

Resultados del método East-West con All Triggers

Evelyn G. Coronel
Tesis de Maestría en Ciencias Físicas
Instituto Balseiro

(16 de noviembre de 2020)

COMO SE HACE EL CÁLCULO

1. Definimos el rango de tiempo a estudiar, para estos resultados se utilizaron los límites: 1 de Enero del 2014 hasta el 1 de Enero del 2020.
2. Se recorre cada evento que cumpla con las siguientes características:
 - Pertenezca el rango de energía a estudiar
 - Sea un evento 6T5 con ángulo cenital menor a 60°
 - Se haya registrado en el rango de tiempo seleccionado

En cada evento se calcula los siguientes valores:

$$a' = \cos(X - \beta) \quad (1)$$

$$b' = \sin(X - \beta) \quad (2)$$

el valor de X depende la frecuencia a estudiar, la misma es igual a la ascensión recta del cenit α_i^0 al momento del evento si se estudia la frecuencia sidérea, en cambio para la frecuencia solar es igual al equivalente en grados de la hora local de Malargüe. El valor de β es depende si el evento provino del Este donde $\beta = 180^\circ$ o $\beta = 0$ caso contrario. Se intentó hacer un barrido de frecuencias análogo al análisis de Rayleigh pero la variable utilizada para generalizar el análisis a frecuencias arbitrarias:

$$\tilde{\alpha} = 2\pi f_x t_i + \alpha_i - \alpha_i^0(t_i) \quad (3)$$

es tal que la variable es igual a la ascensión recta del evento a estudiar y no al cenit como es el caso del EW.

3. Una vez corridos todos los eventos se calculan los parámetros:

$$a_{EW} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N a \quad b_{EW} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N b$$

que es equivalente a haber calculado

$$a_{EW} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \cos(\alpha_i^0 - \beta_i)$$

$$b_{EW} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \sin(\alpha_i^0 - \beta_i)$$

donde N indica la cantidad eventos considerados. La cantidad de eventos por rango de energía se muestran en la tabla I.

Con esto puedo calcular la amplitud asociada al análisis r_{EW} y la fase ϕ_{EW} :

$$r_{EW} = \sqrt{a_{EW}^2 + b_{EW}^2}$$
$$\phi_{EW} = \tan^{-1}(b_{EW}/a_{EW})$$

Estos valores se traducen a los valores de amplitud r y fase ϕ del dipolo físico mediante las expresiones:

$$r = \frac{\pi}{2} \frac{\langle \cos \delta \rangle}{\langle \sin \theta \rangle} r_{EW} \quad \phi = \phi_{EW} + \frac{\pi}{2}$$
$$d_{\perp} = \frac{\pi}{2 \langle \sin \theta \rangle} r_{EW}$$

Se suma $\frac{\pi}{2}$ por el artificio de agregar π en los coeficientes para obtener la diferencia entre tasas del este y oeste. Los valores $\langle \cos \delta \rangle$ y $\langle \sin \delta \rangle$ son los valores medios de estas variables en los años estudiados.

4. Se calcula la amplitud límite r_{99} y la probabilidad de que las amplitudes calculadas sea ruido $P(r_{EW})$ mediante:

$$P(\geq r_{EW}) = \exp - \frac{N}{4} r_{EW}^2$$
$$r_{99} = \frac{\pi}{2} \frac{\langle \cos \delta \rangle}{\langle \sin \theta \rangle} \sqrt{\frac{4}{N} \ln(100)}$$

Por último, estos resultados se comparan con los valores obtenidos con el método EW en el trabajo [1] en frecuencia sidérea, aplicado al conjunto de eventos del disparo estándar registrados entre el 1 de Enero del 2004 y el 1 de Agosto del 2018. Para esto se ejecutó el programa implementado en el trabajo mencionado sobre los datos utilizados en el mismo, estos se obtuvieron de *Publications Committee* de la colaboración Auger.

TABLA CANTIDAD DE EVENTOS PARA DISTINTOS RANGOS DE ENERGÍA

Los eventos son clasificados en los distintos rangos con la energía reportada el archivo del Herald de todos los disparos.

| Rango [EeV] | Eventos | Energía Media |
|-------------|-----------|---------------|
| 0.25 - 0.5 | 3 967 368 | 0.375 |
| 0.5 - 1 | 3 638 226 | 0.687 |
| 1 - 2 | 1 081 846 | 1.315 |

Tabla I: Tabla de eventos por rango de energía

Resultados en el rango 0.25 EeV - 0.5 EeV

La referencia tiene 770 323 eventos con una energía media de 0.42.

| | | | |
|----------------|---------|---------|------------|
| Frecuencia: | 365.25 | 366.25 | 366.25 [1] |
| Amplitud: | 0.00173 | 0.00123 | 0.00479 |
| d_{\perp} : | 0.00219 | 0.00156 | 0.00609 |
| Probabilidad: | 0.66 | 0.81 | 0.45 |
| Fase: | 145±60 | 279±90 | 226±50 |
| r_{99} : | 0.00580 | 0.00580 | 0.0115 |
| $d_{\perp,99}$ | 0.00732 | 0.00732 | 0.0147 |

Tabla II: Características para las frecuencias solar y sidérea con el método East-West en el primer armónico en rango de energía 0.25 EeV - 0.5 EeV

Resultados en el rango 0.5 EeV - 1 EeV

En este rango de energía se observa una diferencia entre las probabilidades de este trabajo y [1] en la frecuencia sidérea. Este valor dice cuando probable es que las amplitudes sean debido al ruido. Este trabajo obtiene que la amplitud en sidérea es significativa por un 6 %.

La referencia tiene 2 388 468 eventos con una energía media de 0.71.

| | | | |
|----------------|---------|---------|-----------|
| Frecuencia: | 365.25 | 366.25 | 366.25[1] |
| Amplitud: | 0.00428 | 0.00442 | 0.00377 |
| d_{\perp} : | 0.00543 | 0.00561 | 0.00481 |
| Probabilidad: | 0.07 | 0.06 | 0.20 |
| Fase: | 128±20 | 260±20 | 261±30 |
| r_{99} : | 0.00556 | 0.00556 | 0.00634 |
| $d_{\perp,99}$ | 0.00706 | 0.00706 | 0.00809 |

Tabla III: Características para las frecuencias solar y sidérea con el método East-West en el primer armónico en rango de energía 0.5 EeV - 1 EeV

Resultados en el rango 1 EeV - 2 EeV

| | | |
|----------------|-----------|---------|
| | Rayleigh | EW |
| Frecuencia: | 365.25 | 365.25 |
| Amplitud: | 0.00385 | 0.00282 |
| d_{\perp} : | - | 0.00359 |
| Probabilidad: | 0.02 | 0.64 |
| Fase: | 288±20 | 200±60 |
| r_{99} : | 0.0041263 | 0.00916 |
| $d_{\perp,99}$ | - | 0.0117 |

Tabla IV: Características para la frecuencia solar con los métodos de Rayleigh e East-West en el primer armónico.

| | | | |
|----------------|----------|---------|---------|
| | Rayleigh | EW | EW[1] |
| Frecuencia: | 366.25 | 366.25 | 366.25 |
| Amplitud: | 0.00399 | 0.00495 | 0.00143 |
| d_{\perp} : | - | 0.00631 | 0.00182 |
| Probabilidad: | 0.0136 | 0.26 | 0.87 |
| Fase: | 336±20 | 320±30 | 291±100 |
| r_{99} : | 0.00413 | 0.00916 | 0.00837 |
| $d_{\perp,99}$ | - | 0.0117 | 0.0107 |

Tabla V: Características para la frecuencia sidérea con los métodos de Rayleigh e East-West en el primer armónico.

La referencia tiene 1 243 098 eventos con una energía media de 1.34.