

# 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**

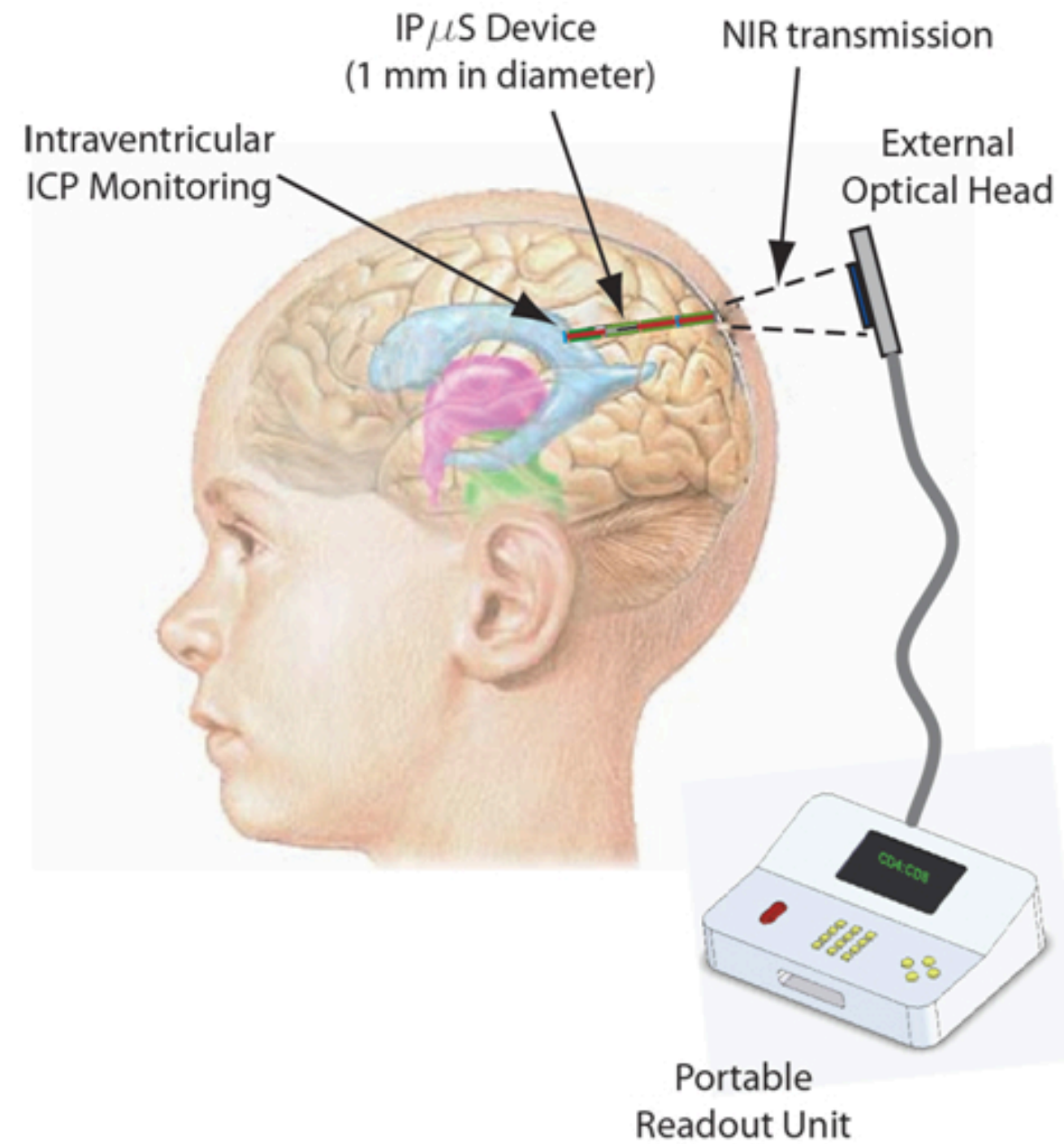
**LESIÓN CEREBRAL TRAUMÁTICA (TBI)  
HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA (SAH),  
HEMORRAGIA INTRACRANEAL RELACIONADA CON LA PREMATURIDAD  
DISFUNCIÓN CEREBRAL ASOCIADA A SEPSIS  
ACCIDENTE CEREBROVASCULAR (ACV)**

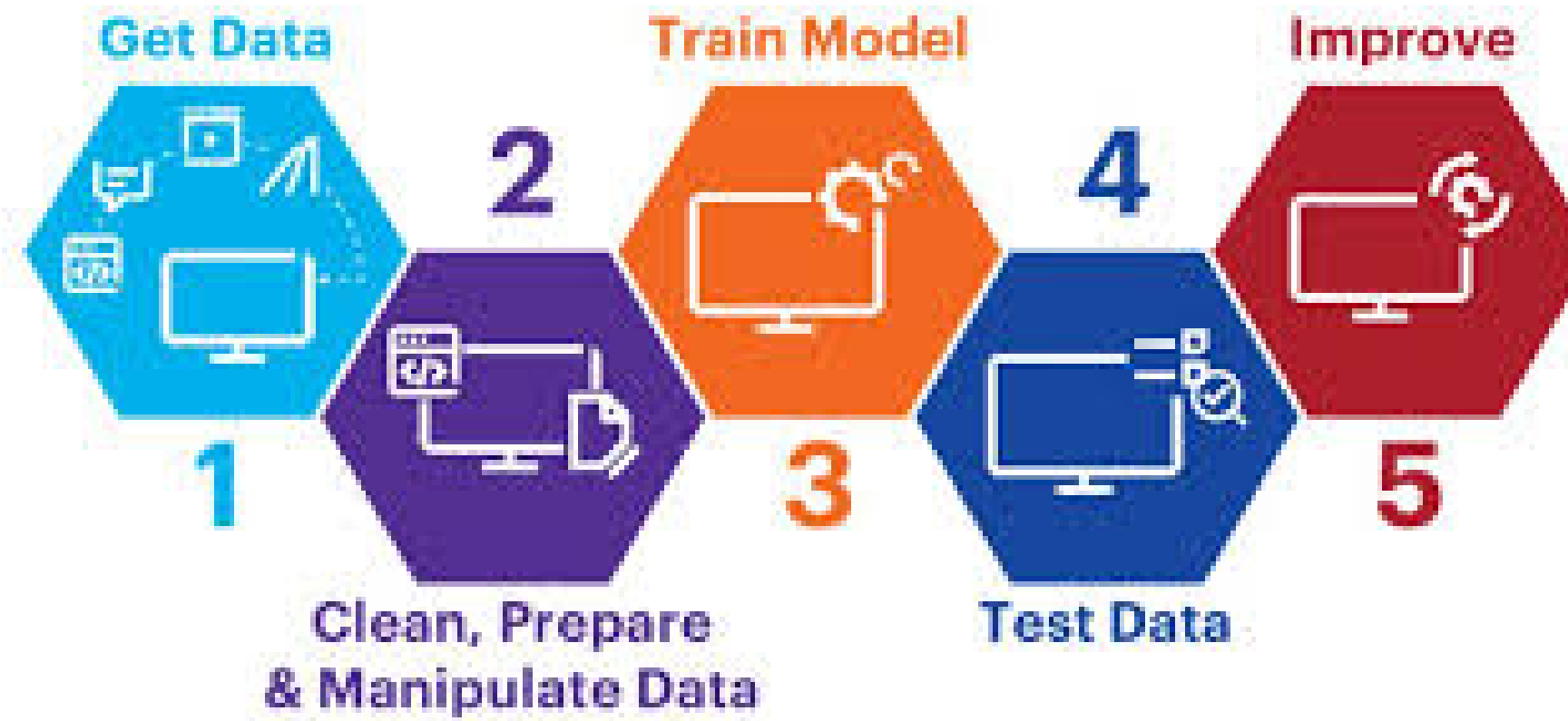
LA INCIDENCIA ANUAL SE ESTIMA ENTRE 2.5 Y 3 CASOS POR 100,000 NIÑOS, ES CATALOGADO COMO UNA DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE Y DISCAPACIDAD A LARGO PLAZO

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

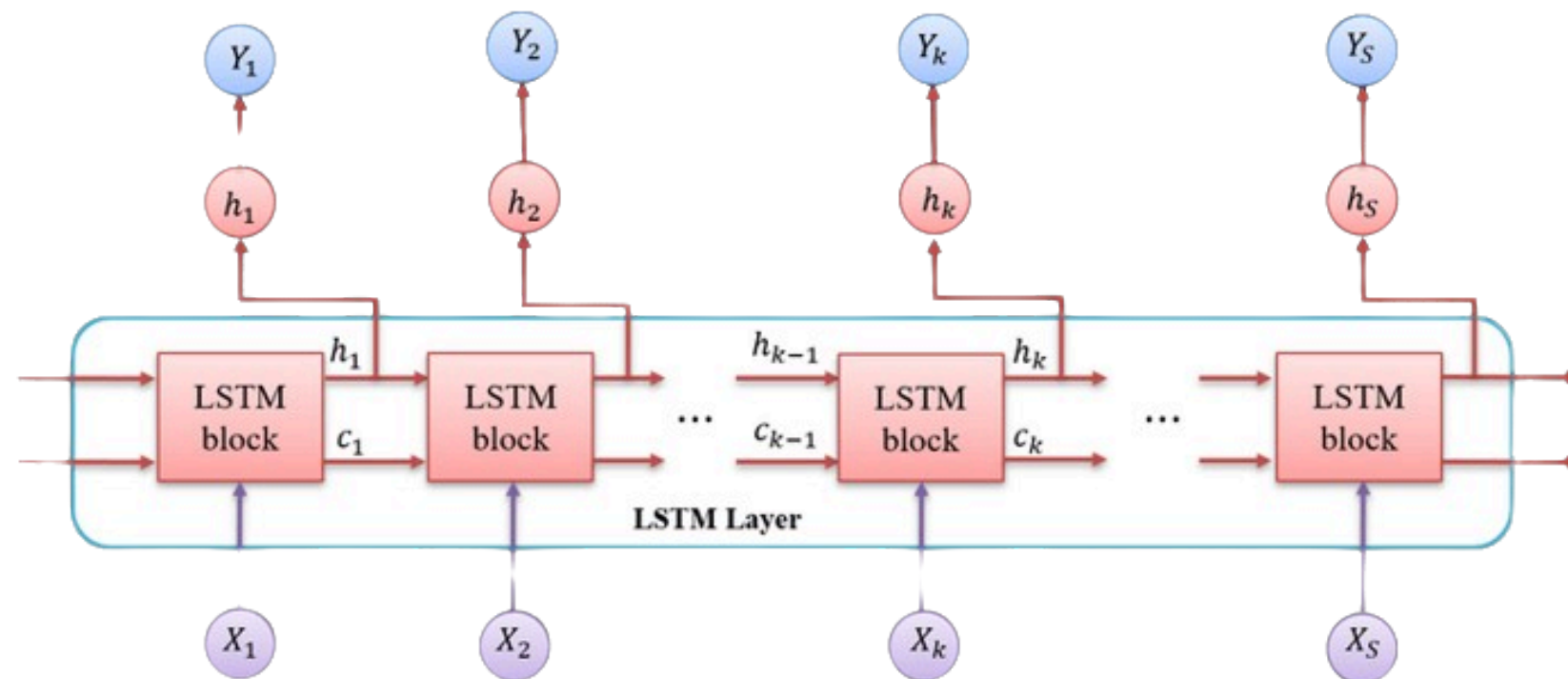
X. LIU, Y. PU, D. WU, Z. ZHANG, X. HU, AND L. LIU, "CROSS-FREQUENCY COUPLING BETWEEN CEREBRAL BLOOD FLOW VELOCITY AND EEG IN ISCHEMIC STROKE PATIENTS WITH LARGE VESSEL OCCLUSION,"

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

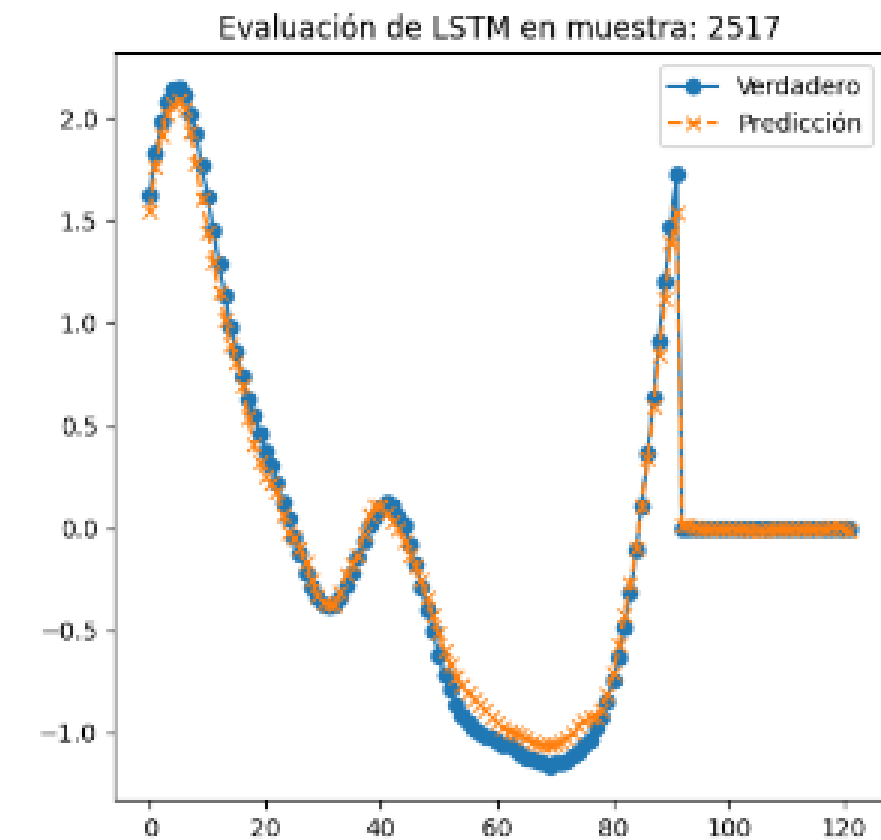
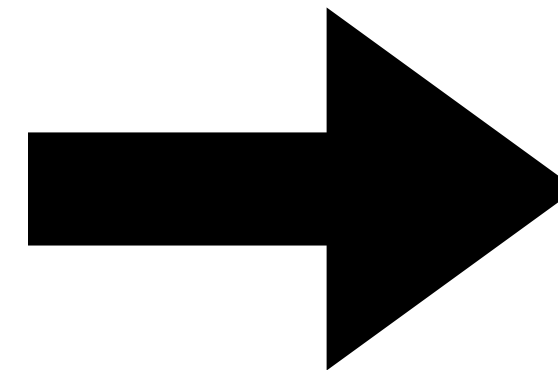




## Flujo de trabajo de machine learning



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.

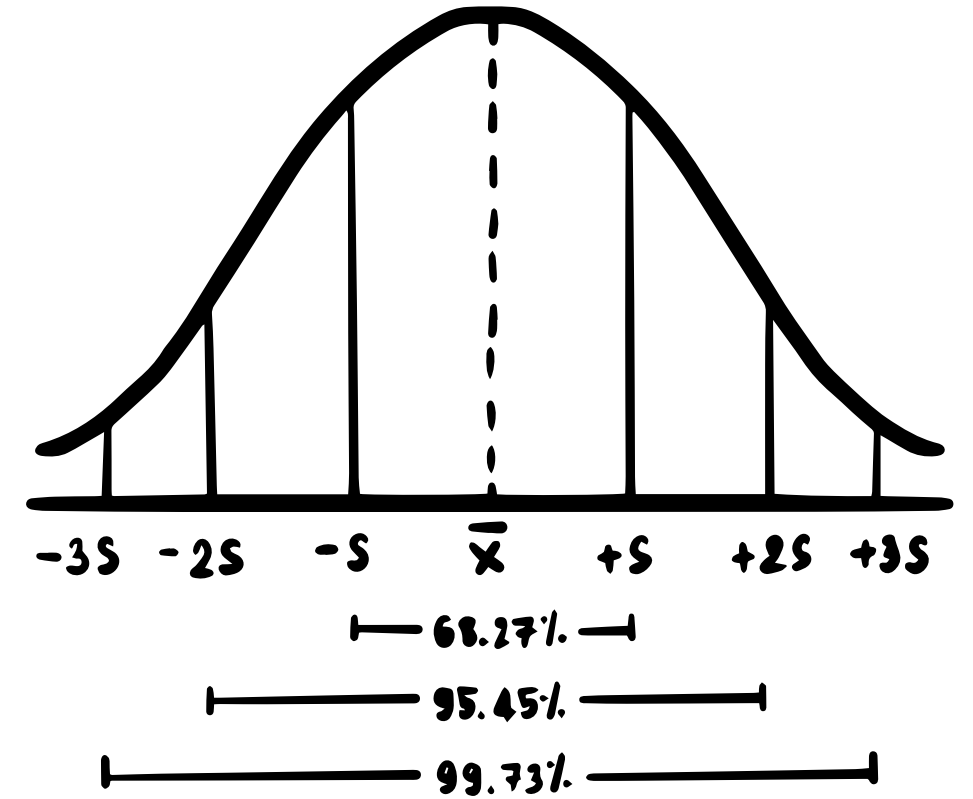


# PROCESAMIENTO



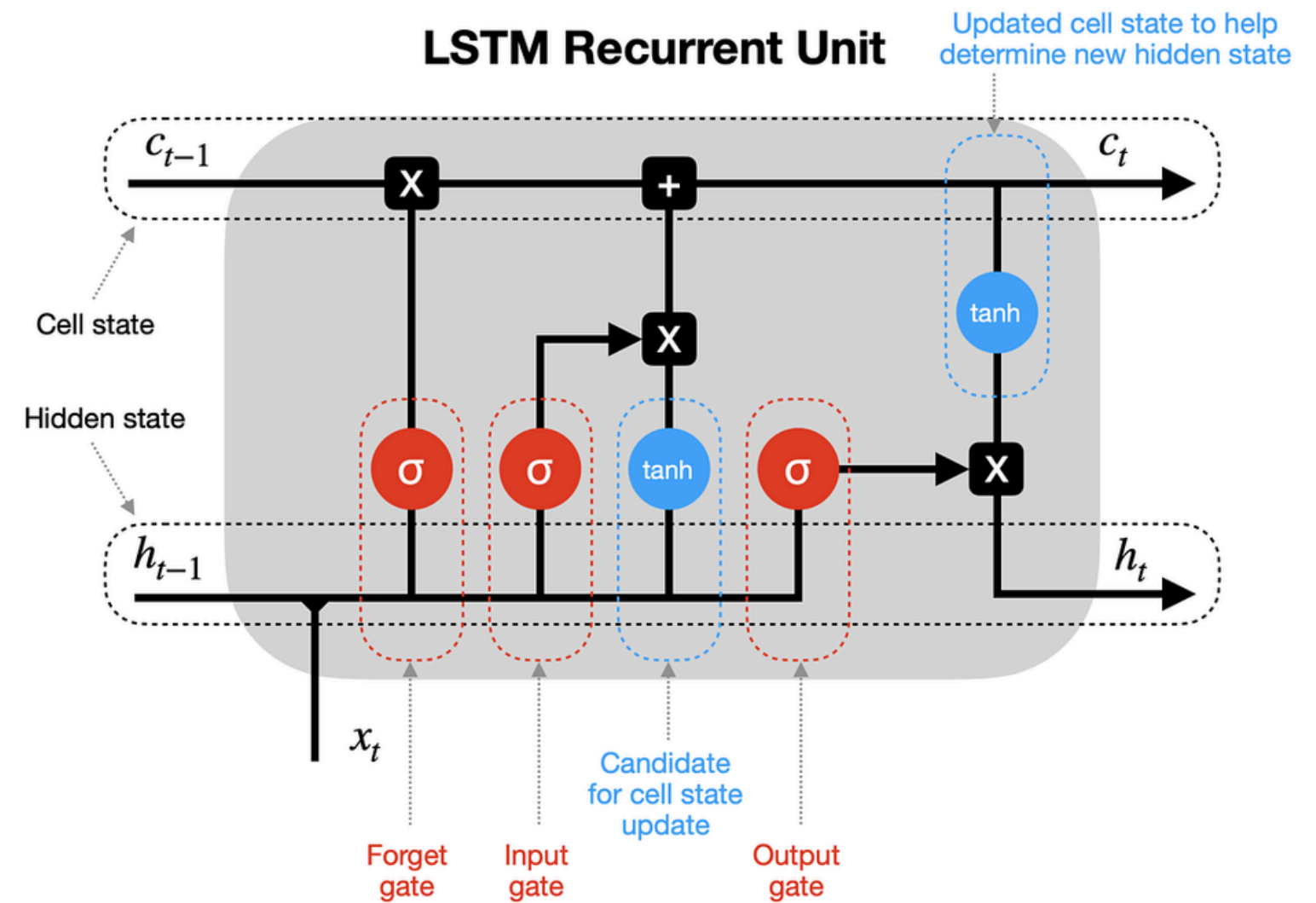
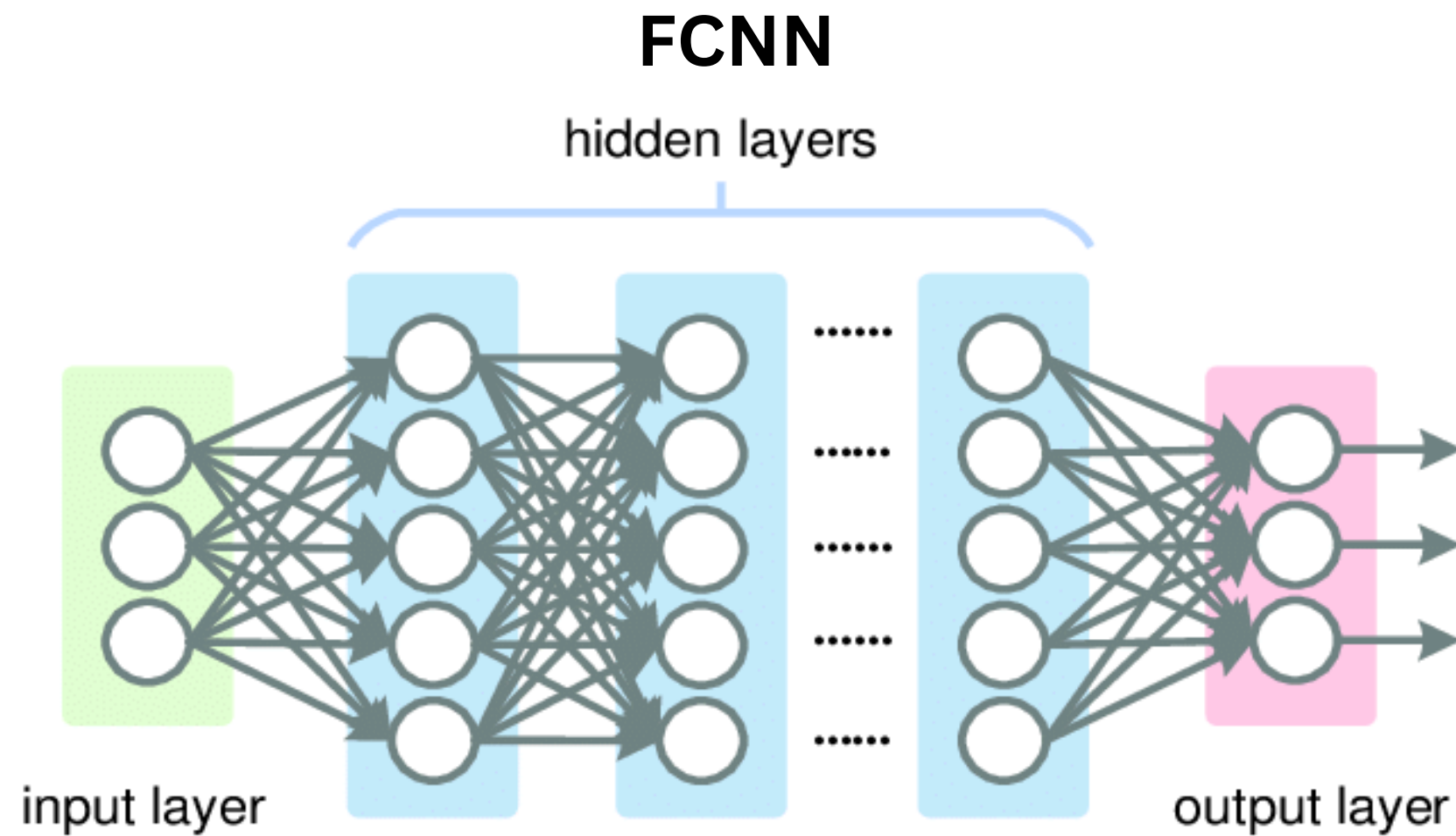
Entorno seguro

Análisis de datos



Normalización

# MODELOS ML



$\mu$

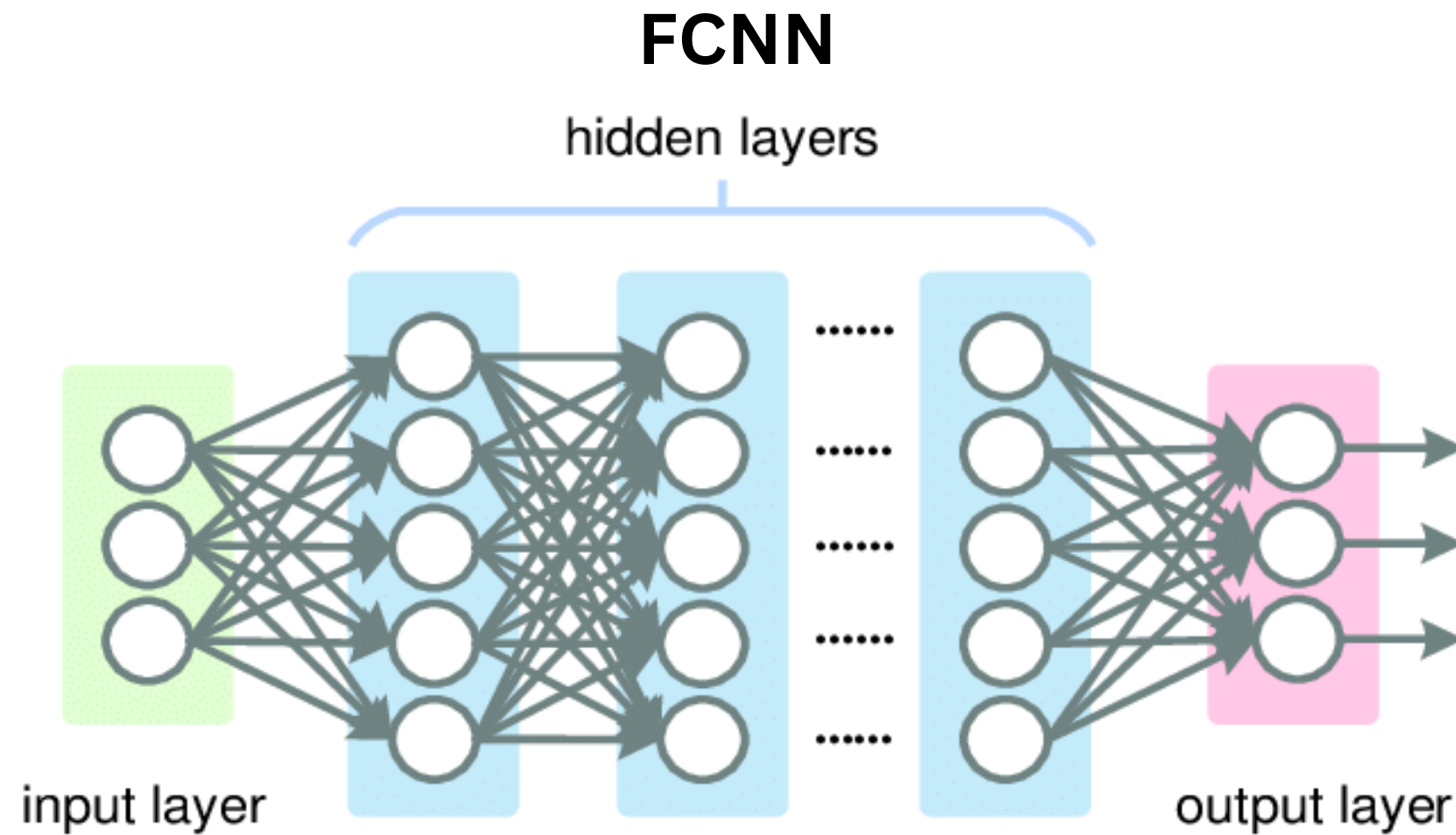
Media

$\sigma$

Desviación  
estándar

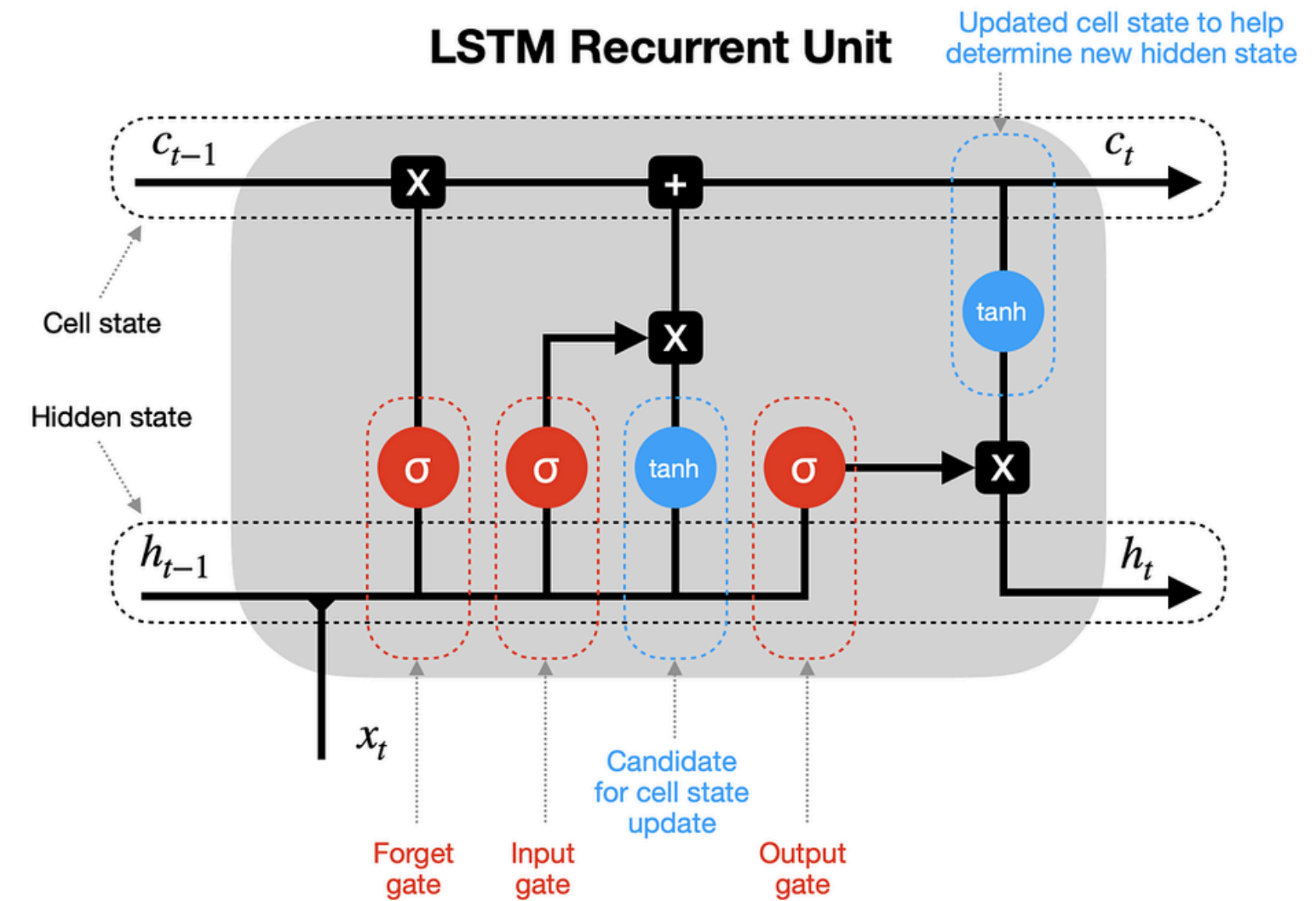
Forma de onda

# 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

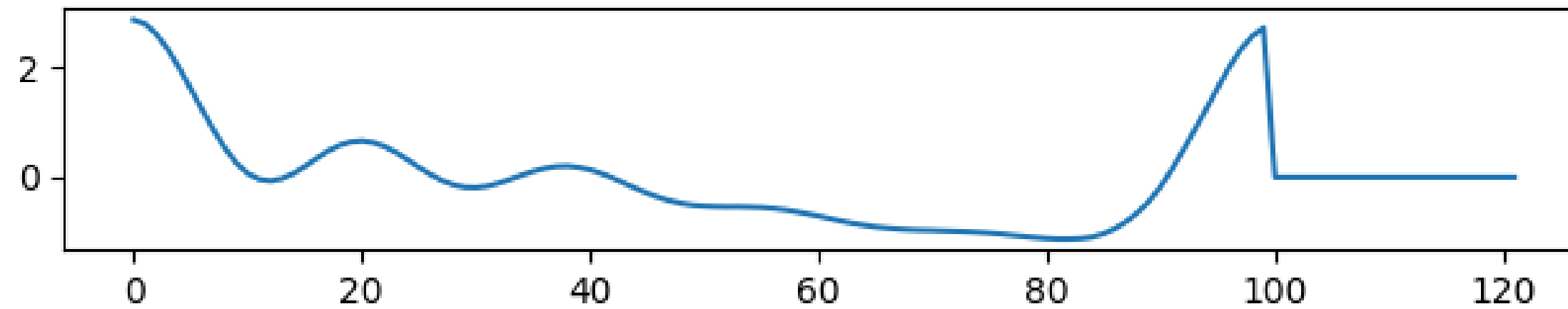


# RESULTADOS

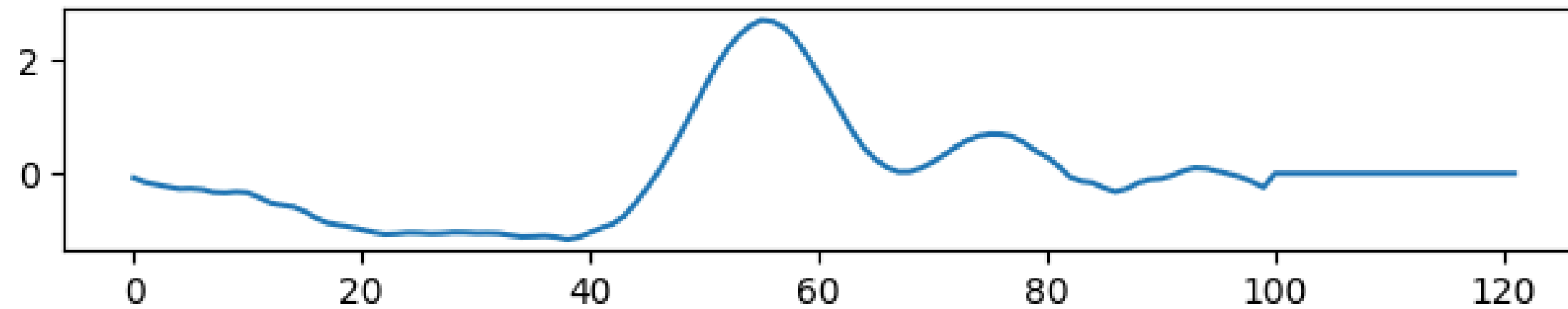


# PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA DE ICP

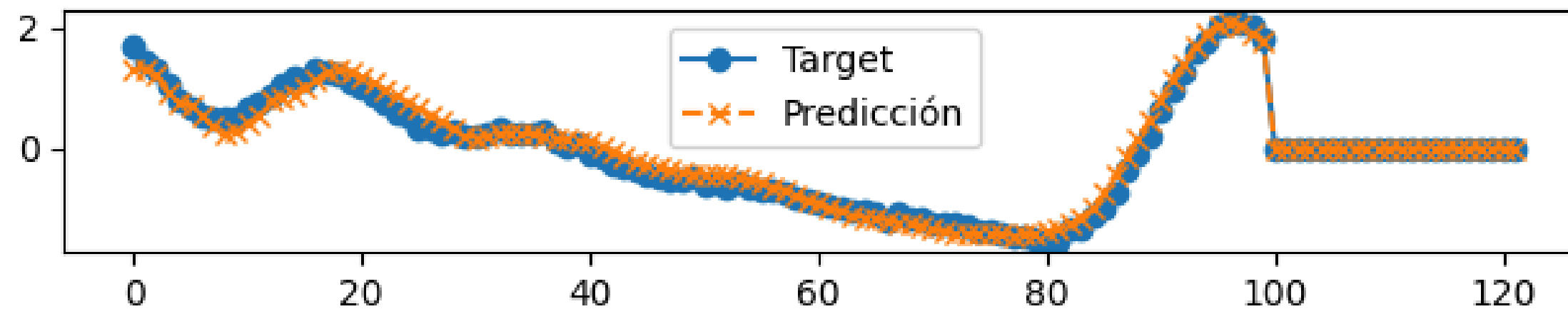
ABP (input 1)



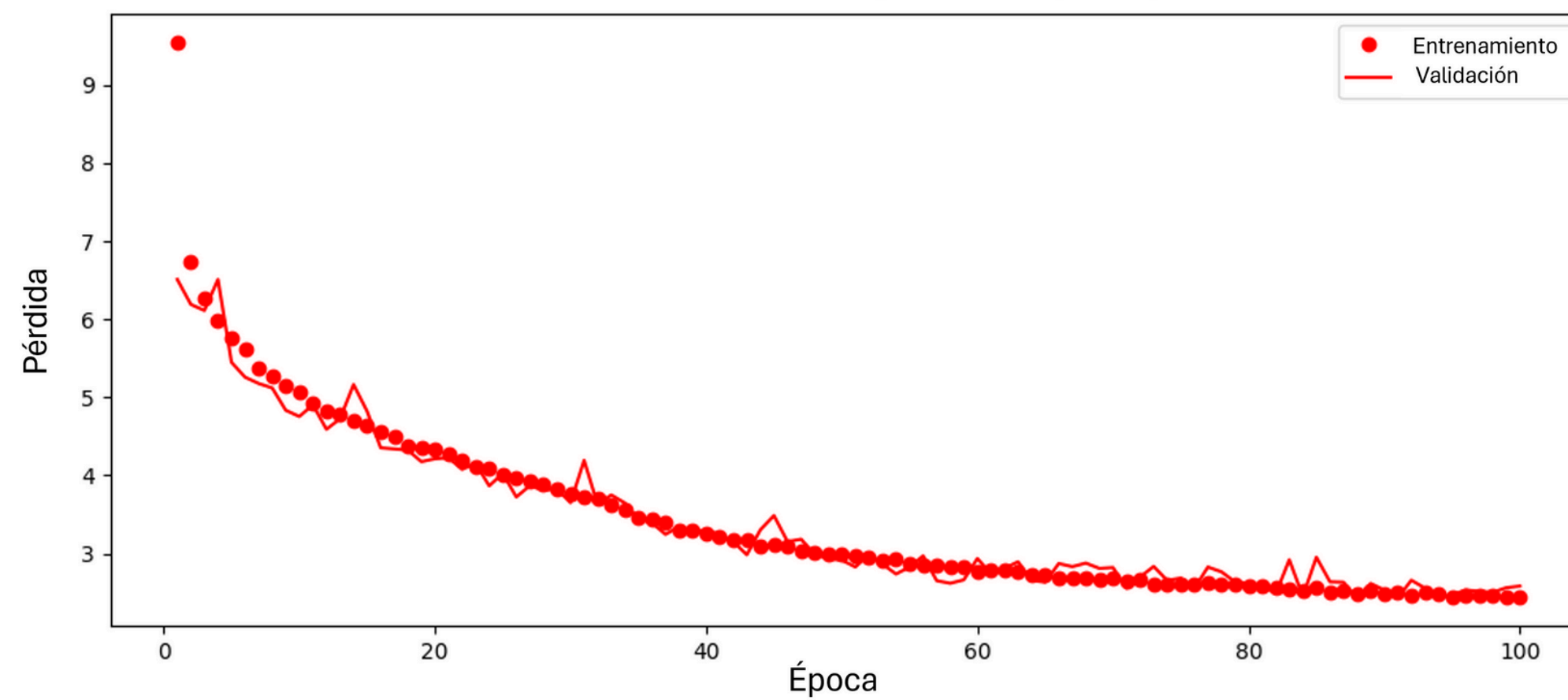
CBFV (input 2)



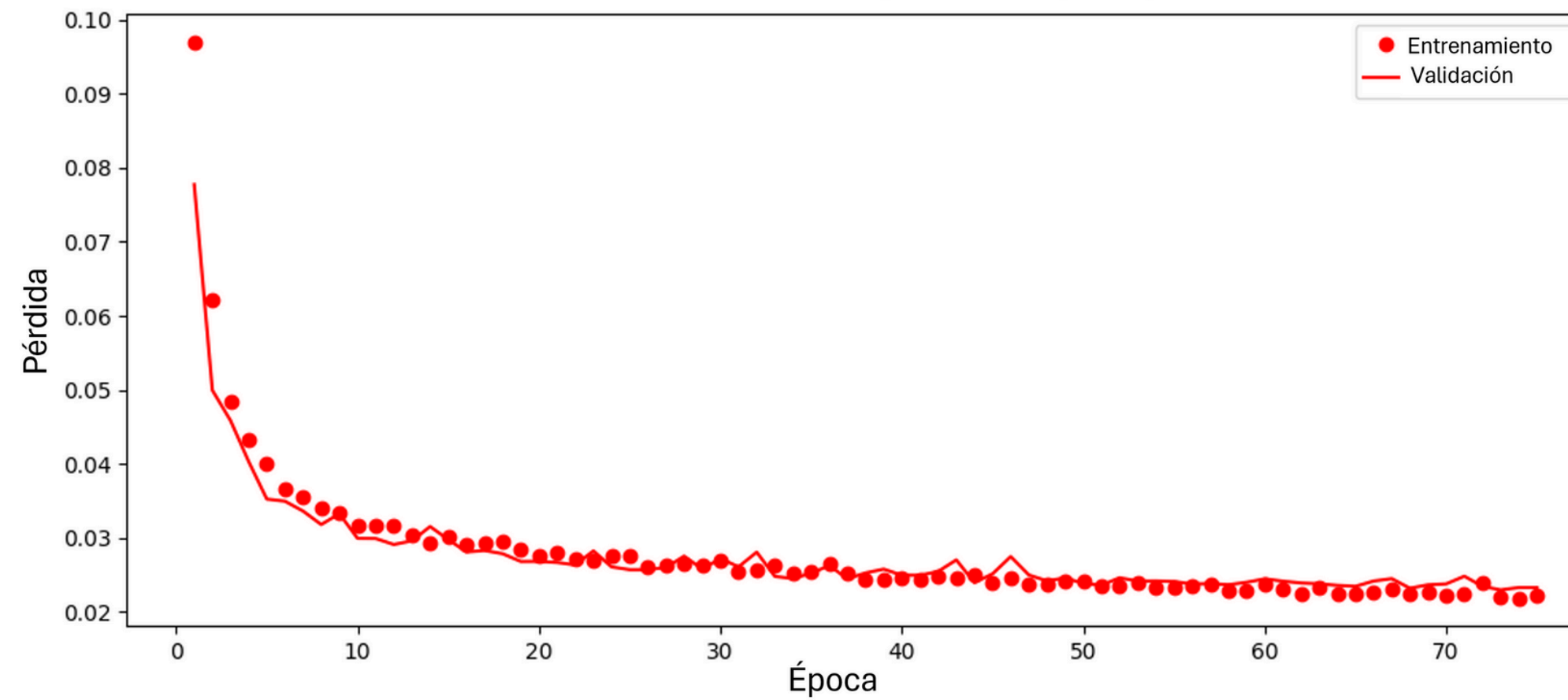
ICP (output)



Pérdida de entrenamiento y validación (FCNN)

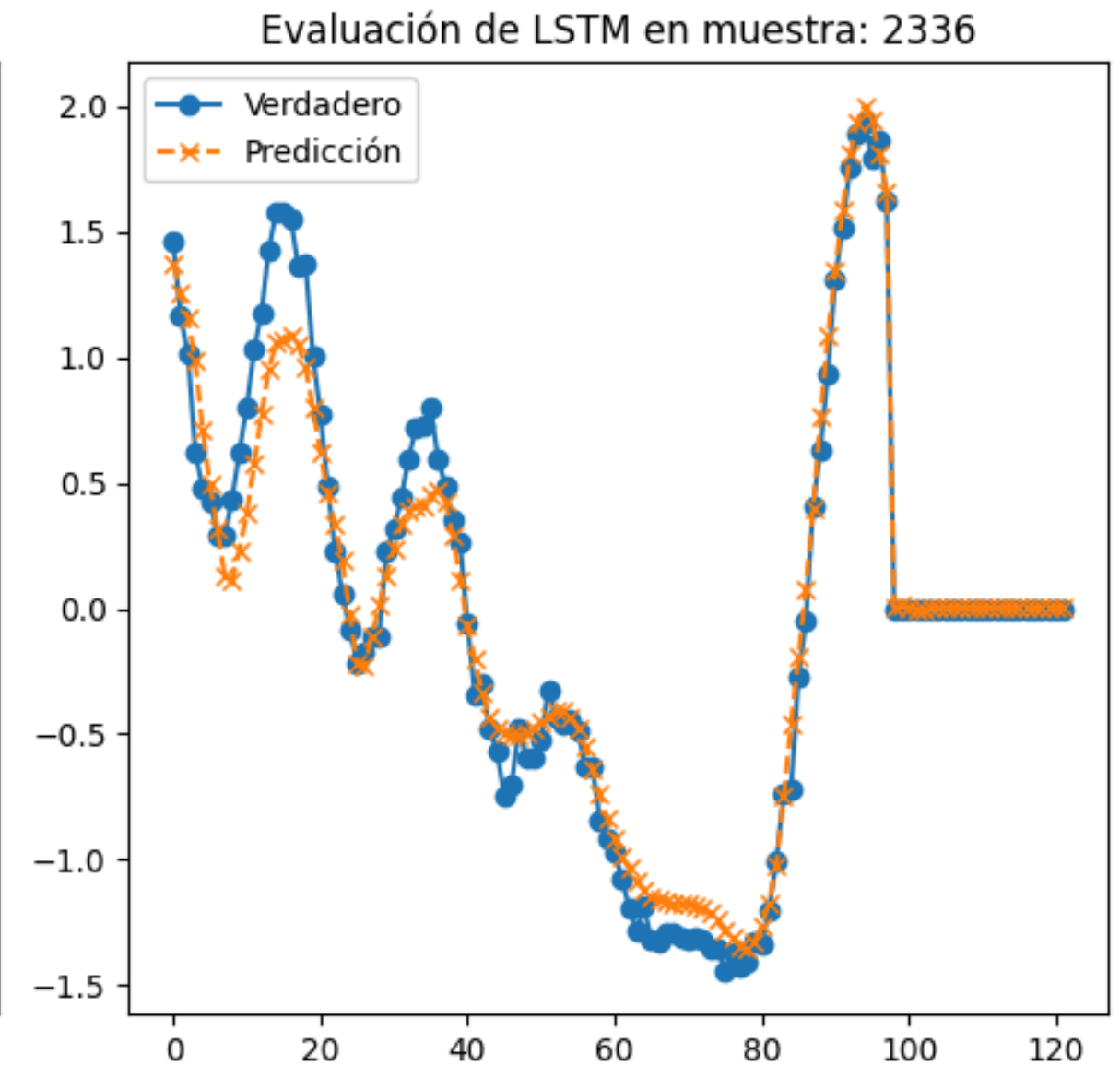
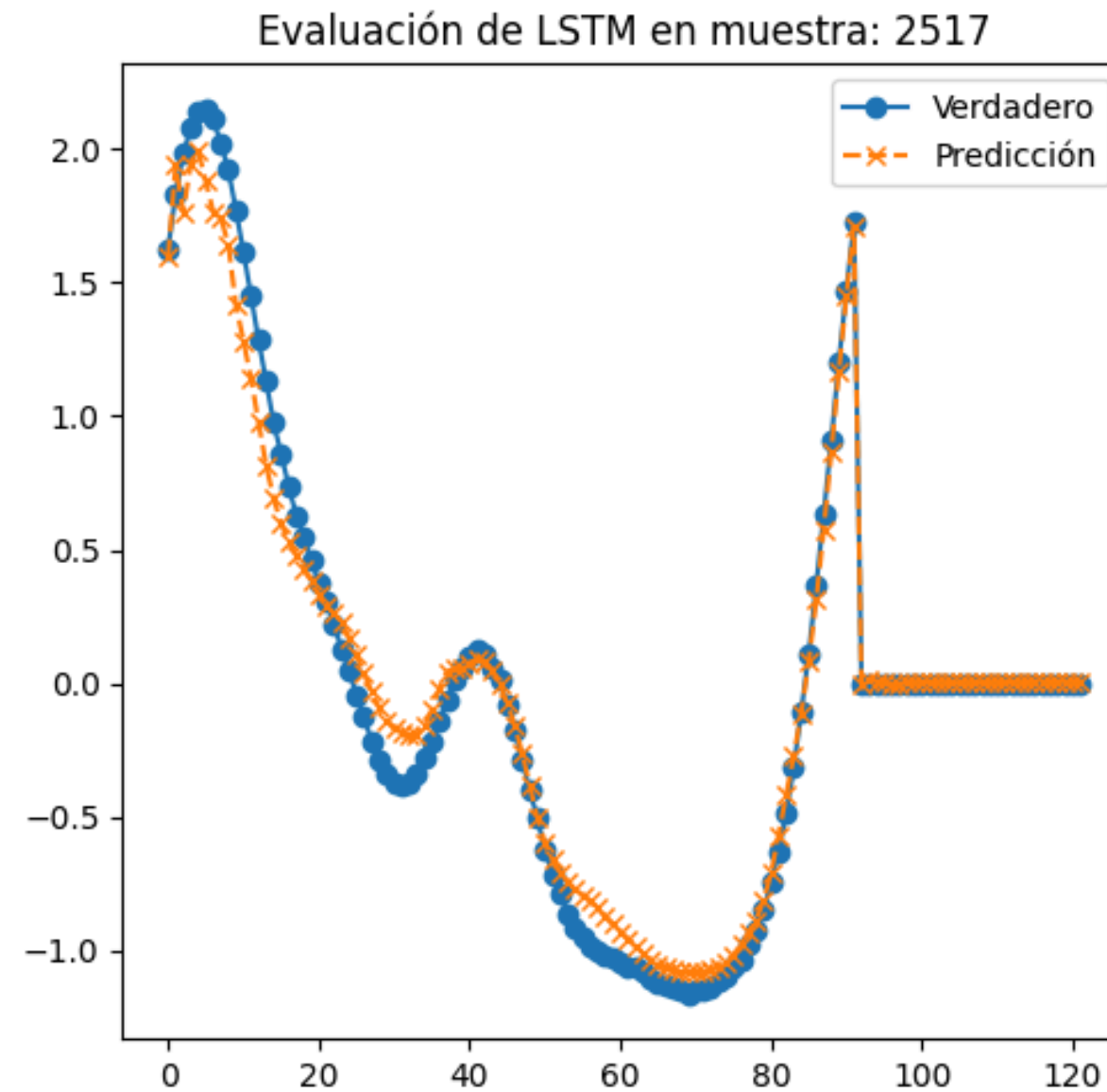
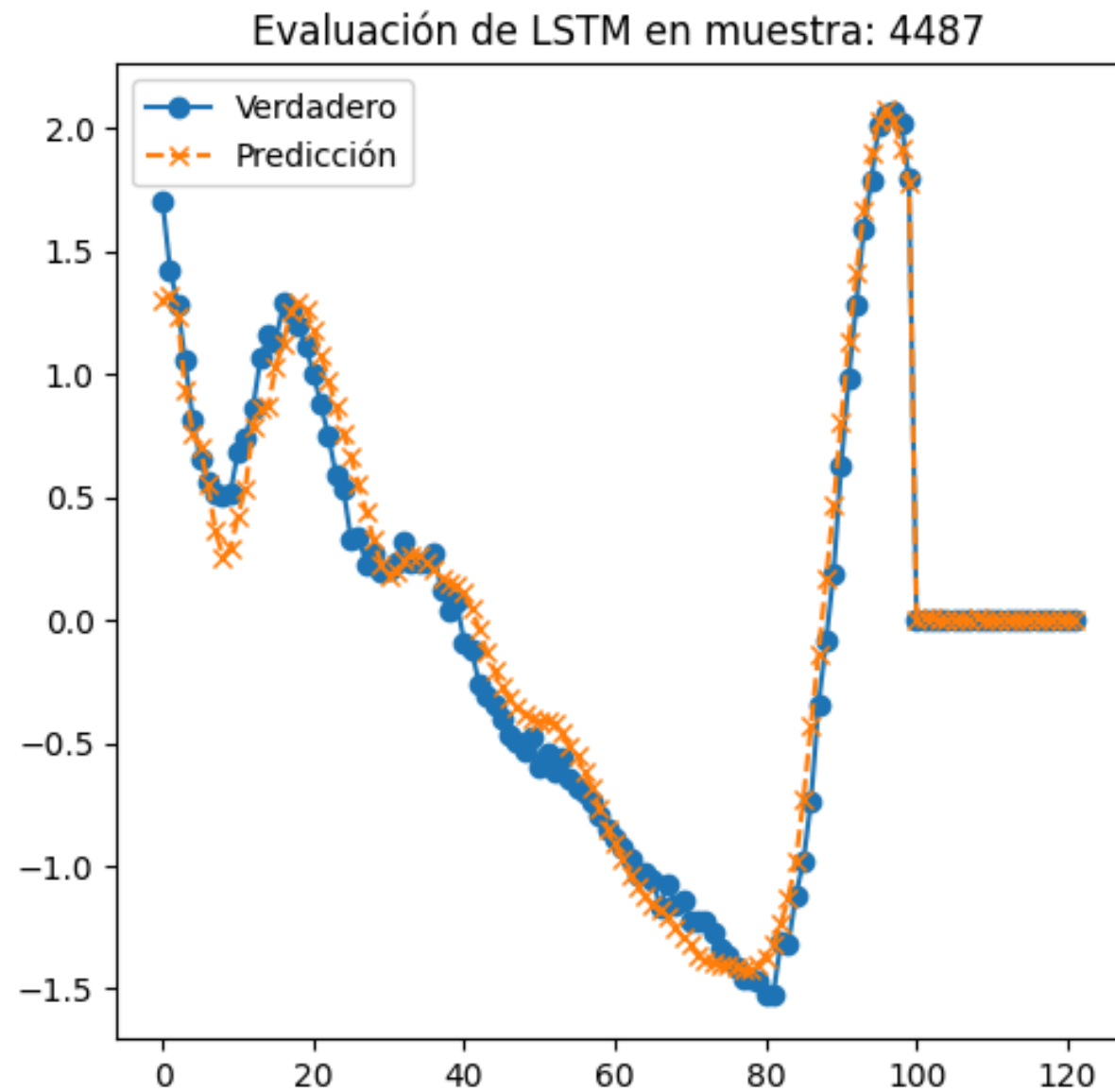


Pérdida de entrenamiento y validación (LSTM)





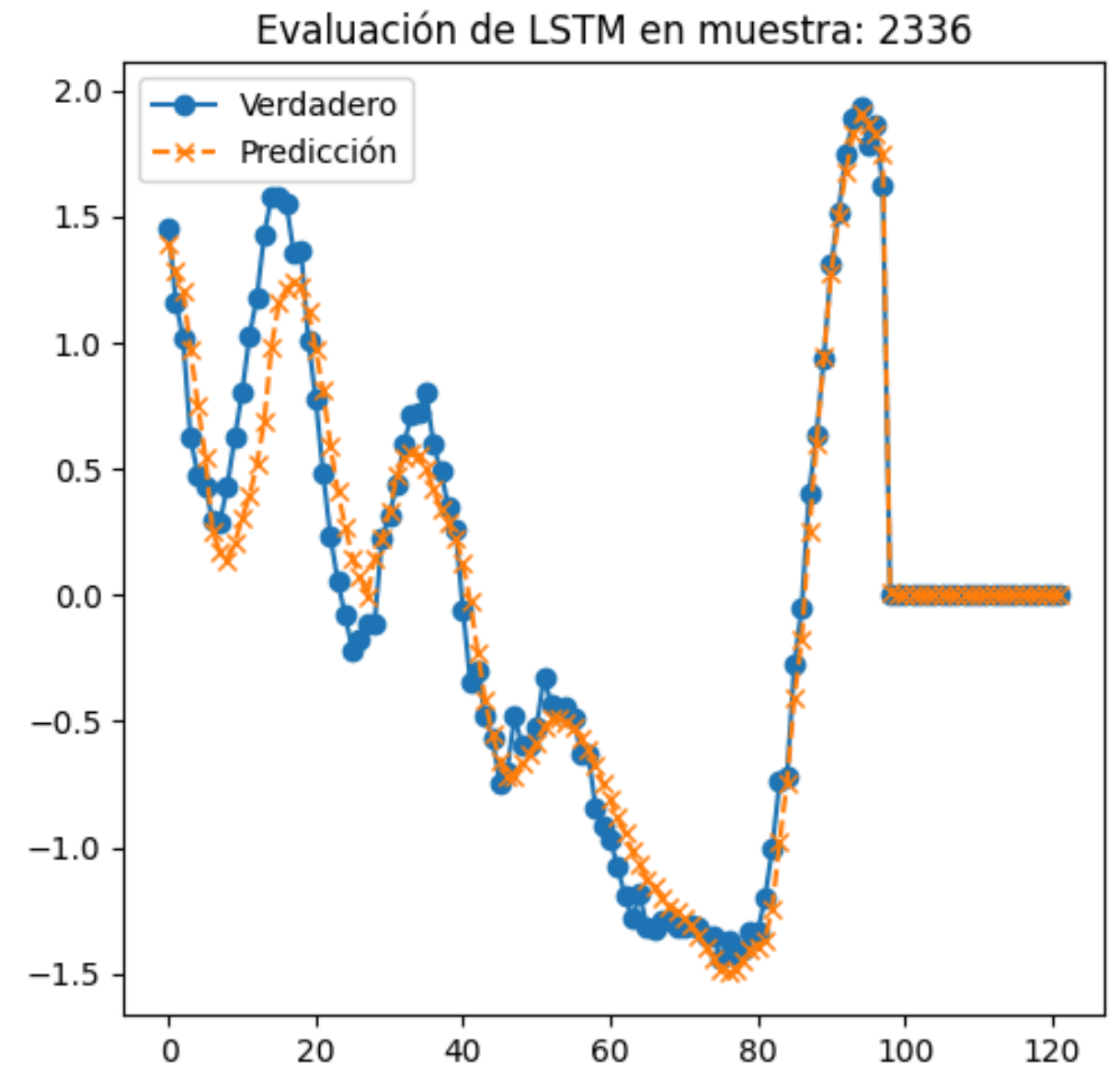
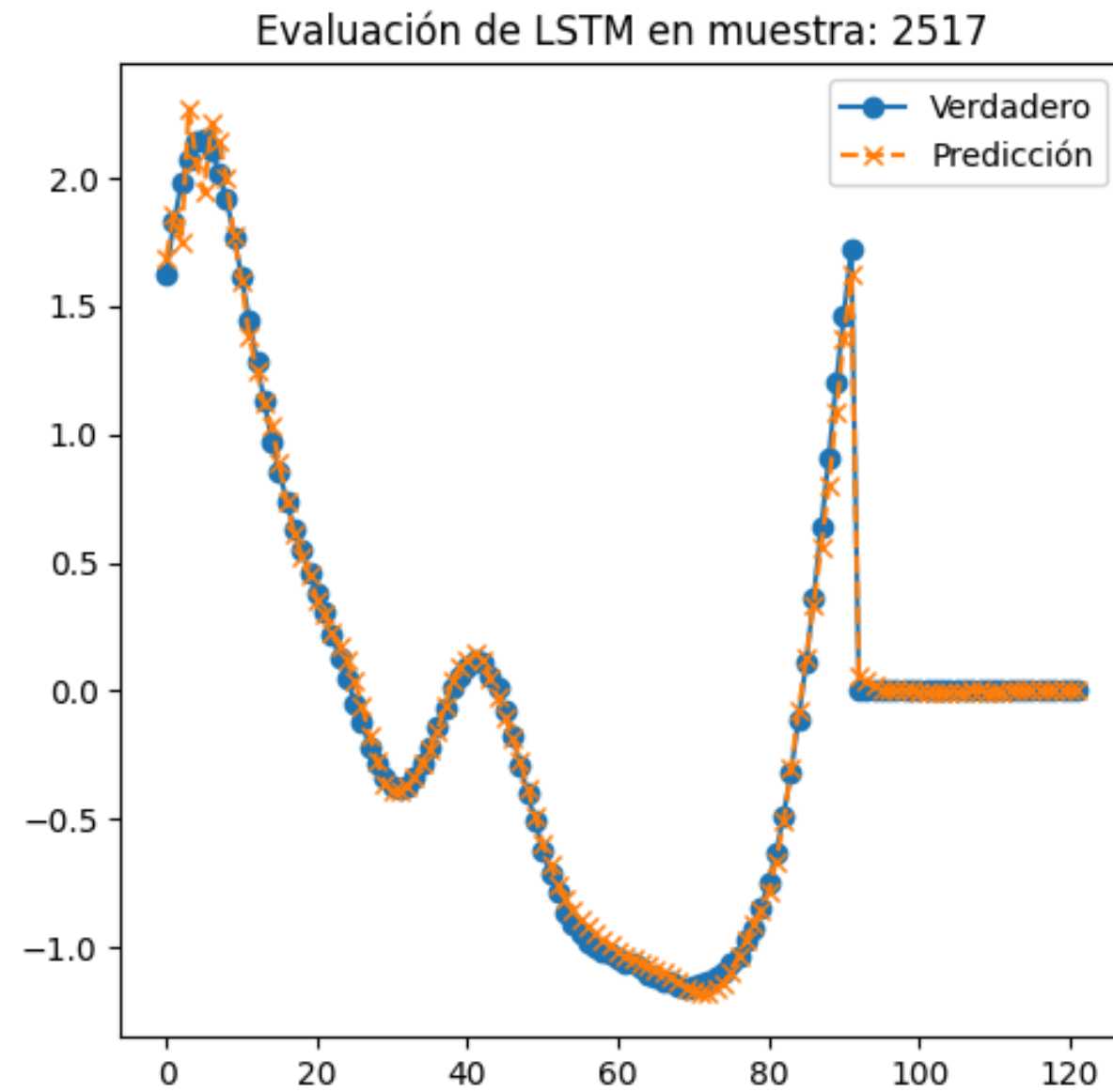
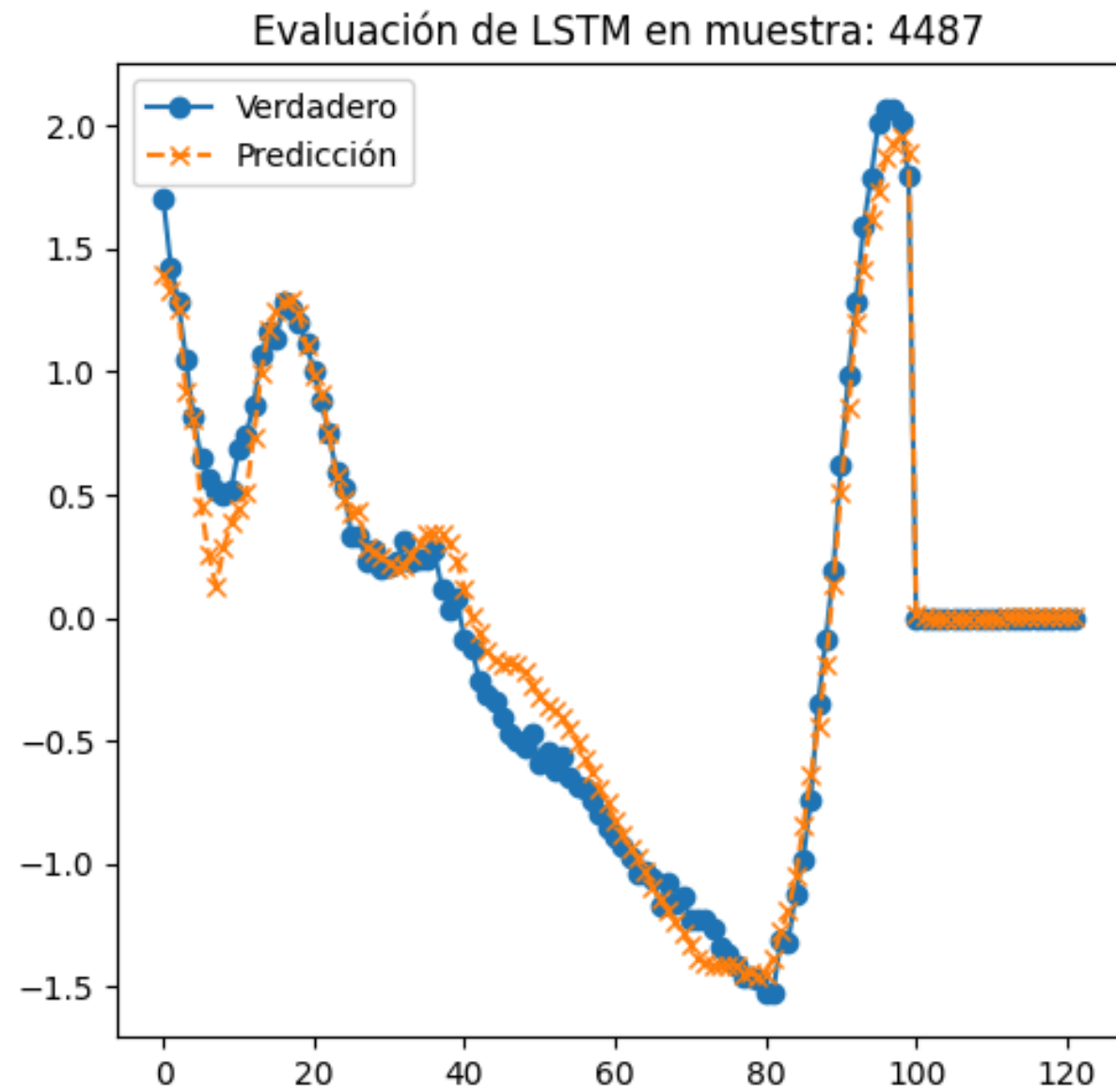
# PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA (0)



MAE: 0.20, MSE: 0.14, HUBER: 0.8

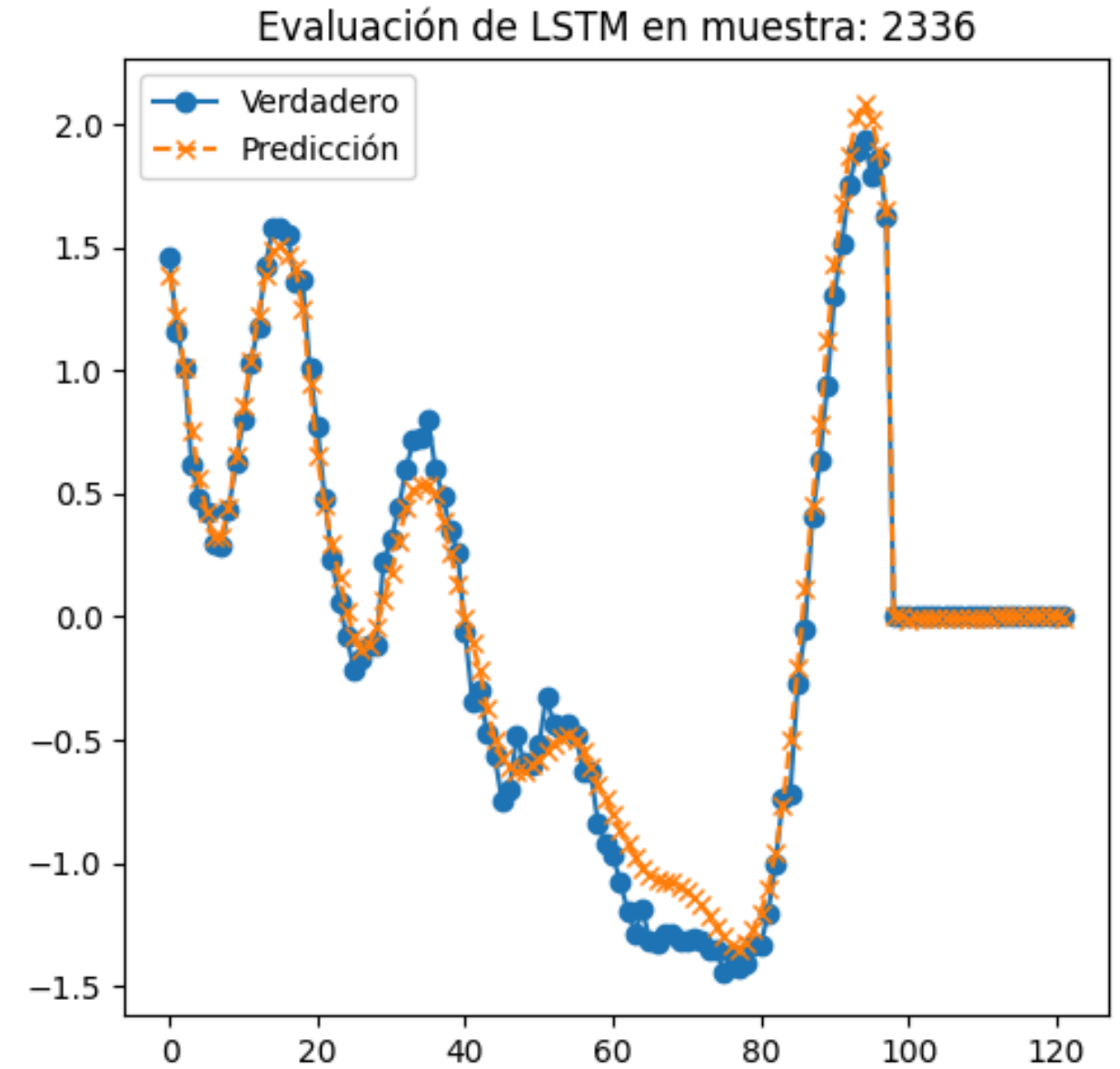
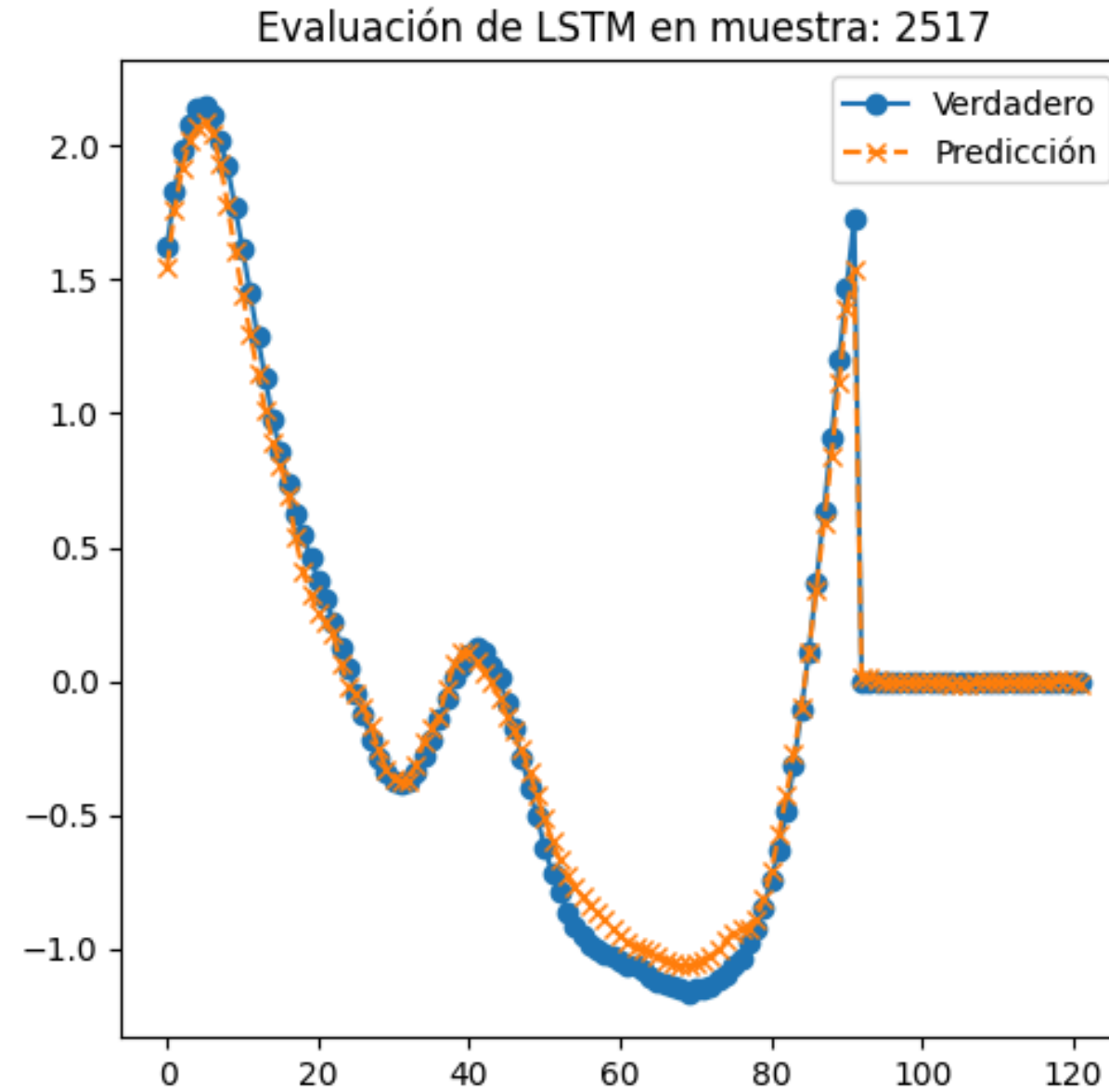
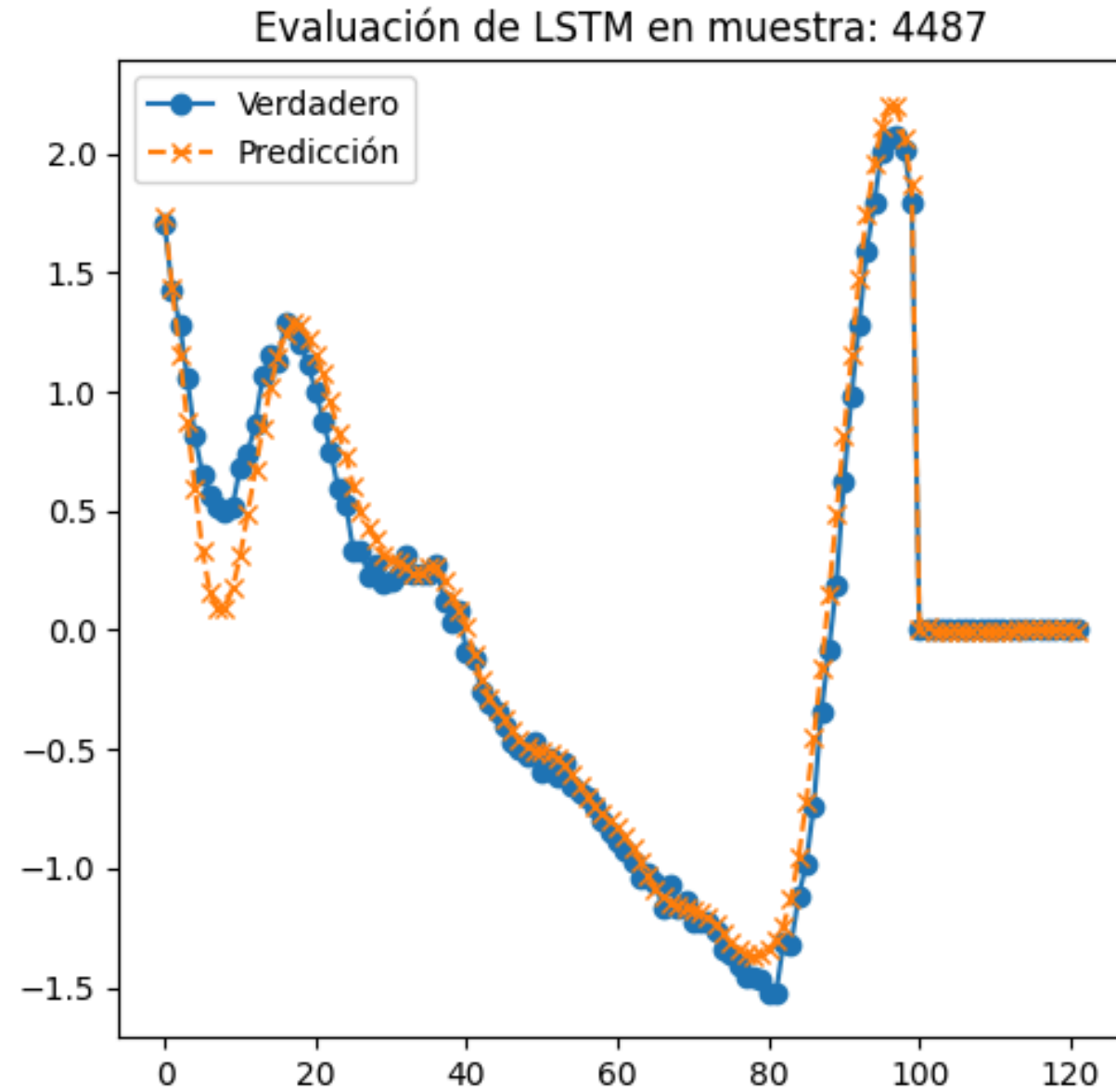


# PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA (1)



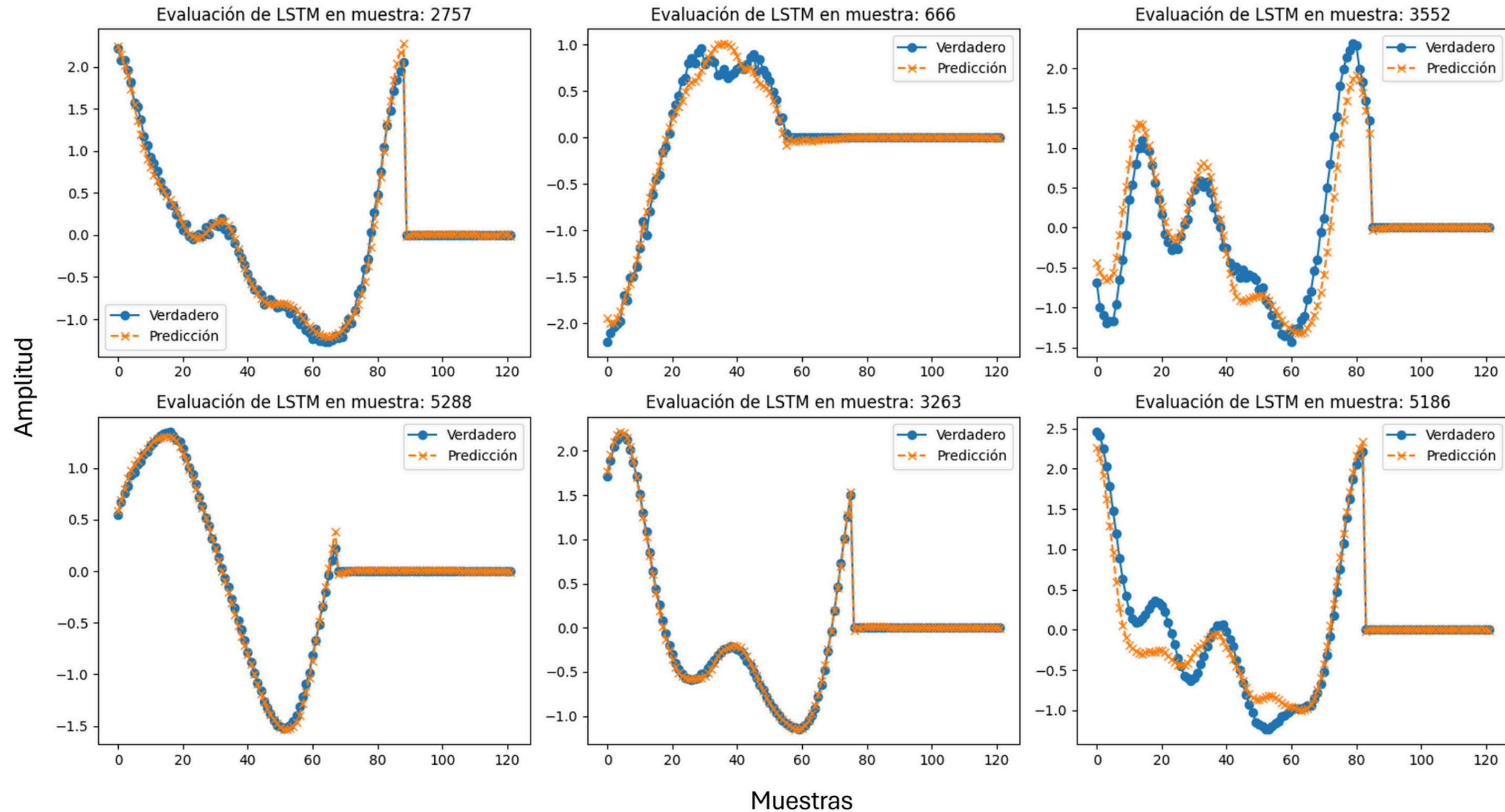
MAE: 0.19, MSE: 0.11, HUBER: 0.7

# PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA (2)

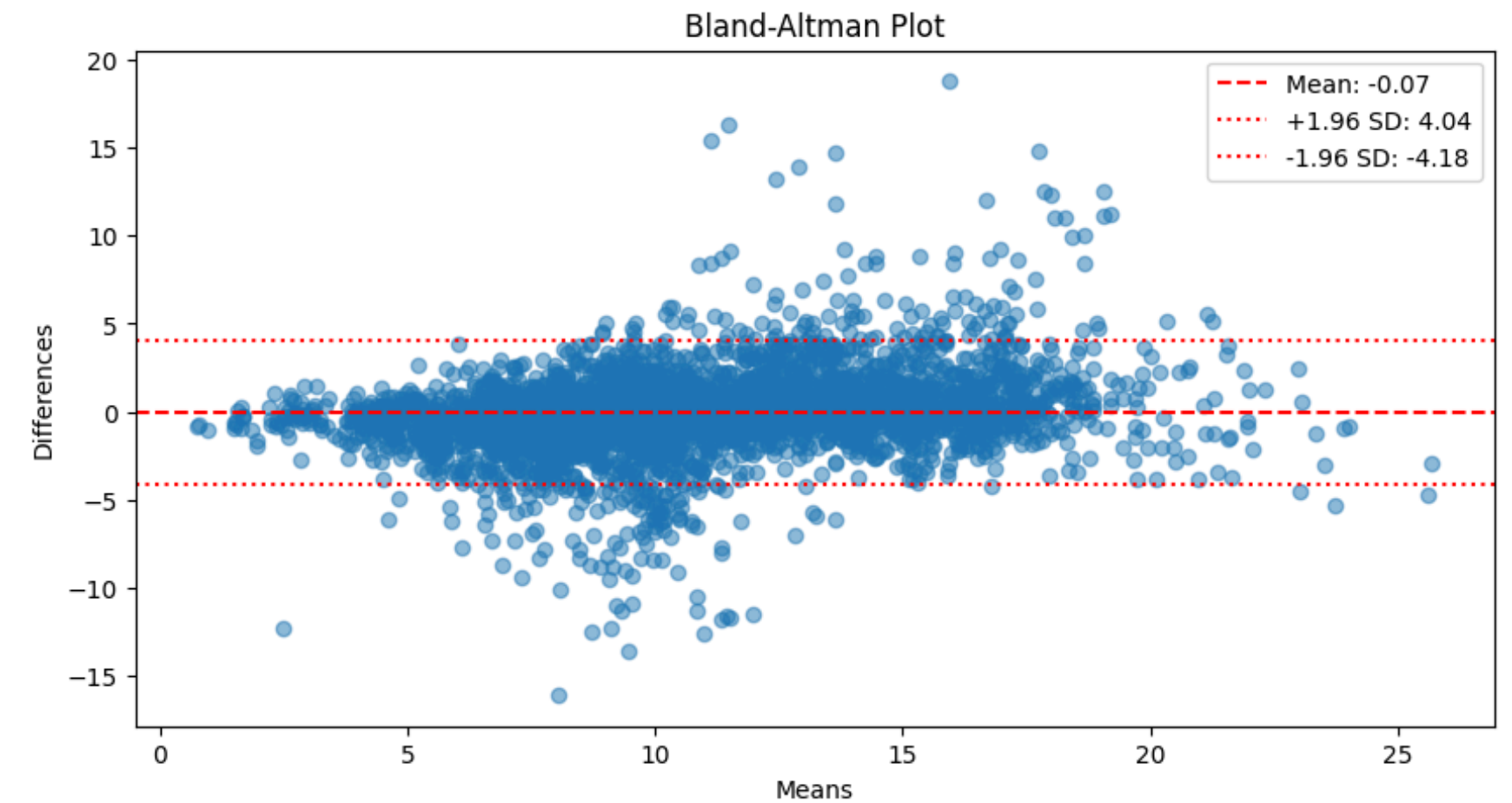
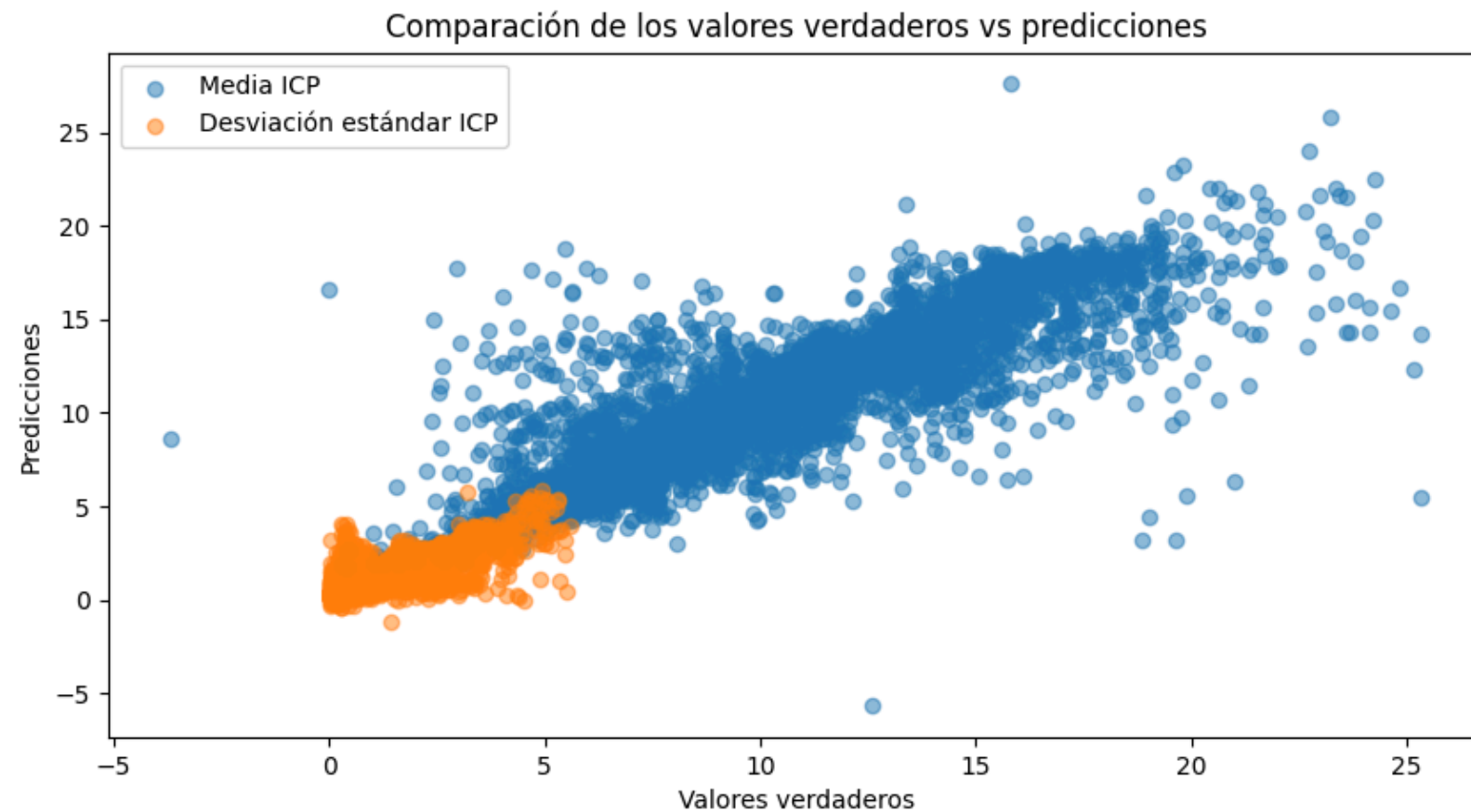


MAE: 0.16, MSE: 0.09, HUBER: 0.6

# PREDICCIÓN DE FORMA DE ONDA



# PREDICCIÓN DE MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR



BIAS: 0.07

RMSE: 2.18

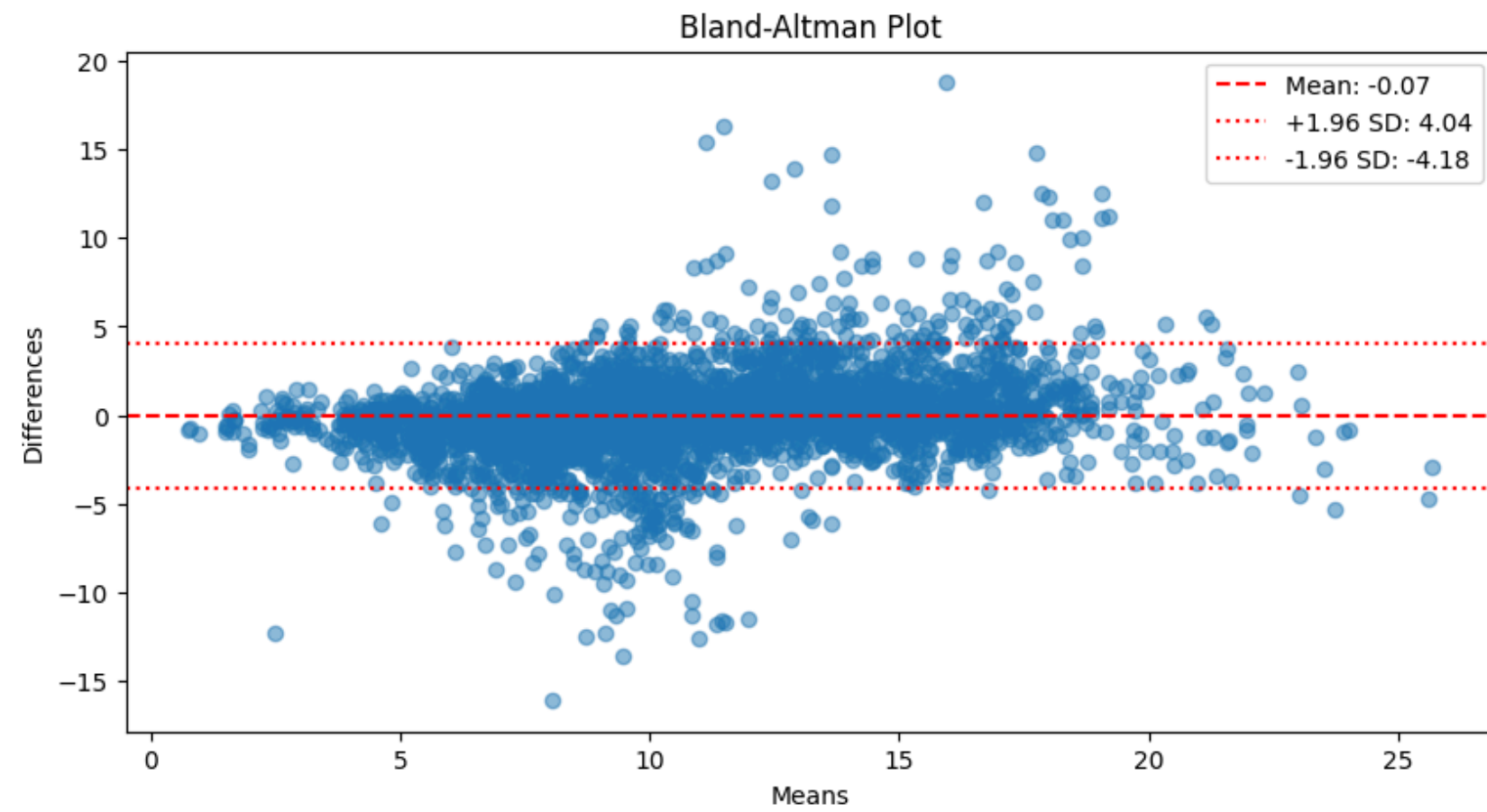
SDE: 2.10

# DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES





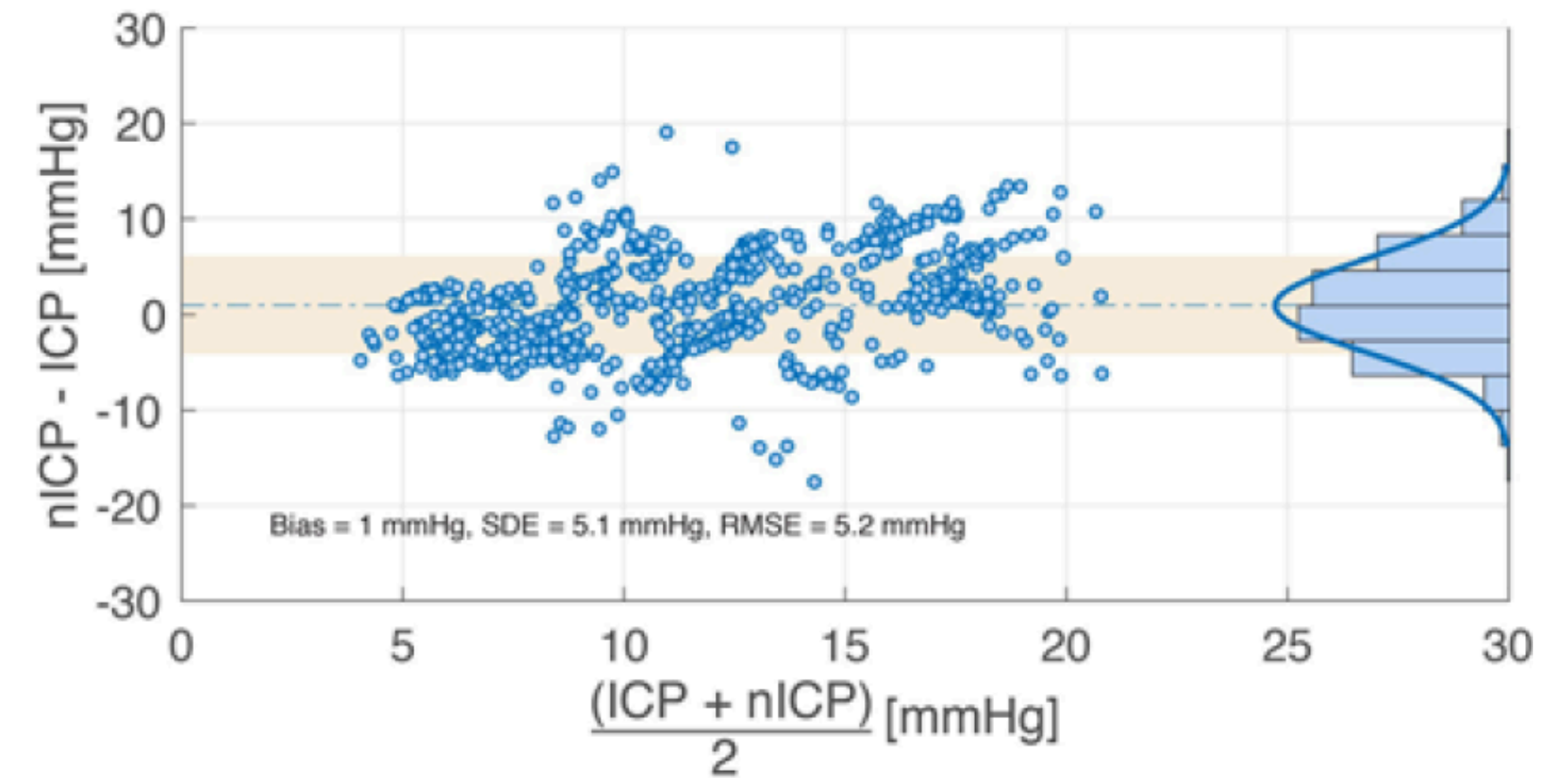
# COMPARACIÓN CON LA LITERATURA



BIAS: 0.07

RMSE: 2.18

SDE: 2.10



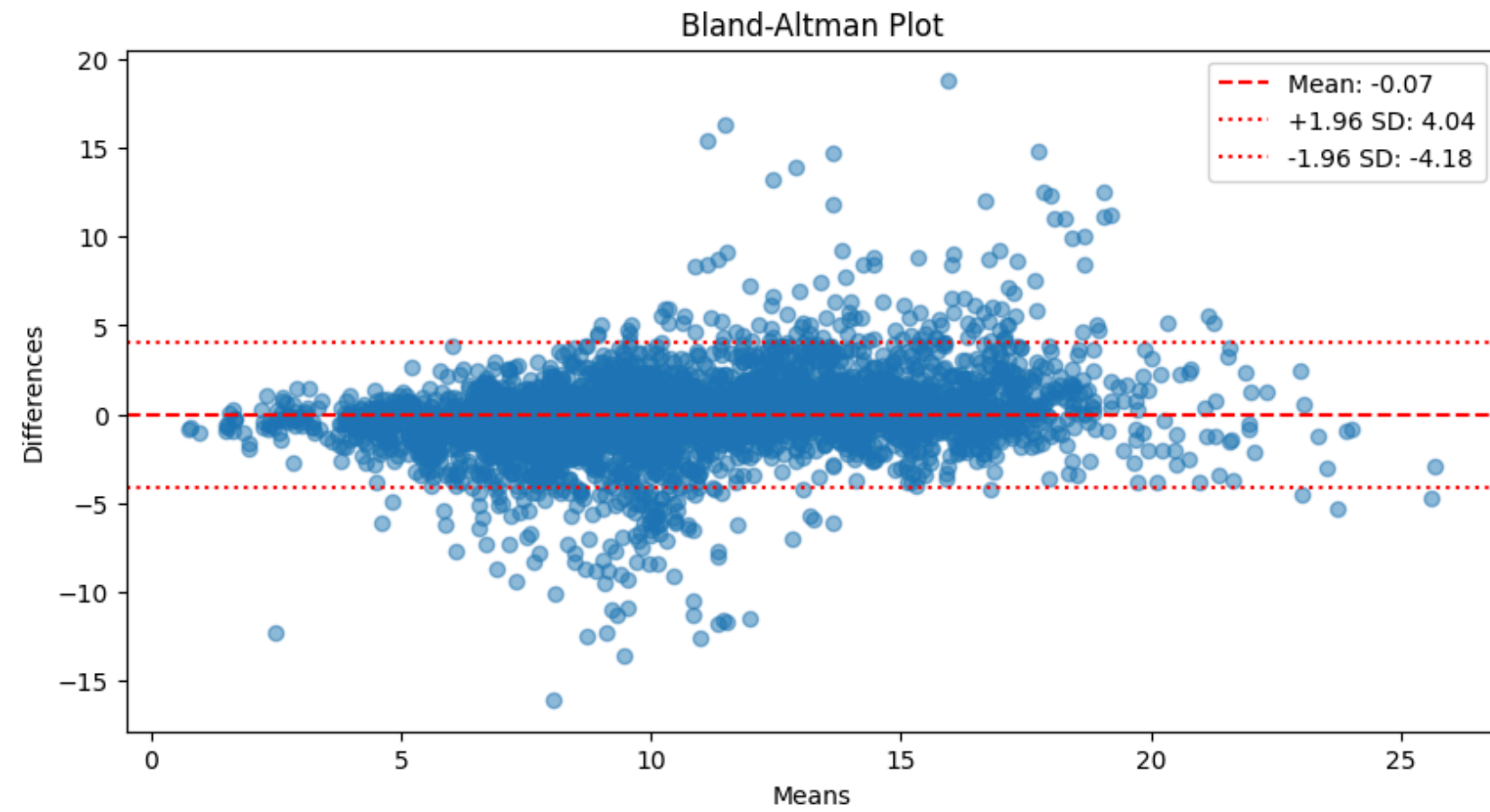
ADAPTADO DE [1]

BIAS: 1.0

RMSE: 5.2

SDE: 5.1

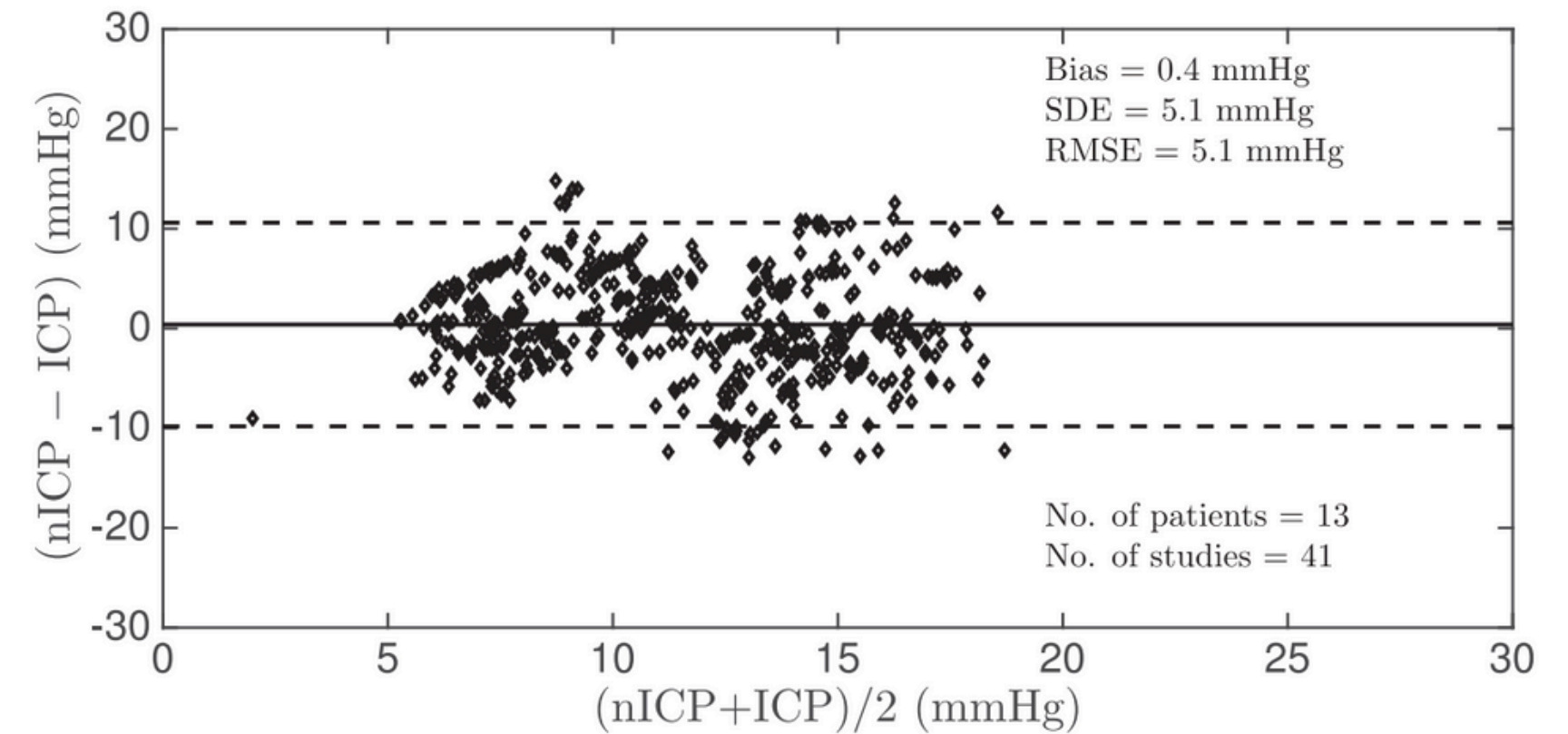
# COMPARACIÓN CON LA LITERATURA



BIAS: 0.07

RMSE: 2.18

SDE: 2.10



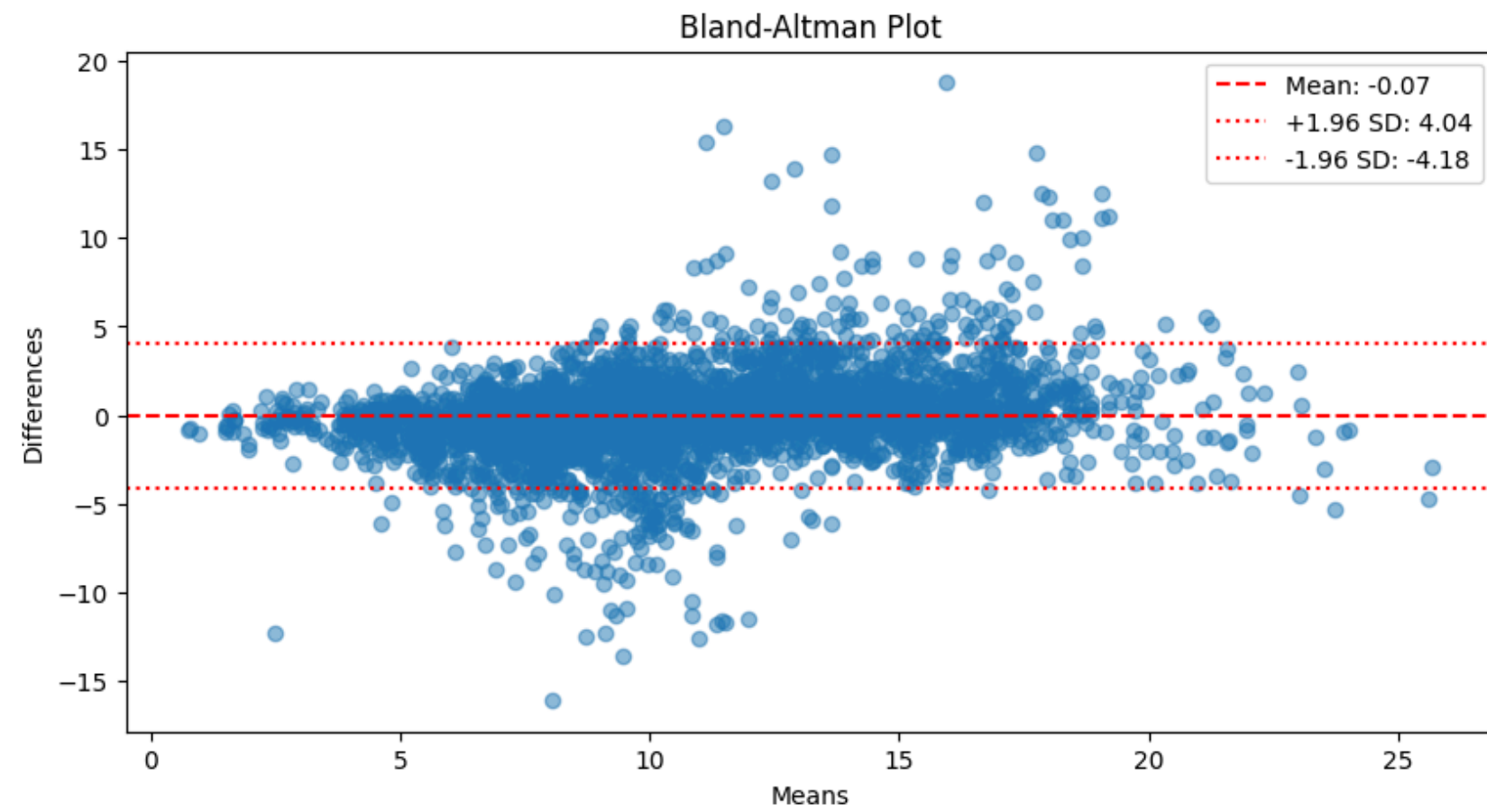
ADAPTADO DE [2]

BIAS: 0.4

RMSE: 5.1

SDE: 5.1

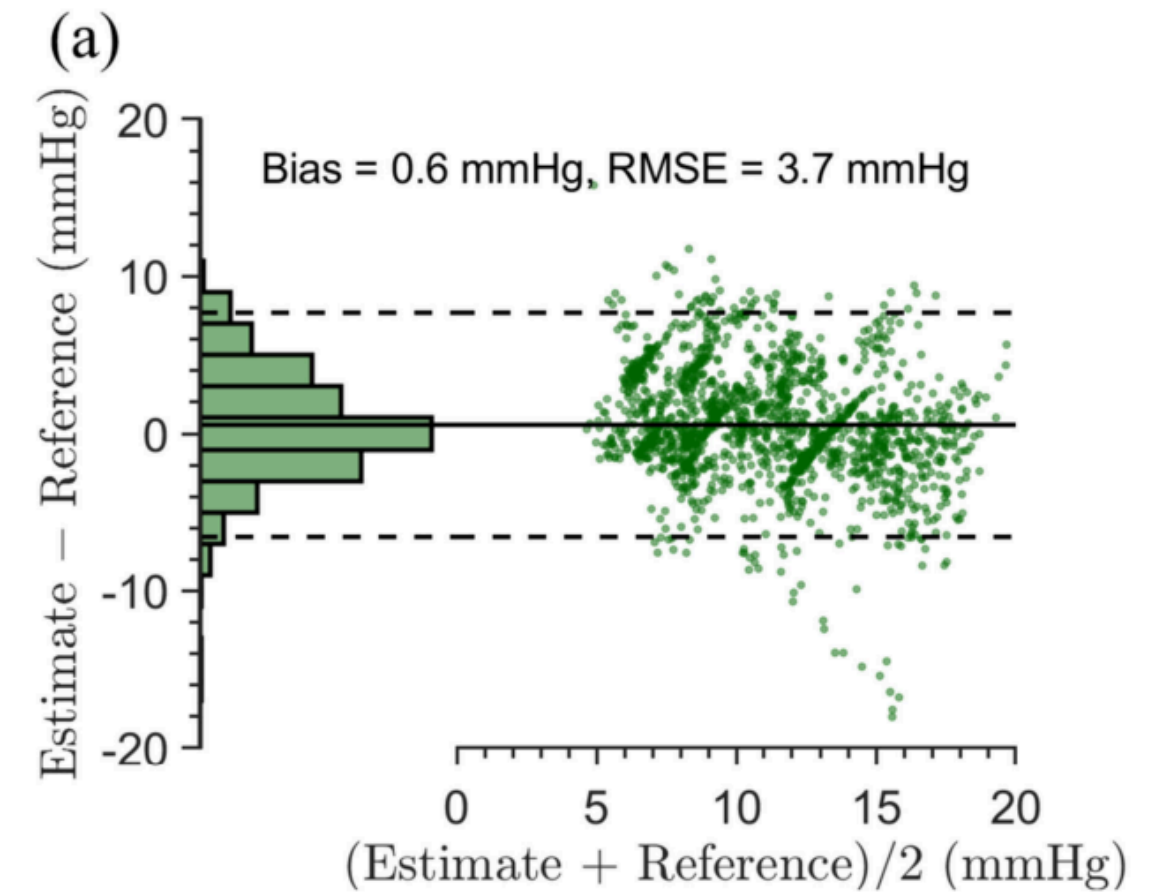
# COMPARACIÓN CON LA LITERATURA



BIAS: 0.07

RMSE: 2.18

SDE: 2.10



ADAPTADO DE [3]

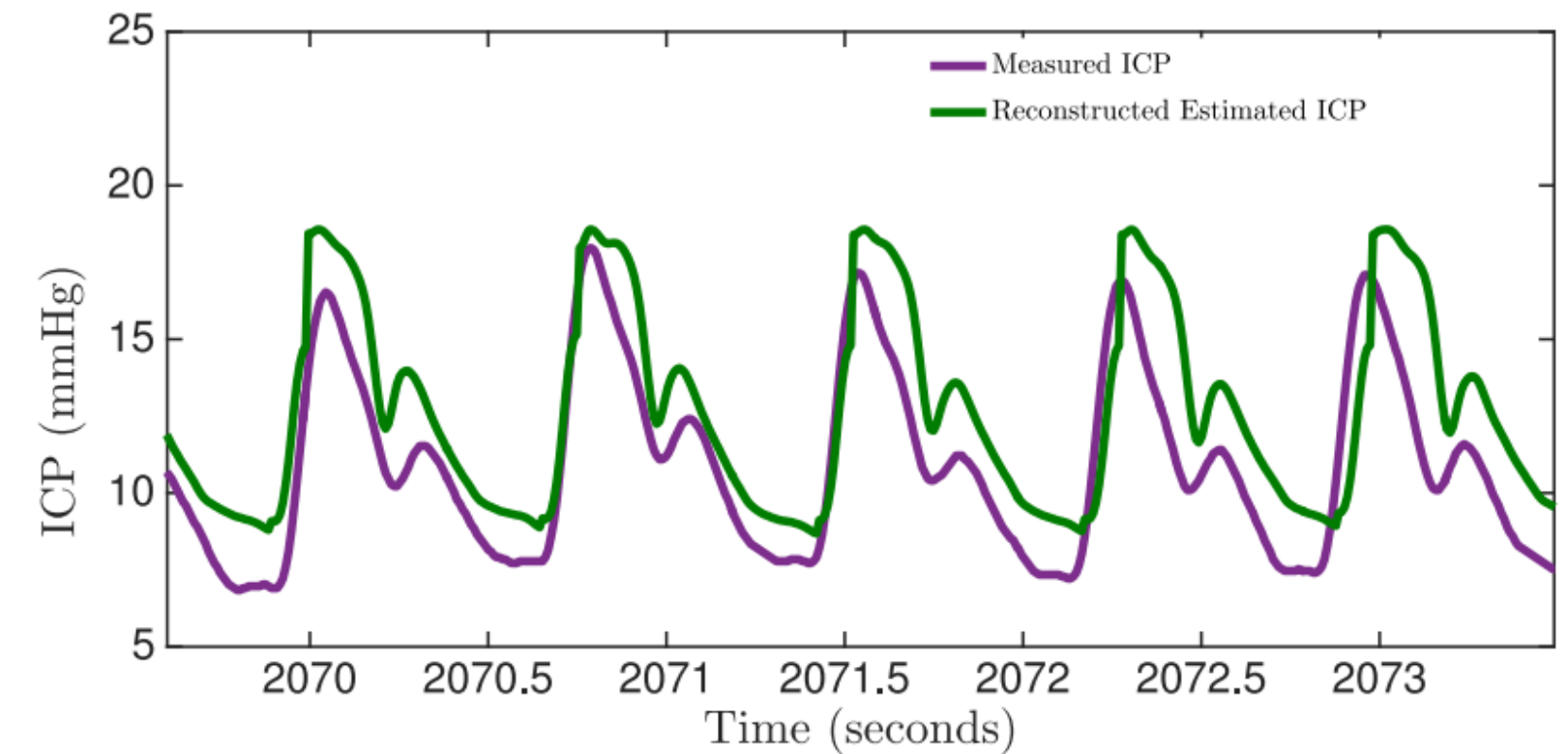
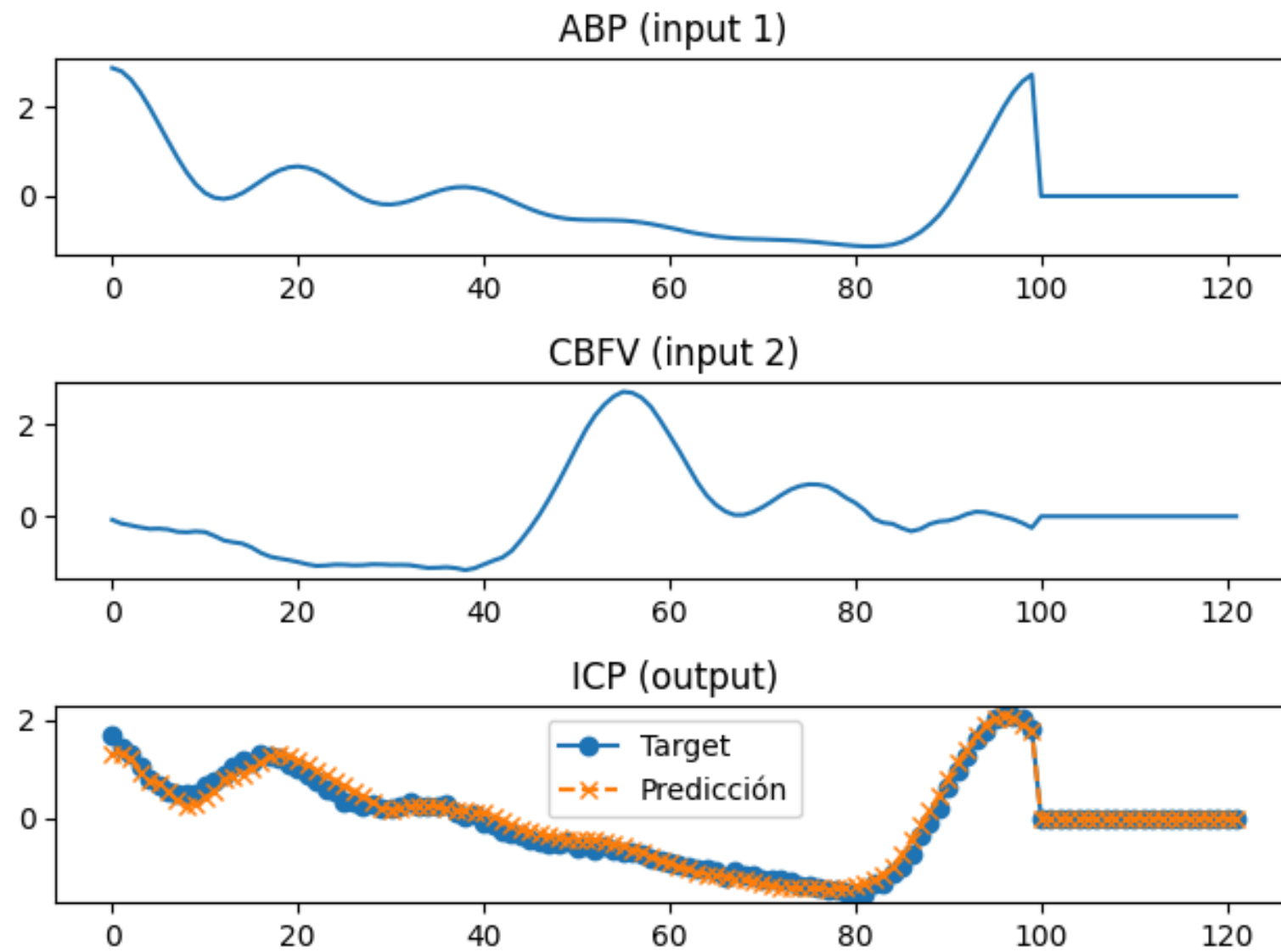
BIAS: 0.6

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

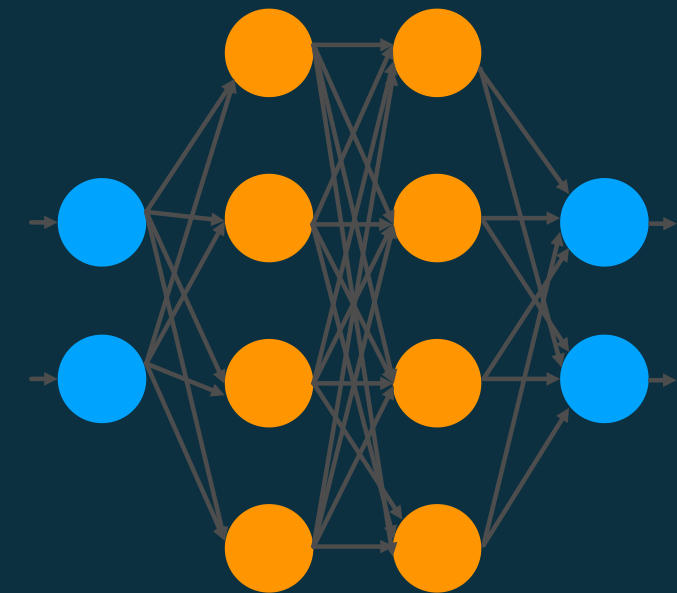
- Las redes LSTM gestionan información pasada y futura crucial para modelar las dinámicas temporales de los datos de ICP.

## 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 geometric shapes. In the top center, there is a small cluster of lines and dots. In the top right, a larger shape resembling a stylized sun or a network hub with radiating lines is partially visible. In the bottom left, another similar radiating shape is partially visible. The text is centered in the middle of the image.

**MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN**