

ESTRATEGIAS Y ALGORITMOS DE BÚSQUEDA DE FUENTES DE
ASTROPARTÍCULAS EN EL PROYECTO LAGO

Presentado por: Christian Sarmiento Cano

Dirigido por:

Luis A. Núñez
Hernán Asorey

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ciencias
Escuela de Física
2014

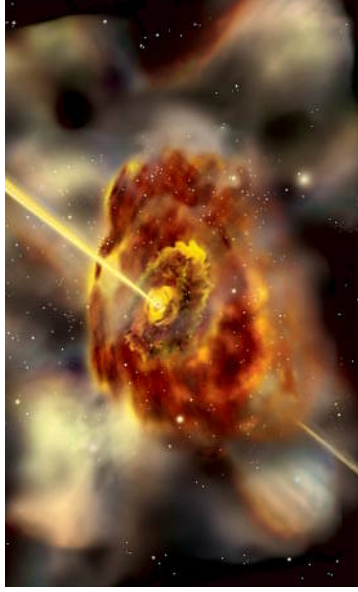
Fuentes de Astropartículas



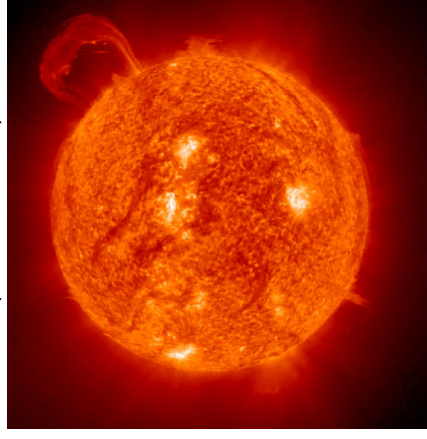
(*Magnetar*)



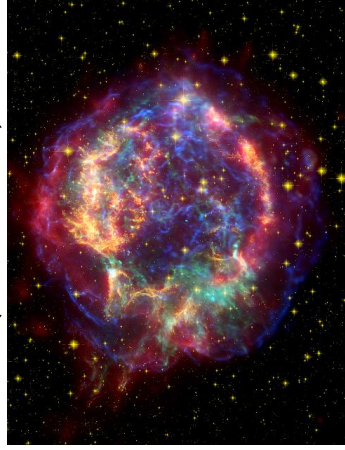
(*Pulsar*)



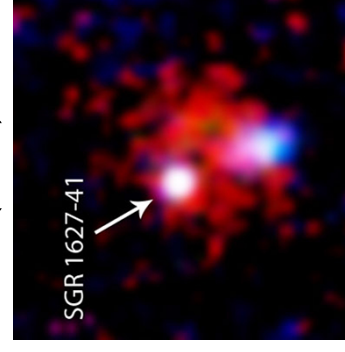
(*Quasar*)



(*Sol*)



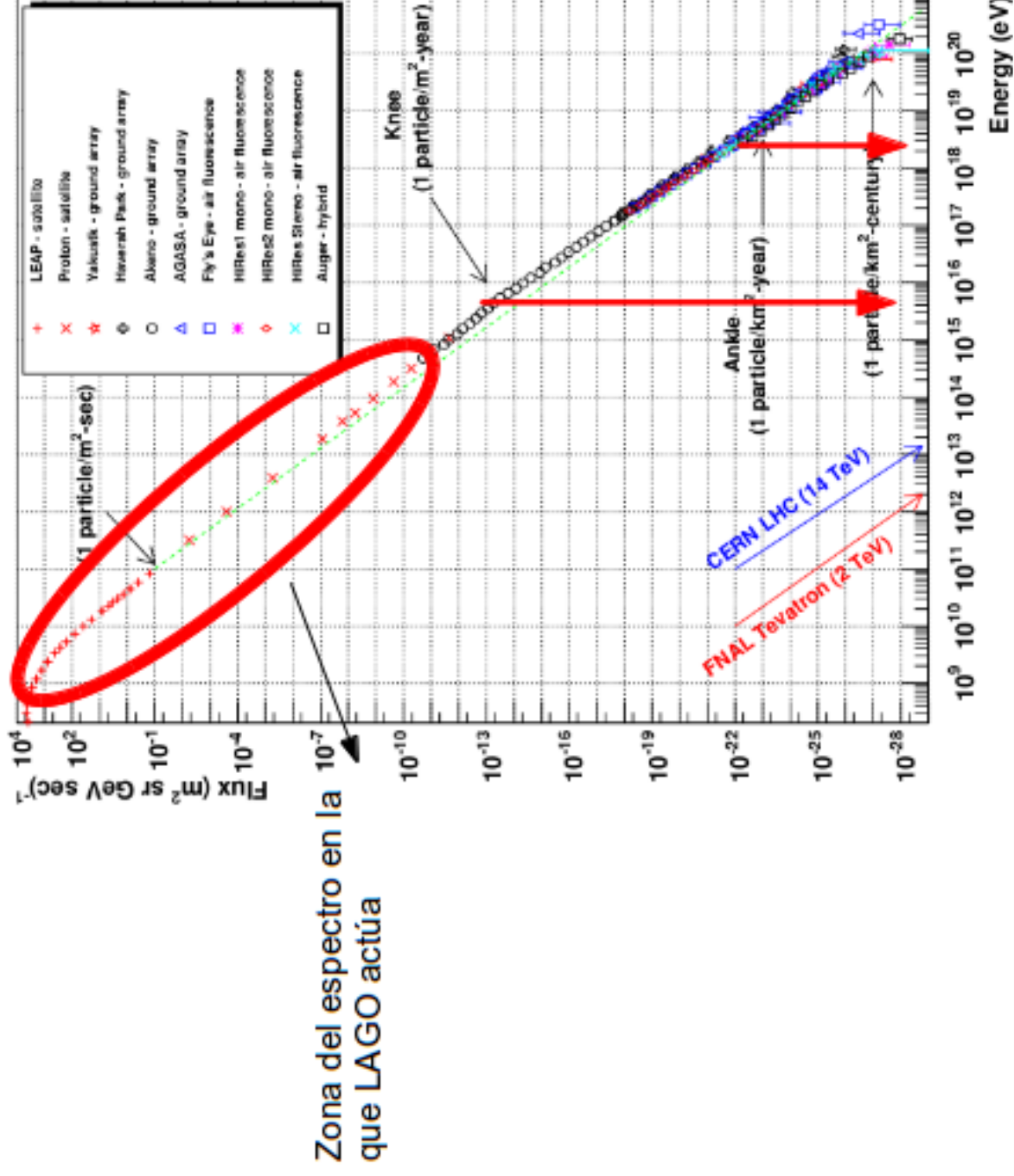
(*SNR*)



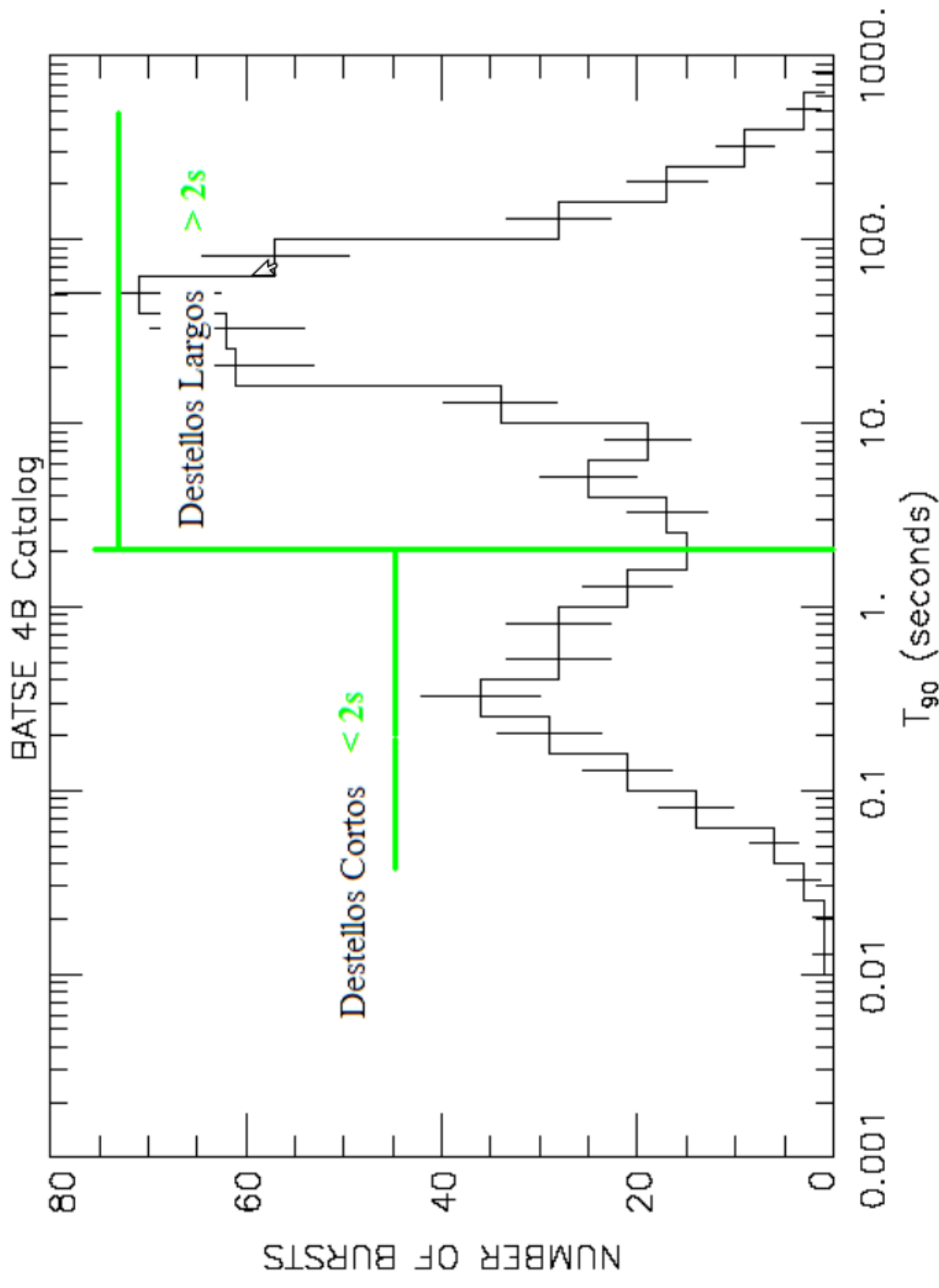
(*SGR*)

Espectro de rayos cósmicos

Cosmic Ray Spectra of Various Experiments



Espectro de destellos gamma



Adquisición de datos

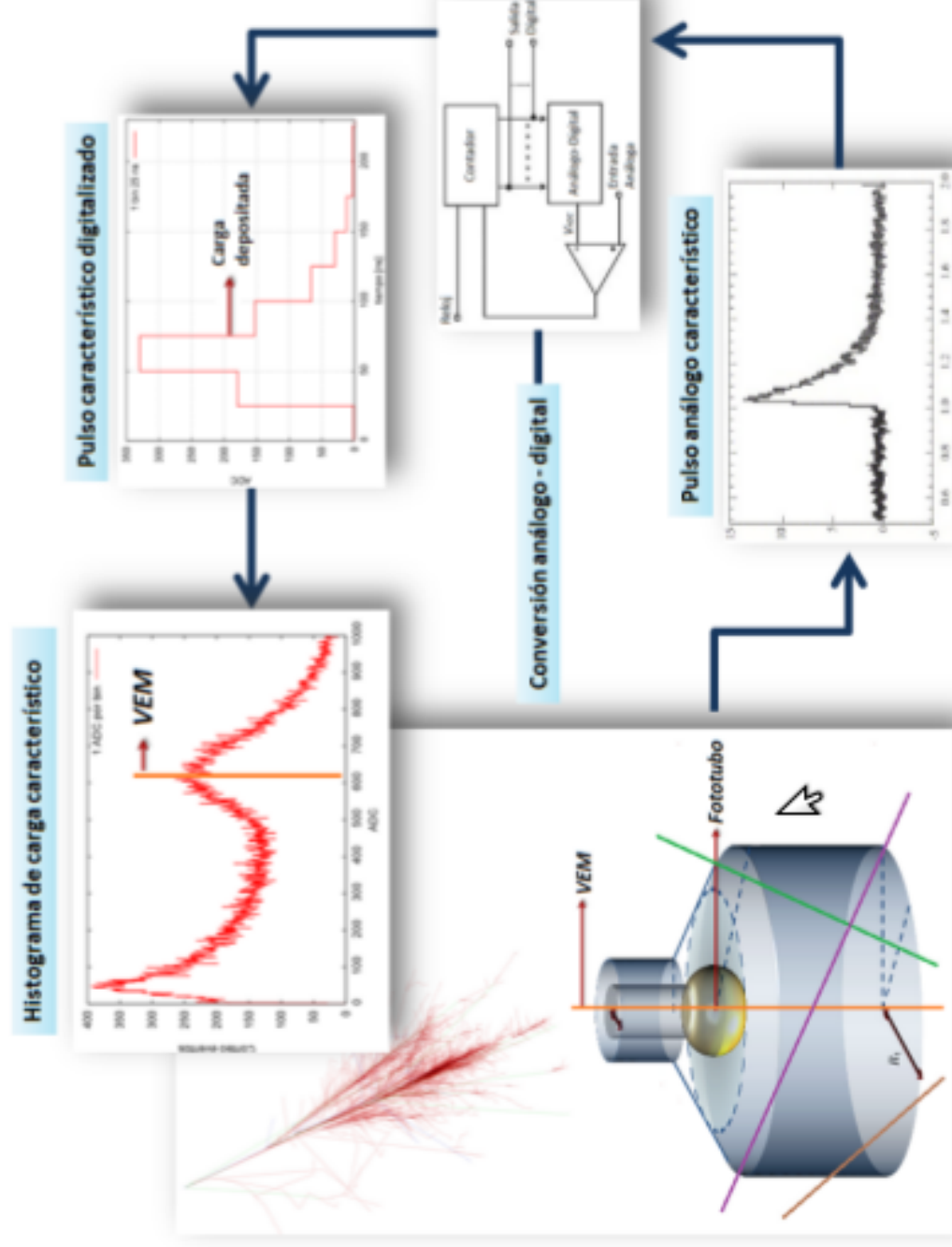
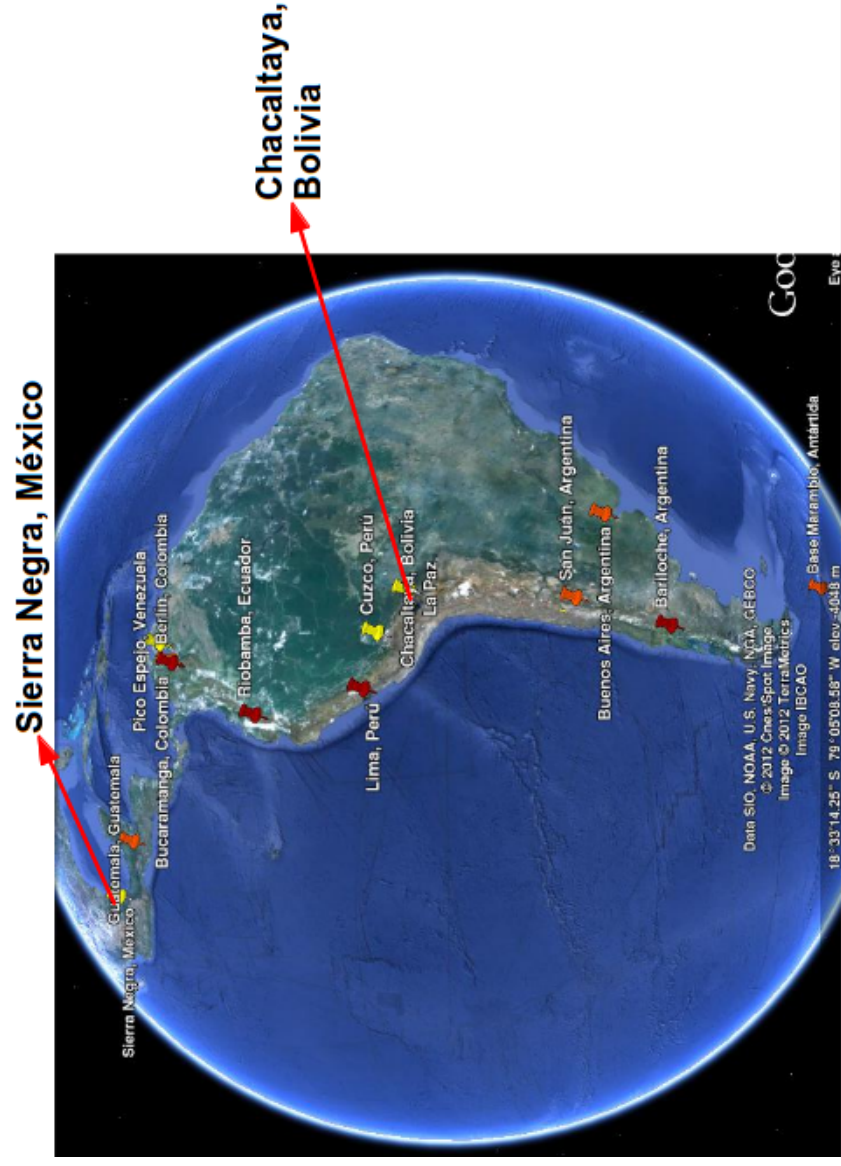


Figura: Esquema de adquisición de datos LAGO usando detectores Cherenkov de agua.

- Un primer acercamiento a la búsqueda de astropartículas en LAGO fue realizado por [Grajales J. *et al.*]¹.
- Posteriormente, [Sarmiento C. *et al.*]² realizó la clasificación y revisión de los datos existentes de las estaciones de SN y CHA.



¹Grajales J. & Villaseñor L, Búsqueda de GRBs en Sierra Negra, Universidad Autónoma de Puebla. 2010.

²Núñez L., Quiñonez F. & Sarmiento C., Validación del linaje de los datos de la colaboración LAGO. Instalaciones Sierra Negra y Chacaltaya. Iteckne, Vol 10, p.105 - 113 ,2013.

Métodos de análisis

El método de análisis depende del tipo de señal que se quiera buscar.

- Señal transitoria $\longrightarrow$ método de excesos y MWA
- Señal periódica o aperiódica $\longrightarrow$ periodograma de Lomb.

Método de excesos:

$$Exceso = \frac{r_s - X_h}{\sigma_h} \quad (1)$$

Donde r_s es el conteo de partículas cada 5ms, X_h es el valor medio de una hora y σ_h es su desviación estándar.

Método de la ventana corrediza (MWA)

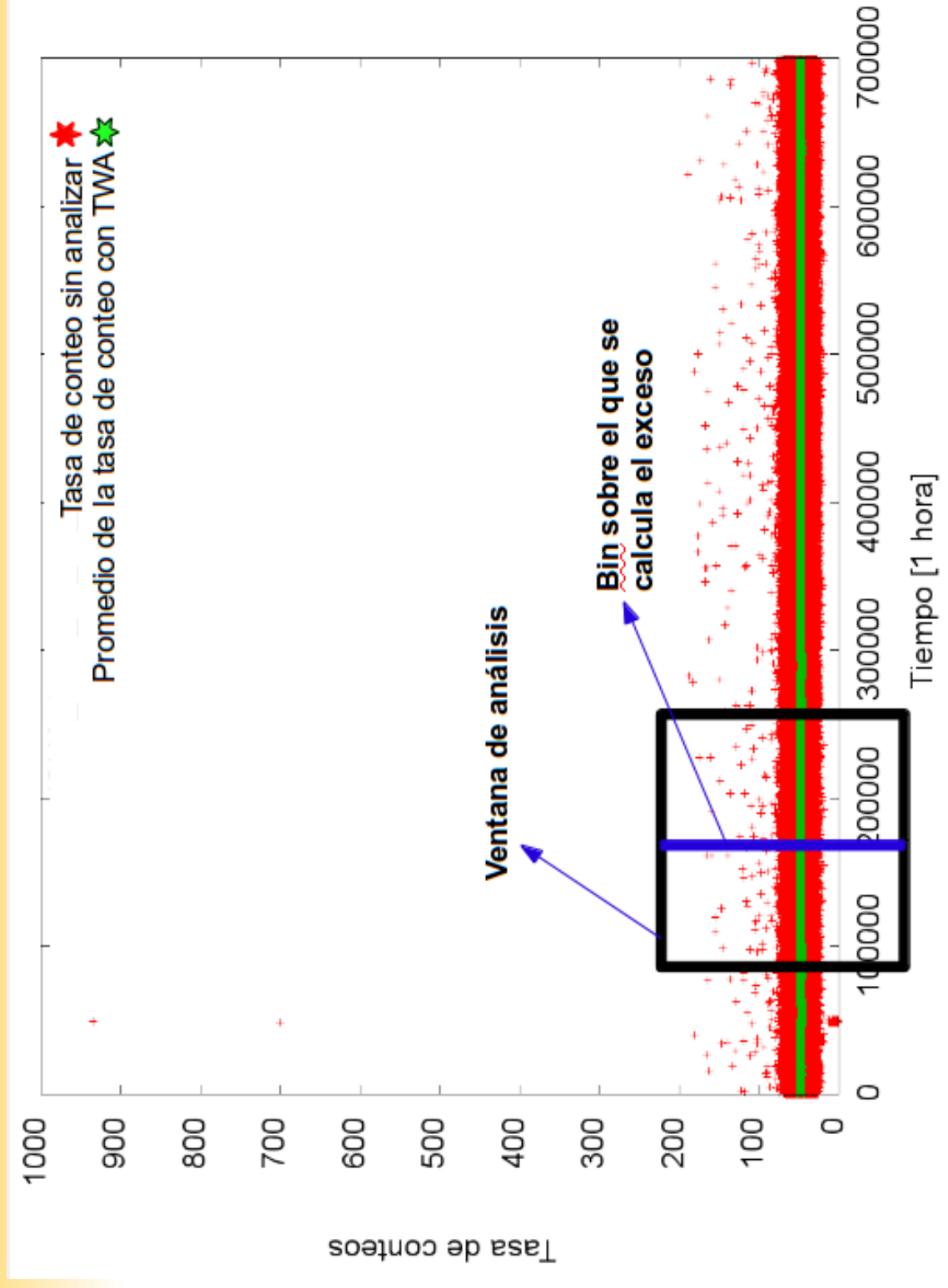
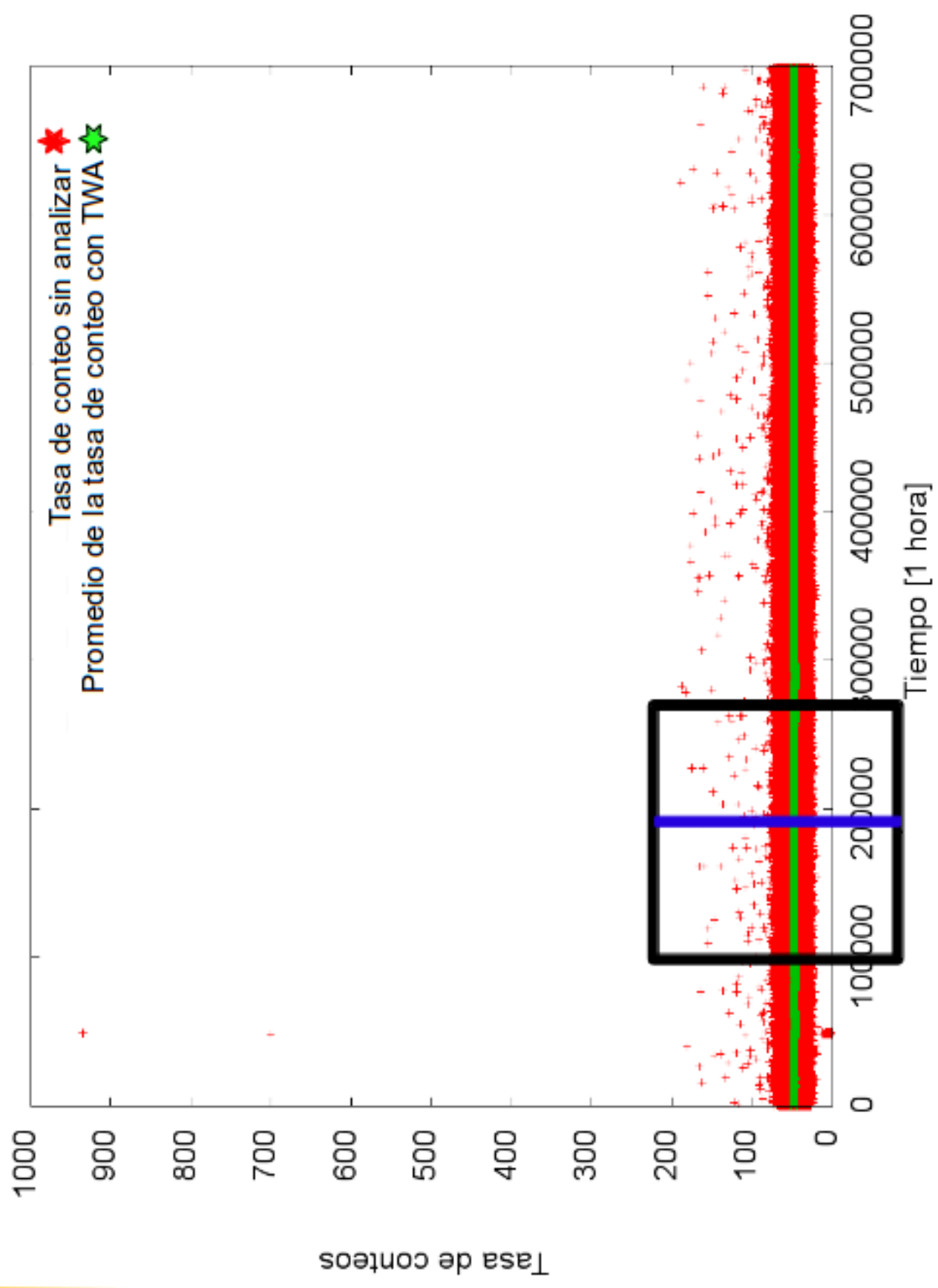
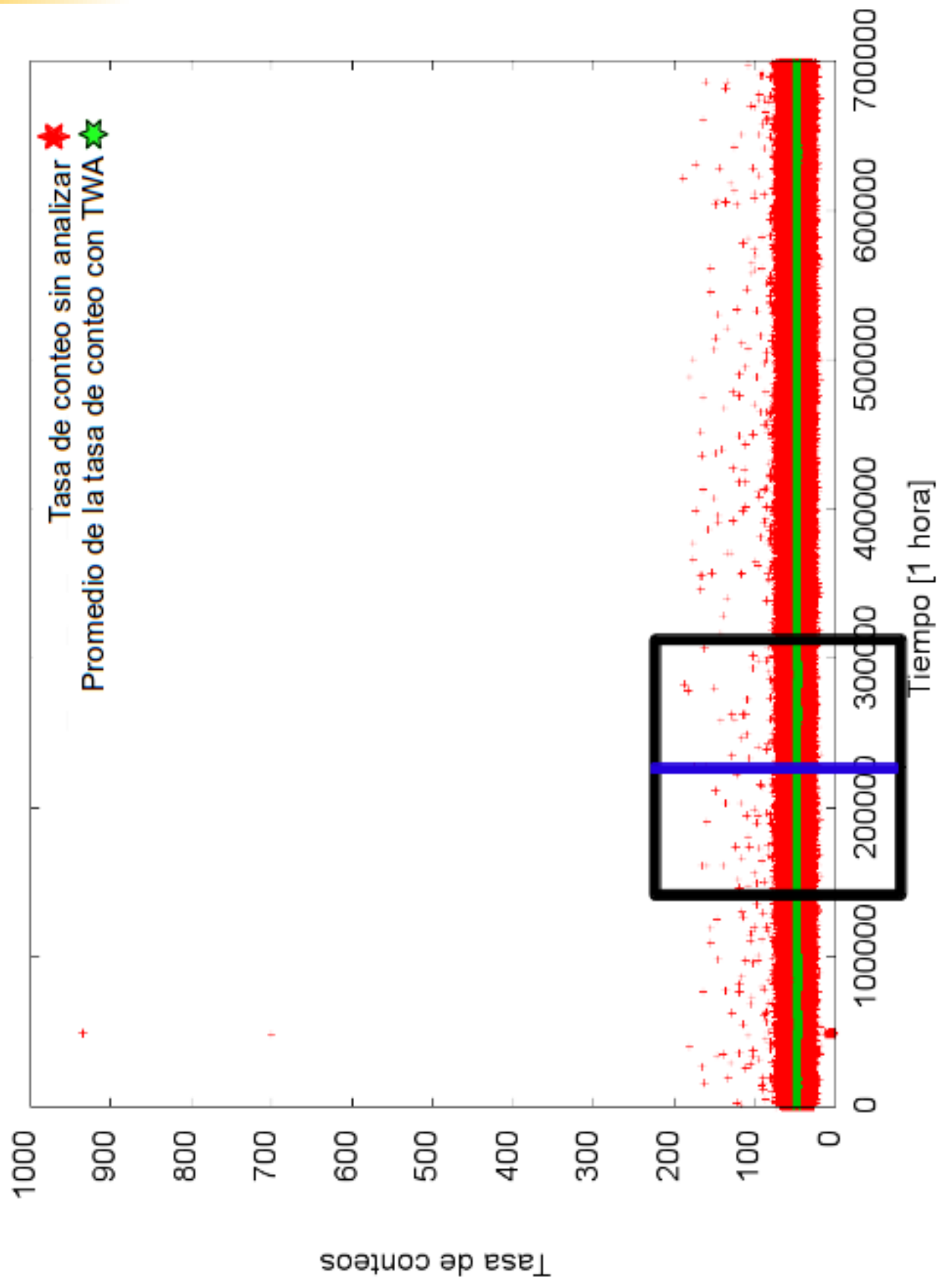
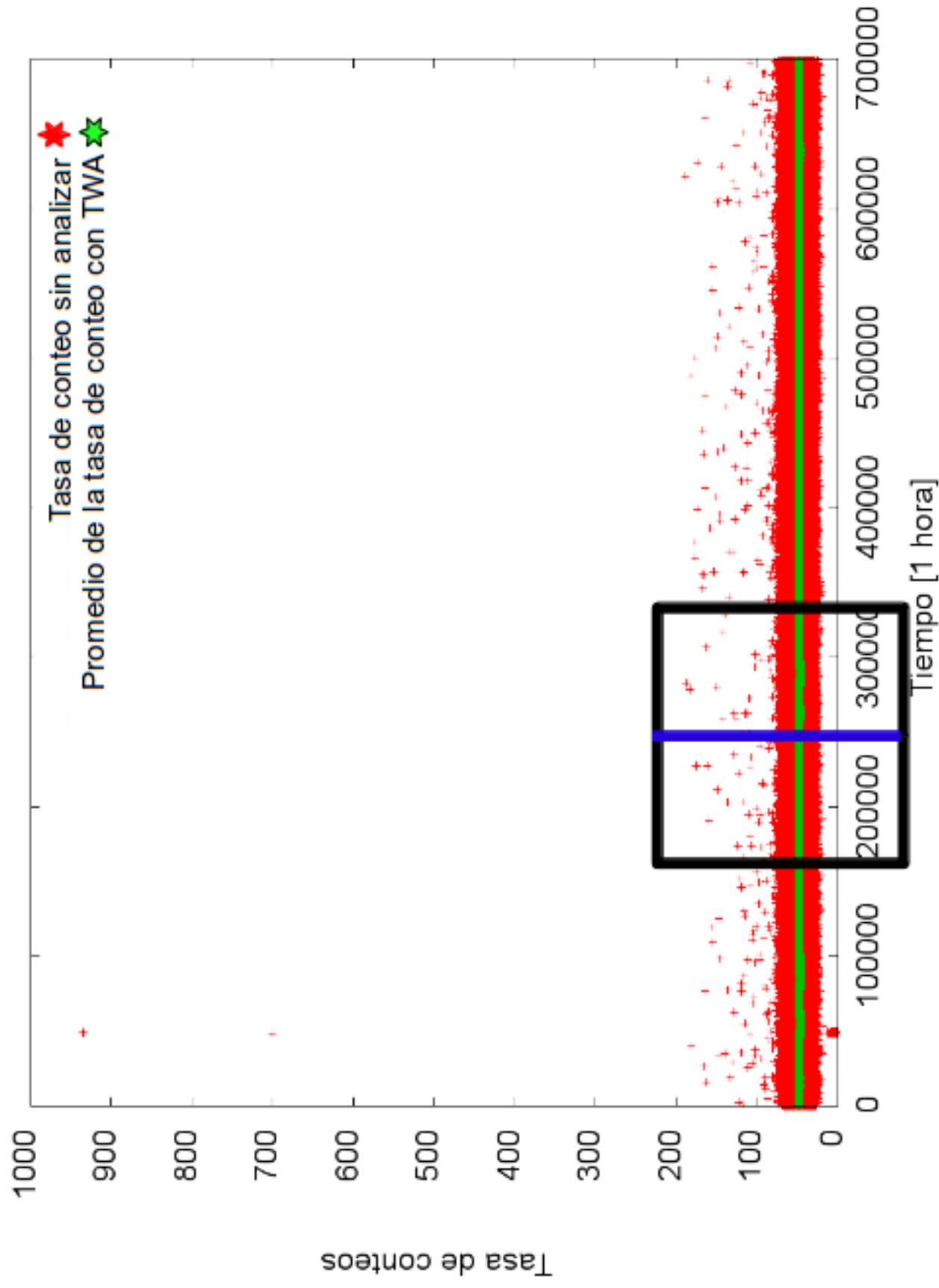


Figura: En esta figura se puede ver como el promedio de la tasa de conteo se mantiene casi constante.







Transformada de Fourier

La *transformada de Fourier* es básicamente el espectro de frecuencias de una función que depende del tiempo.

$$F\{f\} : \xi \rightarrow \hat{f} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i \xi x} dx \quad (2)$$

Periodograma de Lomb

La técnica del periodograma de Lomb, también conocido como *Lomb Fourier Transform*, es una técnica de análisis espectral que puede ser aplicada a series temporales no equiespaciadas en el tiempo.

$$P(w_i = 2\pi f_i) = \frac{\hat{S}(w_i)}{2\sigma^2} = \frac{1}{2\sigma^2} \left[\frac{XC_\tau^2(w_i)}{CC_\tau(w_i)} + \frac{XS_\tau^2(w_i)}{SS_\tau(w_i)} \right] \quad (3)$$

Donde w_i es la frecuencia angular y $f_i > 0$, $i = 1, 2, \dots, k$ forman el conjunto de frecuencias en las que se desea calcular el priodograma. Cada término de la relación está definido así,

$$XC_{\tau}^2(w_i) = \sum_{n=1}^N X(t_n) \cos [w_i(t_n - \tau(w_i))] \quad (4)$$

$$CC_{\tau}(w_i) = \sum_{n=1}^N \cos^2 [w_i(t_n - \tau(w_i))] \quad (5)$$

$$XS_{\tau}^2(w_i) = \sum_{n=1}^N X(t_n) \sin [w_i(t_n - \tau(w_i))] \quad (6)$$

$$SS_{\tau}(w_i) = \sum_{n=1}^N \sin^2 [w_i(t_n - \tau(w_i))] \quad (7)$$

donde τ , es la constante que asegura la invarianza en el tiempo y está definida por,

$$\tau(w_i) = \frac{1}{2w_i} \arctan \left[\frac{\sum_{n=1}^N \sin(2w_i t_n)}{\sum_{n=1}^N \cos(2w_i t_n)} \right] \quad (8)$$

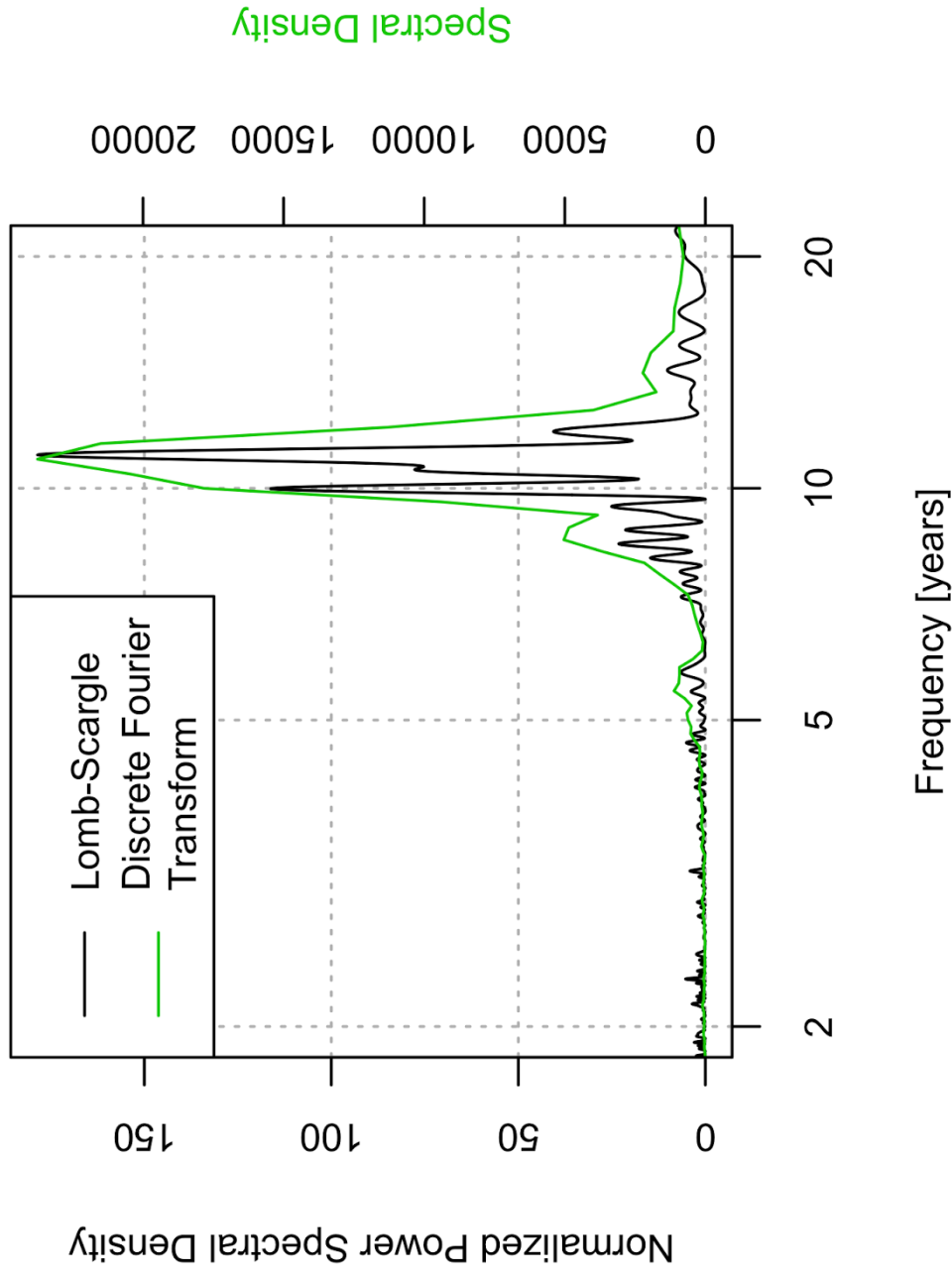


Figura: En esta figura se puede comparar la transformada de Fourier y el periodograma de Lomb.

Configuración del problema

- Hay dos tipos de señales, continuas y pasajeras, que pueden dar cuenta de fuentes astrofísicas.
- Surge la necesidad de plantear una metodología innovadora que, basada en el entendimiento de la física que contienen los datos, permita realizar una efectiva búsqueda de fuentes de Astropartículas como las mostradas anteriormente.

