

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	<i>Redes neuronales informadas por la física para el modelado de la evolución de sustancias contaminantes en embalses</i>
Título en inglés:	<i>Physics-Informed Neural Networks for Modeling Pollutant Evolution in Reservoirs</i>
Tutor/es:	Eva Besada Portas; José A. López Orozco
Correos-e:	ebesada@ucm.es ; jalo@ucm.es
Lugar de realización:	Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática

Resumen:

El modelado de las sustancias contaminantes en masas de agua embalsada es una tarea compleja debido a la interacción de múltiples factores, como la hidrodinámica de la masa de agua, la dinámica meteorológica (viento, temperatura, radiación) y sus características morfológicas y estáticas. Los enfoques de modelado basados exclusivamente en datos se comportan como cajas negras que carecen de consistencia física y generalizan mal ante la escasez de muestras. Los enfoques basados en ecuaciones dinámicas actúan como cajas blancas, con parámetros difíciles de sintonizar y comportamientos incompletos. Las **Redes Neuronales Informadas por la Física (PINNs)** constituyen una solución intermedia, en la que las leyes físicas se utilizan para generar datos para entrenar los modelos o para imponer restricciones en la función de pérdida, se codifican en la estructura de la red mediante capas personalizadas, o se integran en componentes híbridos de reemplazo para procesos sub-representados.

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) propone investigar el uso de **Redes Neuronales Informadas por la Física (PINNs)** para abordar el problema de la evolución de sustancias contaminantes en masas de agua embalsadas. El trabajo consistirá en seleccionar y evaluar las estrategias de diseño más adecuadas para acoplar el conocimiento físico-químico de un problema de contaminación concreto de masas de agua.

Metodología:

El plan de trabajo se estructurará de forma modular en las siguientes tareas clásicas de desarrollo e implementación:

1.- Revisión bibliográfica y selección del problema a modelar y del marco teórico: Análisis del estado del arte en PINNs aplicadas a problemas medioambientales. Selección del problema concreto a modelar. Estudio de las ecuaciones fundamentales que rigen su dinámica en medios acuáticos.

2.- Diseño e implementación de la arquitectura de la red: Configuración del

entorno de programación y desarrollo de la estructura de la red neuronal, evaluando de forma flexible la integración de la física (en los datos de entrenamiento, en la función de pérdida, en la topografía de las capas o mediante bloques híbridos parametrizados).

3.- Preparación de datos y entrenamiento del modelo: Recopilación, preprocesamiento y estructuración de las series de datos de variables ambientales y concentraciones de contaminante. Configuración y ejecución del proceso de entrenamiento.

4.- Validación y análisis de resultados: Evaluación del rendimiento predictivo de la red mediante métricas estadísticas estándar, analizando su robustez frente a datos escasos o ruidosos y comprobando el cumplimiento de la consistencia física del modelo final.

Conocimientos previos recomendados:

Conocimientos básicos de programación en Python, cálculo elemental y nociones generales de tratamiento de datos o aprendizaje automático.

Bibliografía:

Tartakovsky, A. M., Ortiz Marrero, C., Perdikaris, P., Tartakovsky, G. D., & Barajas-Solano, D. (2020). [Physics-informed deep neural networks for learning parameters and constitutive relationships in subsurface flow problems](#). *Water Resources Research*, 56(5).

Jiang, S., Zheng, Y., & Solomatine, D.(2020). [Improving AI system awareness of geoscience knowledge: Symbiotic integration of physical approaches and deep learning](#). *Geophysical Research Letters*, 47(13),

Yun, B., Zheng, Y., He, S., Xiong, R., Wang, C. (2025). [Physics-encoded deep learning for integrated modeling of watershed hydrology and reservoir operations](#). *Journal of Hydrology*.

Wang, C., Jiang, S., Zheng, Y., Han, F., Kumar, R., Rakovec, O., & Li, S. (2024). [Distributed hydrological modeling with physics-encoded deep learning: A general framework and its application in the Amazon](#). *Water Resources Research*, 60(4).

Ai, Z., et al. (2026). [Physics-informed neural networks for hydrodynamics: Discharge and topography inversion](#). *Journal of Hydrology*, 2026