

Índice de contenidos

Índice de símbolos	iii
Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xiii
Resumen	xv
1. Introducción	1
1.1. Rayos cósmicos	2
1.2. Espectro de energías	2
1.3. Lluvias atmosféricas extendidas	4
1.4. Descripción de una anisotropía dipolar	4
1.4.1. Representación en coordenadas locales de una anisotropía dipolar	5
2. El Observatorio Pierre Auger	7
2.1. Introducción	7
2.2. Detección de Rayos Cósmicos	7
2.2.1. El Detector de Superficie y el Detector de Fluorescencia	8
2.2.2. Diseño híbrido	10
2.3. Reconstrucción de eventos de los detectores de superficie	10
2.3.1. Selección de eventos	10
2.3.2. Reconstrucción de las lluvias	11
2.3.3. Calibración de la energía	11
2.3.4. Monitoreo del clima	13
2.4. Algoritmos de disparo del detector de superficie	14
2.4.1. Disparo Estándar	14
2.4.2. Todos los Disparos	14
2.5. Acerca de los eventos utilizados en este trabajo	16
2.5.1. Acerca del registro de hexágonos	17

3. Modulación sobre la señal medida por el Observatorio Pierre Auger	19
3.1. La física detrás de la modulación en la señal de las lluvias atmosféricas	19
3.1.1. Trabajos anteriores	19
3.1.2. Efectos de la atmósfera sobre los rayos cósmicos	21
3.1.3. Descripción del modulación en la señal medida	22
3.1.4. Estimador del ajuste	24
3.1.5. Condiciones climáticas y área activa del Observatorio Pierre Auger	25
3.2. Eventos asociados al Disparo Estándar en el rango 2004-2018	28
3.2.1. Datos presentados en la ICRC 2017	29
3.2.2. Datos presentados en la ICRC 2019	33
3.2.3. Datos presentados en la ICRC 2019 usando S_{38} sin corregir por el clima	35
3.2.4. Datos presentados en la ICRC 2019 usando la energía reconstruida en este trabajo	40
3.3. Eventos asociados a Todos los Disparos en el rango 2014-2020	40
3.3.1. Distribución de los eventos en función de $\sin^2 \theta$	41
3.3.2. Tasa de eventos de Todos los Disparos por encima de 1 EeV	42
3.3.3. Parámetros del clima para Todos los Disparos usando S_{38}	42
3.3.4. Usando la energía reconstruida en este trabajo	46
4. Método Rayleigh	49
4.1. Frecuencias de referencia	49
4.2. Variaciones relativas de los hexágonos	49
4.2.1. Cálculo de las variaciones relativas de los hexágonos	50
4.3. Descripción del método Rayleigh	52
4.3.1. Caso dipolar	53
4.3.2. Análisis para frecuencias arbitrarias	53
4.3.3. Cálculo de Rayleigh en ascensión recta para una frecuencia dada	53
5. Método East-West	57
5.1. Descripción formal del método East-West	57
5.1.1. Flujo de eventos del Este y Oeste	57
5.1.2. Aproximaciones del método	58
5.1.3. Cálculo de la diferencia de flujos	58
5.2. Estimación de la componente ecuatorial del dipolo mediante el análisis del primer armónico	60
5.2.1. Cálculo de la amplitud del dipolo para los eventos de Todos los Disparos	61
5.2.2. Cálculo para frecuencias arbitrarias	63

5.3. Verificación del código	63
5.3.1. Comparación con el trabajo de la Colaboración Pierre Auger . .	63
5.3.2. Comparando con la variable $\tilde{\alpha}$ con la ascensión recta del cenit .	63
6. Resultados del método Rayleigh	65
6.1. Características del conjunto de datos	65
6.2. Pesos de los eventos de Todos los Disparos para frecuencias de referencia	65
6.3. Análisis de la modulación en ascensión recta para el primer armónico .	66
6.3.1. Análisis de segundo orden en Fourier	68
7. Resultados del método East - West	71
7.1. Resultados en distintos rangos de energía	71
7.1.1. Resultados en el rango 0.25 EeV - 0.5 EeV	71
7.1.2. Resultados en el rango 0.5 EeV - 1 EeV	73
7.1.3. Resultados en el rango 1 EeV - 2 EeV	74
7.2. Análisis de los resultados	77
8. Conclusiones	81
A. Coordenadas celestes	83
A.1. Coordenadas Ecuatoriales	83
A.2. Coordenadas Locales	83
B. Distribución de probabilidad de la amplitud y fase del dipolo	85
B.1. Distribución de probabilidad de la amplitud	85
B.1.1. Haciendo la cuenta de los márgenes de confianza de la amplitud	86
B.2. Distribución de probabilidad de la fase del dipolo	88
Bibliografía	91