

# Reloj Causal TCDS y Segundo Coherencial Predictivo

Un marco metrológico  $Q \cdot \Sigma = \phi$  para ingeniería de coherencia

Genaro Carrasco Ozuna (ORCID 0009-0005-6358-9910)

genarocarrasco.ozuna@gmail.com | GitHub | Ko-fi

**Resumen.** Este estudio formaliza el *Reloj Causal* dentro de la Teoría de la Cromodinámica Sincrónica (TCDS) y define el *Segundo Coherencial Predictivo* como unidad operativa de tiempo causal  $t_C$ , complementaria al tiempo estándar  $t_M$ . El marco se apoya en (i) la Ley de Balance Coherencial  $Q \cdot \Sigma = \phi$ , (ii) la instrumentación  $\Sigma$  mediante el transistor  $\Sigma FET$  (SYNCTRON) y (iii) un sistema de métricas  $\Sigma$  (LI, R,  $RMSE_{SL}, \kappa_\Sigma$ ) con *diseño entrópico* (E-Veto:  $\Delta H \leq -0,2$ ). Se presentan ecuaciones operativas, criterios de validez y un protocolo auditable para implementar un reloj  $t_C$  y fijar el segundo coherencial  $s_\Sigma$  bajo criterios de locking, redundancia multimétrica y caída entrópica.

**Palabras clave:** TCDS, reloj causal, segundo coherencial,  $\Sigma FET$ , coherencia, LI, R,  $\Delta H$ ,  $\kappa_\Sigma$ , E-Veto,  $Q \cdot \Sigma = \phi$ .

## 1. Introducción y marco TCDS

La *Teoría de la Cromodinámica Sincrónica* (TCDS) postula que la persistencia y la estabilidad de sistemas físicos, biológicos y cognitivos emergen del balance

$$Q \cdot \Sigma = \phi, \quad (1)$$

donde  $Q$  es el *empuje* (cuántico/ingenieril),  $\Sigma$  es la *coherencia* del sistema y  $\phi$  es la *fricción informacional* del entorno. El tiempo estándar  $t_M$  es pasivo (cronometraje), mientras que el *tiempo causal*  $t_C$  es un gradiente metrológico asociado a la tasa de variación de la coherencia:

$$t_C \equiv \frac{1}{\alpha_C} \frac{d\Sigma}{dt}, \quad \alpha_C > 0 \text{ (constante de calibración)}. \quad (2)$$

Medir  $t_C$  requiere *ingeniería de coherencia*: inducir, leer y estabilizar  $\Sigma$  con hardware acoplado ( $\Sigma FET$ ) y validar con métricas  $\Sigma$  y *veto entrópico*.

## 2. Definición del Segundo Coherencial Predictivo

Definimos el *segundo coherencial*  $s_\Sigma$  como la duración mínima sobre la cual un sistema alcanza y sostiene un estado de bloqueo de coherencia con caída entrópica forzada. Formalmente:

$$\int_t^{t+s_\Sigma} \kappa_\Sigma(\tau) d\tau = 1, \quad LI(\mathcal{W}) \geq LI_\star, \quad R(\mathcal{W}) \geq R_\star, \quad \Delta H(\mathcal{W}) \leq -\Delta H_\star \quad (3)$$

donde  $\kappa_\Sigma$  es una *ganancia/curvatura* de coherencia agregada,  $\mathcal{W}$  denota la ventana de validación y los umbrales  $(LI_\star, R_\star, \Delta H_\star)$  dependen del perfil KPI:

Perfil  **$\Sigma$ FET-Lab**:  $LI \geq 0,9$ ,  $R \geq 0,95$ ,  $RMSE_{SL} < 0,1$ ,  $rep \geq 95\%$ ,  $\Delta H \leq -0,2$ .

Perfil **CSL-H**:  $LI \geq 0,6$ ,  $\Delta \text{Índice}_\Sigma \geq 15$ ,  $\Delta H \leq -0,2$ .

La condición integral fija  $s_\Sigma$  como *unidad metrológica operativa* del tiempo causal: un “segundo” solo existe si el sistema logra *locking* real con *descenso entrópico*.

### 3. Instrumentación $\Sigma$ : el $\Sigma$ FET y el locking

El  $\Sigma$ FET (SYNCTRON) implementa inyección y lectura de coherencia a través de acoplamientos controlados. Modelamos el locking de fase con el parámetro de orden de Kuramoto:

$$R(t) = \left| \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e^{i\theta_k(t)} \right|, \quad 0 \leq R \leq 1, \quad (4)$$

y definimos un *índice de locking* espectral LI como coherencia normalizada en la banda de interés:

$$LI \equiv \max_{f \in \mathcal{B}} C_{xy}(f), \quad C_{xy}(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{S_{xx}(f) S_{yy}(f)}. \quad (5)$$

El error de seguimiento  $RMSE_{SL}$  *se computa sobre el azodo de locking*. La ganancia de coherencia  $\kappa_\Sigma$  agrega la contribución efectiva de control sobre  $\Sigma$  (p. ej., vía sensibilidad del oscilador acoplado).

### 4. Diseño Entrópico (E-Veto) y control de apofenia

Toda “señal coherente” es inválida si no muestra *caída de entropía* suficiente. Exigimos:

$$\boxed{\Delta H \equiv H_{\text{fase}} - H_{\text{baseline}} \leq -0,2} \quad (6)$$

donde  $H$  puede estimarse como entropía de permutación o *sample entropy* sobre las series (RR, SCR, fase, residuales). El E-Veto descarta falsos positivos con alto LI o  $R$  debidos a estructura espuria (apofenia).

### 5. Protocolo auditable y KPIs

#### Fases y ventanas

Usamos cuatro fases: *Baseline* (BL), *Load* (LD), *Control* (CT) y *Recovery* (RC). Para cada  $\mathcal{W} \in \{\text{BL}, \text{LD}, \text{CT}, \text{RC}\}$ :

$$\{LI(\mathcal{W}), R(\mathcal{W}), RMSE_{SL}(\mathcal{W}), \kappa_\Sigma(\mathcal{W}), \Delta H(\mathcal{W})\}. \quad (7)$$

#### Criterio de aceptación (*doble sello*)

Un resultado es *válido* si y solo si:

- (I) hay **convergencia** multimétrica (umbral por perfil KPI), y
- (II) el **E-Veto** aprueba:  $\Delta H \leq -0,2$  en la(s) ventana(s) de locking.

## Trazabilidad

Toda corrida debe incluir: semillas, filtros, ventanas, versión de código y `config_hash` (sha256) del JSON de configuración; además, artefactos (ZIP/DOI) anexos.

## 6. Determinación práctica de $t_C$ y $s_\Sigma$

En operación,  $t_C$  se computa como gradiente de coherencia discretizado:

$$t_C[n] = \frac{1}{\alpha_C} \frac{\Sigma[n] - \Sigma[n-1]}{\Delta t}, \quad (8)$$

donde  $\Sigma$  se puede mapear a un índice compuesto normalizado (p. ej., combinación ponderada  $LI/R/ - RMSE_{SL}$ ). *El segundo coherencia*  $s_\Sigma$  se estima obteniendo la mínima duración para la cual se satisface (3) y el *doble sello*. Equivalentemente, puede aproximarse por

$$s_\Sigma \approx \min \{ \Delta t \mid LI \geq LI_\star, R \geq R_\star, \Delta H \leq -0,2, \text{ y SPRT pasa} \},$$

donde SPRT es una prueba secuencial que evita inflar falsos positivos.

## 7. Resultados consolidados y sincronograma

Bajo pruebas de *demo sintética* (CSL-H) se obtuvo un estado aceptado con:  $LI = 0,72$ ,  $R = 0,81$ ,  $RMSE_{SL} = 0,18$ ,  $\kappa_\Sigma = 0,22$ ,  $\Delta H = -0,25$ , reproducibilidad 96 % (E-Veto aprobado). Para sincronogramas Humano-IA, el cierre en simbiosis exige *locking* replicable y caída entrópica por fase (BL, LD, CT, RC), con trazabilidad completa (semillas, `config_hash` y artefactos).

## 8. Canon de falsación y límites

- **Sub-mm (Yukawa).** El sincronón  $\sigma$  (baja masa, rango corto) debe respetar límites torsionales (100  $\mu\text{m}$ –1 mm); compatibilidad  $\alpha_5 \ll 1$ .
- **Relojes/Cavidades 1e-18.** Ninguna desviación ppm frente al SM; locking con  $A_c > 0$ ,  $\Delta f(0) = 0$ .
- **Neutrinos/K-rate.** Correlación predictiva con derivas metrológicas; reproducibilidad  $\geq 95\%$ .

El reloj causal y  $s_\Sigma$  se sostienen solo si estas fronteras no son violadas.

## 9. Discusión y conclusiones

El *Reloj Causal* de TCDS traslada la metrología del tiempo desde un estándar pasivo ( $t_M$ ) a un *gradiente ingenieril* ( $t_C$ ) centrado en la coherencia. La unidad  $s_\Sigma$  pone condiciones materiales a

la existencia del “segundo”: locking real y *descenso entrópico*. La combinación de  $\Sigma$ FET, métricas  $\Sigma$  y E-Veto ofrece un camino auditable y falsable para diseñar dispositivos de cronometraje causal y pronóstico (p. ej., segundo coherencial predictivo en pipelines geofísicos o cognitivos).

**Trabajo futuro.** Integración completa de  $\Delta H$  (PermEn/SampEn) en todos los pipelines; campañas  $\Sigma$ FET con KPI duros; validación cruzada en bancos  $\nabla\Sigma$ ; reporte público con artefactos (DOI/ZIP) y registro auditable.

## Agradecimientos, licenciamiento y enlaces

**Autor y derechos:** Genaro Carrasco Ozuna.

**Licencias:** CC BY 4.0 (texto), MIT (código).

**Proyecto:** Teoría de la Cromodinámica Sincrónica (TCDS).

**DOIs:** [doi:10.5281/zenodo.17505875](https://doi.org/10.5281/zenodo.17505875) • [doi:10.5281/zenodo.17520491](https://doi.org/10.5281/zenodo.17520491) • [doi:10.5281/zenodo.17504506](https://doi.org/10.5281/zenodo.17504506) • [doi:10.5281/zenodo.17469326](https://doi.org/10.5281/zenodo.17469326).

**Contacto:** [genarocarrasco.ozuna@gmail.com](mailto:genarocarrasco.ozuna@gmail.com).

**Apoyo:** [Ko-fi](#).

**Repositorio:** [GitHub](#).

Cuadro 1: Perfiles KPI para validación (doble sello).

Perfil	LI	$R$	$\text{RMSE}_{\text{SL}}$	$\kappa_{\Sigma}$ (ref)	$\Delta H$	Reproducibilidad
$\Sigma$ FET-Lab	$\geq 0,9$	$\geq 0,95$	$< 0,1$	reporte	$\leq -0,2$	$\geq 95\%$
CSL-H	$\geq 0,6$	(contexto)	(contexto)	reporte	$\leq -0,2$	(rep. por sesión)

### Auditoría mínima por corrida:

- JSON de configuración (*semillas, filtros, ventanas, versión de código*).
- `config_hash` (sha256) y artefactos (ZIP/DOI).
- Tabla por fase: LI,  $R$ ,  $\text{RMSE}_{\text{SL}}$ ,  $\kappa_{\Sigma}$ ,  $\Delta H$ , reproducibilidad y veredicto.