

Simulaciones para la caracterización del telescopio atmosférico Cherenkov M@TE

Josué Cuzco

Ibrahim Torres, Rodrigo Sacahuí

Noviembre 2021

M@TE

Simulación de cascadas atmosféricas

Simulación del detector

Reconstrucción de energía

Monitoring At TeV Energies

Telescopio atmosférico Cherenkov (IACT) a instalarse en Parque Nacional de San Pedro Mártir (SPM), Baja California.

- ▶ 2830 msnm
- ▶ Clima favorable
- ▶ Noches oscuras

Monitoreo de fuentes en rayos gamma:

- ▶ Blazares
- ▶ Radio galaxias

Complementar monitoreo realizado por otros instrumentos:

- ▶ FACT, observaciones coordinadas
- ▶ HAWC

Telescopio atmosférico Cherenkov/*Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope*

Se observa la luz Cherenkov producida por partículas cargadas de cascadas atmosféricas iniciadas por rayos gama o rayos cósmicos.

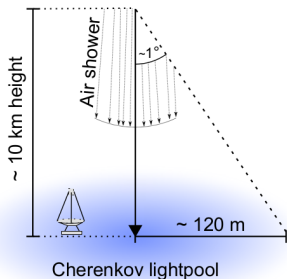


Figura 1: Principio de detección de cascadas atmosféricas por luz Cherenkov.

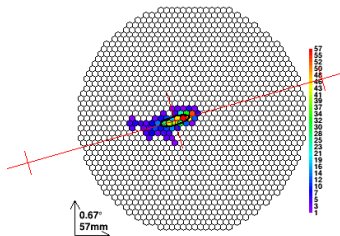


Figura 2: Imagen producida por una cascada gama simulada.

El diseño de M@TE se basa en el usado para FACT:

- ▶ Píxeles: 1440
- ▶ Sensores: fotomultiplicadores de silicio (SiPM)

Cambios implementados en M@TE:

- ▶ Sensores: SiPM SensL MicroJC
- ▶ Nuevos espejos hexagonales en disposición parabólica.

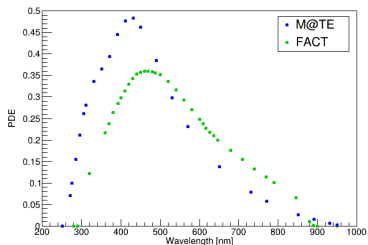


Figura 3: Comparación de PDE de los sensores de M@TE y FACT.

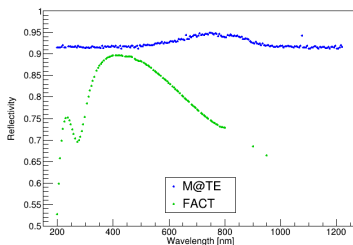


Figura 4: Comparación de reflectividad media de los espejos de M@TE y FACT.

Simulación de cascadas atmosféricas

Software de simulación: CORSIKA 77410.

Modelos de interacción: QGSJET 01C para altas energías, GHEISHA 2002 para bajas energías.

Parámetros:

Partículas	Fotones
Rango de energía	100 GeV - 10 TeV
Pendiente del espectro	-1.5
Rango de λ Cherenkov	205 nm - 700 nm
Nivel de observación	2830 m
Área simulada	810000 m^2 (cuadrada)
Coordenadas	30°54'43"N, 115°30'04"W
Campo magnético	24.4304 μT (N), 37.5714 μT (\downarrow)
Modelo atmosférico	MODTRAN: La Palma, verano

Tabla 1: Parámetros de simulación para cascadas atmosféricas.

Simulación de cascadas atmosféricas (cont.)

La biblioteca generada cuenta con 19.66 M de cascadas.

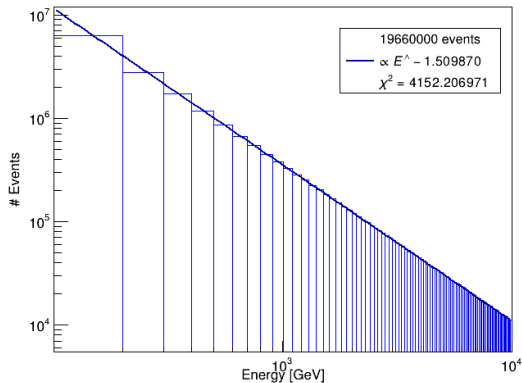


Figura 5: Distribución de energía simulada. Bines de 100 GeV.

Software de simulación: MARS (MAGIC Analysis Reconstruction Software).

Etapas:

- ▶ Cámara y reflector
- ▶ Calibración de señales
- ▶ Parámetros de imagen

En este software se integran los nuevos sensores y espejos.

De las 19.66 M de cascadas gamma, ~ 4.4 M de eventos activan el detector (22.4 %).

Máximo de la distribución de energía de eventos detectados.

$$\frac{dN}{dE} = \frac{dN}{d \log E} \frac{1}{E \ln 10} \quad (1)$$

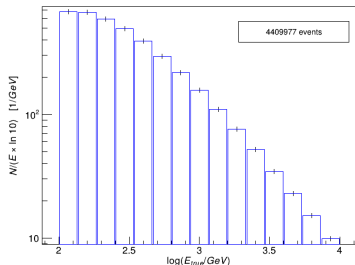


Figura 6: Distribución de energía con bins logarítmicos, rango de simulación completo.

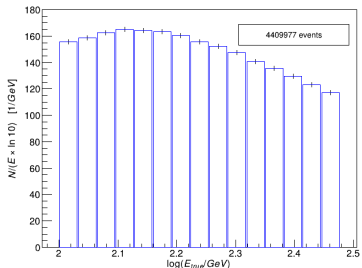


Figura 7: Distribución de energía con bins logarítmicos, $100 \text{ GeV} \leq E \leq 300 \text{ GeV}$.

Reconstrucción de energía

Software: Ranger.

Algoritmo: Random Forest.

Variables de entrenamiento: Size, Width, Length, Leakage1, SlopeLong, TimeSpreadWeighted.

División de datos: 50 % entrenamiento, 50 % prueba.

Reconstrucción de energía (cont.)

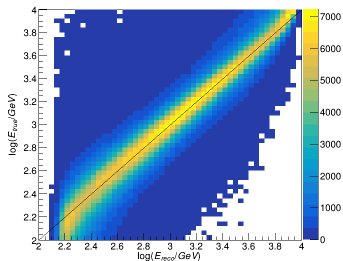


Figura 8: Energía verdadera y energía reconstruida.

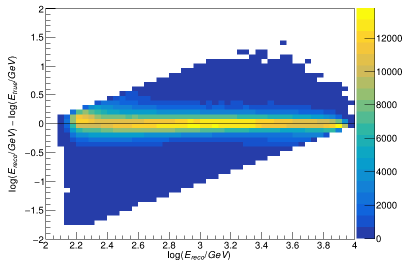


Figura 9: Diferencia entre energía verdadera y energía reconstruida.

Se generó una biblioteca de simulaciones de cascadas atmosféricas iniciadas por rayos gamma.

Se adaptó la simulación del detector con las nuevas características de M@TE.

Se identificó el umbral de energía en 130 GeV para un espectro de pendiente -1.5.

Se utilizó un algoritmo Random Forest para realizar reconstrucción de energía de rayos gamma.