

# Frente II

Búsqueda del Sincronón  $\sigma$  y verificación Gravo–Débil

TCDS Program

## Propósito

Detectar o excluir el campo  $\Sigma$  (sincronón  $\sigma$ ) y su acople “Gravo–Débil” con protocolos de laboratorio reproducibles, nulos instrumentados y decisión binaria  $\kappa\Sigma$ –LBCU.

## 1 Acción y Hamiltoniano mínimos

**Acción efectiva:**

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} [\mathcal{L}_{\text{SM}}(g, \Psi, A) + \tfrac{1}{2} \partial_\mu \Sigma \partial^\mu \Sigma - \tfrac{\lambda}{4} (\Sigma^2 - \mu^2)^2 + g_m \Sigma T^\mu_\mu]. \quad (1)$$

**Métrica conforme mínima:**  $g_{\mu\nu}^{(\Sigma)} = e^{2\kappa\Sigma} \eta_{\mu\nu}$ .

**Hamiltoniano de  $\Sigma$  (gauge temporal, 3+1):**

$$\Pi_\Sigma = \dot{\Sigma}, \quad \mathcal{H}_\Sigma = \tfrac{1}{2} \Pi_\Sigma^2 + \tfrac{1}{2} (\nabla \Sigma)^2 + \tfrac{\lambda}{4} (\Sigma^2 - \mu^2)^2. \quad (2)$$

Masa del modo:  $m_\sigma = 2\mu$ . El término  $g_m \Sigma T^\mu_\mu$  induce una quinta fuerza Yukawa suprimida.

## 2 Firmas y observables parsimoniosos

**Fuerzas sub-mm (Yukawa)**

$$V(r) = -\frac{Gm_1m_2}{r} \left[ 1 + \alpha_5 e^{-r/\ell_\sigma} \right], \quad \ell_\sigma = \frac{\hbar}{m_\sigma c}. \quad (3)$$

$\alpha_5$  y  $\ell_\sigma$  quedan ligados a  $(g_m, \mu)$ . KPI: mejora  $\geq \times 3$  del mejor límite previo en 0.1–1 mm.

**FET (verdugo prioritario)**

Oscilador controlado por puerta  $\Sigma$  con inyección externa de amplitud  $A_c$ . Firma inequívoca:

$$\Delta f = f_{\text{lock}} - f_0 \propto A_c, \quad \text{lengua de Arnold y umbral finito.} \quad (4)$$

Condición de falsación: no debe aparecer locking con  $A_c = 0$ .

**Relojes y cavidades**

$$\left. \frac{\delta f}{f} \right|_\Sigma = \kappa_\Sigma \langle \nabla^2 \Sigma \rangle_{\text{modo}}, \quad (5)$$

con evaluación por desviación Allan  $\sigma_y(\tau)$  y barridos vacío–medio–térmico.

## Interferometría atómica

$$\Delta\phi_\Sigma = \int dt \delta\omega_\Sigma(t), \quad \delta\omega_\Sigma \propto \kappa_\Sigma \nabla^2 \Sigma. \quad (6)$$

## 3 Protocolos nulos y controles

1. **Gemelo nulo FET**: dispositivo idéntico sin puerta  $\Sigma$ , medido en paralelo dentro del mismo blindaje EMI.
2. **Ciegos y off-resonance**: inyección fuera de banda y secuencias enmascaradas.
3. **Swaps y rotaciones**: permuta de cables, módulos y orientación del banco.
4. **Auditorías**: EMI, térmica ( $\pm 0.01^\circ\text{C}$ ), vibración y microfonía.

## 4 Equipamiento mínimo reproducible

- Cámara de blindaje EMI y control térmico.
- Dos generadores RF independientes y referencia disciplinada.
- Analizador de espectros con lectura  $S_\phi(\omega)$ .
- Banco torsional o microbalanza para sub-mm ( $10^{-13}$ – $10^{-12}$  N).
- Cavidad de alta  $Q$  u oscilador de cuarzo/SAW/OCXO/ULE.
- Logger -metrics:  $R(t)$ , LI,  $\text{RMSE}_{SL}$ .

## 5 Análisis parsimonioso y decisión

### Métricas y KPIs

$$\text{FET: LI} \geq 0.9, \quad R > 0.95, \quad \text{RMSE}_{SL} < 0.1, \quad \text{Reproducibilidad} \geq 95\%. \quad (7)$$

$$\text{Metrología: BF} > 150 \text{ vs. modelo nulo o } 5\sigma, \quad \text{sub-mm: mejora} \geq \times 3 \text{ en } \alpha_5(\ell_\sigma). \quad (8)$$

### Priors y ajuste

$$g_m \sim \mathcal{U}[0, 10^{-3}], \quad \mu \sim \mathcal{U}[0, 1 \text{ eV}], \quad \lambda \sim \mathcal{U}[0, 1], \quad \kappa_\Sigma \sim \mathcal{U}[0, 10^{-2}]. \quad (9)$$

Ajuste Bayesiano por canal; integración multi-canal con penalización BIC y reporte de Bayes Factor.

### Regla $\kappa_\Sigma$ –LBCU (Sí/No)

**Sí**: al menos un canal alcanza realce ( $\text{BF} > 150$  o  $5\sigma$ ) y otro canal corrobora con coherencia de fase o dependencia  $A_c$ .

**No**: ningún canal alcanza KPI duro o los límites excluyen la región  $(g_m, \mu, \lambda, \kappa_\Sigma)$  compatible con el Hamiltoniano.

## 6 Plan de corrida

T+2: FET v1 + gemelo nulo.

T+4: barrido  $\Delta f - A_c$  preregistrado; ensayo off-resonance.

T+6: cavidad/reloj y primer límite sub-mm.

T+8: integración Bayesiana y dictamen.

## Autocrítica y verificación

**Supuestos fuertes:** métrica conforme única  $e^{2\kappa\Sigma}$ ; reducción de artefactos EMI por blindaje finito; linealidad  $\Delta f \propto A_c$  fuera de saturación.

**Riesgos:** locking parásito por inyección EM; deriva térmica en cavidades; acoplos espurios en torsión sub-mm.

**Salvaguardas:** gemelo nulo, ciegos, off-resonance, swaps, control térmico estricto y análisis BF con penalización BIC.

**Cómo se asegura la conclusión:** cadena Hamiltoniano  $\rightarrow$  firma operativa (Yukawa,  $\Delta f - A_c$ ,  $\delta f/f$ ,  $\Delta\phi$ )  $\rightarrow$  KPI duro  $\rightarrow$  decisión binaria. Si cualquiera de los KPI falla o los límites son más estrictos que la región necesaria, el frente se degrada y se publican límites superiores.