

APRENDIZAJE DEL OPERADOR DIFERENCIAL DE LA ECUACIÓN DE CONDUCCIÓN DE CALOR EN RÉGIMEN TRANSIENTE MEDIANTE OPERADORES NEURONALES DE FOURIER INFORMADOS POR FÍSICA

LEARNING THE DIFFERENTIAL OPERATOR OF THE TRANSIENT HEAT CONDUCTION EQUATION WITH PHYSICS-INFORMED FOURIER NEURAL OPERATORS

Benjamin A. Tourn^{a,b}, Alan Pérez Winter^c y Juan C. Álvarez Hostos^a

^a*Centro de Investigación y Transferencia (CIT), Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf)/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bv. Roca 989, 2300 Rafaela, Argentina, benjamin.tourn@unraf.edu.ar, <https://citrafaela.conicet.gov.ar/>*

^b*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela (UTN-FRRa), Acuña 49, 2300 Rafaela, Argentina, benjamin.tourn@frra.utn.edu.ar, <https://www.frra.utn.edu.ar/>*

^c*Instituto Balseiro (IB), Centro Atómico Bariloche (CAB), Av. Exequiel Bustillo 9500, 8400 Bariloche, Argentina, <https://www.ib.edu.ar/>*

Palabras clave: Conducción de Calor, Aprendizaje Profundo, Operador Neuronal, FNO, PINO.

Resumen. En este trabajo se emplean modelos PINO (siglas en inglés de “operadores neuronales de Fourier informados por física”) para aproximar el operador diferencial de la ecuación de conducción de calor unidimensional en régimen transiente. Basado en los modelos FNO (operadores neuronales de Fourier, arquitecturas de redes neuronales con capas tipo Fourier), los modelos PINO integran directamente las ecuaciones diferenciales del problema, lo que permite prescindir de datos rotulados. Una vez entrenado, el modelo es capaz de predecir la solución para tiempos futuros y condiciones iniciales no vistas durante el entrenamiento. Este enfoque representa un avance en el modelado de fenómenos físicos, al habilitar la construcción de modelos sustitutos o de orden reducido aplicables en tareas de optimización o problemas multiescala en transferencia de calor.

Keywords: Heat Conduction, Deep Learning, Neural Operator, FNO, PINO.

Abstract. In this work, Physics-Informed Neural Operators (PINOs) are used to approximate the differential operator of the one-dimensional transient heat conduction equation. Building on Fourier Neural Operators (FNOs, neural architectures with Fourier layers) PINOs incorporate the governing differential equations directly, thereby eliminating the need for labeled data. Once trained, the model can predict solutions at future times and for initial conditions not encountered during training. This approach advances the modeling of physical phenomena by enabling the development of surrogate or reduced-order models applicable to optimization tasks and multiscale problems in heat transfer.