



DetECCIÓN de Rayos Cósmicos y Rayos Gamma

Dr. Yunior Frainen Pérez araujo,
Investigador posdoctoral en el Instituto de Física-UNAM.
email:yuniorp@fisica.unam.mx

Rayos Cósmicos y Rayos Gammas

$p(100 \text{ EeV})$

p

γ

π

$P > 10 \text{ EeV}$

$P < 100 \text{ EeV}$ (No se señalan las fuentes)

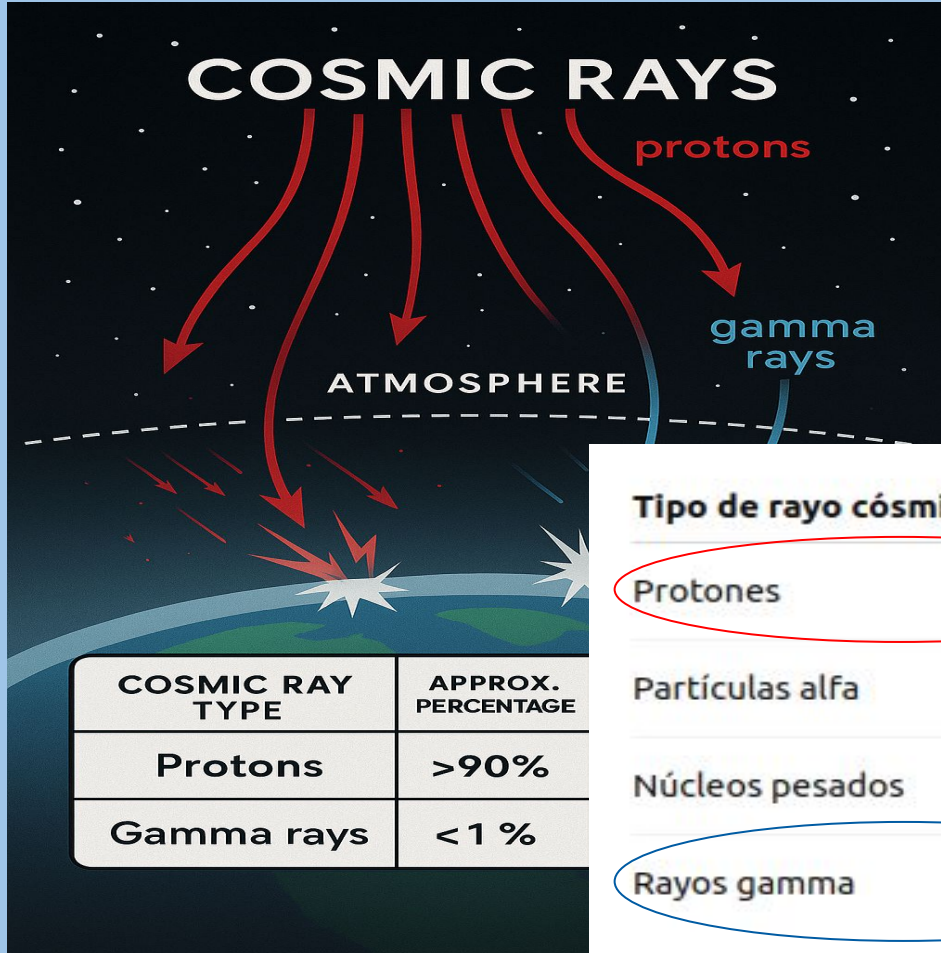
Protón

Neutrino

Gamma

Charged cosmic ray
(ex.: Proton)

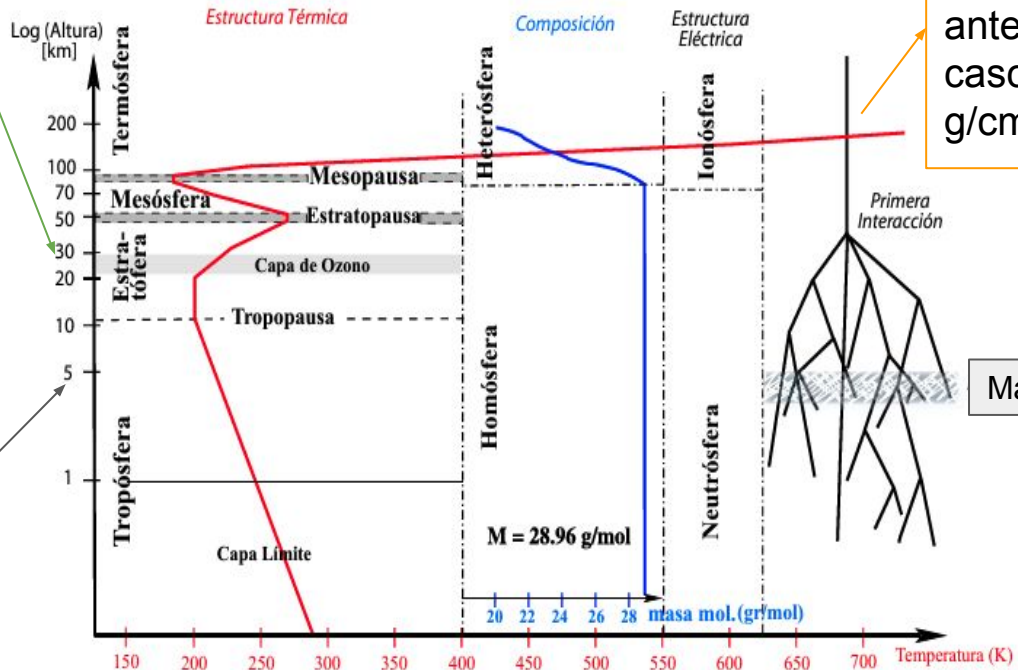
Partículas primarias que llegan a la atmósfera terrestre



Tipo de rayo cósmico	Porcentaje (aprox.)
Protones	~90%
Partículas alfa	~9%
Núcleos pesados	~1%
Rayos gamma	<<1%

A aprox. 30 km.s.n.s se comienzan a formar las cascadas de partículas.

Hasta aprox. 5 km.s.n.m se generan partículas, Luego no se generan más partículas.



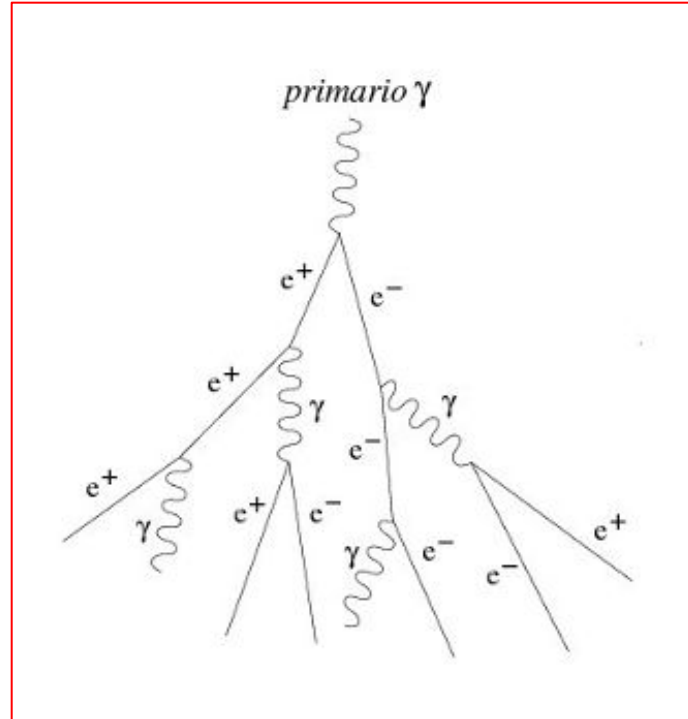
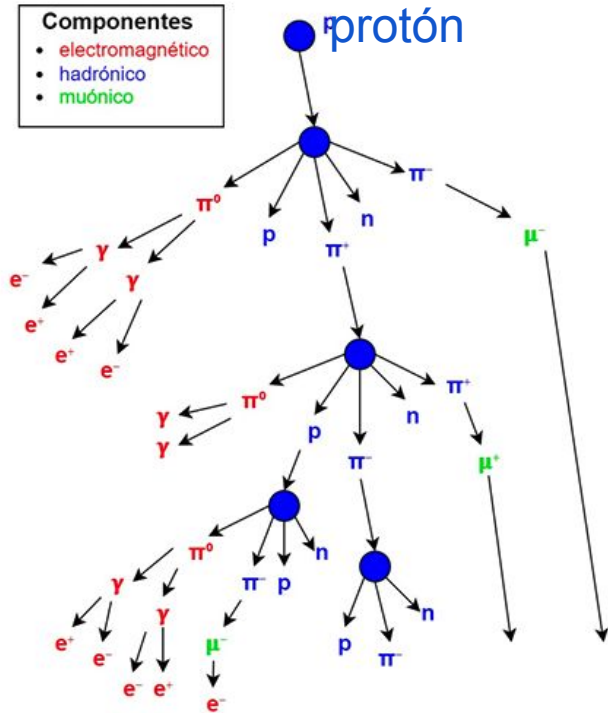
Profundidad atmosférica

Las partículas atraviesan una cantidad de materia antes de que se inicie la cascada y se mide en g/cm^3

Máximo de la cascada

Cascada de partículas secundarias

Estas partículas primarias, al interactuar con la atmósfera terrestre, produce otras partículas o se desintegra.

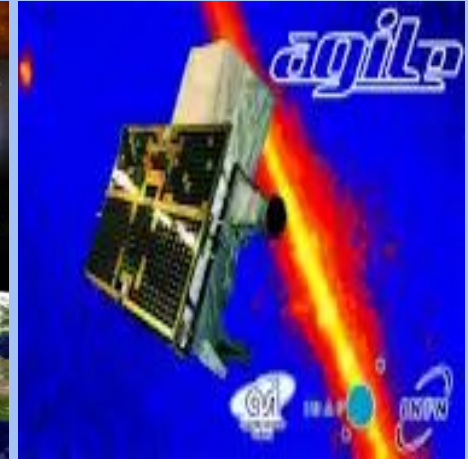


Detección de las partículas primarias con Satélites

Detectores Satelitales

- Observación directa sin atmósfera.
- Detectores a bordo de satélites como Fermi LAT, AGILE y Swift.
- Detectan rayos gamma mediante interacciones con **materiales sensibles**.

Rayos Gamma



Rayos Cósmicos



Ventajas

Observación continua sin interferencias atmosféricas.

Acceso al espectro completo de rayos gamma.

Alta resolución espectral.

Desventajas

Altos costos de construcción y lanzamiento.

Mantenimiento difícil o imposible.

Vida útil limitada por energía y condiciones espaciales.

Detección de partículas secundarias producidas por una partícula primaria.

Telescopios Cherenkov Atmosféricos (IACTs)

- **MAGIC, H.E.S.S., CTA.**
Principio:
- Rayos gamma interactúan en la atmósfera produciendo cascadas.
- Detectan luz Cherenkov en tiempo real con espejos y cámaras sensibles.
- Método indirecto, pero muy efectivo para energías $> 100 \text{ GeV}$.

Arreglo de Detectores Cherenkov en Agua (WCD) para:

Rayos gamma

- **HAWC** (México), **LHAASO** (China).

Rayos Cósmicos

Pierre Auger (Argentina), LAGO (Latinoamérica).

Principio:

Detectan la cascada de partículas secundarias como en los rayos cósmicos.

Buena cobertura del cielo y operación continua.

ACTs



The MAGIC Telescopes

MAGIC

TIPO: TELESCOPIO
TIEMPO DE OPERACIÓN: NOCTURNO

HESS

Sistema estereoscópico de alta energía



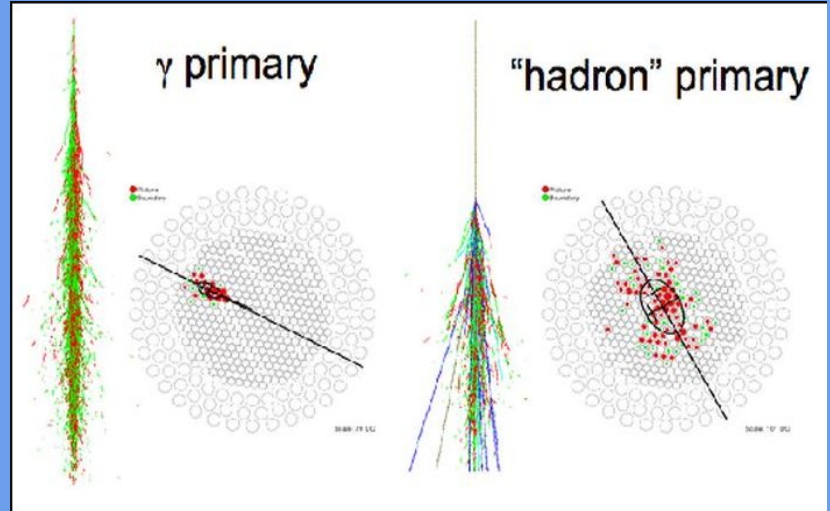
CTA



HAWC Eye

γ primary

"hadron" primary



High-Altitude Water Cherenkov Gamma-Ray Observatory

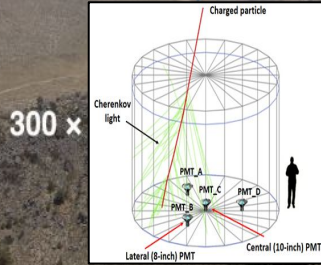
Pico de Orizaba
Puebla, Mexico (19°N)

Energy range:
~100 GeV - 100TeV

Field of view:
45° from zenith

Observing time:
>95% of the time

Angular resolution:
~0.1° - 1°



300 x
300 m tall, 7.3 m diameter
200,000 L of water

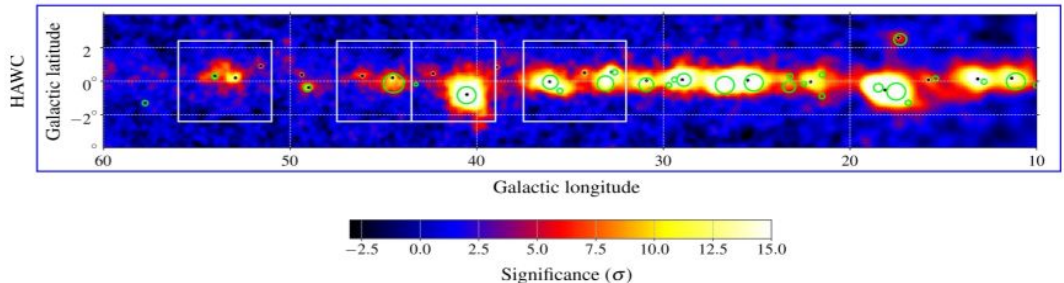
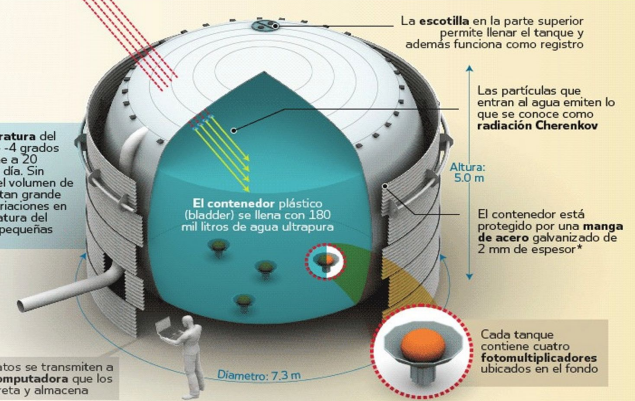
PMTs facing upwards collect
Cherenkov light produced by secondary particles

22,000 m²

<https://www.hawc-observatory.org/>, 4,100 m.a.s.l.

- Site: Sierra Negra, Mexico, 19° N, 4,100 m altitude.
- Inaugurated **March 2015**.
- **Instantaneous FOV 2sr. Daily 8sr (66% of the sky)**
- High energy extension: Outrigger array, since summer 2018
- Takes data with >95 on time
- ~5 trillion triggers to date - 7PB of data

La temperatura del sitio va de -4 grados en la noche a +20 durante el día. Sin embargo el volumen de líquido es tan grande que las variaciones en la temperatura del agua son pequeñas



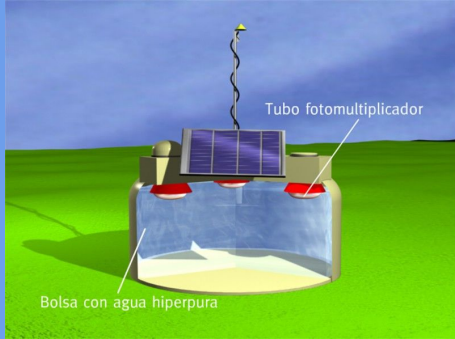
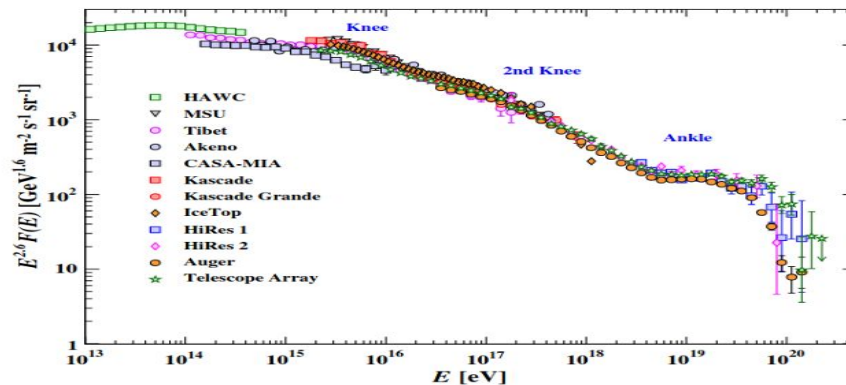
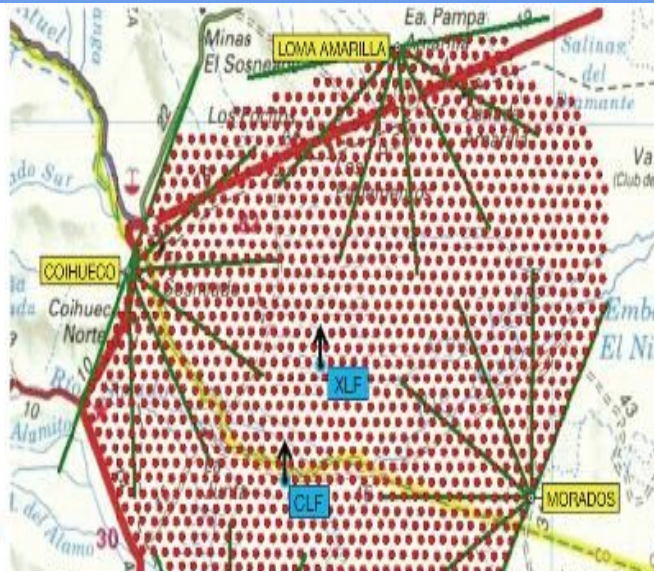
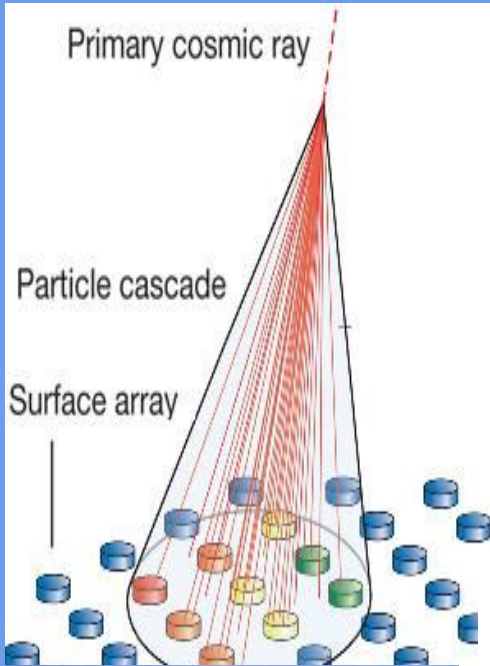
Observatorio Pierre Auger

Área 3,000 km²

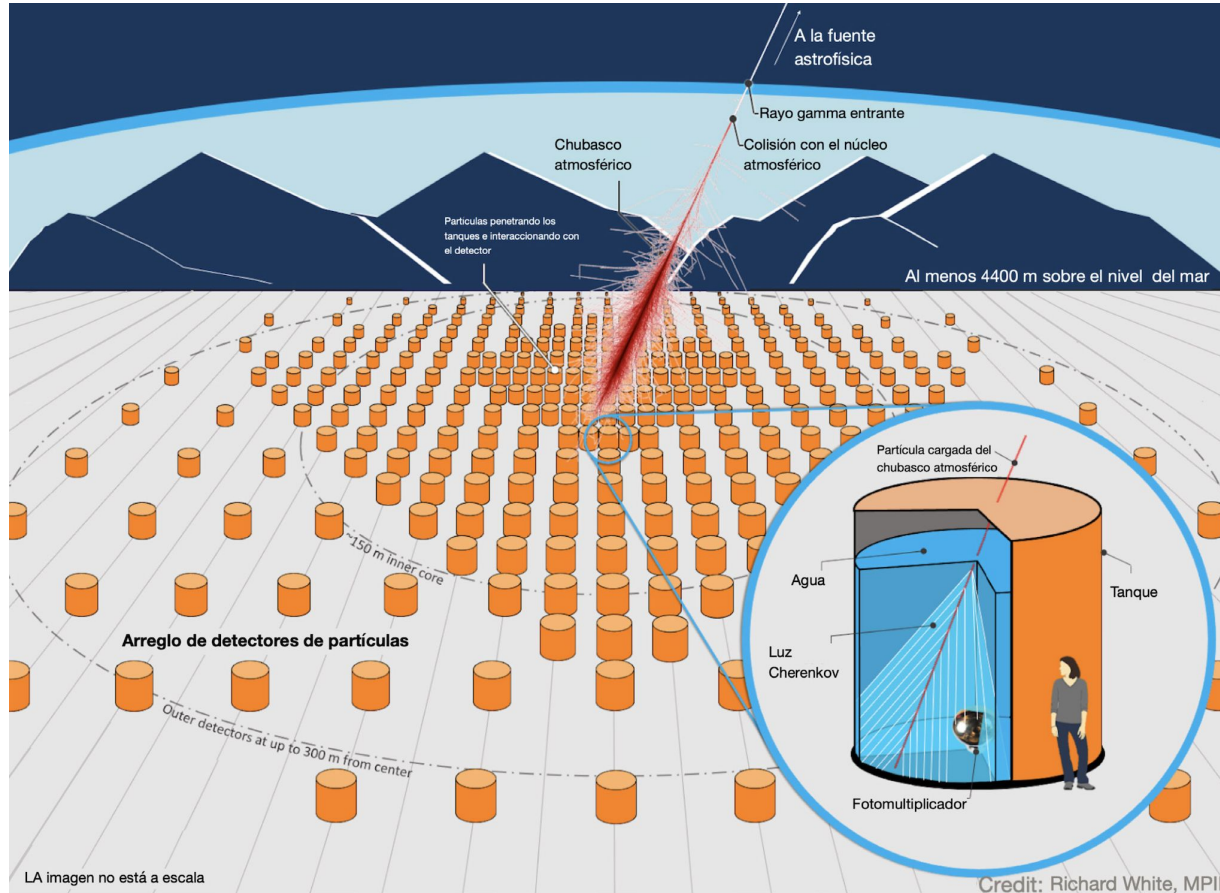
Diseño híbrido: combina dos técnicas de detección:

Detectores de superficie (SD): 1600 tanques Cherenkov de agua, separados por 1.5 km

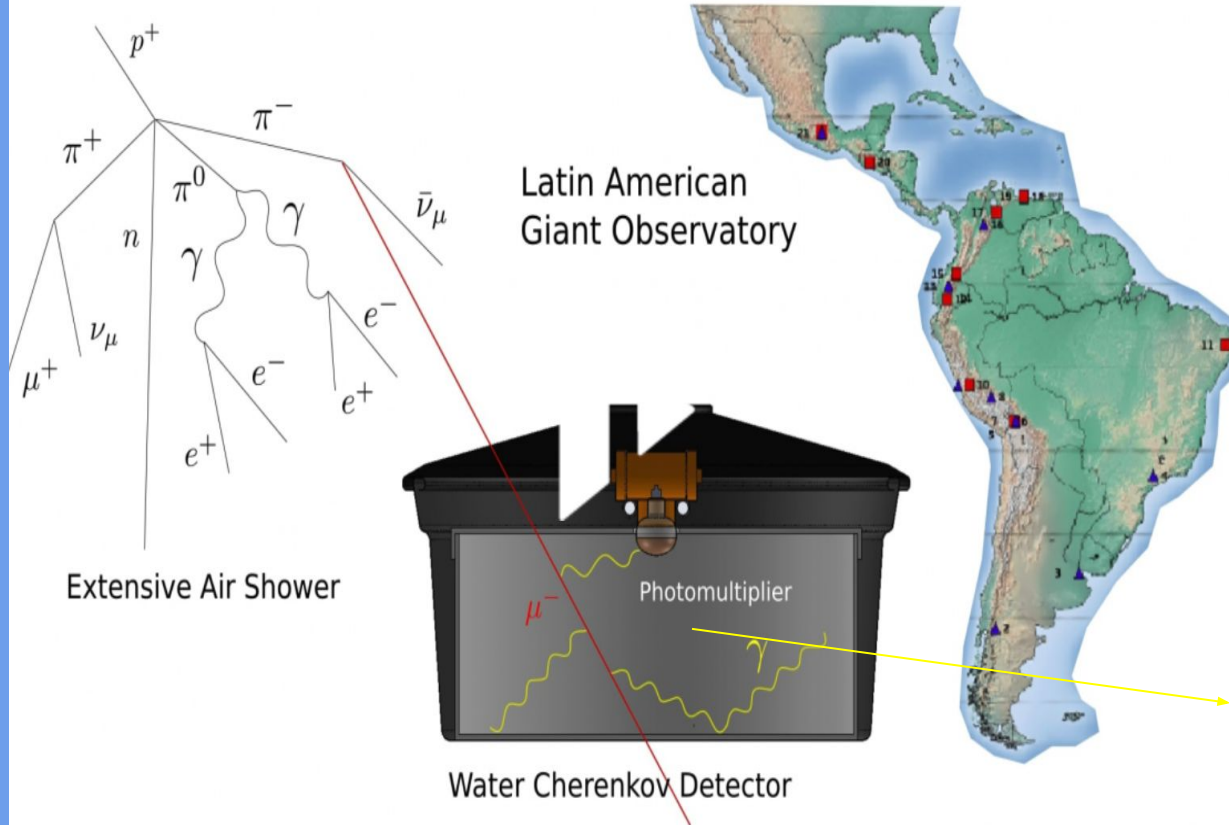
Detectores de fluorescencia (FD): Telescopios que observan la luz de fluorescencia emitida por las moléculas de nitrógeno en la atmósfera cuando una cascada de partículas pasa a través del aire.



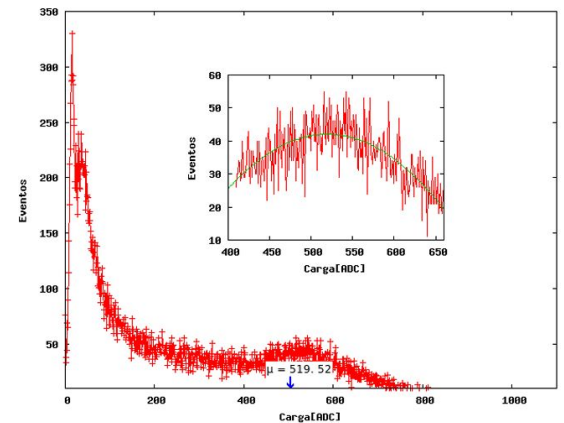
SWGO (Southern Wide field of view Gamma Ray Observatory): Nuevo observatorio de Astropartículas en Sudamérica (Atacama-Chile)



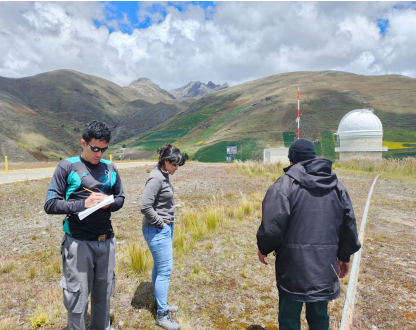
WCD LAGO



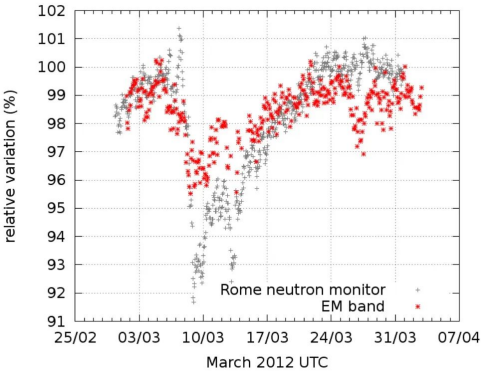
LAGO: <https://lago project.net/index.html>



Avances: Arreglo de 3 Detectores Cherenkov en el observatorio Astronómico de Llano del Hato en Mérida Venezuela

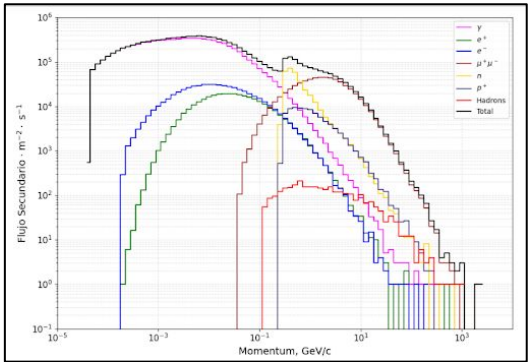


Monitoreo de Llamadas Solares

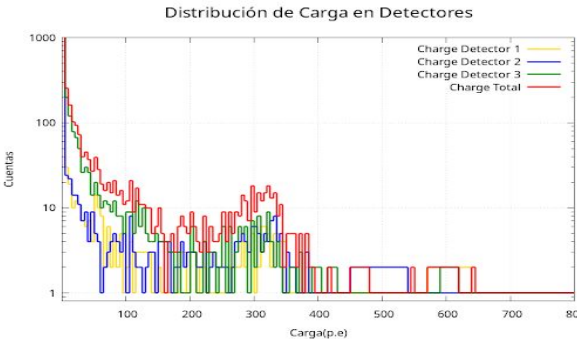


Simulaciones

CORSIKA



Geant4



Tesis para obtener el título de Licenciado en Física del estudiante Robert Rondon: simulaciones del flujo de 3 sitios en Mérida (La Hechicera, Observatorio Llano del Hato y Pico Espejo). Finalizada

Tesis para obtener el título de Licenciado en Física del estudiante neptali gil martorelli: Caracterización de un arreglo de tres detectores Cherenkov para el Observatorio Nacional Llano del Hato, Mérida - Venezuela. En proceso

Montar un detector en Pico Espejo

A futuro

