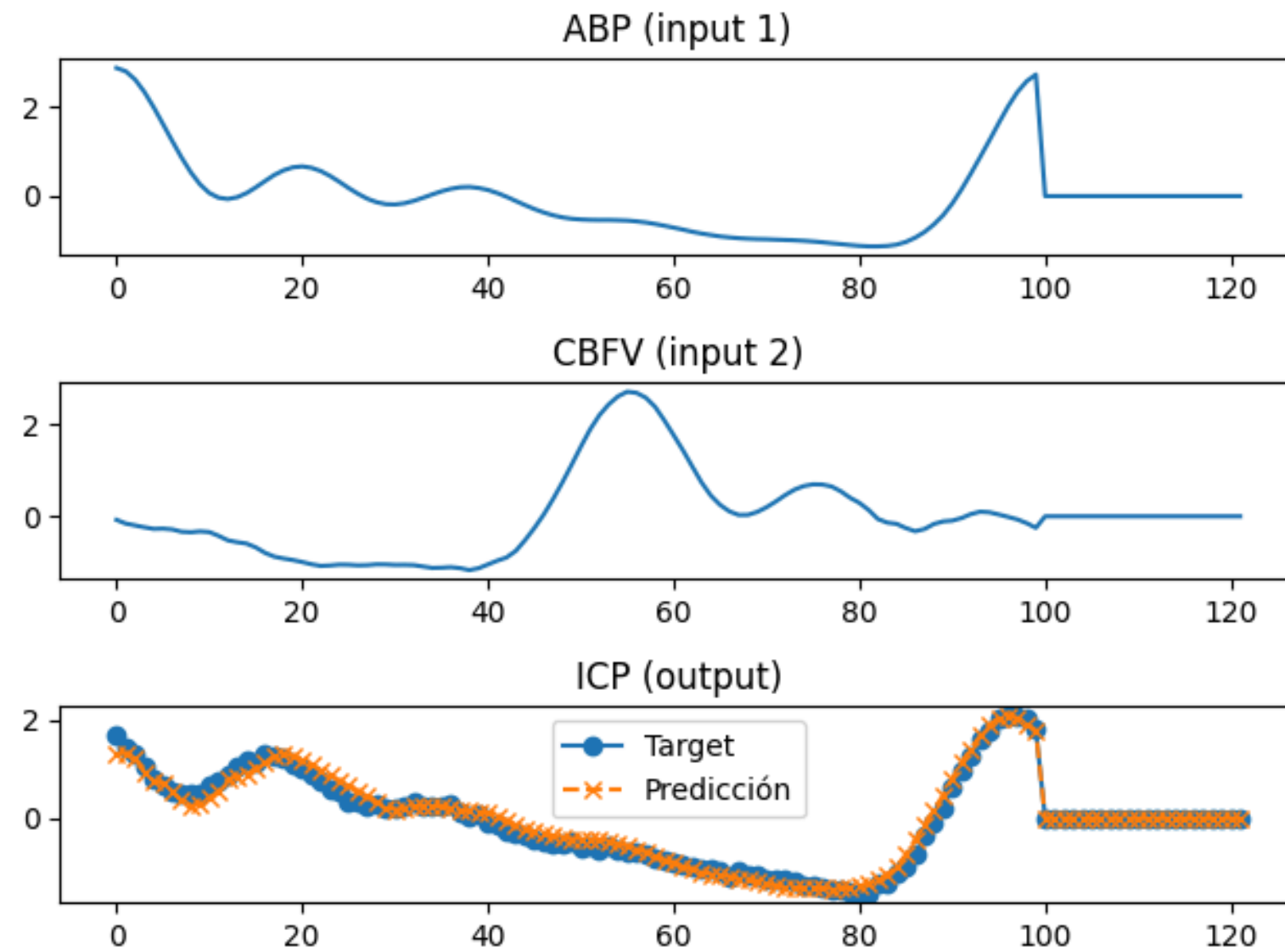
ADAPTADO DE [3]

BIAS: 0.6

RMSE: 3.7

SDE: 3.6

COMPARACIÓN CON LA LITERATURA: FORMA DE ONDA



ADAPTADO DE [2]

DISCUSIÓN

EFICACIA DEL FCNN

- Demostrada en la estimación precisa de la ICP, superando métodos tradicionales.

CONVERGENCIA DE CURVAS DE PÉRDIDA

- Indicativo de robustez y efectividad del modelo para generalizar en nuevos datos.

EFICACIA DE LSTM

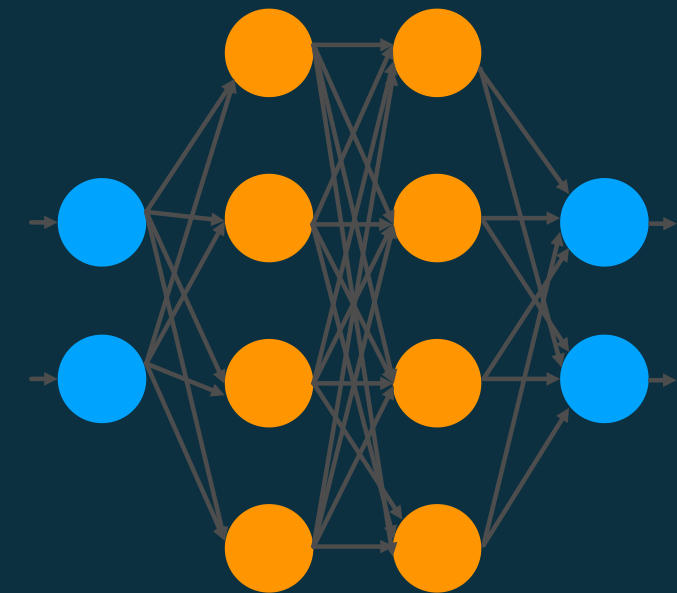
- Las redes LSTM gestionan información pasada y futura crucial para modelar las dinámicas temporales de los datos de ICP.

APLICACIÓN CLÍNICA

- Potencial significativo en el monitoreo y tratamiento de condiciones neurológicas.

CONCLUSIONES

- La estimación no invasiva de la ICP a través de mediciones de la presión arterial y el flujo sanguíneo cerebral, empleando técnicas avanzadas de inteligencia artificial como las redes neuronales aumenta su fiabilidad sin necesidad de intervenciones quirúrgicas.
- Estos avances ofrecen un enfoque significativamente menos invasivo, marcando un progreso importante en la seguridad y comodidad del paciente.



LIMITACIONES Y TRABAJO A FUTURO

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- Validación limitada a condiciones específicas y tipos de pacientes

NECESIDAD DE DIVERSIFICACIÓN

- Esencial ampliar la validación a diferentes demografías y condiciones clínicas.

INTEGRACIÓN CON IA

- Potencial para sistemas que ajusten intervenciones basadas en datos de ICP en tiempo real.

REFERENCIAS

- [1] A. Fanelli et al., "Fully automated, real-time, calibration-free, continuous noninvasive estimation of intracranial pressure in children," *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, vol. 24, pp. 509–519, Nov 2019.
- [2] R. Jaishankar, A. Fanelli, A. Filippidis, T. Vu, J. Holsapple, and T. Heldt, "A spectral approach to model-based noninvasive intracranial pressure estimation," *IEEE journal of biomedical and health informatics*, vol. 24, pp. 2398–2406, Aug 2020.
- [3] S. M. Imaduddin, A. Fanelli, F. W. Vonberg, R. C. Tasker, and T. Heldt, "Pseudo-bayesian model-based noninvasive intracranial pressure estimation and tracking," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 67, pp. 1604–1615, 06 2020.

The background is a solid dark blue. It features several abstract, light blue line-art elements. In the top center, there are a few vertical lines with small circles at their ends. In the top right, a larger curved line (arc) has several lines extending from it, each ending in a small circle. In the bottom left, another large arc has lines extending from it, also ending in small circles. In the bottom right, there are more lines with circles at their ends, some of which are connected to a larger arc. The text is centered in the middle of the image.

**MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN**