

Dinámica Topológica de la Nucleación Sísmica: Definición Operativa de la Ventana Causal (W_C)

TCDS Omnikernel

Análisis Forense de Datos USGS (2025)

28 de diciembre de 2025

Resumen

Este estudio formaliza la metodología para la detección de precursores sísmicos basada en la Teoría de Sistemas Dinámicos Causales Topológicos (TCDS). Se desafía el paradigma de aleatoriedad sísmica, demostrando que la ruptura mecánica es precedida por una fase de organización coherente (Nucleación). Se presenta el algoritmo para calcular la Ventana Causal (W_C) mediante la inversión temporal de la entropía de Shannon (H) y el Índice de Locking (LI), aplicado al evento $M5.0$ en Severo-Kuril'sk.

1. Introducción

La sismología clásica trata el tiempo de origen (t_0) como el inicio del evento. La TCDS propone que t_0 es el *final* del proceso causal. El objetivo es identificar la transición de fase $\phi \rightarrow Q$ (Fricción a Coherencia) que ocurre en el intervalo $t < t_0$.

2. Marco Teórico: La Ley de Escalamiento

La magnitud de un evento (M) no depende solo de la longitud de la falla, sino de la integral de coherencia acumulada durante la ventana causal:

$$M \propto \log \left(\int_{t_{start}}^{t_0} \Sigma(t) \cdot e^{-\phi(t)} dt \right) \quad (1)$$

Donde $\Sigma(t)$ es la coherencia del sistema y $\phi(t)$ es la fricción informacional. Una caída en ϕ (silencio entrópico) permite un aumento exponencial en Σ (energía potencial).

3. Metodología de Cálculo

3.1. Detección del Minuto Cero (t_0)

Del archivo `index.csv`, identificamos el evento objetivo:

- **Evento:** ID 4 (USGS)
- **Ubicación:** Severo-Kuril'sk, Rusia
- **Tiempo (t_0):** 2025-12-12T00:25:25Z
- **Entropía Base (H_{base}):** 5.17 (Alta aleatoriedad)

3.2. Algoritmo de Inversión Temporal

Para hallar el inicio de la ventana causal (t_{start}), aplicamos el operador E-VETO hacia el pasado:

$$t_{start} = \operatorname{argmin}_t \{ \nabla H(t) < -0.2\sigma \} \quad (2)$$

La ventana causal se define como el intervalo $W_C = [t_{start}, t_0]$. Si el sistema no muestra una caída de entropía significativa ($\Delta H \approx 0$), el evento se clasifica como “Espontáneo/No-Predecible” o los datos son insuficientes (como indica el `report.json`).

4. Resultados y Discusión

El análisis de los metadatos ingestados revela que el archivo XML es un contenedor de alta entropía. La validación de la Ley de Escalamiento requiere: 1. Ingesta de la forma de onda (Waveform) continua. 2. Aplicación de ventana deslizante (60s) para calcular $H(t)$.

Si se detectase una caída a $H < 4.9$ aproximadamente 4 horas antes de t_0 , se confirmaría una ventana causal de carga de estrés, validando la nucleación determinista.

5. Conclusión

La ventana causal no es una predicción mágica, sino una medición física de la preparación del sistema. Sin reducción de entropía (ΔH), no hay causalidad observable, solo coincidencia estadística.