

# Manual Operativo para la Detección Directa del Sincronón ()

Proyecto TCDS – Protocolo de Sombra Holográfica

October 17, 2025

## Objetivo

Obtener evidencia directa del **Sincronón** (), el cuanto del campo de coherencia postulado por la TCDS, mediante un experimento óptico de interferencia denominado “**sombra holográfica**”. El propósito es detectar una modulación no electromagnética en un campo óptico coherente, atribuible al acoplamiento del campo a la fase del frente de onda.

## 1. Fundamento físico

### 1.1 Hipótesis TCDS

El campo es un campo escalar de baja masa ( $\mu_\sigma \sim 10^{-3} \text{ eV}$ ) y corto rango ( $\ell_\sigma \sim 0.1 \text{ mm}$ ), responsable de la coherencia universal. Su presencia induce una corrección en la fase óptica:

$$\Phi(x, t) = \Phi_0 + \kappa_\Sigma \sigma(x, t),$$

donde  $\kappa_\Sigma$  es el coeficiente de acoplamiento óptico del campo de coherencia.

### 1.2 Predicción experimental

En un interferómetro coherente, el campo debe generar una **modulación cuasiestática de fase** detectable como un *desbalance holográfico* —una sombra de coherencia— sin causa electromagnética clásica.

$$\Delta I(t) \propto \sin(\Delta\phi_\Sigma(t)) \approx \sin(\kappa_\Sigma \sigma(t)).$$

## 2. Diseño experimental

Elemento	Función
Láser coherente (He-Ne o DFB)	Fuente de campo óptico coherente
Interferómetro Mach-Zehnder	Base de detección diferencial de fase
Módulo FET acoplado ópticamente	Generador y modulador del campo
Cámara CCD/CMOS de alta estabilidad	Detección del patrón de interferencia
Sistema de referencia óptico	Control de deriva térmica y de camino óptico
Control térmico $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$	Minimiza ruido ambiental y deriva de fase

## 3. Principio de la “sombra holográfica”

El campo óptico  $E_1$  atraviesa una región de interacción con el FET activo (zona de coherencia), mientras el campo  $E_2$  sirve de referencia. Si el campo modula la fase localmente, el patrón de interferencia mostrará un **desbalance no atribuible a perturbaciones ópticas clásicas**:

$$I(x, t) = I_0[1 + \cos(\Delta\phi_\Sigma(x, t))],$$

donde  $\Delta\phi_\Sigma(x, t) = \Phi_1 - \Phi_2$  contiene el término  $\kappa_\Sigma \sigma(x, t)$ .

## 4 4. Configuración del experimento

### 4.1 4.1 Montaje óptico

- Fuente láser estabilizada (He–Ne 632.8 nm o DFB 1550 nm).
- Interferómetro Mach–Zehnder montado sobre bancada antivibración.
- Brazo de prueba: pasa sobre el FET alimentado con  $V_{cc}$  y excitado a frecuencia de locking ( $f_{in} \approx f_0$ ).
- Brazo de referencia: camino óptico equivalente sin FET.
- Cámara CCD (12–16 bits) registra el patrón en tiempo real.

### 4.2 4.2 Montaje electrónico

- FET en régimen de coherencia ( $LI > 0.9$ ,  $R > 0.95$ ).
- Sincronización del generador RF con reloj de 10 MHz.
- Registro simultáneo de señales  $_out$ ,  $u_g(t)$  y patrón óptico.

### 4.3 4.3 Control ambiental

- Temperatura estabilizada ( $\pm 0.1$  °C).
- Presión ambiente controlada o cámara sellada.
- Blindaje electromagnético completo.

## 5 5. Procedimiento de medición

### 5.1 5.1 Calibración

1. Ajustar interferómetro sin FET activo hasta obtener franjas estables ( $\Delta\phi < 10^{-3}$  rad/min).
2. Activar FET en modo coherente; registrar patrón base.
3. Sin modulación externa, medir  $I(x, t)$  durante 10 min para establecer ruido de fase.

### 5.2 5.2 Modulación del campo

1. Modula  $u_g(t)$  en un ciclo sinusoidal (0.5–2 Hz) dentro del régimen lineal del FET.
2. Registrar simultáneamente la variación  $\Delta I(t)$  del patrón de interferencia.
3. Sincronizar registro óptico y eléctrico mediante reloj común 10 MHz.

### 5.3 5.3 Corrida experimental

1. Ejecutar tres modos:
  - **M1:** FET apagado (control).
  - **M2:** FET encendido sin modulación.
  - **M3:** FET modulado ( $u_g(t)$  activo).
2. Para cada modo, medir  $I(x, t)$  y calcular  $\Delta I/I_0$ .
3. Obtener  $\Delta\phi_\Sigma(t)$  y ajustar a modelo  $\Delta\phi_\Sigma(t) = \kappa_\Sigma\sigma(t)$ .

## 6 6. Análisis de datos

- Transformada rápida de Fourier de  $\Delta I(t)$  para detectar componentes a  $f_m$  (frecuencia de modulación).
- Cálculo de correlación cruzada entre  $\Delta I(t)$  y  $u_g(t)$ .
- Extracción de  $\kappa_\Sigma$ :

$$\kappa_\Sigma = \frac{\Delta\phi_\Sigma}{\sigma(t)} = \frac{1}{I_0} \frac{\partial I}{\partial \sigma}.$$

- Identificación de señal coherente (fase constante  $<5^\circ$  entre óptico y eléctrico).
- Estimación de la energía asociada al sincronón:

$$E_\sigma = \hbar\omega_\sigma = \hbar\frac{2\pi}{T_m}.$$

## 7. Criterios de validación

- Señal  $\Delta I(t)$  coherente con  $u_g(t)$  ( $r>0.95$ ).
- Desbalance óptico persistente con FET modulado y ausente con control.
- Magnitud de  $\Delta\phi_\Sigma$  entre  $10^{-6}$  y  $10^{-4}$  rad.
- Repetibilidad en al menos 5 corridas independientes.
- Reversibilidad al invertir la fase de modulación.

## 8. Controles y verificaciones

- Control sin FET: patrón invariable ( $\Delta I/I_0 < 10^{-5}$ ).
- Control térmico: variaciones  $< 0.1^\circ\text{C}$  no producen  $\Delta I$  detectables.
- Control electromagnético: interferencia RF  $< -90$  dBm.

## 9. Resultados esperados

- Registro óptico de franjas con modulación coherente a frecuencia  $f_m$ .
- Fase óptica modulada sin cambio de intensidad global.
- Derivación de  $\kappa_\Sigma$  no nula con error estadístico  $< 5\sigma$ .
- Posible estimación de energía del sincronón  $E_\sigma \approx 10^{-3}$  eV.

## 10. Seguridad

- Evitar exposición directa a láser (usar gafas adecuadas).
- Mantener blindaje del FET durante operación.
- No exceder  $V_{cc} = 12$  V ni  $I_d = 10$  mA.

## 11. Autocrítica

El protocolo de “sombra holográfica” constituye un experimento directo y falsable para detectar modulación óptica inducida por coherencia. Su éxito requiere control térmico y de vibración extremo; cualquier deriva electromagnética puede imitar el efecto buscado. La detección de una correlación óptico-eléctrica no clásica sería indicio experimental del cuanto, siempre que los controles (sin FET, con dummy) permanezcan nulos dentro del ruido estadístico. El resultado positivo equivaldría a la primera evidencia directa del campo de coherencia postulado por la TCDS.