

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^{eff}).

R3. Reducción a Θ_{\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:

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

Torque fuente y conservación:

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

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 $\Delta\phi_{\Sigma} = \oint \boldsymbol{\Omega}_{\Sigma} \cdot d\boldsymbol{s}$.
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 \geq 0.9, R $>$ 0.95, RMSE_SL $<$ 0.1**, reproducibilidad $\geq 95\%$.
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 $\lambda_{\Sigma} \sim 0.1\text{--}1 \text{ mm}$ 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 Θ_{\min} con priors anchos.
 - Comparación de modelos: TCDS vs nulo (AIC/BIC, BF).
 - Reporte IC95% y *posterior 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 ≥ 2 bancos + BF >150	$> 5\sigma$	Aceptar TCDS (resultado canónico)
Moderada	Verde en 1 banco + BF 20–150	3–5 σ	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 ± 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 Σ (Σ 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_{CGA} se hace indirecta vía métricas Σ FET; riesgo de degeneración con ϕ .
 - Se minimiza complejidad manteniendo Θ_{\min} y exigiendo mejora AIC/BIC para introducir nuevos parámetros.
-

11) Entregables

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