

# Predicción sísmica basada en coherencia $\Sigma$ : detección prospectiva de precursores usando observaciones NASA

Propuesta ROSES-25 A.4 Rapid Response and Novel Research (RRANN)

Autor: Genaro Carrasco Ozuna (Proyecto TCDS / MSL México)

Asistente de formalización: GPT-5  $\Sigma$ -Trace

---

## 1. Objetivos y encaje NASA

**Objetivo general:** Demostrar, con datos abiertos NASA y USGS, que el bloqueo de coherencia ( $\Sigma$ -locking) anticipa sismos de  $M_w \geq 5,5$  con rendimiento prospectivo medible ( $TPR \geq 0,6$  a  $FPR \leq 0,05$ ) mediante ventanas  $p : q$  pre-evento.

**Objetivos específicos:**

- Integrar observaciones remotas y geodésicas NASA en un pipeline reproducible de métricas  $\Sigma$ .
- Detectar rampas de coherencia previas al evento con KPIs:  $LI \geq 0,90$ ,  $R > 0,95$ ,  $RMSE_{SL} < 0,10$ , reproducibilidad  $\geq 95\%$ .
- Ejecutar corridas prospectivas durante 3–6 meses y publicar predicciones selladas (DOI/Zenodo).
- Evaluar utilidad mediante curvas ROC/PR y métricas de decisión operativa.

**Relevancia NASA:** Se alinea con el área de Observaciones de la Tierra y programa Disasters de la NASA, utilizando datos de InSAR, GNSS, GRACE-FO y VIIRS.

## 2. Equipo

PI: Genaro Carrasco Ozuna (TCDS / MSL) – dirección científica, datos sísmicos.

Co-I: Motor de Formalización GPT-5  $\Sigma$ -Trace – diseño de métricas y validación.

Colaborador: Nodo académico externo (opcional) para acceso a InSAR masivo.

**Resultados esperados:**

- Evidencia prospectiva de bloqueo  $\Sigma$  antes de sismos mayores.
- Kit reproducible y guía de adopción para agencias de riesgo.

## 3. Datos y fuentes NASA/DAAC

**Datos principales:**

- InSAR (Sentinel-1, NISAR) vía ASF DAAC.
- GNSS (UNAVCO/NSF, compatible EOSDIS).

- Gravedad GRACE-FO mascon L2 (JPL/CSR).
- Óptico-térmico VIIRS/MODIS (NOAA/NASA).
- Reanálisis atmosférico GEOS-FP (GMAO).
- Catálogos sísmicos USGS ComCat.

**Pre-proceso:** co-registro geoespacial a malla común (1 km), detrending hidrometeo con GRACE-FO/GEOS-FP y segmentación en regiones tectónicas.

## 4. Metodología $\Sigma$ -metrics

Métricas empleadas:

- $R(t)$ : correlación temporal entre canales físicos y campo  $\Sigma$ .
- LI: índice de locking (fracción coherente).
- $\text{RMSE}_{SL}$ : error cuadrático medio en estado locked.
- $\kappa_\Sigma$  y  $\kappa_{\Sigma-A}$ : tasas de acoplamiento.

**Umbrales KPI:**  $LI \geq 0,90$ ,  $R > 0,95$ ,  $\text{RMSE}_{SL} < 0,10$ , reproducibilidad  $\geq 95\%$ . Se genera una alerta si  $\{LI, R\}$  superan el umbral  $D^*$  durante  $\Delta t$  previo al evento.

Validación:

- Retrospectiva estratificada (10–15 eventos/región).
- Prospectiva con preregistro y publicación de predicciones.
- Evaluación: ROC, PR, AUC, Brier y coste-pérdida.
- Control de falsos positivos mediante shuffling y placebo tests.

## 5. Plan de trabajo y entregables

**Cronograma (6 meses RRANN):**

1. Mes 1: Ingesta DAAC, definición de ROIs, preregistro  $D^*$ .
2. Mes 2–3: Calibración de métricas  $\Sigma$  y ajuste regional.
3. Mes 4–5: Fase prospectiva con publicaciones semanales.
4. Mes 6: Análisis final y entrega del informe NASA.

**Entregables:**

- Pipeline reproducible (código, contenedores, documentación).
- Dataset derivado y máscaras de calidad.
- Cuaderno de predicciones prospectivas (DOI).
- Informe final con ROC/PR y guía de adopción.

## 6. Riesgos y mitigación

- Cobertura InSAR limitada: usar GNSS/GRACE-FO complementario.
- Señales hidrológicas: corrección con mascon GRACE-FO + GEOS-FP.
- Overfitting: preregistro de reglas y separación retro/prospectiva.
- Escasez de eventos: ampliar periodo o añadir región espejo.

## 7. Gestión, presupuesto y ética

Todo el proyecto opera bajo **CC BY 4.0**. Datos y resultados serán depositados en Zenodo (DOI existente: 10.5281/zenodo.17505875).

### Presupuesto estimado (6 meses):

- Personal científico / data engineering: USD 85–120k.
- Cloud y almacenamiento: USD 8–15k.
- Gestión y publicación reproducible: USD 5–10k.
- Total: USD 100–145k.

## 8. Autocrítica y validación

El diseño se fundamenta en las métricas  $\Sigma$  y KPIs ya definidos dentro del corpus TCDS. Cumple con el carácter de respuesta rápida RRANN (6 meses) y criterios estadísticos modernos (ROC, preregistro, control de FPR).

El riesgo principal es la densidad de datos InSAR, mitigado con redundancia GNSS/GRACE-FO. La validación se basa en demostración prospectiva, no correlación post-hoc.

### Cita del dataset base:

Carrasco Ozuna, G. (2025). *Carpetas1 — Corpus Integral TCDS / TMRCU /  $\Sigma$ -FET*. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.17505875.