Redes neuronales artificiales informadas por la física

David Ortiz-Puerta

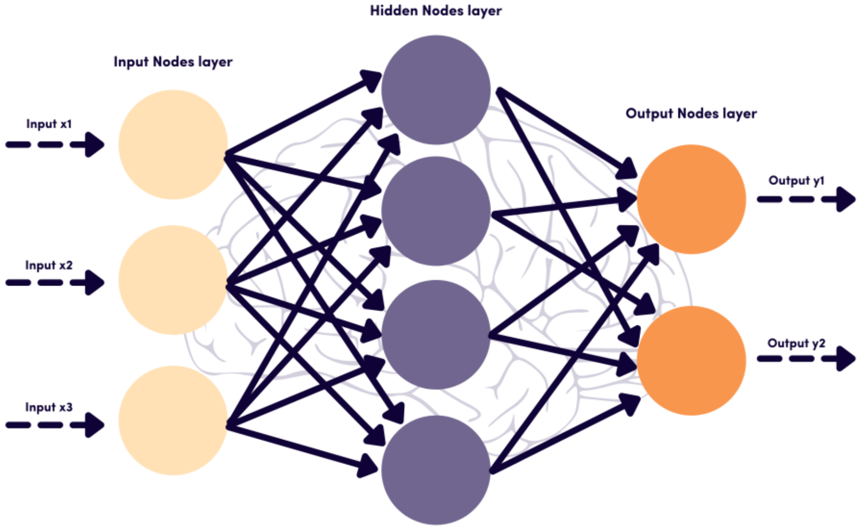
Universidad de valparaíso
Millennium Institute for intelligent Healthcare Engineering, ihealth

Noviembre 12, 2024

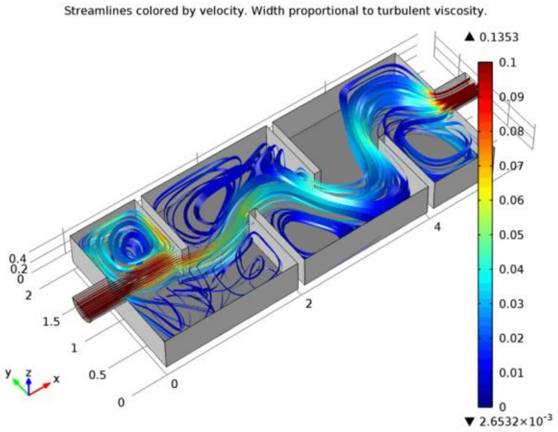
PINNs: Un puente entre los modelos físicos y el aprendizaje máquinas

Physics informed neural networks (PINNs)

Redes neuronales artificiales informadas por la física



$$\overbrace{\underbrace{\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t}}_{\text{Variation}} + \underbrace{(\mathbf{u}\cdot\nabla)\mathbf{u}}_{\text{Convective acceleration}}}^{\text{Inertia (per volume)}} = \overbrace{\underbrace{-\nabla w}_{\text{Internal source}} + \underbrace{\nu\nabla^2\mathbf{u}}_{\text{Diffusion}}}^{\text{Divergence of stress}} + \underbrace{\mathbf{g}}_{\text{External source}}.$$



Universidad de Valparaíso CHILE

ihealth Millennium Institute for Intelligent Healthcare Engineering

PINNs: Un puente entre los modelos físicos y el aprendizaje máquinas

Redes neuronales artificiales informadas por la física

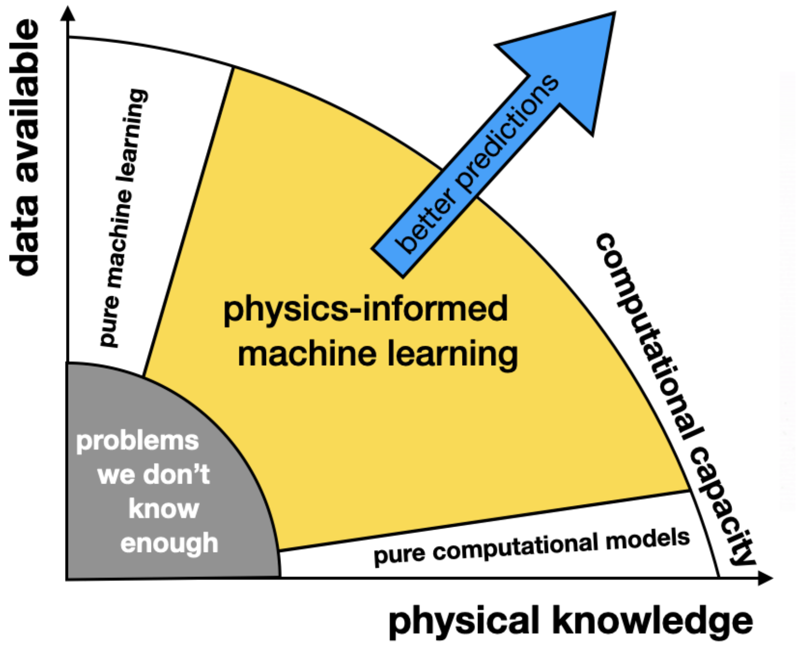


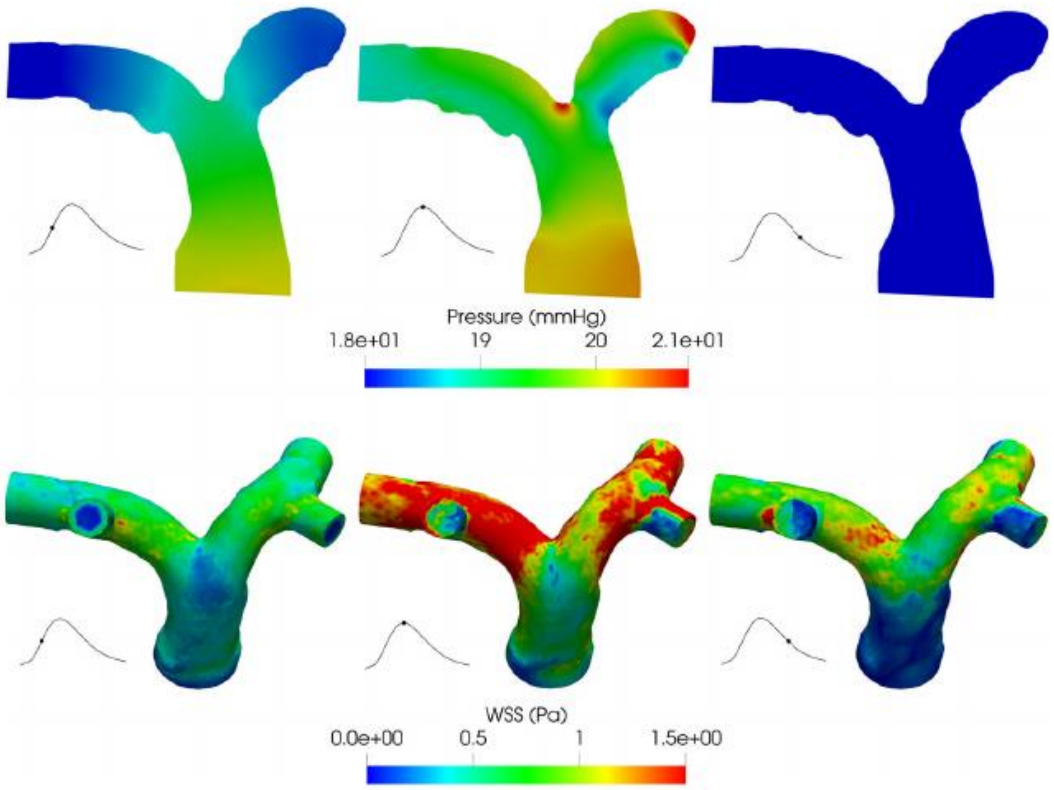
Imagen tomada de https://fsahli.github.io/PINN-notes/

Universidad de Valparaíso CHILE

ihealth Millennium Institute for Intelligent Healthcare Engineering

… informadas por la física

- Desarrollar simulaciones computacionales
- Identificar relaciones subyacentes
- Predecir el comportamiento futuro
- Experimentación in-silico
- **Desarrollo de la medicina de precisión**



Universidad de Valparaíso CHILE

ihealth Millennium Institute for Intelligent Healthcare Engineering

Conceptos clave sobre los modelos

- **Función**: Relación que asigna a cada valor de una variable independiente x un valor de la variable dependiente $y = f(x)$

- **Derivada**: Si $y = f(x)$, la derivada es $f'(x)$ o $\frac{dy}{dx}$, que indica cómo varia y con respecto a x.

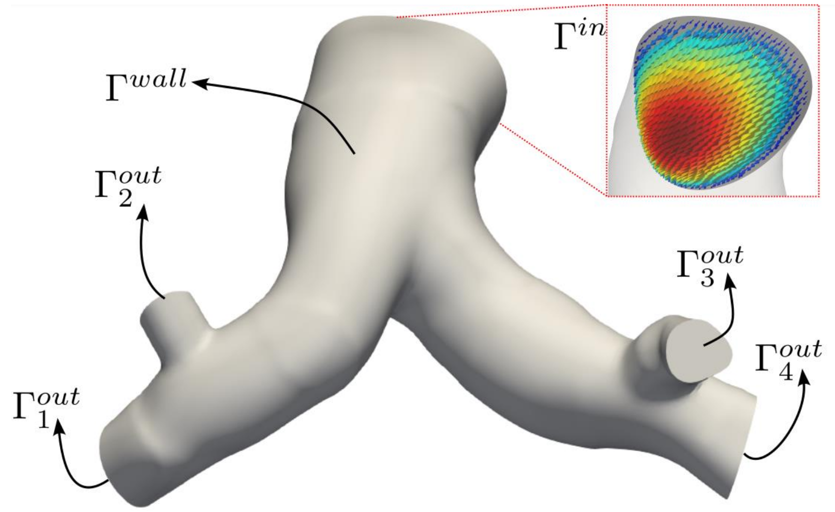
- **Derivada Parcial**: En funciones de varias variables,

  Para $u(x_1, x_2, \ldots, x_n)$:

$$\frac{\partial u}{\partial x_i} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{u(x_1, \ldots, x_i + \Delta x, \ldots, x_n) - u(x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_n)}{\Delta x}$$

Universidad de Valparaíso CHILE
ihealth Millennium Institute for Intelligent Healthcare Engineering

Ecuaciones diferenciales



- **Dominio o geometría**
- **Derivadas sobre una función desconocida**
- **Condiciones iniciales y de frontera**

	Lineal	No Lineal
EDO	$m\frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0$ (Sistema Masa-Resorte)	$\frac{dv}{dt} = v - \frac{v^3}{3} - w + I$ (Modelo de FitzHugh-Nagumo)
PDE	$\frac{\partial u}{\partial t} = \nabla \cdot (D\nabla u)$ (Ecuación de Difusión Anisotrópica)	$\frac{\partial u}{\partial t} = D\nabla^2 u + ru(1-u)$ (Ecuación de Fisher-Kolmogorov)

Problemas directos
De las causas a los efectos

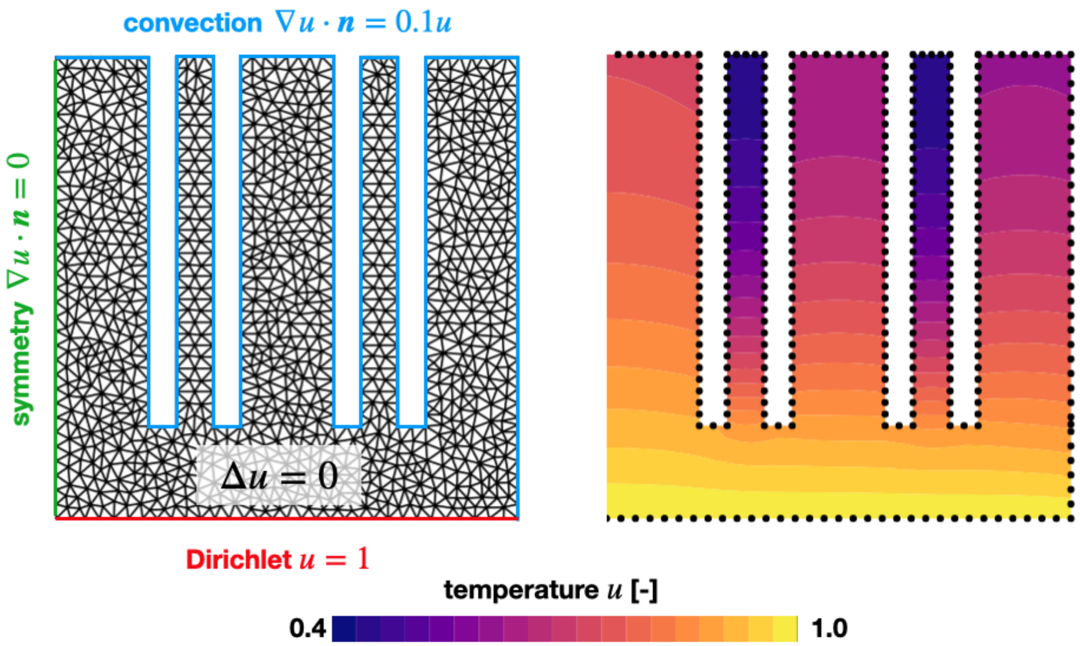
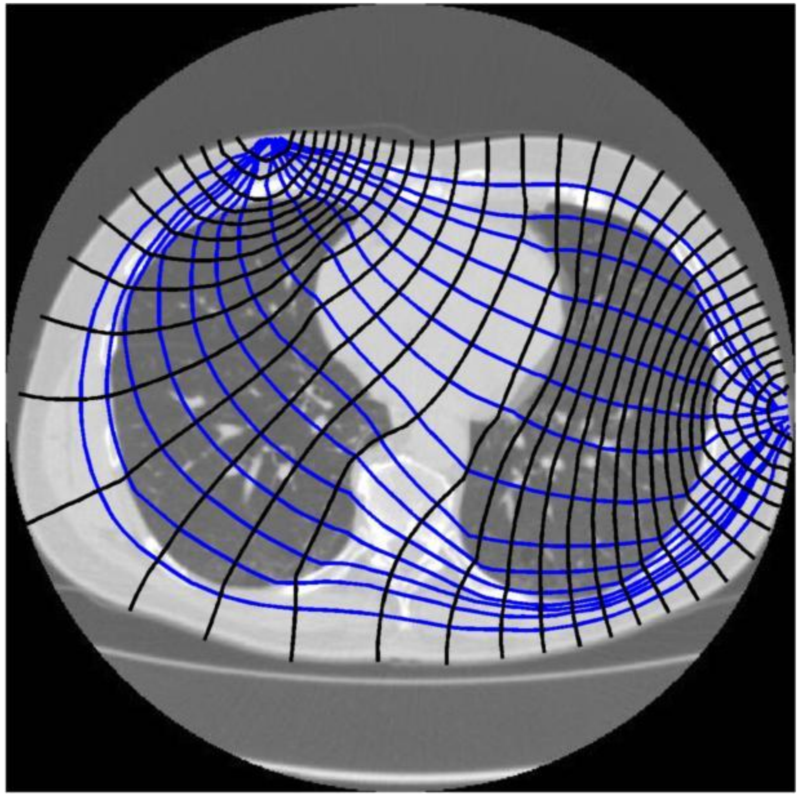


Imagen tomada de https://fsahli.github.io/PINN-notes/

Problemas inversos
De los efectos a las causas



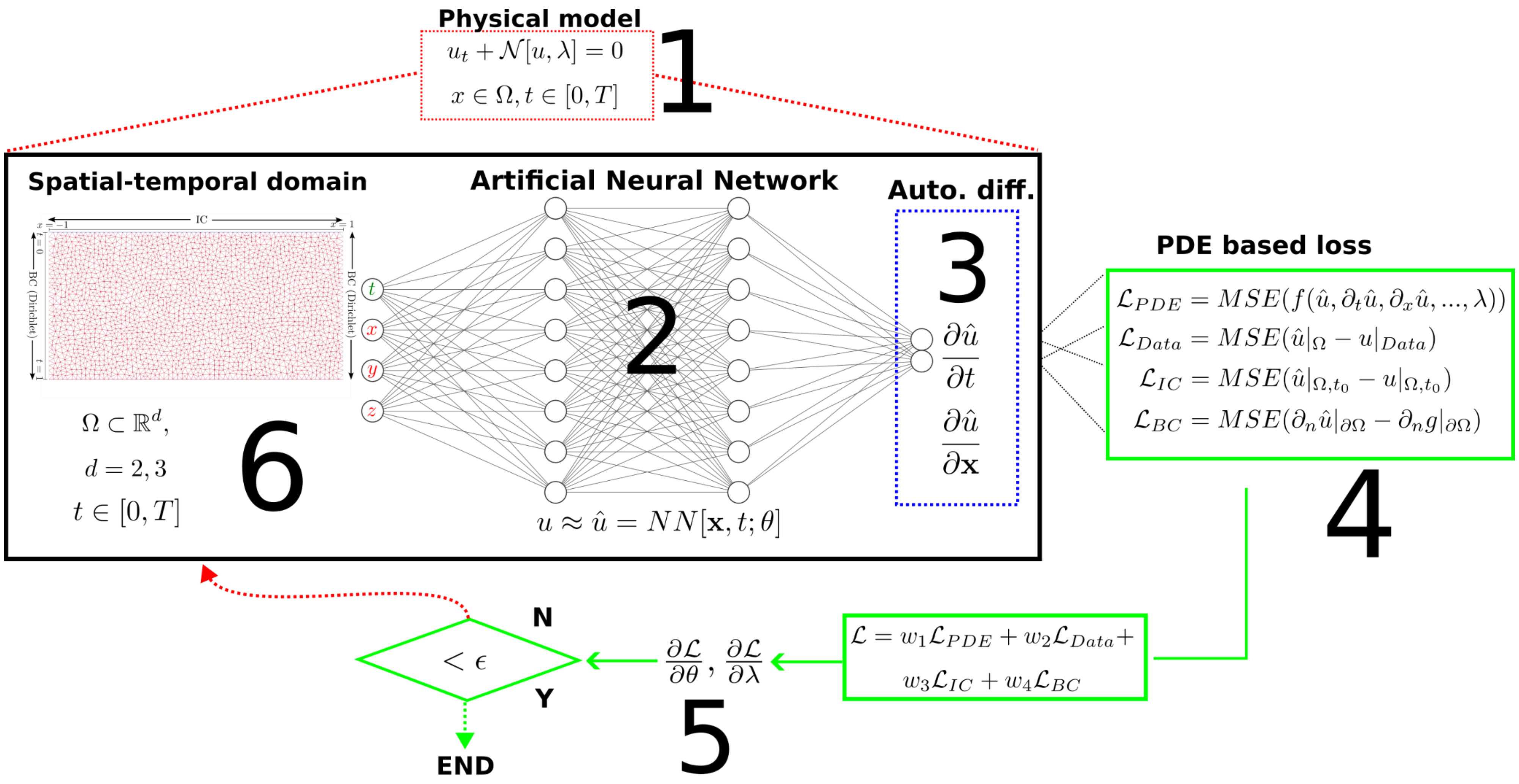
https://es.wikipedia.org/wiki/Tomograf%C3%ADa_de_impedancia_el%C3%A9ctrica

La gran mayoría de problemas requieren soluciones computacionales

Universidad de Valparaíso CHILE

ihealth Millennium Institute for Intelligent Healthcare Engineering

Problemas de modelado



Universidad de Valparaíso CHILE

ihealth Millennium Institute for Intelligent Healthcare Engineering