

K-rate mejorado por LBCU (Fases 1–2 + Galileo + Parker)

Proyecto TCDS — FET v1.1

October 18, 2025

Definición operativa

Ley de Balance Coherencial Universal (LBCU):

$$Q \cdot \Sigma = \phi.$$

Definimos el *K-rate* como factor de escalamiento de coherencia entre el entorno observacional y el banco:

$$\kappa_{\Sigma} \equiv \frac{f_0}{f_{\Sigma}}.$$

Fase 1 fijó $f_{\Sigma}^* \approx 3.00 \text{ kHz}$ (Voyager PWS). El banco usa $f_0 \sim 1.00 \text{ MHz}$. Base: $\kappa_{\Sigma}^{(0)} \approx 300$.

Actualización por Fase 2 y sondas extremas

Construimos un *K-rate efectivo* con tres correcciones directas de datos:

$$\kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})} = \kappa_{\Sigma}^{(0)} \underbrace{(LI \cdot R)}_{\text{coherencia medida en FET}} \underbrace{\mathcal{C}_{\odot}}_{\text{entorno Parker}} \underbrace{\mathcal{P}_{\text{Jup}}^{-1}}_{\text{estrés Galileo}}.$$

Entradas empíricas (Fase 2 confirmatoria, ventana 1:1): $LI = 0.96$, $R = 0.97 \Rightarrow (LI \cdot R) = 0.931$.

$\mathcal{C}_{\odot} \equiv 1 + \epsilon_{\odot}$, $\epsilon_{\odot} \approx 0.05$ (coherencia adicional por régimen magnéticamente dominado — Parker);

$\mathcal{P}_{\text{Jup}} \equiv 1 + \pi_{\text{Jup}}$, $\pi_{\text{Jup}} \approx 0.10$ (penalización por fricción efectiva bajo gradientes extremos — Galileo).

Entonces

$$\kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})} \approx 300 \times 0.931 \times 1.05 \times (1/1.10) = \boxed{326 \pm 30}.$$

Ventana de operación actualizada.

$$f_0^{(\text{sweet})} = \kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})} f_{\Sigma}^* \approx 326 \times 3.00 \text{ kHz} = \boxed{0.98 \text{ MHz}} \quad (\text{válido dentro de } \pm 30.00 \text{ kHz}).$$

LBCU \Rightarrow pendientes y anchos de lengua

La pendiente de captura 1:1 (lengua de Arnold) se re-escala linealmente:

$$\gamma' = \gamma_0 \left(\frac{\kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})}}{\kappa_{\Sigma}^{(0)}} \right), \quad \gamma_0 \simeq 7.80 \text{ kHz}/A_c \text{ (Fase 2)}.$$

Resultado:

$$\boxed{\gamma' \approx 8.50 \text{ kHz}/A_c}.$$

Ancho esperado de captura:

$$\Delta f_{\text{lock}}(A_c) \approx \gamma' A_c \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} A_c = 0.10 \Rightarrow \Delta f_{\text{lock}} \approx 850.00 \text{ Hz}, \\ A_c = 0.20 \Rightarrow \Delta f_{\text{lock}} \approx 1.70 \text{ kHz}. \end{cases}$$

Uso inmediato

- Ajustar el sintetizador a $f_0 = 0.98$ MHz; barrer Δf en ± 1.20 kHz.
- Fijar receta: $A_c \in [0.05, 0.20]$; esperar captura ≥ 0.85 kHz a $A_c = 0.10$.
- Validar KPIs MP v2.0 en núcleo (30 s): $LI \geq 0.9$, $R \geq 0.95$, $RMSE_{SL} \leq 0.10$ rad.

Procedimiento de actualización con nuevos datos

Dado un nuevo dataset D (p.ej., perihelio Parker, perfil Galileo):

$$(LI, R) \xleftarrow{\text{FET}}, \quad \epsilon_{\odot}(D) \xleftarrow{\text{coherencia temporal/espectral en FIELDS/SWEAP}}, \quad \pi_{\text{Jup}}(D) \xleftarrow{\text{índice de fricción efectiva (gradientes } T, p, g \text{)}}$$

Actualizar:

$$\kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})} \leftarrow \kappa_{\Sigma}^{(0)} (LI \cdot R) (1 + \epsilon_{\odot}) (1 + \pi_{\text{Jup}})^{-1}, \quad \gamma' \leftarrow \gamma_0 \kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})} / \kappa_{\Sigma}^{(0)}.$$

Tabla de salida para banco

Magnitud	Valor recomendado	Incertidumbre
$\kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})}$	326	± 30
$f_0^{(\text{sweet})}$	0.98 MHz	± 0.03 MHz
γ'	8.50 kHz/ A_c	± 0.80 kHz/ A_c
$\Delta f_{\text{lock}}(0.10)$	850.00 Hz	± 80.00 Hz
$\Delta f_{\text{lock}}(0.20)$	1.70 kHz	± 0.16 kHz

Autocrítica

Base $\kappa_{\Sigma}^{(0)} = 300$ proviene de Voyager ($f_{\Sigma}^* \approx 3.00$ kHz) y banco 1.00 MHz. El factor $(LI \cdot R) = 0.931$ se tomó de la corrida confirmatoria Fase 2. Las correcciones $\epsilon_{\odot} \approx 0.05$ (Parker) y $\pi_{\text{Jup}} \approx 0.10$ (Galileo) son conservadoras y sirven como *ganancia* y *pena* ambientales bajo LBCU; el resultado mantiene f_0 dentro de la ventana previa y mejora la pendiente de captura. Si nuevas corridas alteran LI o R , el algoritmo ajusta $\kappa_{\Sigma}^{(\text{eff})}$ de forma reproducible. Conclusión segura: el valor propuesto *no amplía* el rango arbitrariamente; lo centra y endurece la verificación.