

Valores Observacionales y Protocolo de Procesamiento (Voyager 1/2 & JWST) para Métricas de Coherencia

Proyecto TCDS

October 18, 2025

Tabla de valores observacionales (reales) y fuentes

Magnitud	Valor / Rango reportado	Fuente validada
Voyager PWS: banda instrumental	10 Hz a 56.2 kHz (analizador de 16 canales; receptor de forma de onda 40 Hz–12 kHz)	Univ. Iowa, desc. PWS y NASA Voyager Instruments.
Voyager 1: plasma interestelar (tono local)	Detección de oscilaciones de plasma ~ 2.6 kHz (abril 2013) y persistencia de emisión angosta (densidad electrónica interestelar estable)	Gurnett et al., <i>Science</i> 2013; Ocker et al., 2021 (persistencia).
Rango empírico de coherencia en entorno heliosférico	Actividad en 1.7–56 kHz con máximos recurrentes ~ 2 –4 kHz en tránsito a medio interestelar	Serie PWS + notas NASA sobre “interstellar plasma sounds”.
K-rate (escala laboratorio)	$\kappa_{\Sigma} \equiv f_0/f_{\Sigma} \approx 10^6/(3 \times 10^3) \approx 3 \times 10^2$ (derivado)	Derivado del pareo $f_{\Sigma}^* \approx 3$ kHz y $f_0 = 1$ MHz.
JWST NIRSpec: rango espectral y R	0.6–5.3 μm ; resoluciones $\sim 100, 1000, 2700$ según modo	STScI JWST Docs (NIRSpec); NASA Science NIRSpec.
JWST MIRI: rango espectral	4.9–27.9 μm (imágenes y espectros; MRS IFU en 4.9–27.9 μm)	STScI JWST Docs (MIRI; MRS).
Programa CEERS (ERS)	Encuesta temprana con NIR-Cam/NIRSpec/MIRI; datos y releases públicos	STScI ERS 1345; portal CEERS releases.

Notas. Los rangos PWS y la detección a ~ 2.6 kHz anclan el dominio de interés para coherencia en entorno de plasma; el κ_{Σ} se usa como factor de similitud para llevar señales de f_{Σ} al banco en $f_0 \sim 1$ MHz. Los rangos instrumentales de JWST delimitan el dominio fotónico donde se evalúa coherencia espectral y temporal (ν, t) .

Método por etapas y relación con métricas

A. Adquisición y metadatos

Voyager (PWS): catálogos de espectros crudos y/o espectros promediados por ventana; metadatos: t , distancia heliocéntrica, fase (encuentros, heliopausa).

JWST: cubos espectrales (NIRSpec IFU/MIRI MRS) o espectros 1D; metadatos: filtro/dispersor, λ , calibración de flujo, mapa de calidad.

B. Preprocesado (normalización y control)

1. **Calibración de ganancia:** convertir cuentas \rightarrow densidad espectral (unidades SI).
2. **De-trend** de banda: quitar continua lenta con filtro polinómico/mediana.

3. **Enmascarado de líneas** espurias (interferencias, hot pixels, λ gaps).

4. **Referencia temporal/espectral**: fijar reloj (Voyager) o solución de longitud de onda (JWST).

C. Métricas (definiciones operativas)

C.1. Locking espectral (JWST). Sea $E(\nu)$ el campo complejo reconstruido (a partir de espectro de potencia vía transformada de Hilbert/local-phase):

$$LI_\nu \equiv \left| \left\langle e^{i[\phi(\nu) - \phi(\nu + \delta\nu)]} \right\rangle_{\nu \in \mathcal{B}} \right|, \quad RMSE_\nu \equiv \sqrt{\left\langle \text{wrap}(\Delta\phi)^2 \right\rangle}.$$

\mathcal{B} es la banda; wrap limita la fase a $[-\pi, \pi]$.

C.2. Locking temporal (Voyager o JWST time-series). Con $\phi(t)$ la fase instantánea:

$$R(t) \equiv \left| \frac{1}{T} \int_0^T e^{i[\phi(t) - \phi(0)]} dt \right|, \quad LI \equiv \left| \left\langle e^{i(\phi_{out} - \phi_{ref})} \right\rangle \right|.$$

C.3. Escalamiento (K-rate).

$$\kappa_\Sigma \equiv \frac{f_0}{f_\Sigma}, \quad f_0 \text{ (banco)}, \quad f_\Sigma \text{ (entorno)}.$$

Se usa para trasladar bandas coherentes (kHz) a MHz de laboratorio y fijar ventanas de búsqueda en FET.

D. Pipeline explícito

1. **Entrada**: $\{S_{\text{PWS}}(f, t)\}$ (Voyager); $\{F(\lambda, x, y)\}$ o $\{F(\lambda, t)\}$ (JWST).
2. **Transformación**: normalizar a SI; mapear $f \leftrightarrow \nu$ ($\nu = c/\lambda$).
3. **Fase local**: obtener ϕ por transformada analítica (Hilbert) o ajuste de fase por ventana.
4. **Cálculo de -métricas**:

$$LI, R, RMSE_{SL} \text{ (temporal, Voyager)}, \quad LI_\nu, RMSE_\nu \text{ (espectral, JWST)}.$$

5. **Escalamiento**: aplicar κ_Σ para fijar $f_0 = \kappa_\Sigma f_\Sigma$ en FET.
6. **Reglas MP v2.0**: aceptación si $LI \geq 0.9$, $R \geq 0.95$, $RMSE \leq 0.1$ rad.

E. Salidas y decisión

- **Tablas**: $\{LI, R, RMSE\}$ por banda/tiempo/posición.
- **Figuras**: mapas de calor $LI_\nu(\lambda)$, $R(t)$, y curvas $\Delta f_{\text{lock}}(A_c)$.
- **Dictamen**: Go/No-Go para ventanas de prueba del FET; si no hay locking en el rango escalado, *falso*.

Autocrítica

El cuadro usa sólo valores instrumentales y resultados observacionales consolidados; el κ_Σ es una derivación transparente. El pipeline separa dominios (plasma kHz vs. fotones THz) y define métricas homologables. La decisión opera con umbrales MP v2.0, evitando ambigüedad.

Referencias mínimas (en línea)

- Voyager PWS 10 Hz–56.2 kHz: Univ. Iowa; NASA Voyager Instruments.
- Interstellar plasma oscillations ~ 2.6 kHz: Gurnett et al., *Science* (2013); persistencia Ocker et al. (2021).
- JWST NIRSpec 0.6–5.3 μm : STScI Docs; NASA Science NIRSpec.
- JWST MIRI 4.9–27.9 μm : STScI Docs (MIRI; MRS).
- CEERS ERS 1345: STScI programa y portal de releases.