

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS

INFORME DE AVANCE: ANÁLISIS DE LAS DIRECCIONES DE ARRIBO DE RAYOS CÓSMICOS DE ULTRA-ALTA ENERGÍA EN EL OBSERVATORIO PIERRE AUGER

Evelyn G. Coronel
Maestrando

Dra. Silvia Mollerach
Directora

Miembros del Jurado
Dr. Diego Harari (Instituto Balseiro)

11 de Agosto de 2020

Partículas y Campos – Centro Atómico Bariloche

Instituto Balseiro
Universidad Nacional de Cuyo
Comisión Nacional de Energía Atómica
Argentina

Índice de símbolos

CR:	Rayos cósmicos (<i>Cosmic Rays</i>)
SD:	Detector de Superficie (<i>Surface Detector</i>)
EAS:	Lluvia Atmosférica Extendida (<i>Extensive Air Shower</i>)
S(1000):	Señal a 1000 m del núcleo de la lluvia y al nivel del suelo
S(1000) _w :	Señal de S(1000) corregida por la modulación del clima.
S ₃₈ :	Señal a 1000 m del núcleo y al nivel del suelo si el ángulo cenital del evento fuera de 38°
S _{38,w} :	Señal S ₃₈ corregida por la modulación del clima
eV:	electrón Voltio, $1\text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19}\text{ J}$
EeV:	$1\text{ EeV} = 10^{18}\text{ eV}$
ICRC:	Conferencia Internacional de Rayos Cósmicos (<i>International Cosmic Ray Conference</i>)

Índice de contenidos

Índice de símbolos	ii
Índice de contenidos	v
Índice de figuras	vi
1. Introducción	1
1.1. Acerca de todos los disparos del SD	2
1.2. Acerca de los eventos	3
1.2.1. Acerca del registro de hexágonos	4
1.3. Acerca de la tesis de licenciatura	4
2. Métodos	5
2.1. Cálculo de los coeficientes de Fourier para el análisis de anisotropía en ascensión recta	5
2.1.1. Variaciones relativas de los hexágonos	5
2.1.2. Cálculo de Rayleigh en ascensión recta para una frecuencia dada	7
3. Dipolo en el rango 1 EeV - 2 EeV	10
3.1. Características del conjunto de datos	10
3.1.1. Pesos de los eventos para frecuencias de referencia	11
3.2. Análisis de anisotropías en ascensión recta para el primer armónico	12
3.2.1. Trabajo a futuro	14
A. Cosas para hacer: Mails con Mollerach y correcciones	15
A.1. Fecha: 27/05/2020	15
A.2. Fecha: 28/05/2020	15
A.3. Fecha: 09/06/2020	15
A.4. Fecha 15-06-2020	15
A.5. Fecha: 14 de Julio de 2020 - Comentarios de Harari	16
Bibliografía	17

Índice de figuras

1.1.	Histograma de eventos por rango de tiempo medido por el Observatorio Pierre Auger .	2
1.2.	La eficiencia del disparo en función de la energía para eventos con ángulo cenital θ menor a 60° . Este figura fue extraída del trabajo [4]	3
2.1.	Valores de $\Delta N_{cell,k}$ en el rango 2004-2017 para distintas frecuencias obtenidas en el trabajo [10].	7
2.2.	Valores de $\Delta N_{cell,k}$ en el rango 2004-2017 para distintas frecuencias utilizando el código escrito en este trabajo.	7
2.3.	Comparación entre los análisis de anisotropía hechos para el mismo conjunto de datos, con el código de [2] y con el código escrito para este trabajo.	9
3.1.	Tasa de eventos del conjunto más reciente de eventos con todos los disparos. Se observa un tasa baja en la segunda mitad del 2013.	10
3.2.	Diferencia entre las energías de entre la reconstrucción del 2017 y del 2019	11
3.3.	Variaciones de los hexágonos en función de la ascensión recta del observatorio para frecuencias características en rango mencionado.	11
3.4.	Anisotropía en función de la frecuencia para el rango de energía 1 EeV - 2 EeV. Se comparan los análisis sin los pesos y con los pesos de los hexágonos entre en 1 de Enero del 2014 y el 1 de Enero del 2020	12
3.5.	Distribución de la cantidad relativa de eventos en función de la ascensión recta a primer orden, en el rango de energía 1 EeV - 2 EeV.	13
3.6.	Distribución de la cantidad relativa de eventos en función de la ascensión recta a segundo orden en el rango de energía 1 EeV - 2 EeV entre en 1 de Enero del 2014 y el 1 de Enero del 2020.	13

Apéndice A

Cosas para hacer: Mails con Mollerach y correcciones

To do list

Comentarios importantes

- Para el rango de energía 2 EeV para arriba usamos el Main_Array, porque ya es más o menos full efficiency
- En el bin de energía entre 1 EeV y 2 EeV usamos el archivo AllTriggers
- Tengo ambos archivos hasta el 31 12 2019, así también como el archivo del clima actualizado hasta Monday, 18 February 2019 23:55:00

A.1. Fecha: 27/05/2020

A.2. Fecha: 28/05/2020

el test que queriamos hacer para ver si son compatibles las amplitudes de Fourier del primer armonico con y sin peso con la modulacion de los pesos no estaria funcionando. La idea es que si sumas vectorialmente un vector con amplitud igual a amplitud del primer armonico sin pesos apuntando en la direccion de la fase sin pesos mas otro vector con amplitud igual a la del fit a los pesos de los eventos apuntando en la fase del maximo del coseno, el vector suma deberia tener amplitud igual a la amplitud del analisis de fourier con pesos y apuntar en la direccion de la fase de ese analisis. No se en cual de los pedazos estara el error.

A.3. Fecha: 09/06/2020

A.4. Fecha 15-06-2020

- Es que cada evento va pesado con los hexagonos del momento en que el evento fue registrado. El RA del cenit de Malargue en ese momento te dice cual es la correspondencia con el bin de los hexagonos que hay que usar. No se puede a ojo sumar o restar 2hs o lo que sea.

- A lo mejor no te estoy entendiendo bien lo que decir de las 2hs que agregaste, pero no hay nada arbitrario en la frecuencia siderea, hay que poner todo consistentemente.

A.5. Fecha: 14 de Julio de 2020 - Comentarios de Harari

- ✓ pag 2: no diría $\theta_{max} < 60^\circ$, diría $\theta < 60^\circ$ (o $\theta_{max} = 60^\circ$)
- ✓ p 2: la frase "la eficiencia completa se alcanza a partir de una energía mayor cercana a 1 EeV" me parece algo confusa, no queda claro si quieres decir que la eficiencia completa es a energias mayores que 1 EeV u otra cosa, lo relevante seria destacar que el umbral de eficiencia completa es menor que con el disparo estandar
- p 6: se justifica dar tantas cifras significativas en $h_0 = 31.4971^\circ$?
- ✓ p. 6: "que estos los resultados "(eliminar estos)
- ✓ p 11: "no esta centrada 0 y aparenta tener una modulación del clima cuya una amplitud pequeña respecto al corrimiento con respecto al 0." (arreglar redacción)
- ✓ ref 2: es tesis de maestria o doctorado?
- ✓ en algunas refs Pierre Auger está en minusculas, unificar a mayusculas

A.6. Después de vacaciones. Fecha: 11 de Agosto de 2020

- Una cosa que podrias hacer es armar una tabla con los resultados del dataset que estás usando para todos los bins usuales arriba de 1 EeV, no de eventos, amplitud , fase y probabilidad en siderea. Los bins arriba de 2 EeV se pierde respecto del análisis con los datos usuales, pero para verificar consistencia sirve. También hacer el grafico que sugirió Diego estaria bueno.
- Fijate tambien cuantos eventos hay entre 0.5 y 1 EeV, podemos pensar de mirar ese bin con el metodo de E-W.
- —
- Weather!

Bibliografía

- [1] Linsley, J., Scarsi, L., Rossi, B. Extremely energetic cosmic-ray event. *Phys. Rev. Lett.*, **6** (9), 485, 1961.
- [2] Taborda, O. Estudios de anisotropías a grandes escalas angulares de los rayos cósmicos de alta energía detectados por el observatorio Pierre Auger. Tesis Doctoral, Instituto Balseiro, 2018.
- [3] Pierre Auger Collaboration. Plans for a proposal to upgrade the Pierre Auger Observatory. Pierre Auger Collaboration, 2013.
- [4] Justin M. Albury, B. R. D., Jose A. Bellido. Exploring the energy threshold for full trigger efficiency of the surface detector with hybrid events GAP 2018-038. *Artículo interno de la colaboración Pierre Auger*, 2018.
- [5] Abraham, J., Abreu, P., Aglietta, M., Aguirre, C., Ahn, E., Allard, D., *et al.* Atmospheric effects on extensive air showers observed with the surface detector of the Pierre Auger Observatory. *Astroparticle Physics*, **32** (2), 89–99, 2009.
- [6] Abreu, P., Aglietta, M., Ahlers, M., Ahn, E., Albuquerque, I. F. d. M., Allard, D., *et al.* Description of atmospheric conditions at the Pierre Auger Observatory using the global data assimilation system (GDAS). *Astroparticle Physics*, **35** (9), 591–607, 2012.
- [7] Aab, A., Abreu, P., Aglietta, M., Al Samarai, I., Albuquerque, I., Allekotte, I., *et al.* Impact of atmospheric effects on the energy reconstruction of air showers observed by the surface detectors of the Pierre Auger Observatory. *Journal of Instrumentation*, **12** (02), P02006, 2017.
- [8] Aab, A., Abreu, P., Aglietta, M., Al Samarai, I., Albuquerque, I., Allekotte, I., *et al.* Observation of a large-scale anisotropy in the arrival directions of cosmic rays above 8×10^{18} ev. *Science*, **357** (6357), 1266–1270, 2017.
- [9] Farley, F., Storey, J. The sidereal correlation of extensive air showers. *Proceedings of the Physical Society. Section A*, **67** (11), 996, 1954.
- [10] Aab, A., Abreu, P., Aglietta, M., Albuquerque, I. F. M., Albury, J. M., *et al.*, I. A. Large-scale cosmic-ray anisotropies above 4 EeV measured by the Pierre Auger Observatory. *The Astrophysical Journal*, **868** (1), 4, nov 2018. URL <https://doi.org/10.3847/2F1538-4357%2Faae689>.
- [11] Linsley, J. Fluctuation effects on directional data. *Phys. Rev. Lett.*, **34**, 1530–1533, Jun 1975. URL <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.34.1530>.

