

# 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  $\Sigma\text{-}\chi$ ) y las aplicaciones (SAC,  $\Sigma$ -Computing,  $\Sigma$ 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  $\Sigma$ FET/SYNCTRON, y (3) consolidación de un Technical Design Report (TDR) llave en mano.

## 1) Fijar los Parámetros Libres del Modelo

Objetivo: acotar ( $\mu, \lambda, g, m_\chi, \dots$ ) 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	$(\Omega_{\text{DM}} \pm 0.001)$	$p_{\text{MEI}} = p_{\text{DM}}$ (promedio cosmológico)	Límite de fondo de $\chi$ ; restringe
H $\rightarrow$ invisible (LHC, combinación R <sub>Run 2</sub> )	10–20% (95%)	Aplicación portal $\Sigma\text{-SM}$ / mezcla	Acoplo mezcla $\Sigma\leftrightarrow H$ y acoplo efectivo
Principio de Equivalencia (MGRDSCDE)		Fuerzas escalares de alcance	Acoplos escalares no universales
Ley del inverso del cuadrado	Sobreestimaciones a ~50–100 GeV	Interacciones Yukawa/ $\Sigma\text{-}\chi$	Excluye ( $\alpha, \lambda$ ) grandes a micro-escalas
Casimir / No-Newtonianas	(nuevas)	Límites adicionales Portal $\Sigma$ con modos de vacío	Restringe nuevas fuerzas cortas acoplos

Procedimiento práctico:

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

## 2) Simulaciones Numéricas de Alta Fidelidad ( $\Sigma$ FET/SYNCTRON)

Objetivo: predecir firmas cuantitativas (línea, fase, potencia, RIN, Allan) bajo una inyección débil coherente que modela el acople 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  $\Sigma$ : término de forzamiento  $f_\sigma(t)$  con amplitud  $\epsilon(g, m_\sigma)$  y fase relativa; barrido en frecuencia.
- Observables: ancho de línea  $\Delta f$ , 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 + ϕ₀) dt
    # Integración (Euler–Maruyama), registro de señal y estimador espectral
    record(phase, amplitude)
metrics.append([freq, fit linewidth, phase_step, S₀])
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  $5\sigma$ .
- Mapa 2D ( $\epsilon$ , freq) con región de bloqueo y contornos de SNR.
- Tabla de especificación objetivo (ejemplo): ‘estrechamiento  $\Delta f = 3.2 \text{ kHz} \pm 0.4 \text{ kHz}$  @ 4.6 GHz,  $P_{inj} = -80 \text{ dBm}$ ,  $T = 300 \text{ K}$ ,  $BW = 1 \text{ kHz}$ ’.

### 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 componentes
Lista de materiales (BOM)	VNA 6–8 GHz, oscilloscopios RF, LNA bajo-ruido, generadores coherentes, lock-in, referencias
Calibración y controles	Electrostático ciego, gemelo sin cavidad, inversión de fase, ‘dummy loads’, barridos fuera de banda
Plan de adquisición y análisis	Código (Python) para espectros, $\Delta f$ , $S₀(f)$ , Allan; preregistro; versiónado; criterios de exclusión
Ánálisis de sensibilidad	Modelo de ruido completo, presupuesto de errores, simulación Monte Carlo, potencia mínima
Resultados esperados	Firmas cuantitativas con bandas $1\sigma/2\sigma$ , región de interés en frecuencia, tiempos de integración
Gestión de datos	Estructura de carpetas, metadatos, hashes, trazabilidad, publicación OSF/Zenodo.

Checklist de salida (éxito del refuerzo):

- Región de interés ( $m_\sigma$ ,  $g$ ) acotada por combinación de límites externos.
- Simulaciones con firmas cuantitativas y  $\text{SNR} \geq 5$  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  $\Sigma-\chi$ . • Cautelas: no se fijan números finales sin correr el ajuste Bayesiano; los valores en tablas son cotas de referencia. • Riesgos: (i) mezclas  $\Sigma-H$  pueden depender de supuestos UV; (ii) límites sub-mm y Casimir exigen modelado cuidadoso de cargas de parche; (iii) la 'señal  $\Sigma'$  en  $\Sigma$ FET 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 ( $\Delta f$ ,  $S\phi$ , Allan) con umbrales  $5\sigma$ ; (3) TDR que obliga preregistro y controles.