

# Simulación de los fenómenos ópticos de propagación de las partículas dentro de un prototipo de detector de muones atmosféricos

Jeferson Daniel Rosero Benavides

Universidad de Nariño

19 de septiembre de 2022



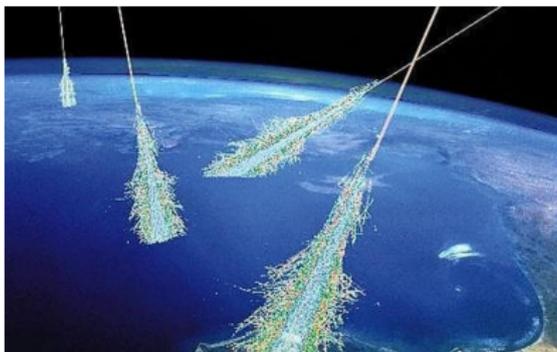
# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Detectores de Centelleo
- 3 Simulación
- 4 Resultados

# Introducción

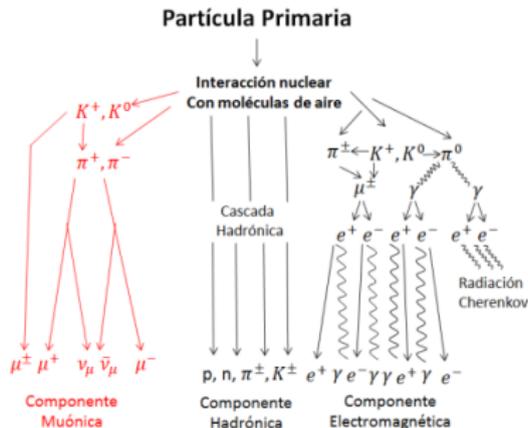
# Introducción

- Rayos cósmicos  
partículas subatómicas que impactan la atmósfera de la tierra. Algunos rayos cósmicos tienen energías ultrarelativistas las cuales están por encima de los  $10^{20} eV$



# Introducción

- Lluvias atmosféricas extendidas (EAS)  
 Cuando las partículas de alta energía interactúan con la materia (atmósfera), se crean nuevas partículas, que en general también poseen altas energías.



# Introducción

- Muones ( $\mu^-$ )

Partícula elemental de la familia de los leptones, que al igual que el electrón, que tiene una carga negativa y espín 1/2; cuenta con una masa de  $105,7 MeV/c^2$ , aproximadamente 200 veces más masivo que el electrón.

Interacción muón-materia, fórmula de Bethe-Bloch

$$\left\langle \frac{-dE}{dx} \right\rangle = K \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[ \frac{1}{2} \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 Q_{max}}{I^2} - \beta^2 - \frac{\delta}{2} + \frac{1}{8} \frac{Q_{max}^2}{(\gamma M c^2)^2} \right] + \Delta \left| \frac{dE}{dx} \right| \quad (1)$$

# Introducción

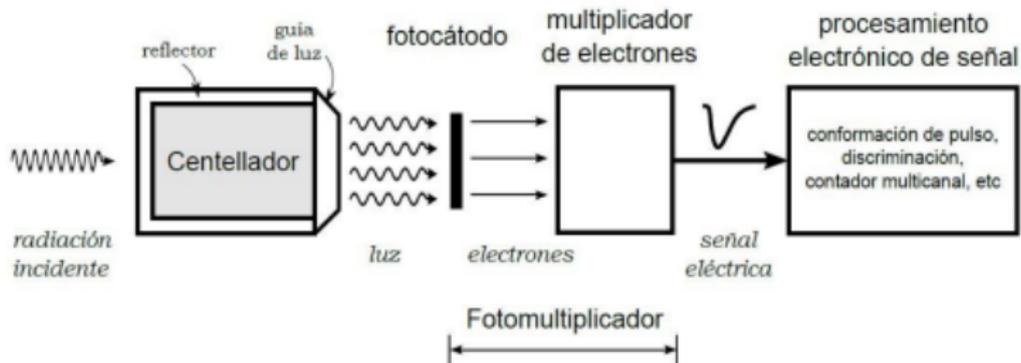
- Fenómenos ópticos

Los procesos ópticos incluyen:

- Generación de luz de centelleo
- Emisión Cherenkov
- Coeficiente de absorción
- Dispersión de Rayleigh
- Procesos de contorno (reflexión, refracción, absorción)
- Proceso WLS.

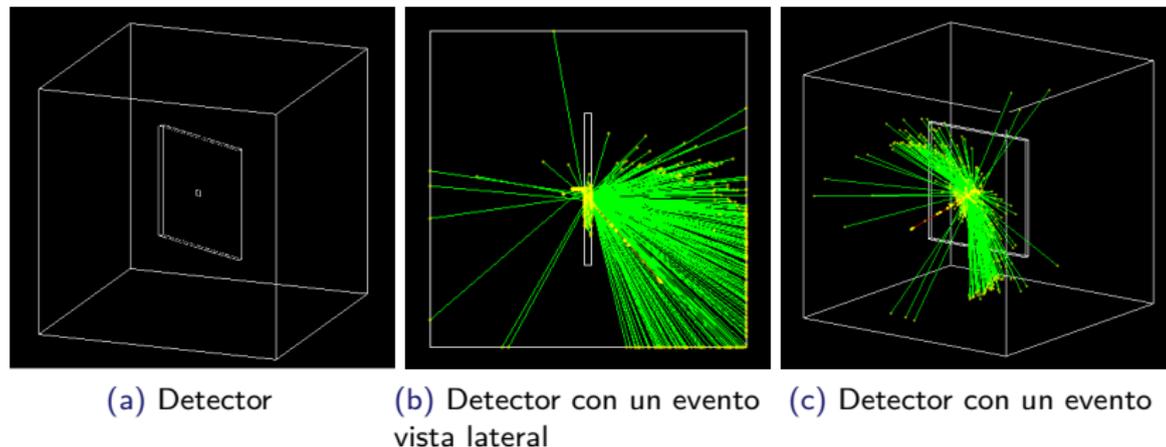
# Detectores de Centelleo

# Detectores de Centelleo



# Simulación

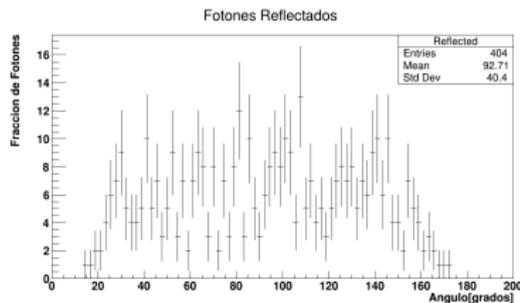
# Simulación



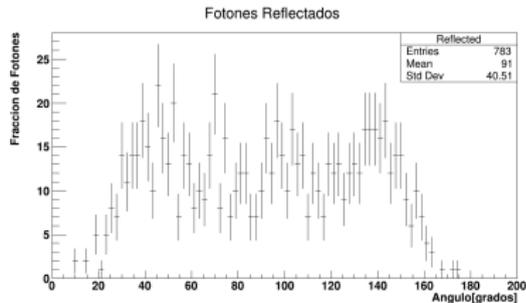
**Figura:** Vista en GEANT4 del detector de centellador plástico de dimensiones  $24 \times 24 \times 1 \text{ cm}$  unido ópticamente a un fotomultiplicador (SiPM) de dimensiones  $3 \times 3 \text{ mm}^2$  dentro de un volumen madre que contiene aire

# Resultados

# Resultados



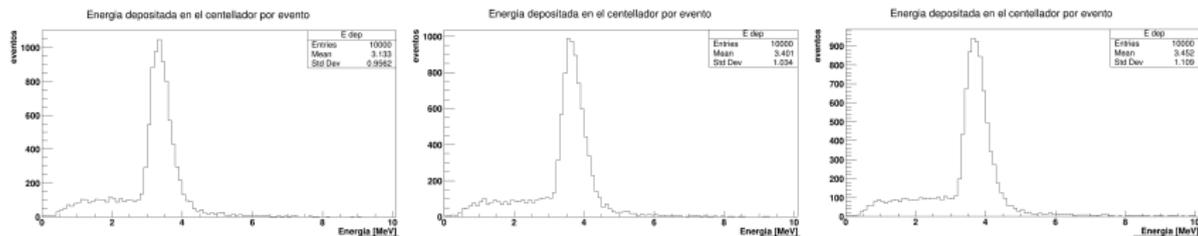
(a) sin superficie óptica



(b) con superficie óptica

**Figura:** Gráfica de la fracción de fotones ópticos transmitidos en función del ángulo de reflexión con y sin superficie óptica de recubrimiento en el detector. La simulación real tiene 10.000 eventos (muones) con una energía primaria de 1GeV

# Resultados



(a) Eventos con energía primaria de 1GeV

(b) Eventos con energía primaria de 10GeV

(c) Eventos con energía primaria de 100GeV

**Figura:** Gráficas de energía depositada en el material centellador en función del número de eventos. La energía usada en el proceso es de 1, 10 y 100 GeV para cada uno de los 10000 eventos totales

# Resultados

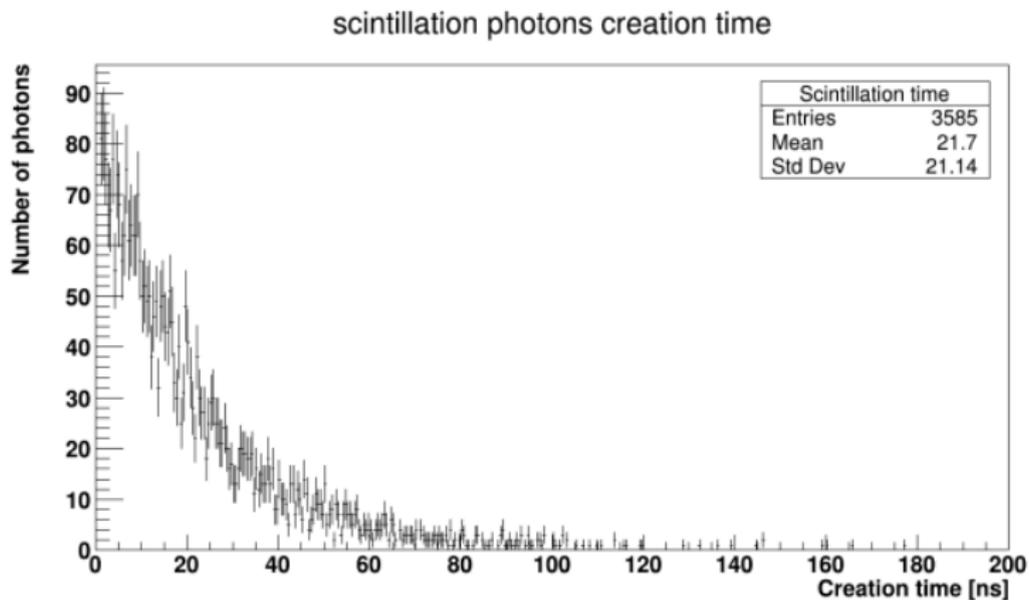


Figura: Distribución del tiempo de emisión de fotones ópticos de centelleo generado por muones de 1GeV, se ajusta muy bien a una función exponencial negativa de la forma  $e^{10-x} = L_0 e^{-t}$  con  $L_0$  siendo la intensidad inicial de los fotones.

# Resultados

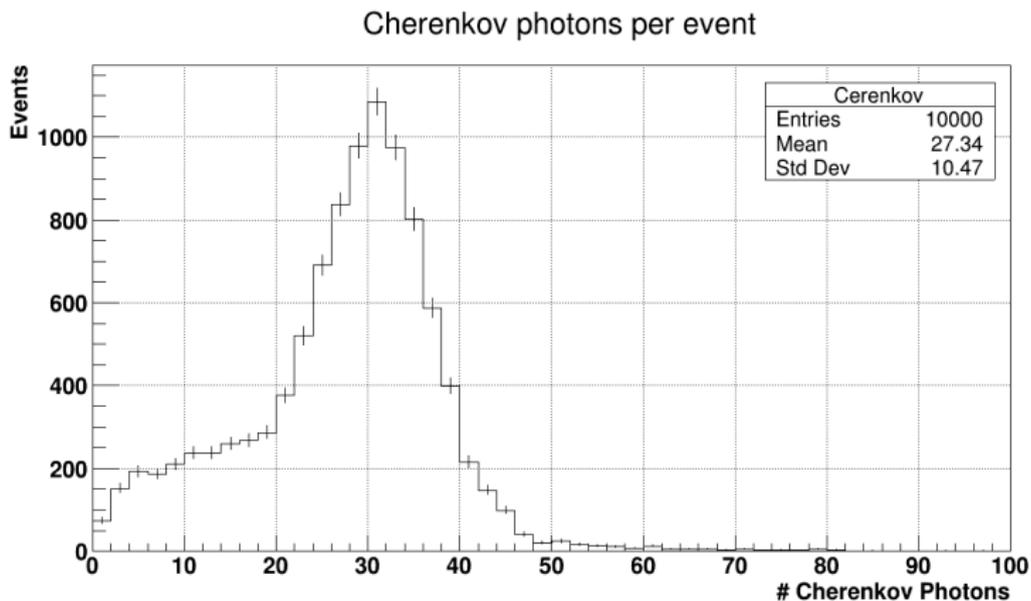


Figura: Número de fotones Cherenkov por evento dentro del centellador plástico atravesado por muones de 1 GeV a 5 cm del detector

## Resultados

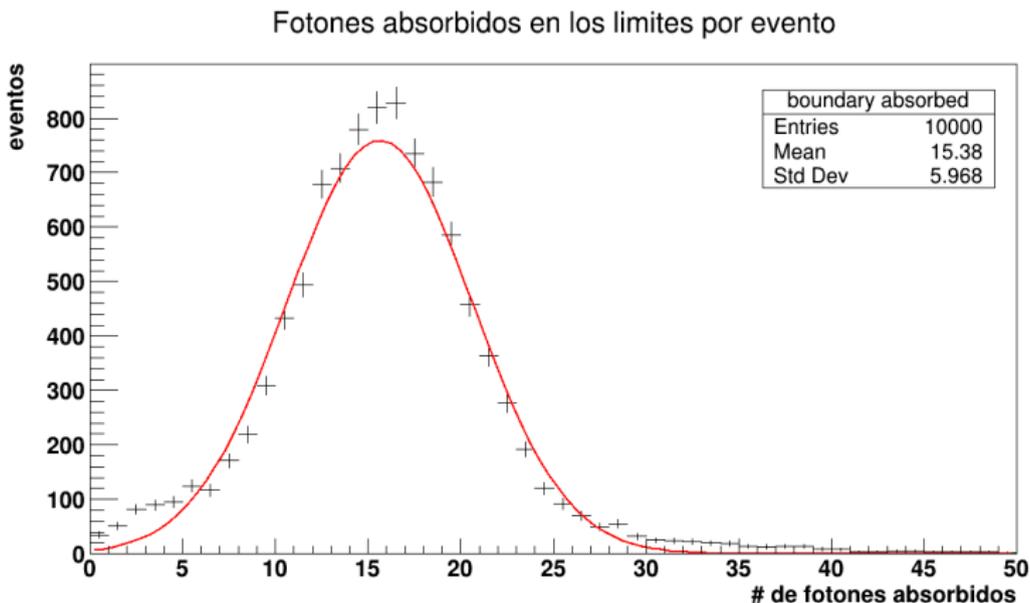


Figura: Absorción de fotones ópticos en los limites del material centellador. La línea roja se ajusta a una distribución gaussiana de la forma  $Ae^{-0,5(\frac{x-Mean}{\sigma})^2}$

# Thank you!