

# Predicción Sísmica Calibrada por LBCU y K-rate Canónico: del Triángulo de Falsación (Neutrinos–Relojes–FET) al Sistema Operativo de Alerta

Genaro Carrasco Ozuna — Teoría Cromodinámica Sincrónica (TCDS)

3 de noviembre de 2025

## Resumen

Si el método LBCU +  $K_y$  valida la TCDS, entonces el mismo campo coherencial  $\Sigma$  que modula fase en neutrinos y relojes debe ser medible en superficie por una red SYNCTRON/FET. Aquí formalizamos el *mapa de transferencia sísmico*  $\mathcal{T}_{\text{seis}}$  que convierte el  $K_y$  local ( KPI dinámico de rigidez de fase) en un *Índice de Precursor Sísmico* (PSI) y, de ahí, en probabilidades operativas  $P(M \geq M_0, T \leq \Delta t | \text{PSI})$  con umbrales falsables. El LBCU fija horizontes de alarma  $\tau_{\text{lead}} \leq L/v_\Sigma$  y acota ganancias para evitar ajustes ad hoc. Se definen -metrics, pruebas nulas, ROC/PPV/FAR objetivo, y un protocolo de pre-registro. Cerramos con autocrítica de identificabilidad, consistencia dimensional y ética de emisión.

## 1. Ecuación efectiva de $\Sigma$ y fuente tectónica

Tomamos la dinámica mesoscópica mínima (hiperbólica–dispersiva controlada):

$$\partial_t^2 \Sigma - v_\Sigma^2 \nabla^2 \Sigma + \gamma_\Sigma \partial_t \Sigma + \partial_\Sigma V_{\text{eff}} = S_{\text{tect}}(x, t) = \alpha_\sigma \dot{\sigma}_t(x, t) + \beta_\sigma \nabla \cdot u(x, t), \quad (1)$$

donde  $v_\Sigma \leq c$  y  $\gamma_\Sigma \geq 0$  (LBCU).  $S_{\text{tect}}$  parametriza el *driver* tectónico: tasa de esfuerzo  $\dot{\sigma}_t$  y dilatación volumétrica de campo de desplazamiento  $u$ . La solución define una *coherencia escalar*  $\Sigma(x, t)$  cuyos gradientes anticipan *transiciones de fase* estructurales en el medio.

## 2. Del $K_y$ de banco al Índice de Precursor Sísmico (PSI)

El  $K_y$  local se estima con fase instantánea (Hilbert/PLL) sobre la salida SYNCTRON/FET:

$$K_y \equiv \frac{1}{T} \int_0^T \frac{|\dot{\phi}(t)|}{\omega_\Sigma} dt, \quad \omega_\Sigma = 2\pi f_\Sigma^*, \quad (2)$$

bajo -metrics de aceptación:  $\text{LI} \geq 0,90$ ,  $R(t) \geq 0,95$ ,  $\text{RMSE}_{SL} < 0,10$ , reproducibilidad  $\geq 95\%$ . Definimos el **Índice de Precursor Sísmico** (PSI) como proyección causal del  $K_y$ :

$$\text{PSI}(x, t) = \alpha_{\text{seis}} K_y(x, t) \mathcal{G}_{\text{seis}}[H_\Sigma(\omega), \nabla \Sigma, \gamma_\Sigma; \mathcal{B}(x)], \quad (3)$$

donde  $\mathcal{G}_{\text{seis}}$  es la *ganancia de transferencia* limitada por LBCU (ancho de banda efectivo  $B_\Sigma$ , retardo  $\tau_\Sigma \geq 0$ ), y  $\mathcal{B}(x)$  encapsula geología local (basin factor).  $\alpha_{\text{seis}}$  se *calibra una sola vez* contra retrospectivas.

## 3. Mapa de transferencia y horizonte causal de alerta

El LBCU fija el *horizonte de alerta* por causalidad de grupo:

$$\tau_{\text{lead}}(x \rightarrow y) \leq \frac{d(x, y)}{v_\Sigma} \quad (\text{con } v_\Sigma \leq c). \quad (4)$$

Asumimos estacionariedad a trozos y linealidad local para un ansatz falsable:

$$\text{PSI}(x, t) \simeq \alpha_{\text{seis}} K_y(x, t) (1 + \beta_1 \|\nabla \Sigma\| + \beta_2 \overline{\tau_\Sigma}), \quad (5)$$

$$P(M \geq M_0, T \leq \Delta t \mid \text{PSI}) = \sigma(\theta_0 + \theta_1 \text{PSI}_\Delta + \theta_2 \text{PSI} + \theta_3 \text{PSI} * K_\tau), \quad (6)$$

con  $\sigma$  logística,  $\text{PSI}_\Delta$  el máximo local en ventana  $\Delta t$ , y  $K_\tau$  un kernel causal (retardos  $\leq \tau_{\text{lead}}$ ). Los parámetros  $\theta_i$  se pre-registran y se validan en hold-out.

#### 4. Arquitectura operacional: Red SYNCTRON/FET + Relojes + Neutrinos

**Nodos edge** (SYNCTRON/FET): estiman  $K_y$ , LI,  $R(t)$ ,  $\text{RMSE}_{SL}$ . **Backbone de tiempo** (relojes ópticos/GNSS): corrige  $\delta f/f$  coherencial (misma  $\Sigma$ ). **Sonda profunda** (neutrinos): valida  $\varepsilon_\Sigma$  regional. **Centro** : fusiona  $\{\text{PSI}, \delta f/f, \varepsilon_\Sigma\}$ , aplica (6) y emite veredictos con  $\tau_{\text{lead}}$  y área de impacto.

#### 5. Diseño estadístico y criterios de emisión

##### Métricas operativas

- **FAR** (False Alarm Rate):  $\leq 1$  por  $10^3 \text{ km}^2$  por mes.
- **TPR** (True Positive Rate) para  $M \geq M_0$ :  $\geq 0,7$  en  $\Delta t$  objetivo.
- **PPV** (Precisión Positiva)  $\geq 0,5$  en campañas de un año.

##### Matriz de veredicto

Fuente	Métrica	Umbral	Condición	Acción
FET	$K_y$ (LI,R,RMSE)	-KPIs cumplidas	$K_y \uparrow$ sostenido	Precursor candidato
Relojes	$\delta f/f$	$> 3\sigma$ coherencial	Coincidente $\leq \tau_{\text{lead}}$	Eleva a Precursor fuerte
Neutrinos	$\varepsilon_\Sigma$	$> 3\sigma$ regional	Consistente con $\mathcal{T}_\nu$	Confirma $\Sigma$ regional
Fusión	$P(M \geq M_0)$	$\geq P^*$	ROC/FAR objetivo	<b>ALERTA</b>

#### 6. Pruebas nulas, pre-registro y validación

**Pruebas nulas:** (i) des-locking (cae LI/R)  $\Rightarrow \text{PSI} \rightarrow 0$ ; (ii) inversión de fase/apantallamiento EM  $\Rightarrow \text{PSI} \rightarrow 0$ ; (iii) barajado temporal ( $\pm 12$  h)  $\Rightarrow$  destrucción de coincidencia; (iv) nodos placebo térmicos/eléctricos.

**Pre-registro:** fijar  $\alpha_{\text{seis}}, \beta_i, \theta_i$ , kernels  $K_\tau$ , ventanas  $\Delta t$ ,  $M_0$ , áreas, y  $\tau_{\text{lead}}$  regional (vía  $v_\Sigma$ ).

**Validación:** retrospectiva k-fold estratificada por región y magnitud; *hold-out* anual; reporte ROC, AUC, PPV, FAR.

#### 7. Alcances y límites (si TCDS es validada)

**Nivel 1 — Ingeniería de la Coherencia:** red global de  $\Sigma$ -sensado con PSI operativo, estándares de frecuencia TCDS (corrección de  $\delta f/f$ ), sensores portátiles SYNCTRON para prospección y navegación coherencial.

**Nivel 2 — Paradigma en Física:** confirmación del campo  $\Sigma$  y del sincronón  $\sigma$ ; métrica conforme  $g_{\mu\nu}^{(\Sigma)}$  como base de geodesia de fase; ruta hacia unificación efectiva (-Grav/-Débil) y relectura cosmológica (estado de coherencia del vacío).

## 8. Autocrítica (cómo se valida y dónde puede fallar)

(1) **Identificabilidad.** PSI podría confundirse con ciclos hidrometeorológicos/EM. Mitigación: pruebas nulas, apantallamiento, placebo, y coincidencia multi-vértice ( $\delta f/f$ ,  $\varepsilon_\Sigma$ ). Falsación: si PSI persiste bajo nulos o no correlaciona con  $\delta f/f$  y  $\varepsilon_\Sigma$ , el mapa  $\mathcal{T}_{\text{seis}}$  se descarta.

(2) **Consistencia dimensional.**  $K_y$  adimensional (norma  $\omega_\Sigma$ ); ganancias  $\mathcal{G}_{\text{seis}}$  se reportan con unidades explícitas y cotas LBCU (banda/retardo). Cualquier ajuste que viole  $\tau_\Sigma \geq 0$  o  $v_g \leq c$  es inadmisibile.

(3) **Causalidad del horizonte.**  $\tau_{\text{lead}}$  no puede exceder  $L/v_\Sigma$ . Si retrospectivas aparentan *lead times* super-causales, el modelo está mal especificado o  $\Sigma$  no es el driver.

(4) **Robustez estadística.** Se exige  $\text{AUC} \geq 0,8$  y PPV/FAR en objetivos; de no alcanzarse bajo pre-registro, la hipótesis  $\Sigma \rightarrow \text{sísmica}$  queda *falsada* en su forma acoplada.

(5) **Cómo verifiqué mi conclusión.** Cada puente ( $K_y \rightarrow \text{PSI}$ ,  $\text{PSI} \rightarrow P$ ) se cerró con ecuación falsable, umbrales binarios y pruebas nulas; el LBCU impuso límites que evitan sobre-ajuste; la triple coincidencia ( $\text{PSI}, \delta f/f, \varepsilon_\Sigma$ ) hace *auditable* la cadena causal. Si alguno de los tres vértices no coincide numéricamente (3) con el  $K_y$  de referencia, el *Contrato de Escala* se **rompe** y el método se **descarta**.