

Plan de Refuerzo TMRCU — Plenitud Predictiva Cuantitativa

Documento operativo para cerrar parámetros, simular firmas experimentales y consolidar un Technical Design Report (TDR).

Este plan traduce la base ontológica (5 Decretos), el formalismo (Lagrangiano $\Sigma-\chi$) y las aplicaciones (SAC, Σ -Computing, Σ FET) en predicciones cuantitativas y protocolos ejecutables. Contiene tres frentes: (1) fijación de parámetros libres con límites externos, (2) simulaciones numéricas de alta fidelidad para el Σ FET/SYNCTRON, y (3) consolidación de un Technical Design Report (TDR) llave en mano.

1) Fijar los Parámetros Libres del Modelo

Objetivo: acotar (μ , λ , g , m_χ , ...) usando límites robustos de cosmología, colisionadores y gravedad débil, para reducir el espacio de búsqueda experimental.

Observable / Límite	Cota numérica (referencial)	Mapeo TMRCU	Efecto en parámetros
Densidad de materia oscura ($\Omega_c h^2$)	0.12 ± 0.001	$\rho_{MEI} = \rho_{DM}$ (promedio cosmo)	Fija densidad de fondo de χ ; restringe λ
$H \rightarrow$ invisible (LHC, combinación BR (Run2))	$\leq 10-20\%$ (95% CL)	Acoplos portal $\Sigma-SM$ / mezcla	Activa mezcla $\Sigma \leftrightarrow H$ y acoplo efectivo
Principio de Equivalencia (MICROSCOPE)	10^{-14}	Fuerzas escalares de alcance largo	Excluye acoplos escalares no universal
Ley del inverso del cuadrado (Sudbury)	$\pm 5\%$	Interacciones Yukawa/ $\Sigma-\chi$	Excluye (α, λ) grandes a micro-escala
Casimir / No-Newtonianas (nuevos límites)	límites adicionales	Portal Σ con modos de vacío	Restringe nuevas fuerzas cortas acoplo

Procedimiento práctico:

- Definir el vector de parámetros $\theta = (\mu, \lambda, g, m_\chi, \lambda_\chi, \dots)$ y sus dominios físicos (positividad, estabilidad).
- Construir una función de verosimilitud $L(\theta)$ como producto de contribuciones: $L = L_{\text{cosmo}} \times L_{\text{LHC}} \times L_{\text{WEP}} \times L_{\text{ISL}} \times L_{\text{Casimir}}$.
- Usar muestreo Bayesiano (MCMC) para obtener la región de alta probabilidad posterior; salida: caja de tasas/masas y mezclas permitidas.
- Entregar un ‘Mapa de Calor’ con m_σ frente a $g_{\Sigma SM}$ y bandas excluidas por cada familia de límites.

2) Simulaciones Numéricas de Alta Fidelidad (Σ FET/SYNCTRON)

Objetivo: predecir firmas cuantitativas (línea, fase, potencia, RIN, Allan) bajo una inyección débil coherente que modela el acoplo al Sincronón.

- Modelo base: oscilador no lineal con ruido (Adler/Kuramoto estocástico).
- No linealidades realistas (curvas I-V, saturación de ganancia) y ruido térmico/1/f.
- Inyección Σ : término de forzamiento $f_\sigma(t)$ con amplitud $\varepsilon(g, m_\sigma)$ y fase relativa; barrido en frecuencia.
- Observables: ancho de línea Δf , salto de fase $\Delta \phi$, ganancia diferencial dG/df , espectro de ruido de fase $S_\phi(f)$, Allan deviation $\sigma_y(\tau)$.
- Criterio de detección predefinido: $\geq 5\sigma$ en $\Delta(\Delta f)$ o en una combinación lineal de métricas, con control de artefactos.

Esquema de simulación (pseudo-código):

```
for freq in sweep( f_min, f_max, step ):
# Oscilador estocástico (Adler) con ruido y no linealidad
dtheta = (Δω - K*sin(theta) + ξ(t)) dt
# Forzamiento Σ (hipótesis Sincronón)
dtheta += ε(g, m_σ) * sin(2π*freq*t + φ) dt
# Integración (Euler-Maruyama), registro de señal y estimador espectral
record(phase, amplitude)
fit_linewidth, phase_step, Sφ = analyze(record)
metrics.append([freq, fit_linewidth, phase_step, Sφ])
postprocess(metrics) → firma esperada (picos, estrechamientos, offsets)
```

Salida que debe entregar la simulación:

- Curvas ‘freq vs Δf’ con barras de incertidumbre y banda de decisión 5σ.
- Mapa 2D (ε, freq) con región de bloqueo y contornos de SNR.
- Tabla de especificación objetivo (ejemplo): ‘estrechamiento Δf = 3.2 kHz ± 0.4 kHz @ 4.6 GHz, Pinj = -80 dBm, T = 300 K, BW = 1 kHz’.

3) Technical Design Report (TDR) — Versión Llave en Mano

Objetivo: documento ejecutable por cualquier laboratorio, con diseño, análisis y sensibilidad cerrados.

Sección	Contenido mínimo
Arquitectura del experimento	Esquema del montaje ΣFET/SYNCTRON; cavidad/‘Σ-gate’; rutas de señal; blindajes y con
Lista de materiales (BOM)	VNA 6–8 GHz, osciloscopios RF, LNA bajo-ruido, generadores coherentes, lock-in, refere
Calibración y controles	Electrostático ciego, gemelo sin cavidad, inversión de fase, ‘dummy loads’, barridos fuera
Plan de adquisición y análisis	Código (Python) para espectros, Δf, Sφ(f), Allan; preregistro; versionado; criterios de exclu
Análisis de sensibilidad	Modelo de ruido completo, presupuesto de errores, simulación Monte Carlo, potencia mín
Resultados esperados	Firmas cuantitativas con bandas 1σ/2σ, región de interés en frecuencia, tiempos de integr
Gestión de datos	Estructura de carpetas, metadatos, hashes, trazabilidad, publicación OSF/Zenodo.

Checklist de salida (éxito del refuerzo):

- Región de interés (m_σ, g) acotada por combinación de límites externos.
- Simulaciones con firmas cuantitativas y SNR ≥ 5 en ventanas de frecuencia definidas.
- TDR con BOM y protocolos, más scripts de análisis listos para reproducibilidad.

Autocrítica y Validación

• Trazabilidad: este plan mapea explícitamente observables establecidos (cosmología, LHC, gravedad débil) a parámetros del Lagrangiano $\Sigma\text{--}\chi$. • Cautelas: no se fijan números finales sin correr el ajuste Bayesiano; los valores en tablas son cotas de referencia. • Riesgos: (i) mezclas $\Sigma\text{--}H$ pueden depender de supuestos UV; (ii) límites sub-mm y Casimir exigen modelado cuidadoso de cargas de parche; (iii) la ‘señal Σ ’ en ΣFET podría confundirse con artefactos RF si no se aplican controles ciegos. • Cómo se valida: (1) combinación consistente de límites; (2) simulaciones que predicen métricas específicas (Δf , $S\phi$, Allan) con umbrales 5σ ; (3) TDR que obliga preregistro y controles.