

# Plan de revisión mayor superada — SPIN TCDS

## 0) Objetivo

Responder a observaciones de revisión mayor y elevar el estándar de evidencia del estudio del **spin** en TCDS con cambios verificables, parsimoniosos y auditablemente superiores.

---

## 1) Resumen de objeciones típicas y respuesta

**O1.** Falta de cuantificación de parámetros ( $\kappa_\Sigma, g, \mu, \lambda, b_{\text{CGA}}$ ).

**R1.** Se fija un prior amplio y se reportan posteriors con IC95% y Bayes Factor vs. nulo.

**O2.** Degeneración con efectos estándar (plasma, sistemáticos térmicos/mecánicos).

**R2.** Controles cruzados: isótopos, inversión de trayectorias, apagados aleatorios, runs ciegos y *null channels*.

**O3.** Exceso de hipótesis efectivas (métrica  $g^{\text{eff}}$ ).

**R3.** Reducción a  $\Theta_{\text{min}}$  y demostración de que nuevos términos no mejoran AIC/BIC.

**O4.** Falta de replicación.

**R4.** Reproducibilidad  $\geq 95\%$  multi-día/lote/lab; *data release* y scripts.

---

## 2) Marco teórico depurado

**Acción efectiva mínima:**

$$S = \int \sqrt{-g} \left[ \frac{M_P^2}{2} R + \frac{1}{2} (\partial \Sigma)^2 + \frac{1}{2} (\partial \chi)^2 - V(\Sigma, \chi) + \mathcal{L}_{\text{mat}} \right] d^4 x.$$

**Torque fuente y conservación:**

$$\boldsymbol{\tau} = \int \mathbf{r} \times [\rho(-\nabla \Phi) + \mathbf{f}_\Sigma - \mathbf{f}_\phi] d^3 x, \quad \dot{\mathbf{J}} = \boldsymbol{\tau}, \quad \mathbf{f}_\Sigma = -\nabla(\partial V / \partial \Sigma) + \square \Sigma \nabla \Sigma.$$

**Índice óptico y K-rate:**  $n_\Sigma \simeq 1 + \kappa_\Sigma \langle \nabla^2 \Sigma \rangle$ ,  $K \equiv d/dt \int \kappa_\Sigma \nabla^2 \Sigma dl$ .

---

## 3) Predicciones cuantitativas (con tamaños de efecto diana)

**P1. Cavidades/relojes.**  $\delta f/f = \kappa_\Sigma \langle \nabla^2 \Sigma \rangle$ .

**Meta:** detectar  $|\delta f/f| \geq 3 \times 10^{-16}$  con Allan  $< 10^{-15} @ 10^3 s$ .

**Criterio:**  $> 5\sigma$  o BF>150.

**P2. Óptica controlada.** Curvatura mínima del rayo  $1/R = |\Omega_{\Sigma\phi}|/c$  en cámara térmica y *clean room*.  
**Meta:**  $1/R \geq 10^{-7} \text{ m}^{-1}$  tras sustracción de gradientes térmicos/plasma.

**P3. Interferometría atómica.** Fase extra  $\Delta\phi_{\Sigma} = \oint \Omega_{\Sigma} \cdot ds$ .  
**Meta:**  $|\Delta\phi_{\Sigma}| \geq 5 \times 10^{-3} \text{ rad}$  con inversión de brazos.

**P4. ΣFET.** Lengua de Arnold con zona KPI fija: **LI≥0.9, R>0.95, RMSE\_SL<0.1**, reproducibilidad ≥95%.  
**Meta:** histograma multimodal en borde con vector resultante = LI y mapas p:q (3,6,9 resaltados).

**P5. Sub-mm (torsión).** Cotas  $(\alpha_{\Sigma}, \lambda_{\Sigma})$  compatibles con P1–P3.  
**Meta:**  $|\alpha_{\Sigma}| < 10^{-2}$  a  $\lambda_{\Sigma} \sim 0.1–1 \text{ mm}$  o detección con BF>150.

## 4) Diseño experimental y controles

**D1. Prerregistro.** Hipótesis, modelo, *stopping rule*, análisis, umbrales KPI.

**D2. Ciegos/aleatorización.** Etiquetado oculto de runs y orden de condiciones.

**D3. Controles sistemáticos.** *Null cavity*, vacíos alternos, dummy loads térmicos, apantallamiento EM, rotación/inversión de geometrías.

**D4. Manifiesto de corrida.** Horarios, SNR, logs, *hash* de firmware, versión de scripts.

**D5. Replicación.** Dos laboratorios con *hardware* independiente.

## 5) Pipeline estadístico

- Ajuste jerárquico Bayesiano para  $\Theta_{\min}$  con priors anchos.
- Comparación de modelos: TCDS vs nulo (AIC/BIC, BF).
- Reporte IC95% y *poster predictive checks*.
- Corrección por *multiple testing* (Benjamini–Hochberg).
- Publicación de datos crudos + *notebooks* reproducibles.

## 6) Resultados esperados y tablas de decisión

Evidencia	KPI ΣFET	Métrica de efecto	Decisión
Fuerte	Verde en $\geq 2$ bancos + BF>150	$> 5\sigma$	Aceptar TCDS (resultado canónico)
Moderada	Verde en 1 banco + BF 20–150	3–5σ	Revisión menor y extensión
Débil/ Negativa	KPIs rojos o BF<3	$< 3\sigma$	Rechazar hipótesis activa

---

## 7) Plan de materiales y trazabilidad

BOM con versión y *hash*; firmware con *commit*; calibraciones certificadas; bitácora digital con sellado de tiempo; repositorio público (código y *raw*).

---

## 8) Riesgos y mitigación

- **R1. Señales de medio/plasma.** *Vacuum bake*, sensores redundantes, modelado CFD-EM.
  - **R2. Deriva térmica.** Termostato de  $\pm 1$  mK, *feed-forward* con RTDs.
  - **R3. Sesgos de análisis.** Ciegos y preregistro; auditoría externa del código.
  - **R4. Falta de SNR.** Integración y modulación *lock-in*.
- 

## 9) Métricas $\Sigma$ ( $\Sigma$ MP) a reportar

Core:  $LI, R, RMSE_{SL}, K, \kappa_{\Sigma}$ .

Derivadas:  $p; q$ , vector de fase, reproducibilidad por día/lote/lab.

---

## 10) Autocrítica

- El ansatz  $g_{\mu\nu}^{\text{eff}} = g_{\mu\nu} + \kappa_{\Sigma} \partial_{\mu} \partial_{\nu} \Sigma$  sigue siendo efectivo; se propone experimento de cavidades (P1) como falsador principal.
  - La estimación de  $b_{\text{CGA}}$  se hace indirecta vía métricas  $\Sigma$ FET; riesgo de degeneración con  $\phi$ .
  - Se minimiza complejidad manteniendo  $\Theta_{\min}$  y exigiendo mejora AIC/BIC para introducir nuevos parámetros.
- 

## 11) Entregables

- Plantilla de **preregistro y manifiesto de corrida**.
- Tablas LaTeX para KPIs e IC95%.
- Cálculo reproducible (notebooks) para P1–P5.