



LAGO Collaboration

Laboratorio de instrumentación
ECFM - USAC

LAGO Collaboration

LAGO = Latin American Giant
Observatory

Colaboración de 10 países
latinoamericanos:

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile,
Colombia, Ecuador, Guatemala,
Mexico, Peru, España

Participan aproximadamente 30
instituciones y mas de 90
colaboradores.



LAGO Collaboration

- ▶ La colaboración LAGO es un observatorio de rayos cósmicos extendido, compuesto por una red de detectores Cherenkov de agua (WCD) localizados en diferentes países a lo largo de Latinoamérica.
- ▶ Lo que se detecta es cambios en el flujo de radiación a nivel del suelo.

LAGO Collaboration

- ▶ Las principales ramas de investigación a las que se orienta el proyecto son:
 - ▶ Fenómenos de alta energía.
 - ▶ *Space Weather* (radiación solar)
 - ▶ Radiación atmosférica a nivel del suelo.



Latin American Giant Observatory

An extended Astroparticle Observatory at global scale. It is mainly oriented to basic research on three branches of Astroparticle physics: the Extreme Universe, Space Weather phenomena, and Atmospheric Radiation at ground level.

About LAGO

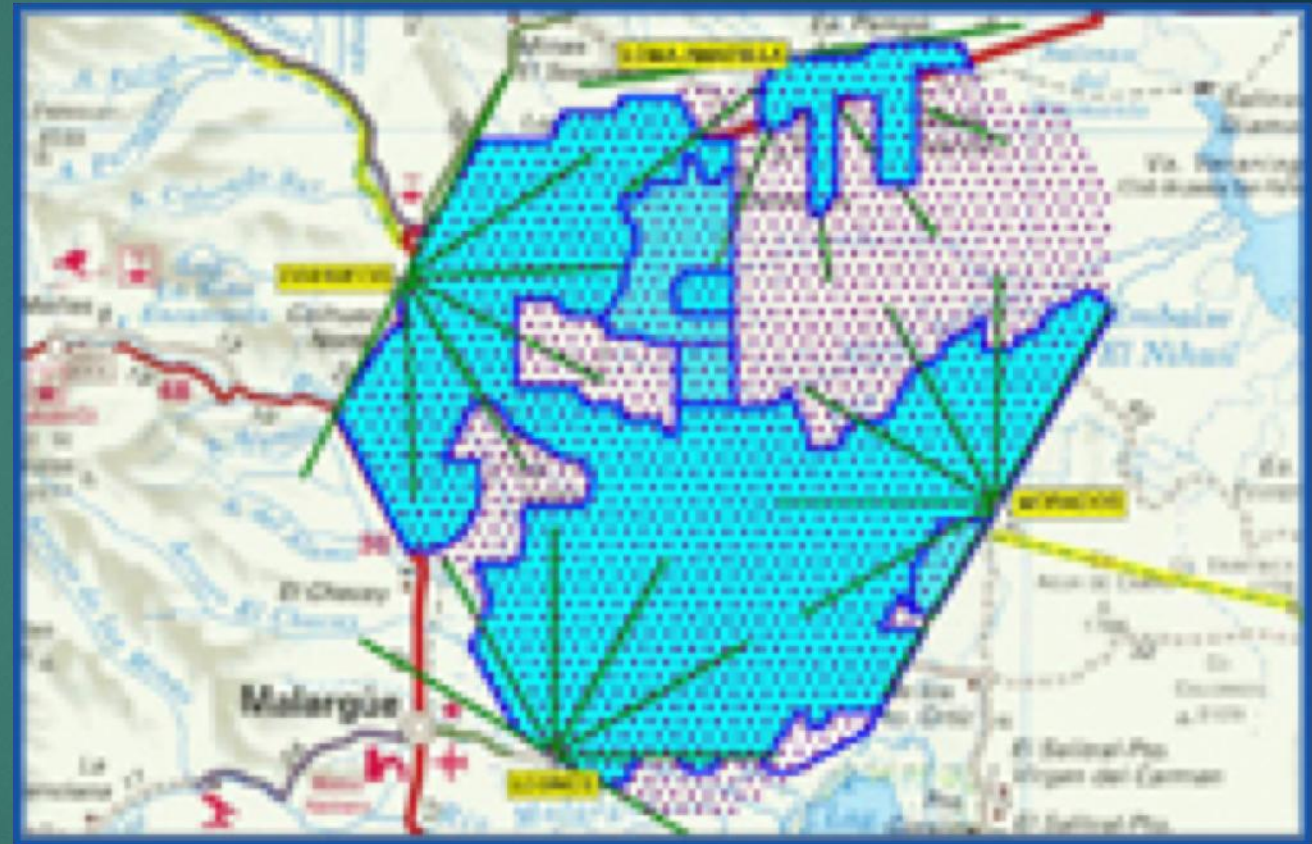
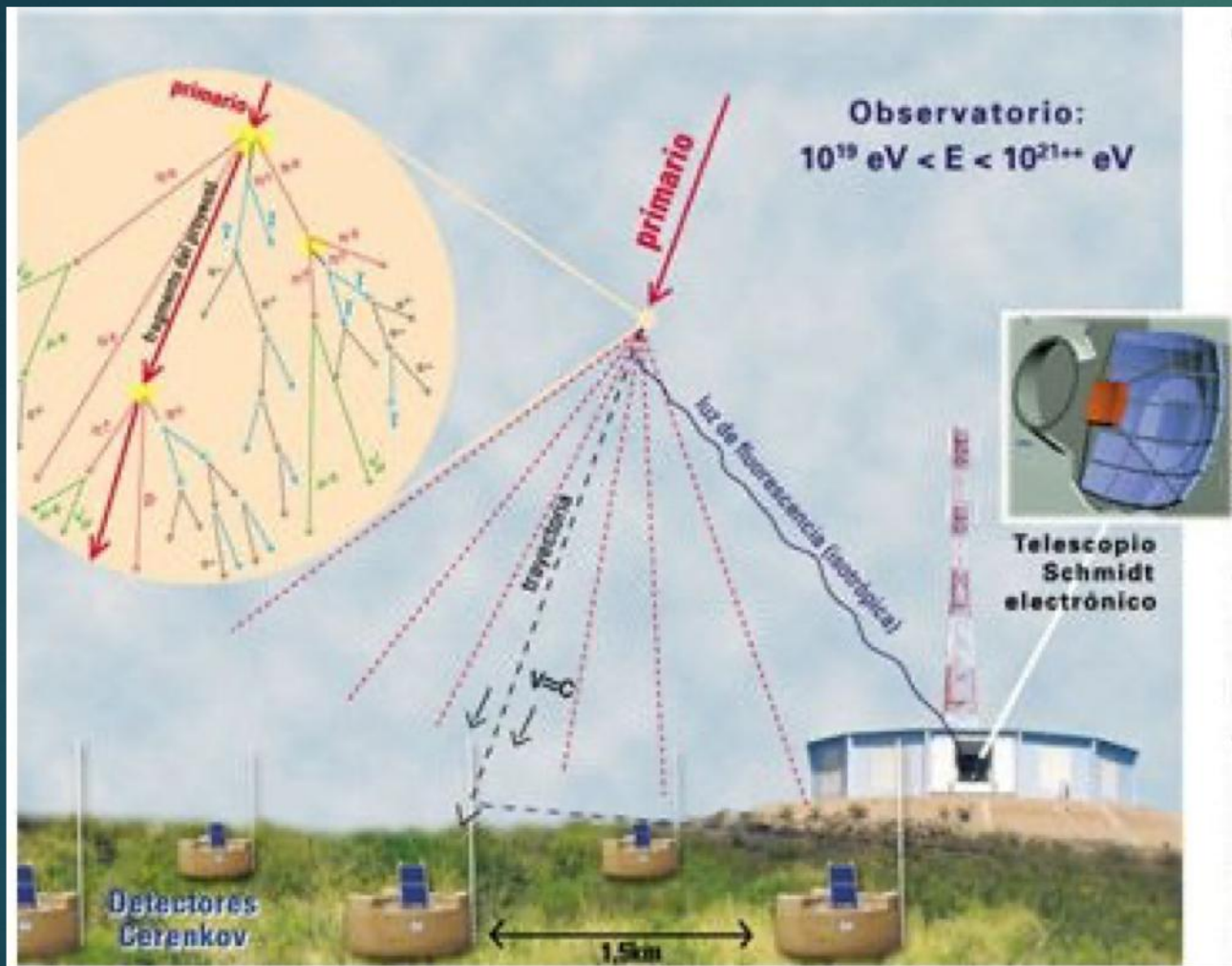
Collaboration



Inicios

- ▶ El proyecto LAGO nace a partir del observatorio *Pierre Auger* instalado en Argentina.
- ▶ Inicialmente se llamo Large Aperture GRB Observatory, por su orientación a detectar en tierra GRB como Auger, pero utilizando un solo detector a gran altitud.

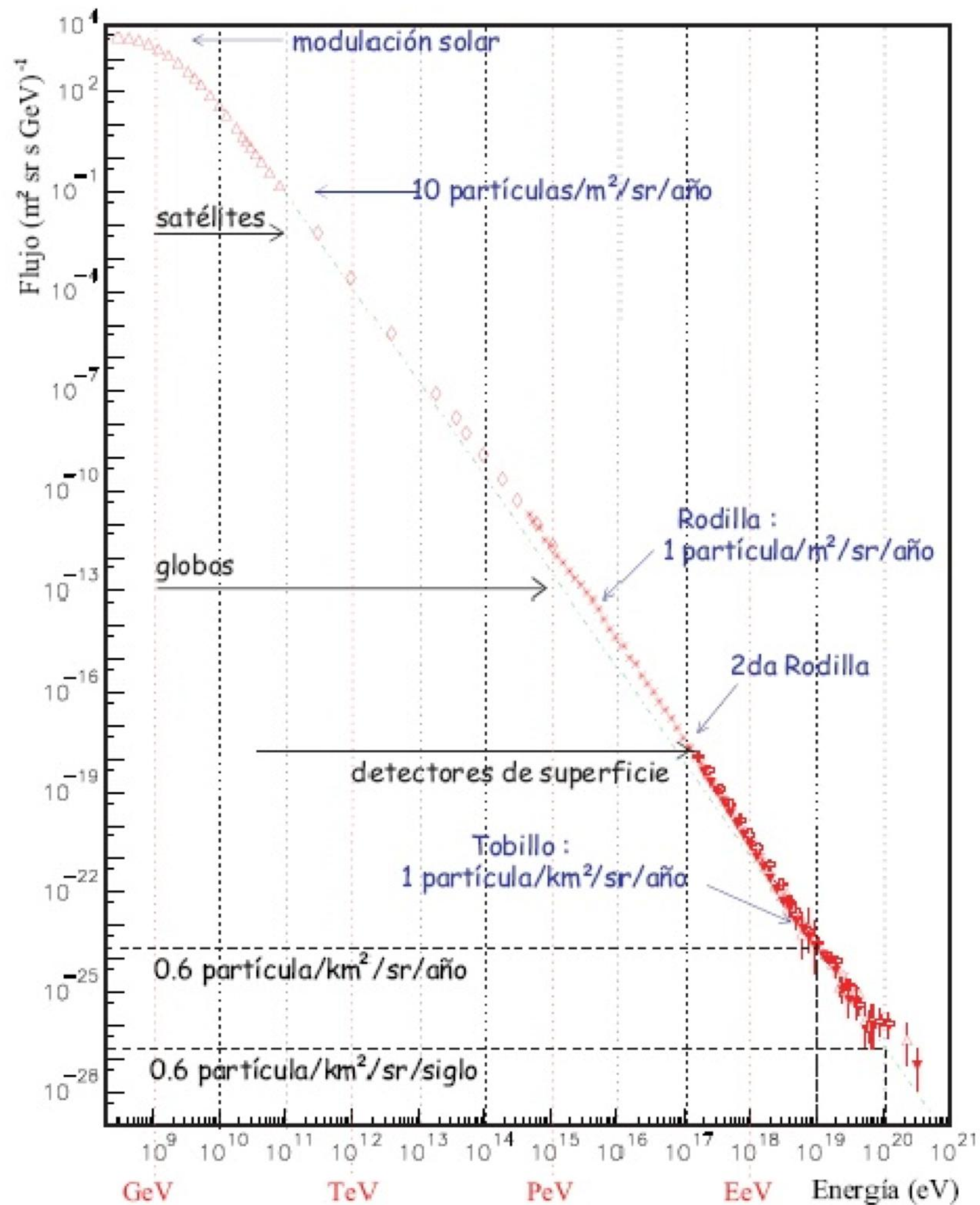


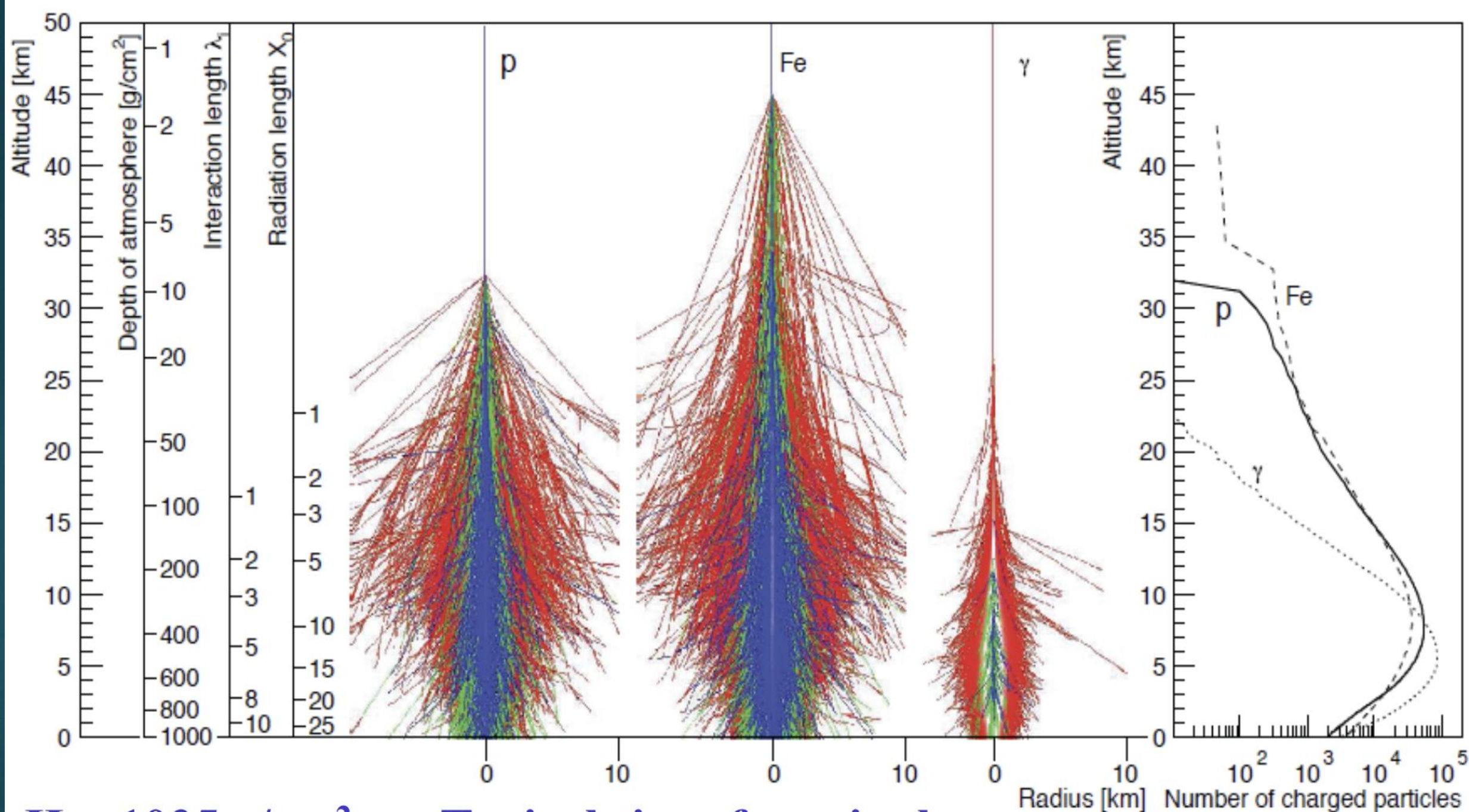


Pierre Auger Observatory, Malargüe, Argentina

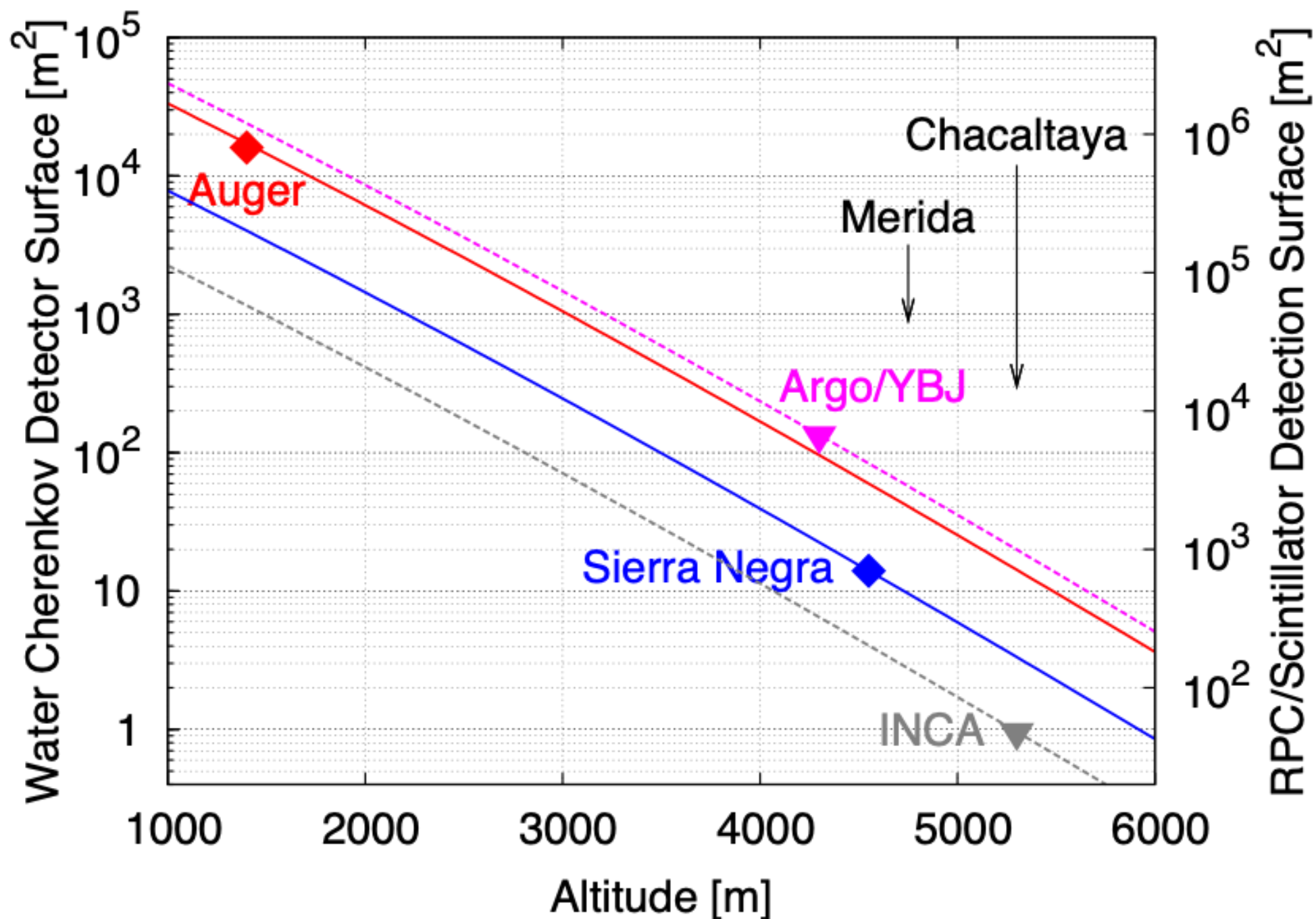
Inicios

- ▶ Se basa en la medición de *escalares*, es decir, no determina la orientación del evento que origina la cascada, solo que ocurrió y se estima la energía.
- ▶ Originalmente se diseñó para investigar la componente energética de GRBs con energías primarias > 20 GeV instalando detectores de 10 a 20 metros cuadrados en los andes.





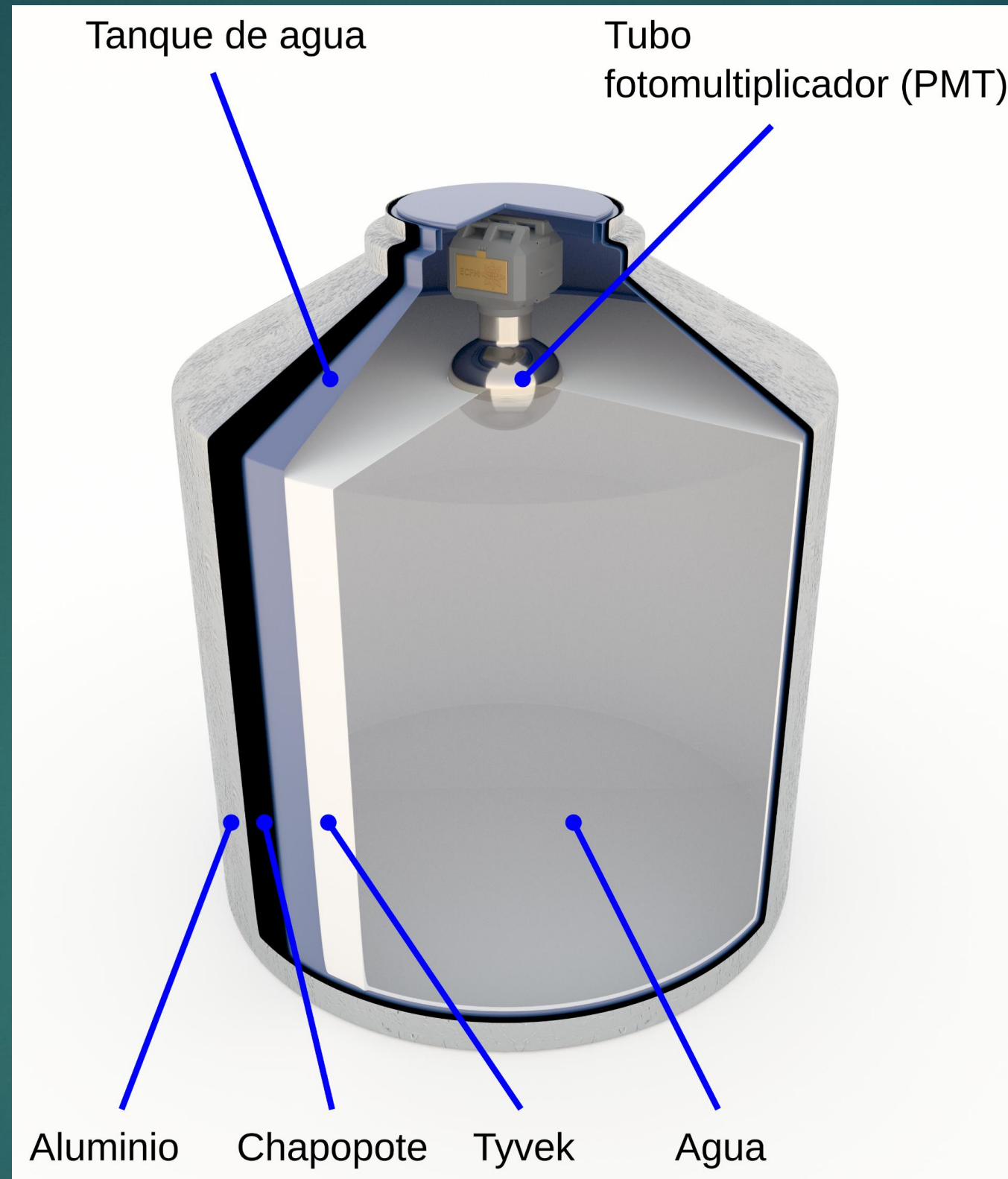
Simulación de cascadas producida por una
partícula de ~ 10 TeV



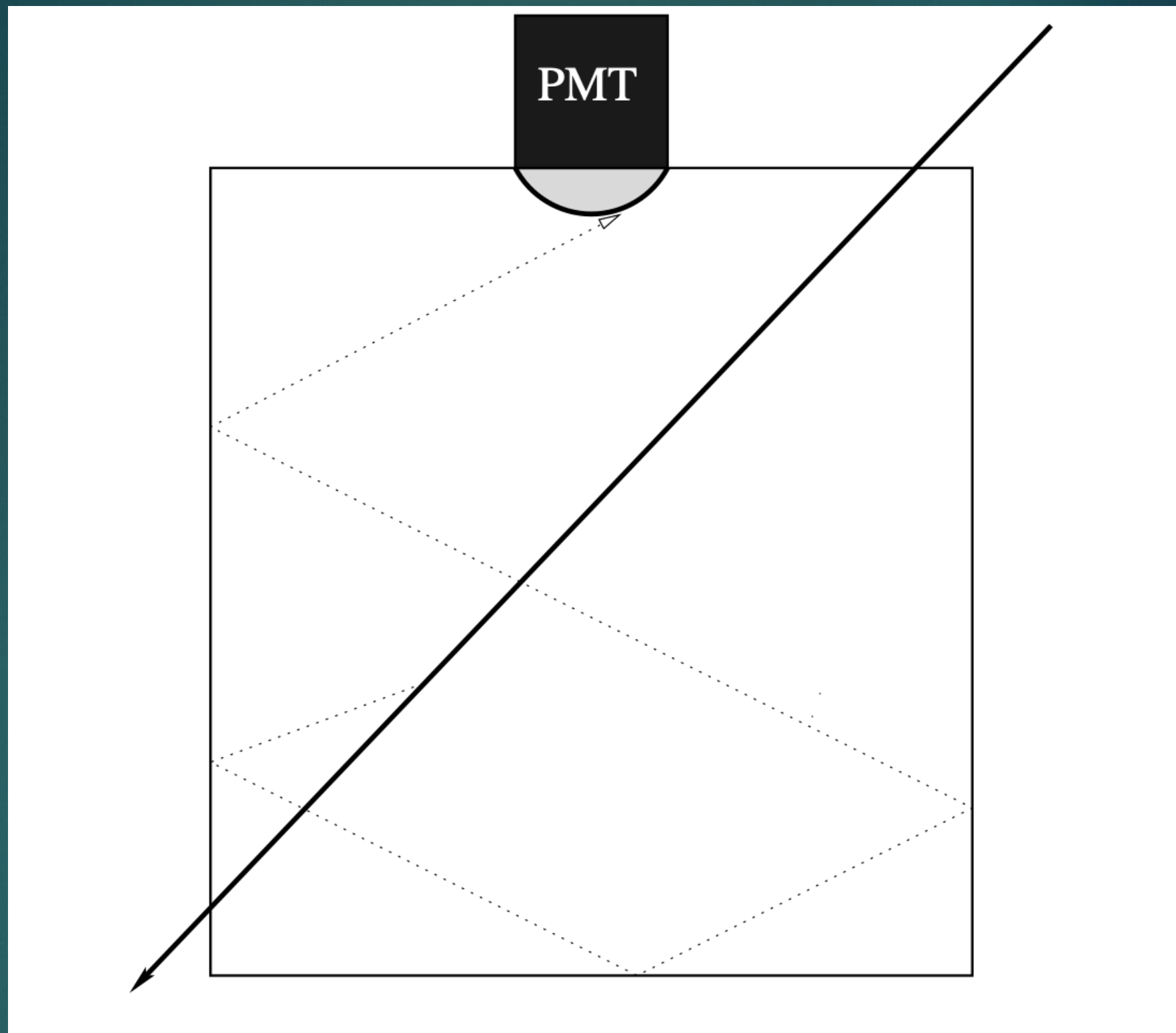
A mayor altura sobre el nivel del mar, es mayor la energía de las partículas secundarias de cascadas y es mayor el flujo.

Técnica de la partícula solitaria

- ▶ *Single particle technique* es la metodología que se utiliza para los detectores LAGO.
- ▶ Se basa en medir la tasa de conteos de radiación de fondo en los WCD.
- ▶ Cuando sucede un evento que modifique significativamente la cantidad de partículas que llegan o se generan en la atmosfera, esto se detecta como un cambio en la tasa de conteos.



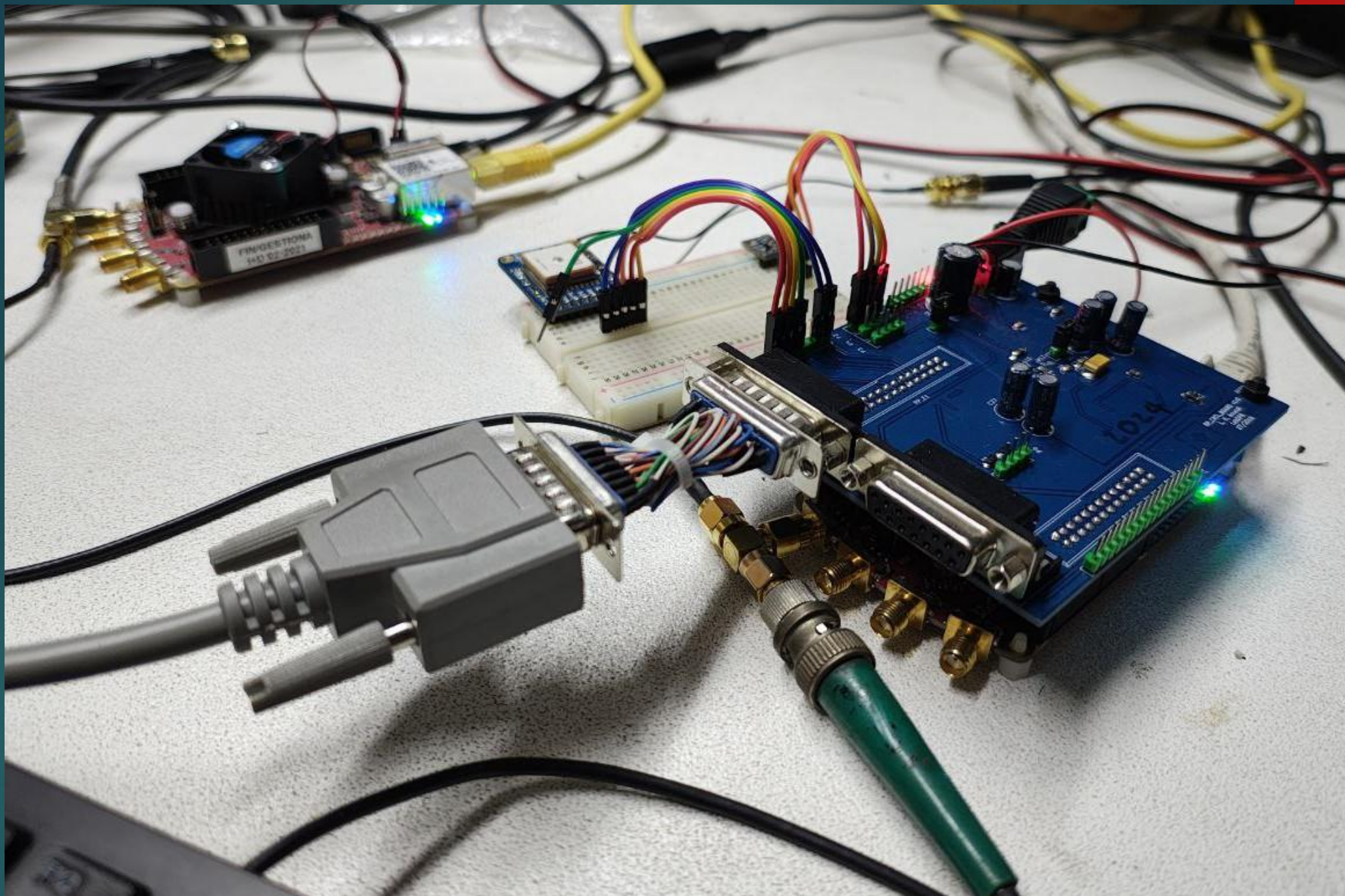
Los detectores Cherenkov de agua (WCD) son tanques de mas de 1.5 m de altura con uno a cuatro tubos fotomultiplicadores en la parte superior.



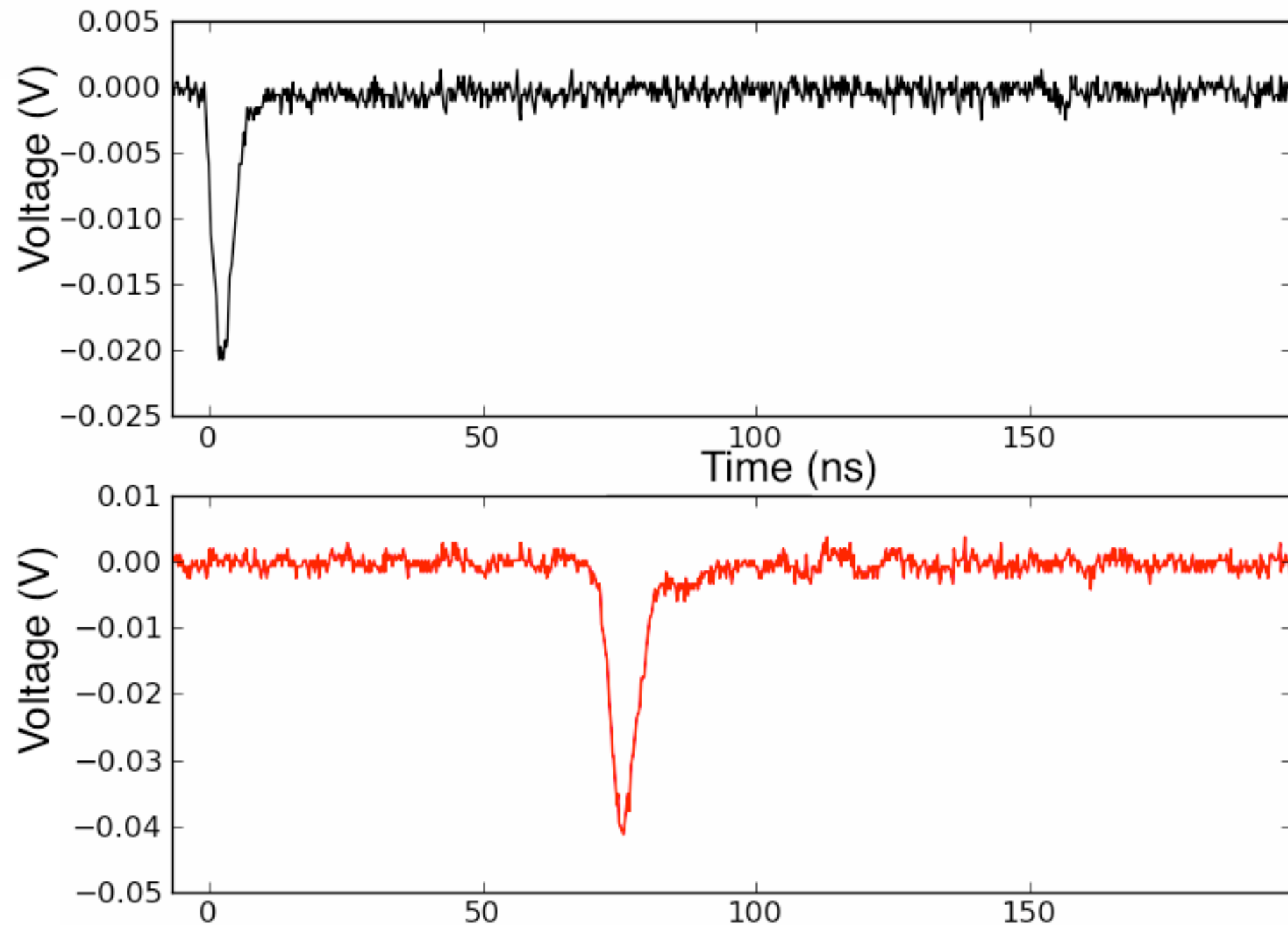
Cuando una partícula ultra relativista pasa por el tanque, genera radiación Cherenkov (fotones) que se reflejan dentro del tanque y algunos eventualmente alcanzan los fotomultiplicadores.



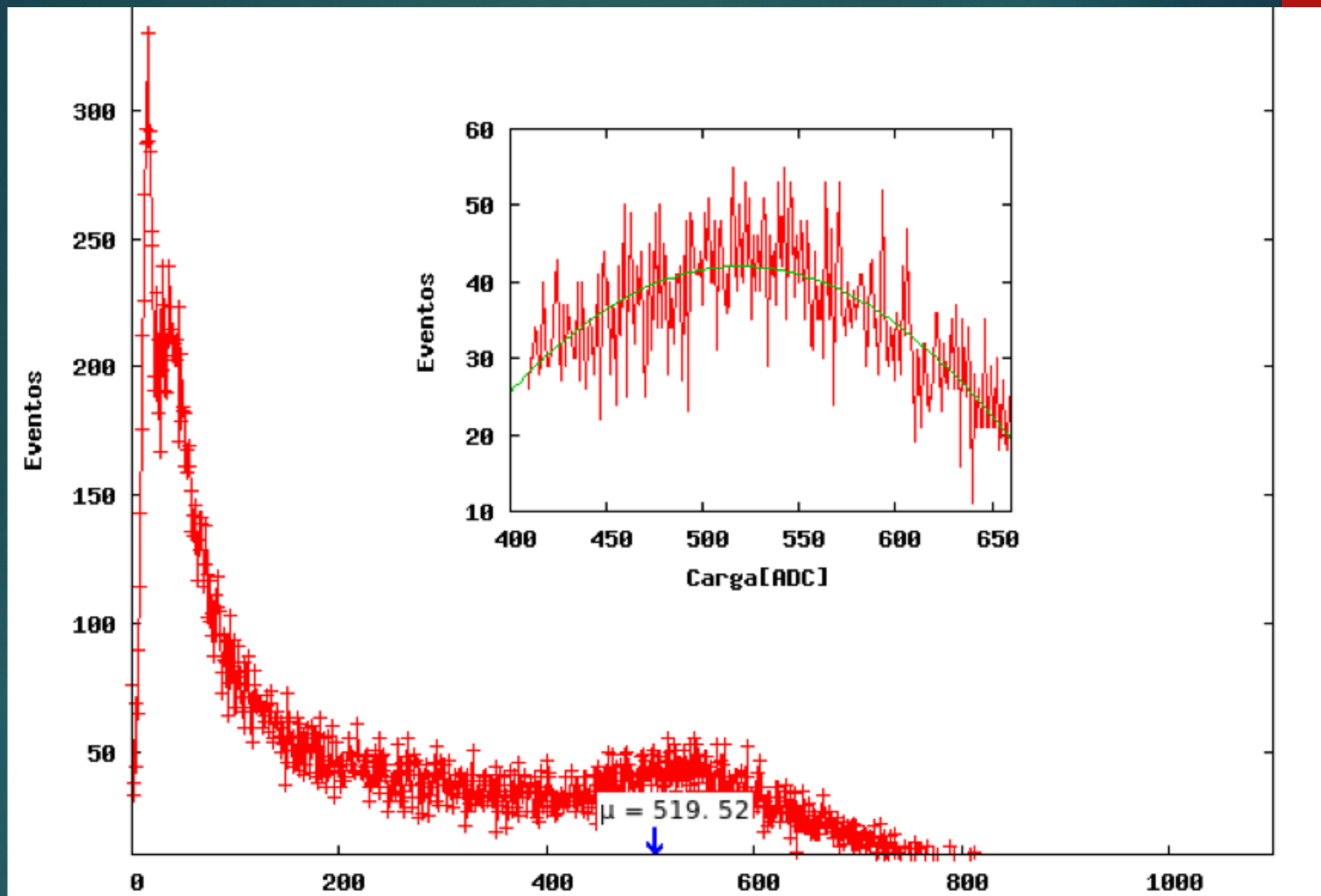
Se utilizan PMTs de 230 mm (9 pulgadas). Vista del PMT Hamamatsu R5912



El DAQ de LAGO siempre se ha basado en FPGA. La última versión utiliza una Redpitaya que incluye ADCs a 125 MSPS.



El fotomultiplicador al detectar fotones, genera un pulso de corriente que es digitalizado por la electrónica asociada.



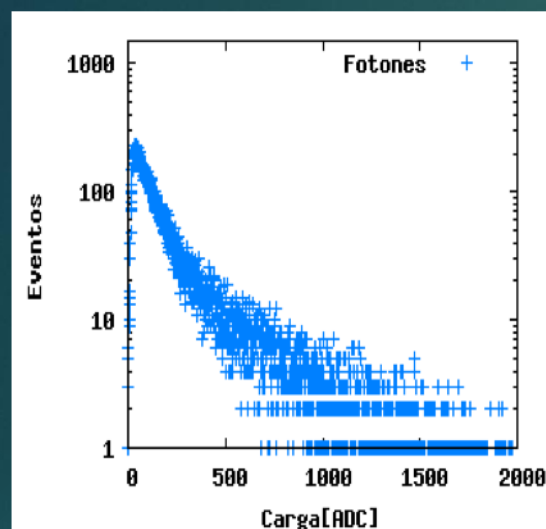
Los WCD son calibrados utilizando el flujo muonico natural. Los muones que atraviesan *verticalmente* el tanque producen un pico en el histograma de carga depositada en el detector, conocido como VEM.

Simulación

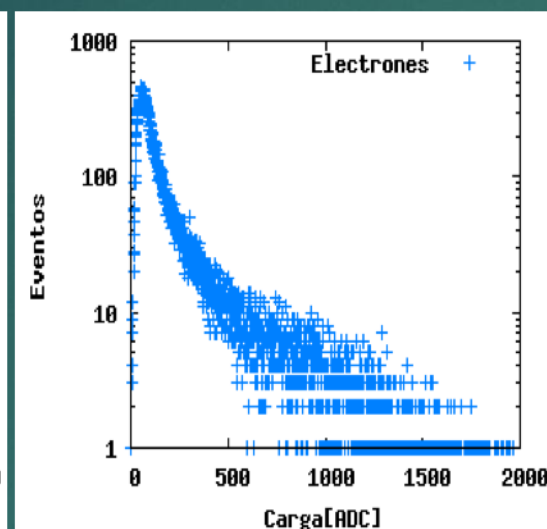
- ▶ Por medio de simulación computacional se puede estimar que es lo que se observar en el detector.
- ▶ La primera parte es calcular el flujo de partículas debidas al flujo de iones que provienen del espacio e impactan en la atmósfera.

Simulación

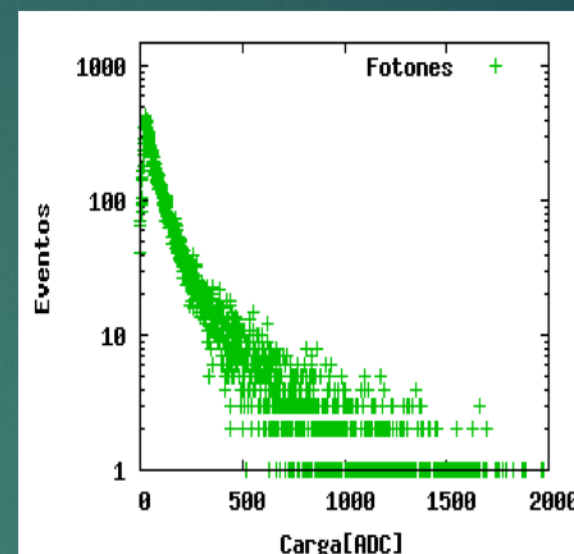
- ▶ Luego se simula el tanque, considerando que a este llega el flujo de partículas obtenido en la simulación anterior.
- ▶ Con la simulación del tanque se puede separar la contribución de las *componentes* electromagnéticas y muónicas al espectro de carga depositada.



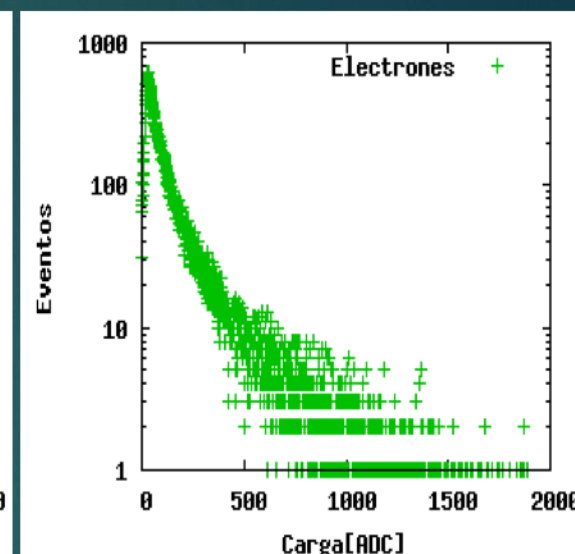
(a)



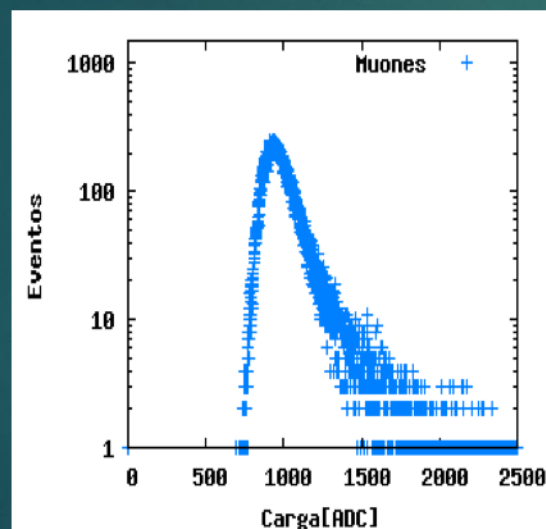
(b)



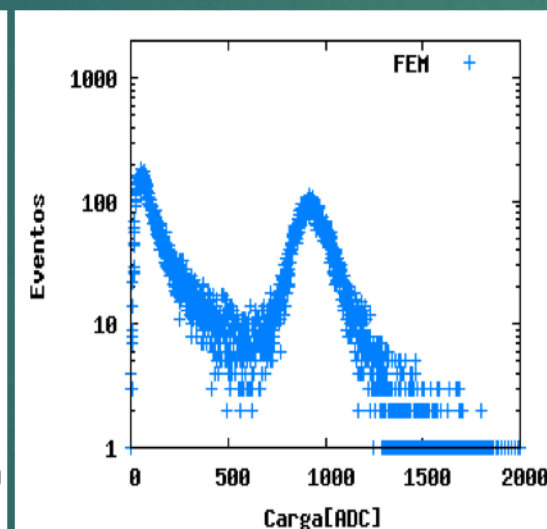
(a)



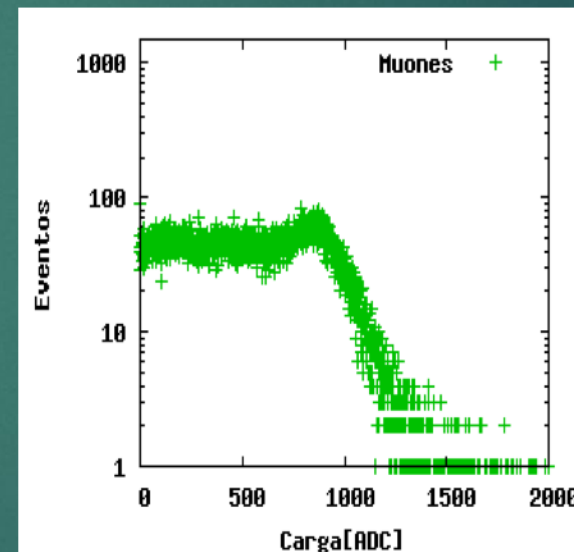
(b)



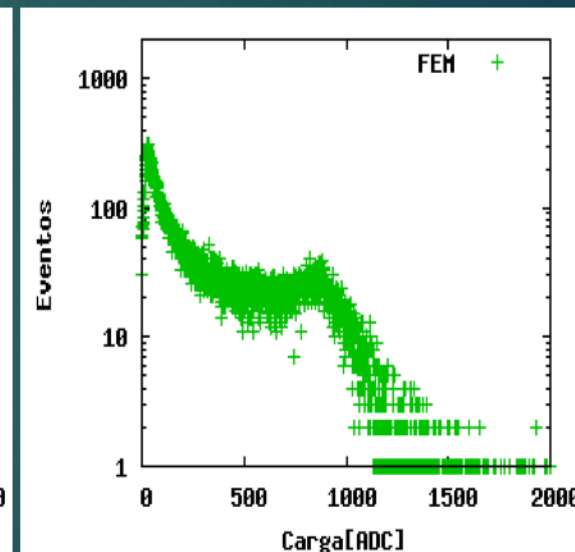
(c)



(d)



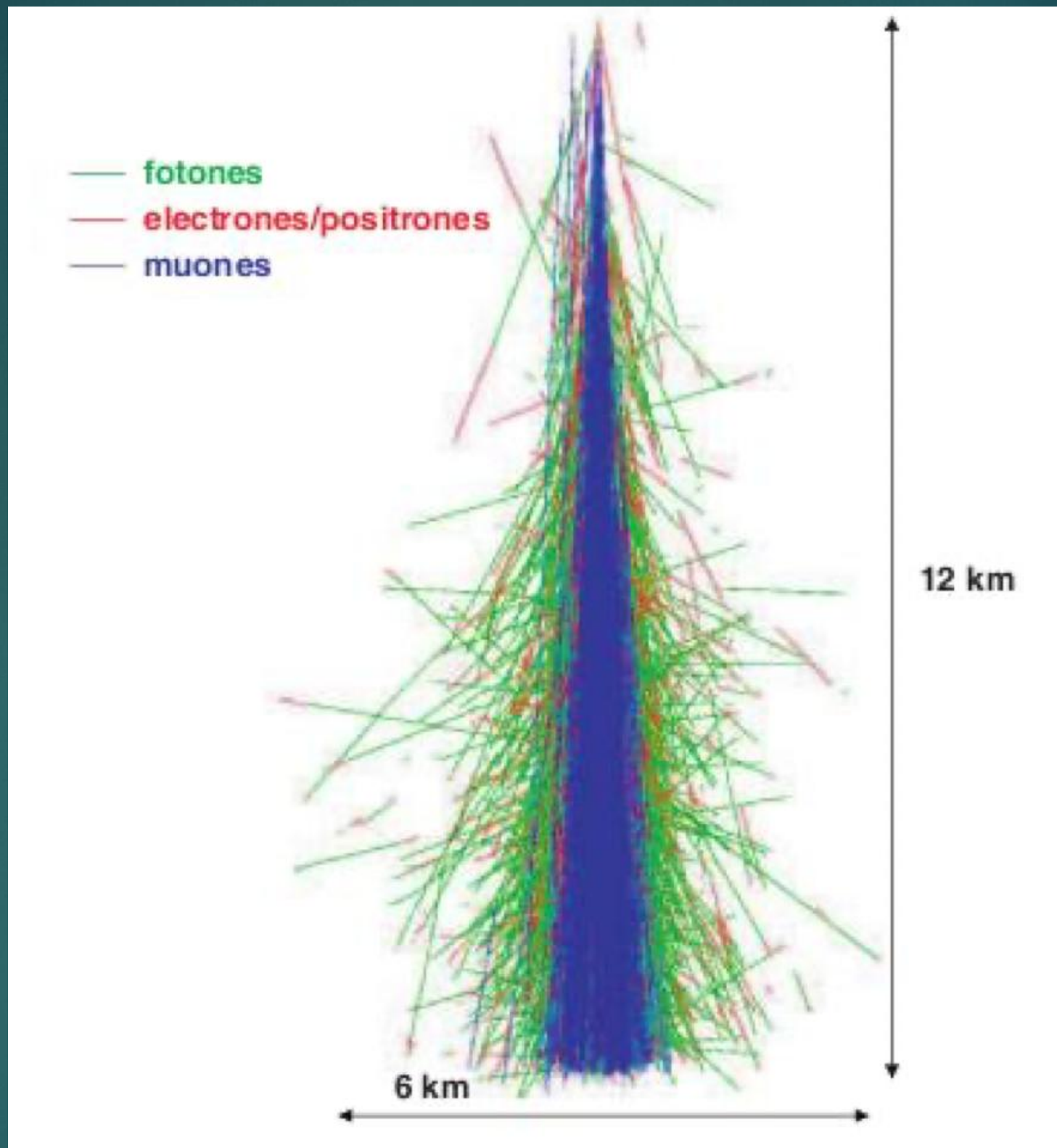
(c)



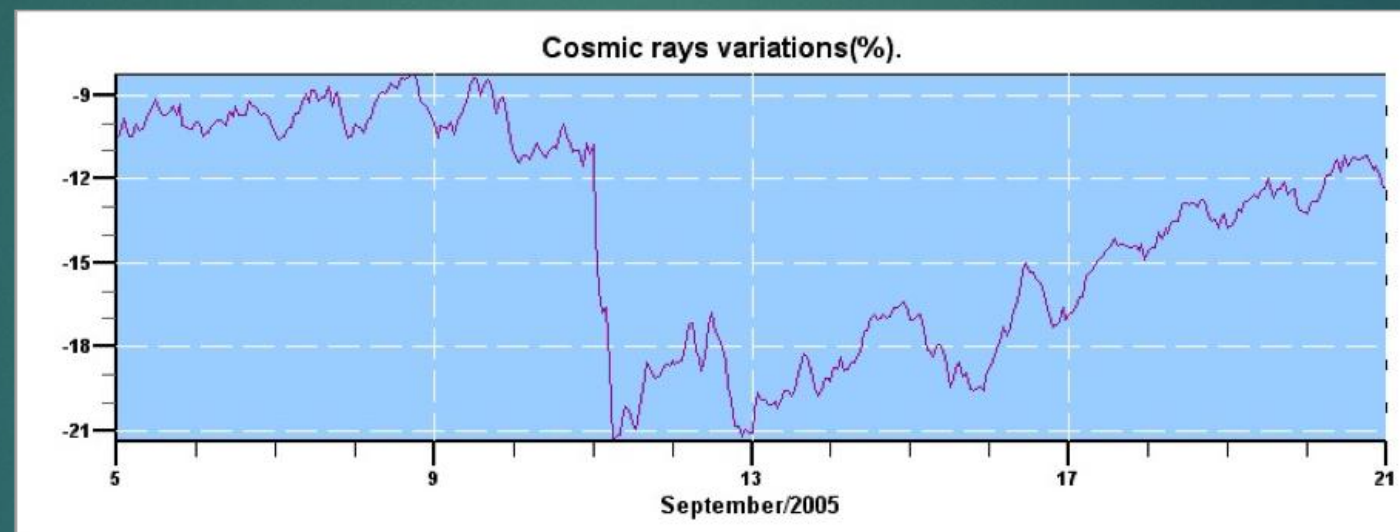
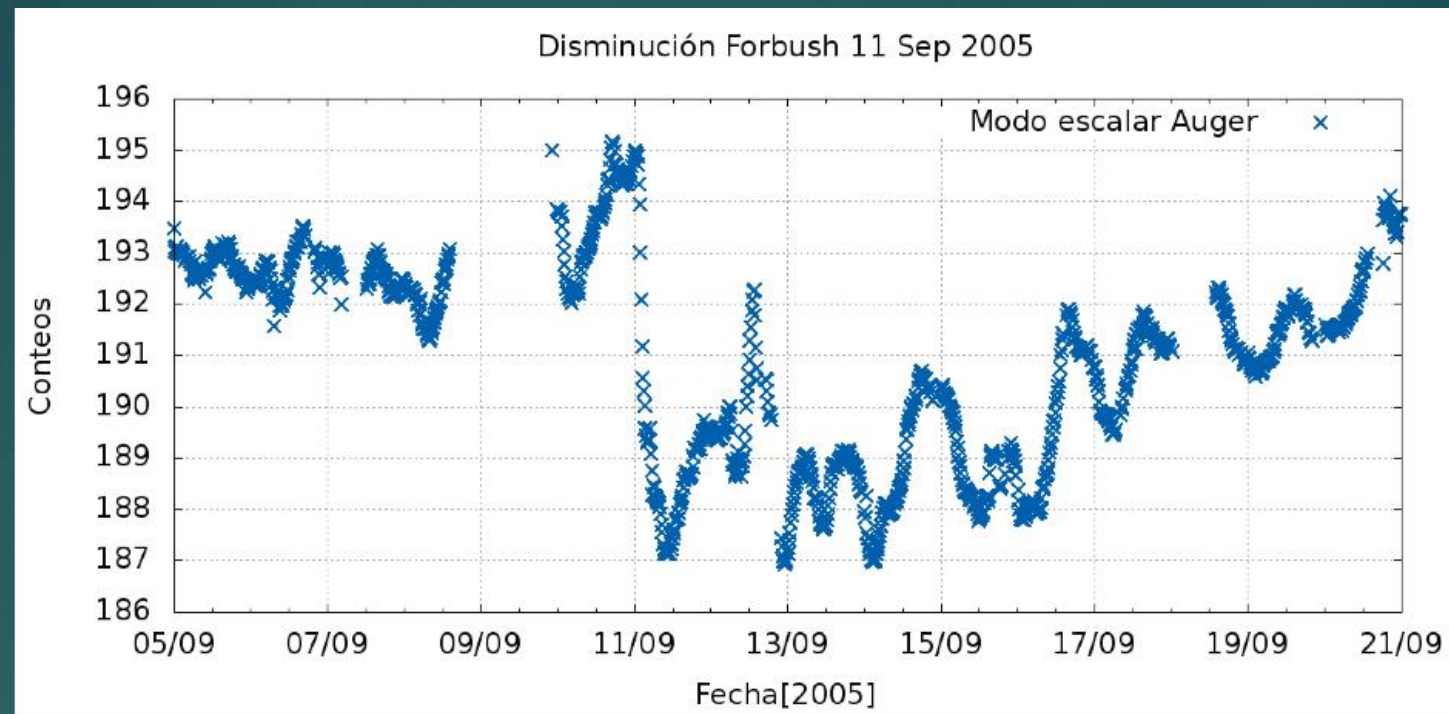
(d)

Que se puede detectar con un WCD

- ▶ Hay varios fenómenos que pueden producir cambios en la cantidad de partículas que llegan al detector.
 - ▶ Incrementos del flujo de partículas debido a la cascada producida por rayos cósmicos ultra energéticos en la atmósfera.



Simulación de una cascada producida por una partícula inicial de 100 TeV.



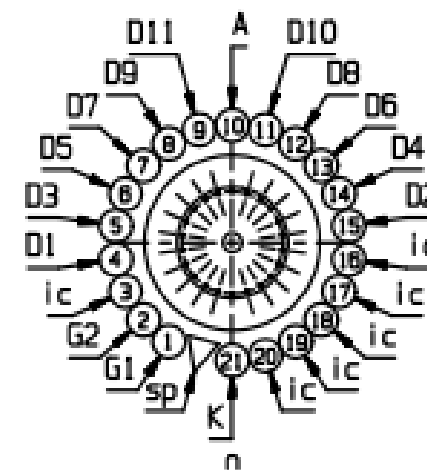
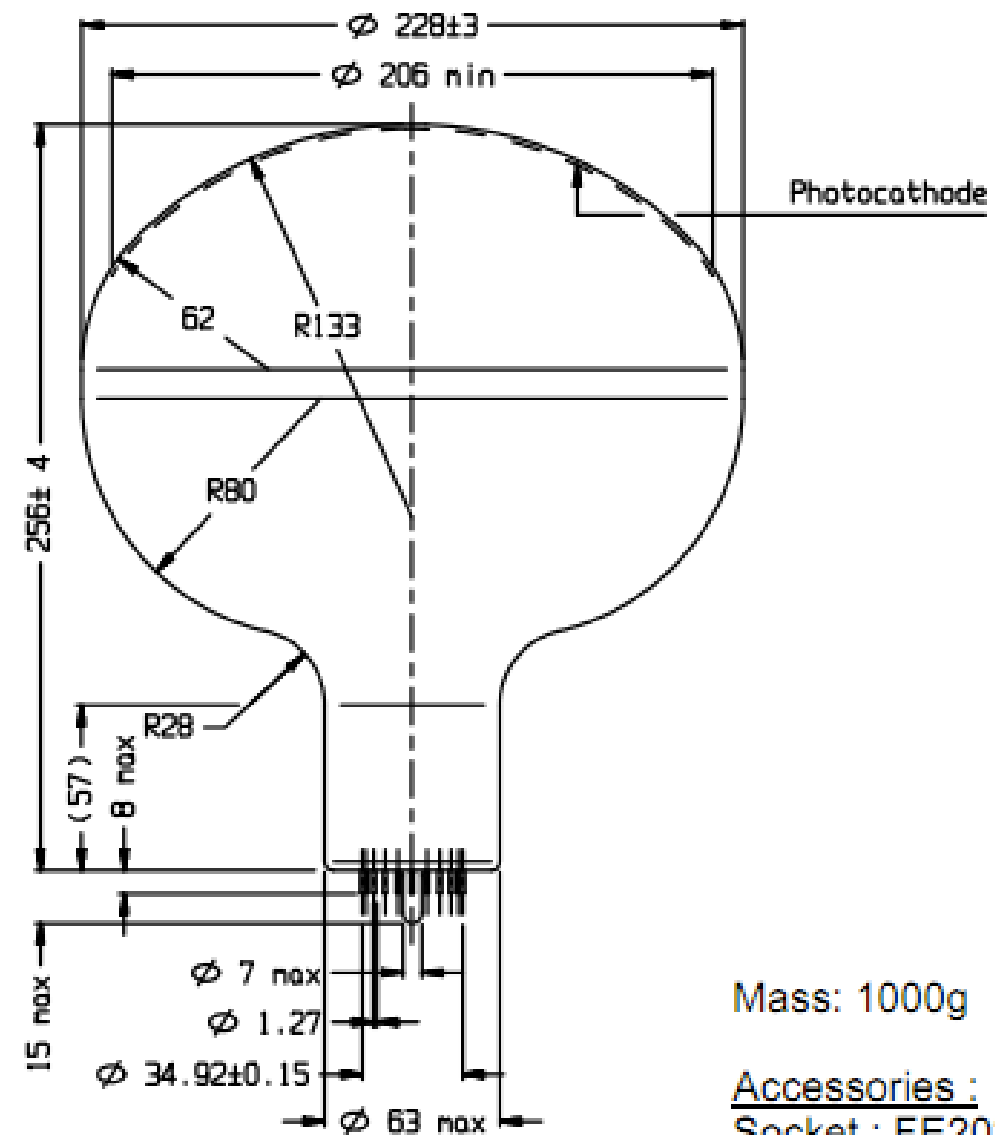
Variaciones en la radiación de fondo debida a la modulación de rayos cósmicos como consecuencia de actividad solar. (*Forbush*)

Colaboración LAGO en Guatemala

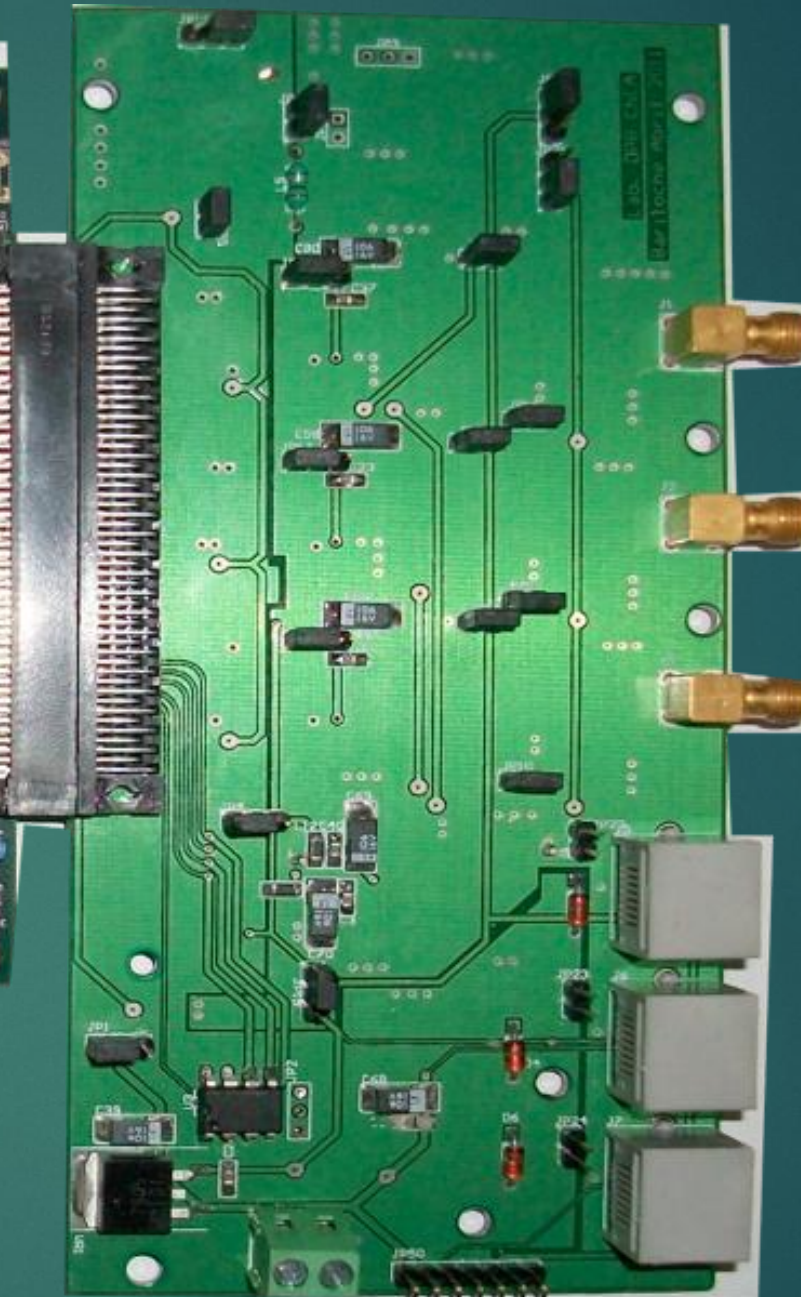
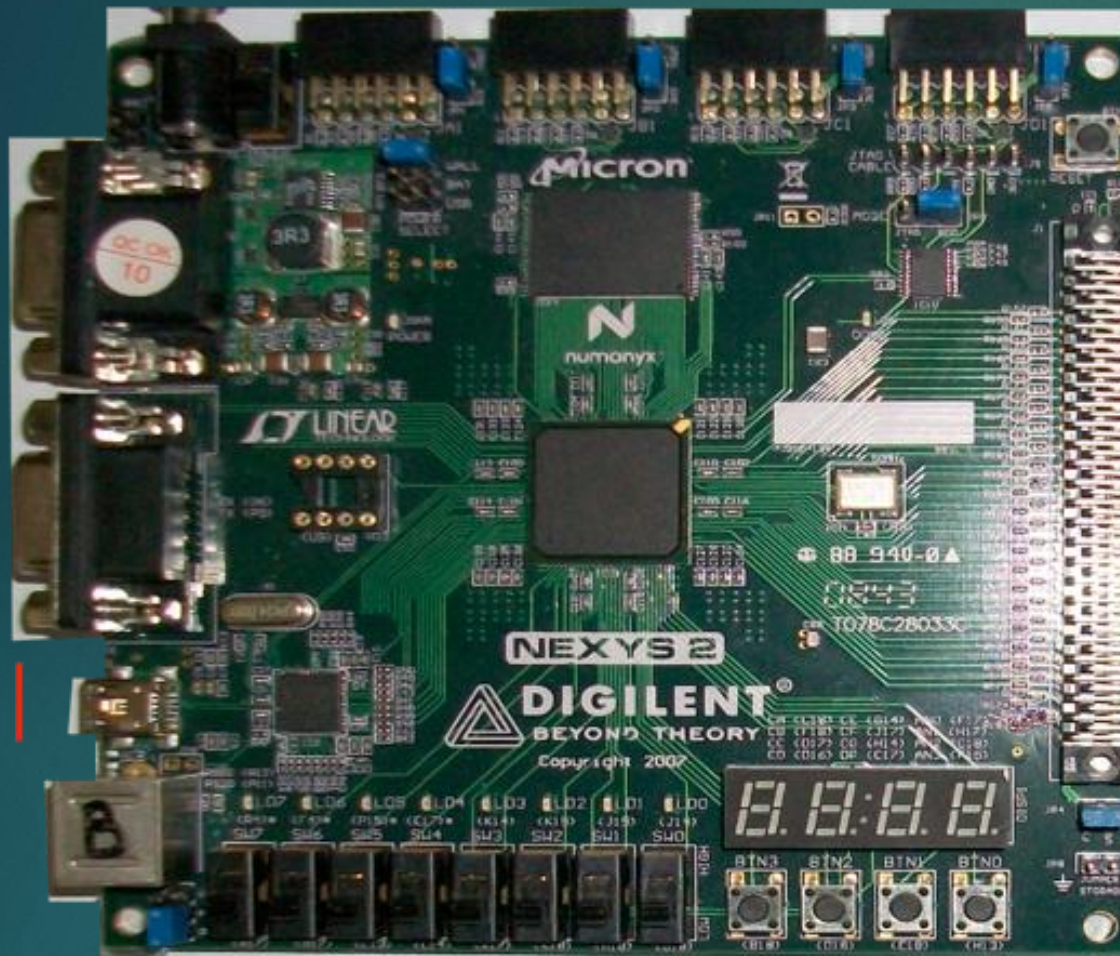


En julio de 2011 se instala el tanque detector de radiación Cherenkov en agua (WCD) en el techo del T1 como parte de un Workshop de lago, en el cual hubieron participantes de Argentina, Colombia, Venezuela, Mexico y Guatemala.

Fototubo Photonis XP1802

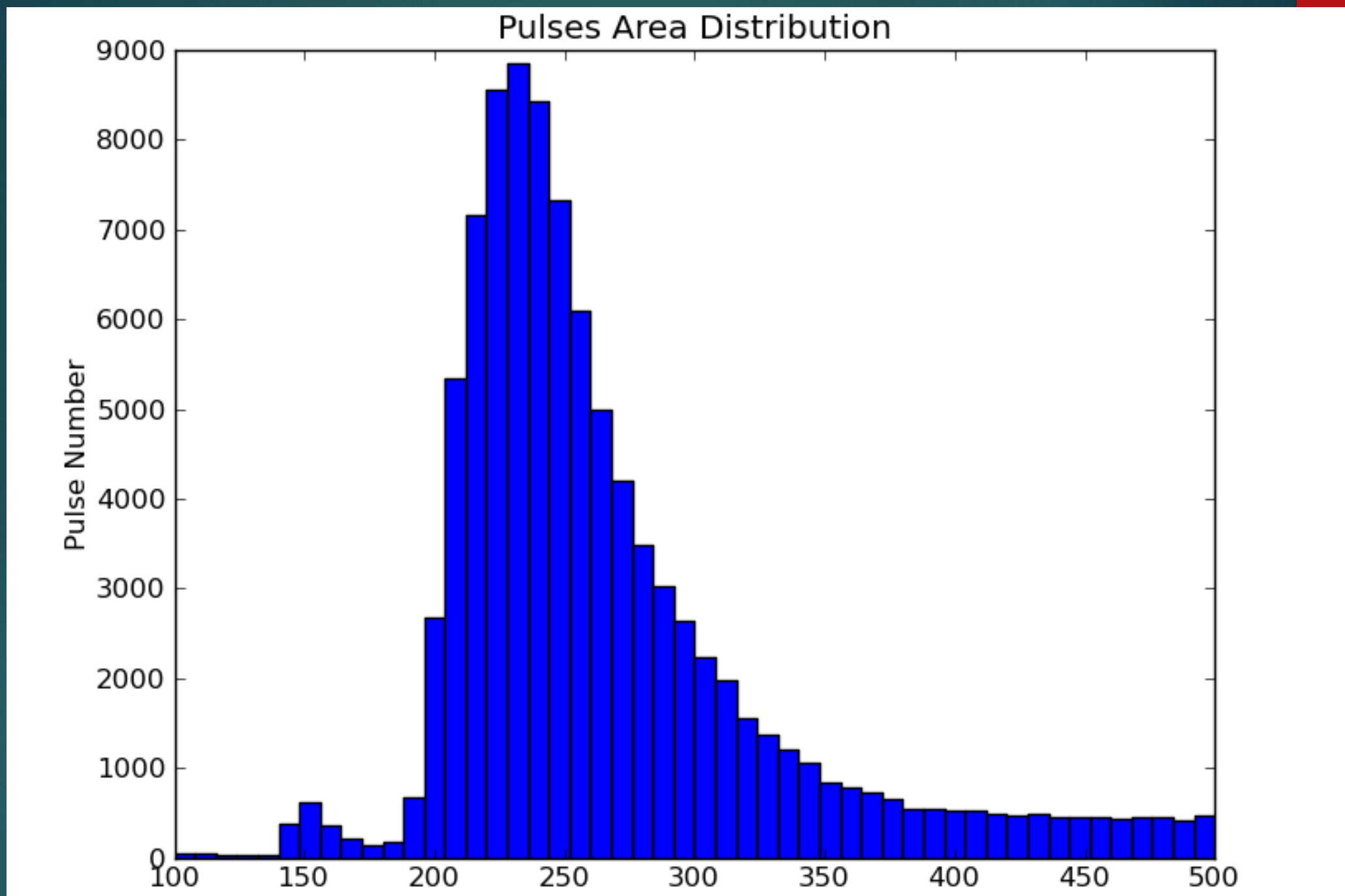


USB



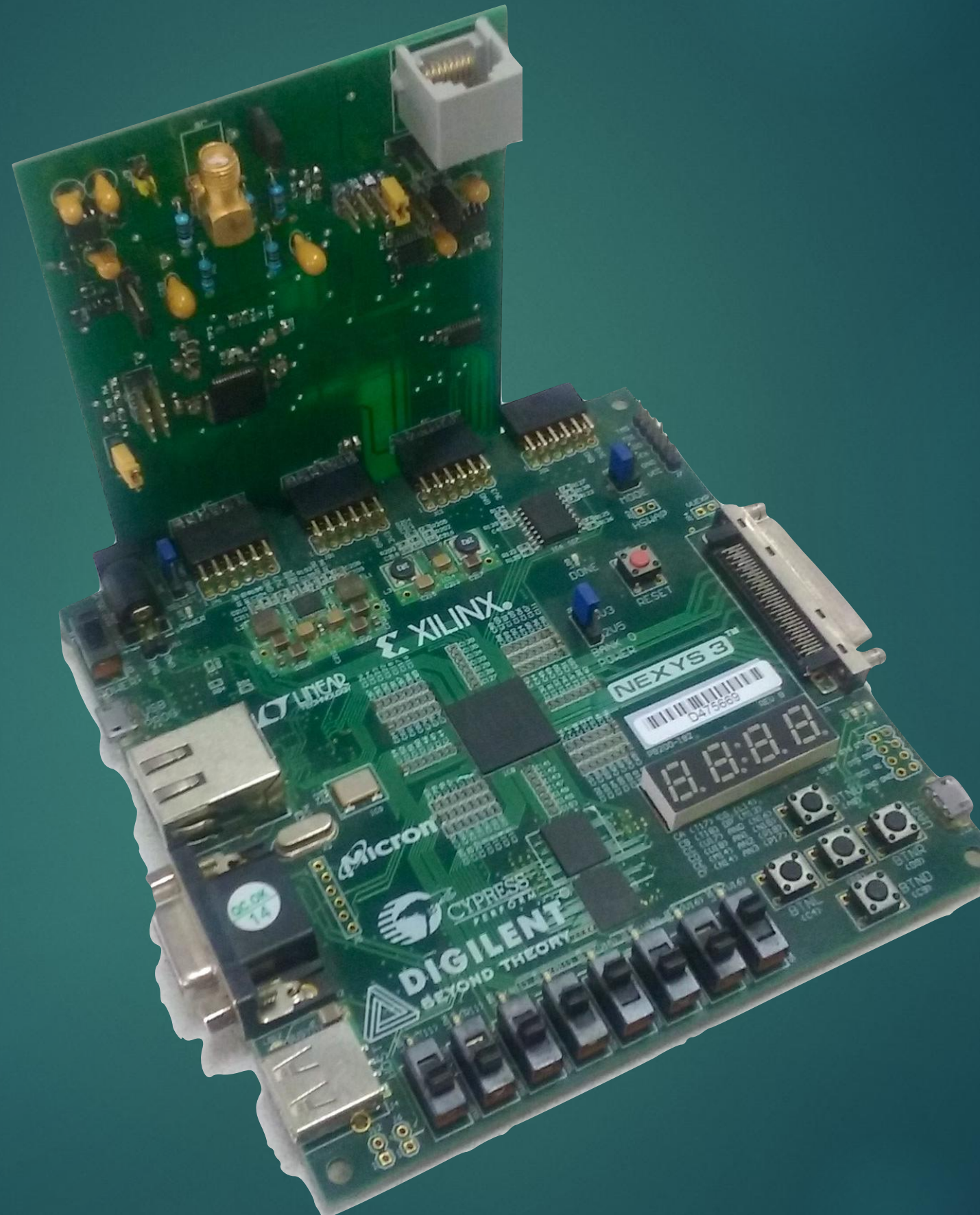
Pulsos de entrada

Slow Control



Se toman los primeros datos y se “verifica” que el equipo funciona.

- 
- ▶ El equipo se mantuvo operacional hasta 2012 cuando se daña la tarjeta digitalizadora.
 - ▶ A partir de ese momento, conforme los recursos lo permitieron, se reparó la tarjeta en 2013.
 - ▶ También se conformó un equipo de instrumentación que inició el diseño de una nueva digitalizadora, lo cual culminó en 2015.



LAGO Guatemala: Beneficios

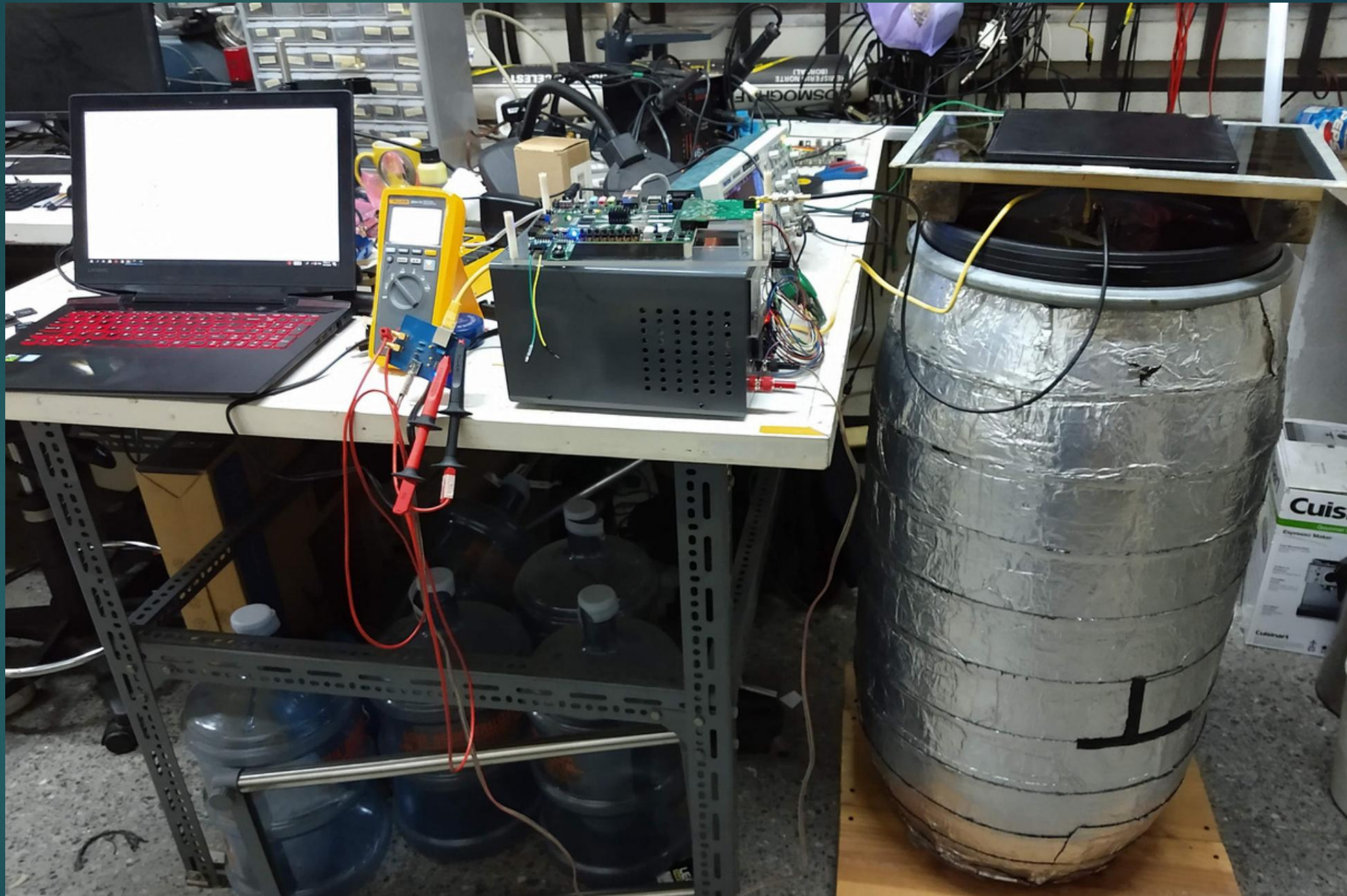
Pertenecer a la Colaboración LAGO ha tenido multiples beneficios al pais.

- ▶ La necesidad de reparar la tarjeta digitalizadora original permitió la formación de un primer grupo de estudiantes (electronica, fisica) que entraron en contacto con la instrumentación y simulación
- ▶ Se han tenido:
 - ▶ Tesis de licenciatura.
 - ▶ Estudios profesionales supervisados.
 - ▶ Prácticas de estudiantes.

- 
- ▶ Establecimiento de contactos con instituciones extranjeras.
 - ▶ Desarrollo local de infraestructura para un laboratorio multidisciplinario de instrumentación.
 - ▶ Formación de profesionales en el area de instrumentación, simulación de interacción con la materia y análisis de datos.



Electrónica desarrollada con apoyo del Mlab del
ICTP





R. Sacahuí, H. Pérez, M. Ballina y L. Núñez







Video YouTube



Blog ECFM-ASTRO



Gracias