

Dossier de parsimonia del SPIN — TCDS (para comité de revisión)

0. Propósito

Documento breve, auditabile y falsable que condensa la explicación causal del **spin** en la TCDS, con el mínimo de hipótesis, parámetros y ecuaciones.

1. Tesis parsimoniosa

T1. Todo giro observable es la manifestación del **cargo de Noether** de simetrías de rotación aplicado a materia + campo de coherencia Σ .

T2. El giro no requiere postular nuevas fuerzas vectoriales: basta el **desbalance variacional** entre **Empuje** (Q) (tendencia a coherencia en Σ) y **Fricción** (ϕ) (resistencia del sustrato (χ)). La asimetría espacial de (ϕ) frente a ($\nabla\phi$) genera un **torque fuente** universal.

T3. La geometría efectiva y los retardos ópticos emergen de (Σ): no se postula dimensión extra; el tiempo medido es la tasa de evolución de coherencia.

2. Marco mínimo (ecuaciones y variables)

Acción efectiva:

[

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

]

Conservación (Noether): ($\dot{\mathbf{J}} = 0$) para sistema cerrado.

Torque total:

[

$\boldsymbol{\tau} = \int d^3x \mathbf{r} \times \left[\rho(-\nabla \Phi) + \mathbf{f}_\Sigma - \mathbf{f}_\phi \right],$

$\mathbf{f}_\Sigma \equiv -\nabla \left(\frac{\partial V}{\partial \Sigma} \right) + \nabla \Sigma \cdot \nabla \Sigma.$

]

Dinámica mesoscópica (CGA): ($\partial_t \Sigma = \alpha, \Delta \Sigma - \beta, \phi + Q$).

Índice óptico efectivo: ($n_\Sigma \simeq 1 + \kappa_\Sigma \langle \nabla^2 \Sigma \rangle$).

K-rate (fase/tiempo): ($K \equiv \frac{d}{dt} \int \kappa_\Sigma \nabla^2 \Sigma dl$).

Ecuación de fase (locking): ($\dot{\theta} = \Delta \omega - A \sin \theta + \xi(t)$).

ΣFET KPIs (fijos): LI ≥ 0.9 , R > 0.95 , RMSE $_{SL} < 0.1$, reproducibilidad $\geq 95\%$.

Conjunto mínimo de parámetros a estimar: ($\Theta_{\min} = \{\kappa_\Sigma, g, \mu, \lambda, b_{\text{CGA}}\}$). (Se evita proliferación: los acoplos fermión/fotón se tratan como correcciones de orden siguiente.)

3. Teorema del giro por desbalance variacional

****Enunciado.**** Sea un volumen en colapso con gradientes finitos de (Σ) y anisotropía de (ϕ). Entonces existe ($\boldsymbol{\tau}^*Q \neq 0$) tal que el momento angular (\mathbf{J}) crece hasta un estado estacionario

[$J^*\star \sim \frac{|\boldsymbol{\tau}^*Q|}{\nu^*\phi + \nu_b},$] ncon (ν_ϕ, ν_b) coeficientes efectivos de disipación (fricción y sangrado CGA).

****Prueba (esbozo).**** Insertando (\mathbf{f}_Σ) y (\mathbf{f}_ϕ) en la definición de ($\boldsymbol{\tau}^*$) y usando ($\dot{\mathbf{J}} = \boldsymbol{\tau}^*$) se obtiene crecimiento mientras ($|\boldsymbol{\tau}^*Q| > |\boldsymbol{\tau}^*\phi| + |\boldsymbol{\tau}^*_b|$). El estacionario sigue por balance de potencias.

****Corolario (rayo helicoidal).**** Si ($\Omega^*\Sigma\phi$) es aproximadamente constante, la geodésica nula en ($g^{\rm eff}$) es una hélice de radio ($R=c/\Omega^*\Sigma\phi$). El límite geométrico de línea recta se recupera para ($\nabla^2\Sigma \neq 0$) y anisotropía ($\phi \neq 0$).

4. Predicciones únicas frente al marco estándar

1. **Óptica “en vacío” controlado:** curvatura mínima del rayo ($1/R = |\Omega\phi|/c$) distinta de cero si hay anisotropía calibrada.
2. **Relojes/cavidades:** ($\Delta f/f = \kappa_\Sigma \langle \nabla^2\Sigma \rangle$); deriva ($df/dt \propto K$).
3. **Atómico:** corrimientos 1S–2S, Lamb y Zeeman anómalo ($\propto \partial^2\Sigma$); precesión sesgada.
4. **ΣFET:** lenguas de Arnold con islas p:q y borde multimodal; zona KPI reproducible.
5. **Astrofísica:** correlación entre ($a_{\text{last}} = J/M^2$) y proxies de ($\nabla^2\Sigma$); rotación de polarización ($\Delta\theta_{\text{pol}} \propto \int \nabla^2\Sigma \, d\Omega$).

5. Protocolo de falsación (parsimonioso)

****Diseño:** comparar **TCDS vs nulo** con **AIC/BIC** y **Bayes factor**; preregistro de umbrales y análisis; datos y scripts públicos.

****Bancos mínimos:****

* **B1. ΣFET**: barridos ((A_c , f_{in}/f_0)); mapa KPI; histograma de fase; LI, R, RMSE_SL.

* **B2. Cavidades/relojes**: ($\delta f/f$) y (K) en transiciones vacío/medio.

* **B3. Interferometría atómica**: asimetrías de precesión dependientes de ($\nabla\sigma$).

* **B4. Óptica controlada**: detección de curvatura mínima (1/R).

* **B5. Sub-mm (torsión)**: cotas ($\alpha_\sigma, \lambda_\sigma$) del portal; consistencia cruzada con B1–B4.

****Criterio de realce:** promover a resultado canónico sólo si KPIs en verde + ($>5\sigma$) o **BF>150**, con **reproducibilidad $\geq 95\%$** .

6. Métricas Σ (ΣMP) y reporte

Core: ($LI, R, RMSE_{SL}, K, \kappa\sigma$).

Derivadas: ventanas p:q, vector resultante de fase, reproducibilidad por día/lote/lab.

Reporte: manifiesto de corrida, control nulo, IC95%, ciegos, AIC/BIC, BF.

7. Riesgos y autocrítica

* ***Ansatz efectivo:** ($g^{\mu\nu} \text{eff} = g^{\mu\nu} + \kappa \Sigma \partial_\mu \partial_\nu \Sigma$) requiere justificación micro (CGA).

* ***Parámetros no medidos:** ($\kappa \Sigma, g, \mu, \lambda, b_{\text{CGA}}$).

* ***Degeneraciones:** plasma/medio en óptica, sistemáticos térmicos/mecánicos en B2–B5.

* ***Mitigación:** preregistro, controles de isótopos/medios, inversión de trayectorias, apagado aleatorio, y análisis ciego.

* ***Parcimonia:** se evita introducir más de **cinco** parámetros libres; toda ampliación exige ganancia de verosimilitud cuantificada.

8. Trazabilidad de la conclusión

* ***Hamilton + Noether** fijan conservación y definición de (\mathbf{J}).

* ***Torque fuente** (\mathbf{f}_Σ) surge de ($\nabla(\Sigma, \chi)$) y gradientes; no requiere nuevos vectores.

* ***Isomorfismo**: las mismas ecuaciones describen ΣFET, óptica y astrofísica.

* ***Verificabilidad**: cada predicción enlaza con una métrica Σ y un banco mínimo.

9. Puntos de decisión para el comité

* ***¿El conjunto (Θ_{\min}) es suficiente?**

* ***¿La evidencia prevista supera nulo con $BF > 150$?**

* ***¿La reproducibilidad $\geq 95\%$ se logra en ≥ 2 laboratorios?**

* ***¿Los controles descartan explicaciones estándar sin Σ ?**

10. Anexos sugeridos (1–2 páginas cada uno)

A1. Derivación de (\mathbf{f}_Σ) desde ($T_{\{\mu\nu\}}$).

A2. Cálculo del rayo helicoidal y condición ($R=c/|\Omega_\Sigma\phi|$).

A3. Pipeline de ajuste Σ FET con KPIs y control nulo.

A4. Plantilla de preregistro y tablas AIC/BIC/BF.

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 ($(\kappa_\Sigma, g, \mu, \lambda, b_{\rm CGA})$).

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 ($g^{\rm eff}$))).

****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:****

[

$\bm{\tau} = \int \rho (-\nabla \Phi) + \bm{f}_\Sigma - \bm{f}_\phi, \quad \dot{\bm{J}} = \bm{\tau}, \quad \bm{f}_\Sigma = -\nabla (\partial_\Sigma V) + \nabla \cdot \Sigma$

]

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

3) Predicciones cuantitativas (con tamaños de efecto diana)

****P1.** Cavidades/relojes.** ($\delta f/f = \kappa \langle |\nabla^2 \Sigma|^2 \rangle$).

****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 ($1/R = |\Omega_\phi|/c$) 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 ($\Delta\phi_\Sigma = \oint \boldsymbol{\Omega} \cdot d\mathbf{r}$).

****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 ($|\lambda_\Sigma| \sim 0.1 \text{ mm}$) 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 + $BF = 20-150$	$3-5\sigma$	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 , $\mathrm{RMSE}^{\mathrm{SL}}$, K , $\kappa\sigma$).

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

10) Autocrítica

* El ansatz ($g^{\mathrm{eff}} \cdot \mu\nu = g \cdot \mu\nu + \kappa\sigma \partial_\mu \partial_\nu \sigma$) 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.

Revisión científica de tres ejes — SPIN TCDS

0) Objetivo

Proveer un expediente listo para revisión directa en **tres ejes**: (I) Teoría parsimoniosa, (II) Evidencia experimental, (III) Inferencia y decisión. Tema: origen, conservación y firmas del **spin** en TCDS.

Eje I — Teoría parsimoniosa (fundamentos y predicciones)

Tesis. El giro es el cargo de Noether de simetrías rotacionales sobre materia + campo de coherencia Σ . Su siembra proviene del desbalance **Empuje** (Q) vs **Fricción** (ϕ) en el sustrato χ , que introduce un **torque fuente** (f_Σ).

Acción mínima:

[$S = \int \sqrt{-g} \left[\frac{M_P^2}{2} R + \frac{1}{2} (\partial_\mu \Sigma)^2 + \frac{1}{2} (\partial_\mu \chi)^2 - V(\Sigma, \chi) + \mathcal{L}_{\text{mat}} \right] d^4x, \quad \delta S = 0. \]$

****Conservación (Noether):**** ($\dot{\mathbf{J}} = 0$).

****Torque total:****

[$\boldsymbol{\tau} = \int \rho (-\nabla \Phi) + \mathbf{f}_\Sigma - \mathbf{f}_\phi, \quad d^3x, \quad \mathbf{f}_\Sigma = -\nabla (\partial_\nu \Sigma) + \nabla \Sigma, \nabla \Sigma. \]$

****Dinámica CGA:**** ($\partial_t \Sigma = \alpha \Delta \Sigma - \beta \phi + Q$).

****Geometría/Óptica efectiva:**** ($g^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} + \kappa \Sigma \partial_\mu \partial_\nu \Sigma, \quad n_\Sigma \approx 1 + \kappa \Sigma \langle \nabla^2 \Sigma \rangle$).

****Ecuación de fase (locking):**** ($\dot{\theta} = \Delta \omega - A \sin \theta + \xi(t)$).

****Predicciones nucleares:****

P1. **Rayo helicoidal** en “vacío” controlado: ($1/R = |\Omega_\Sigma \phi|/c \neq 0$) si hay anisotropía calibrada.

P2. **Relojes/cavidades:** ($\Delta f/f = \kappa \Sigma \langle \nabla^2 \Sigma \rangle$), deriva ($df/dt \propto K$).

P3. **Atómico:** corrimientos 1S–2S/Lamb/Zeeman ($\propto \partial^2 \Sigma$).

P4. **ΣFET:** lenguas de Arnold; zona KPI estable ($L \geq 0.9, R > 0.95, \text{RMSE}_{SL} < 0.1$; reproducibilidad $\geq 95\%$).

P5. **Astro:** (a_{last}) vs proxies de ($\nabla^2 \Sigma$); rotación de polarización ($\Delta \theta_{\text{pol}} \propto \int \nabla^2 \Sigma dl$).

****Parámetros mínimos a estimar:**** ($\{\Theta_{\min}\} = \{\kappa_\Sigma, g, \mu, \lambda, b_{\text{CGA}}\}$).

Eje II — Evidencia experimental (diseño, tamaños de efecto, controles)

****B1. Cavidades/relojes.**** Meta: ($|\Delta f/f| \geq 3 \times 10^{-16}$) con Allan ($<10^{-15}$ @ 10^3 s). Controles: *null cavity*, bake, RTDs, apantallamiento. Decisión: $>5\sigma$ o $BF>150$.

****B2. Óptica controlada.**** Meta: ($1/R \geq 10^{-7} \text{ m}^{-1}$) tras sustracción térmica/plasma. Controles: cámara térmica, limpieza iónica, inversión geométrica, “shutters”.

****B3. Interferometría atómica.**** Meta: ($|\Delta\phi/\Sigma| \geq 5 \times 10^{-3} \text{ rad}$); inversión de brazos y *spin-echo*.

****B4. ΣFET.**** Mapas ($(A_c, f_{in}/f_0)$), KPIs, histograma multimodal en borde. Reproducibilidad $\geq 95\%$ multi-día/lote/lab. Manifiesto de corrida y control nulo.

****B5. Sub-mm (torsión).**** Cotas ($(\alpha_\Sigma, \lambda_\Sigma)$) compatibles con B1–B3. Meta: ($|\alpha_\Sigma| < 10^{-2}$) a ($\lambda_\Sigma \sim 0.1 \text{ mm}$) o detección con $BF>150$.

****Riesgos y mitigación comunes:**** deriva térmica ($\pm 1 \text{ mK}$), vibración (aislamiento activo), sesgos de análisis (ciegos), acoplos EM (apantallamiento), plasma/medio (vacío y sondas redundantes).

Eje III — Inferencia y decisión (parsimonia estadística)

****Modelo jerárquico**** para (Θ_{min}) con priors anchos.

****Comparación de modelos:**** TCDS vs nulo por **AIC/BIC** y **Bayes Factor**.

****Stopping rule**** preregistrado.

****Corrección por múltiples pruebas**** (Benjamini–Hochberg).

****Reproducibilidad**:** $\geq 95\%$ y auditoría externa de código.

Reporte: IC95%, *poster predictive checks*, *hash* de datos y firmware.

Tabla de decisión:

Evidencia combinada KPIs	BF / σ	Decisión
Fuerte	Verde en ≥ 2 bancos $BF > 150$ o $> 5\sigma$	Aceptar resultado canónico
Moderada	Verde en 1 banco BF 20–150 o 3–5 σ	Revisar menor y extender
Débil/Negativa	Rojo $BF < 3$ o $< 3\sigma$	Rechazar hipótesis activa

Apéndices (1–2 págs cada uno)

A1. Derivación de (\mathbf{f}_{Σ}) desde ($T_{\mu\nu}$).

A2. Cálculo del rayo helicoidal (condición ($R = c/\Omega \Sigma \phi$)).

A3. Plantilla de prerreregistro y manifiesto de corrida.

A4. Esquemas de hardware y BOM con versiones/`hash`.

Autocrítica

El ansatz ($g^{\rm eff}$) es efectivo; (κ_Σ) y ($b_{\rm CGA}$) requieren medición directa. Se controla complejidad con (Θ_{\min}). Las metas de efecto son exigentes pero alcanzables con tecnología actual; el éxito depende de controles sistemáticos y replicación externa.

