



Física de Rayos Cósmicos en la UNACH

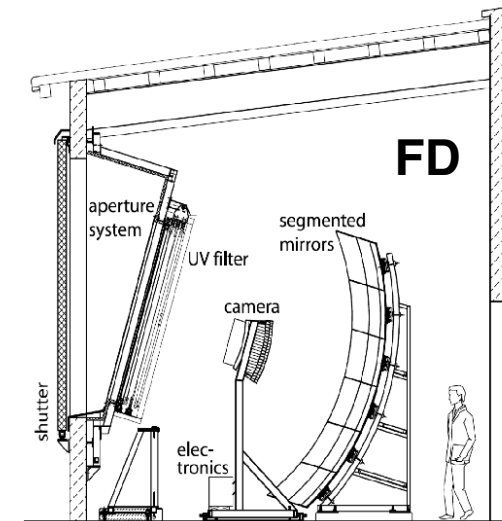
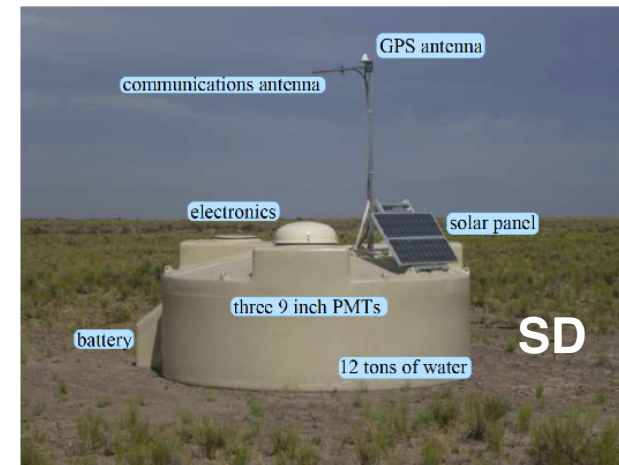
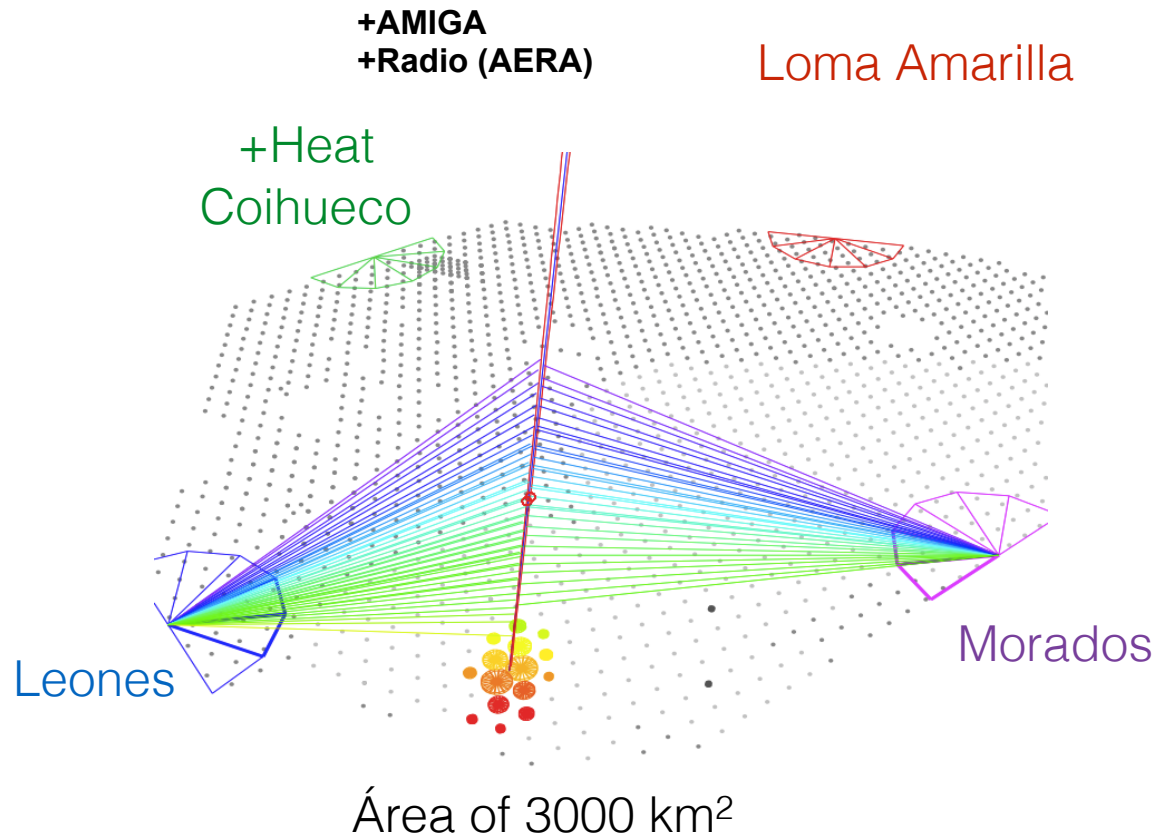
Karen Salomé CaballeroMora
FCFM UNACH

Reunión General de la Red de Física de Altas Energías
RED-FAE
28 de Septiembre de 2017
Tlaxcala

Plan de la charla

- Experimento Pierre Auger
 - Estudio sobre composición de la masa de RCUE
 - Motivación
 - Parámetros sensibles a la composición
 - Método propuesto
 - Resultados
 - Monitoreo de las estaciones del SD del Observatorio
 - Motivación
 - Efectos de la luz directa
 - Evolución en el tiempo
- Experimento LAGO
 - Avances
- Proyecto Escaramujo
- HAWC

Observatorio Pierre Auger



24 telescopios de fluorescencia en 4 posiciones (FD)
1660 estaciones de superficie (SD)

Estudio del Risetime como función de la distancia al centro del chubasco, considerando ángulo cenital

Hernán Castellanos Valdés

Objetivo:

- Optimizar la distancia característica al centro del chubasco para considerar el risetime para cada evento. Se pretende disminuir las fluctuaciones que presenta actualmente.

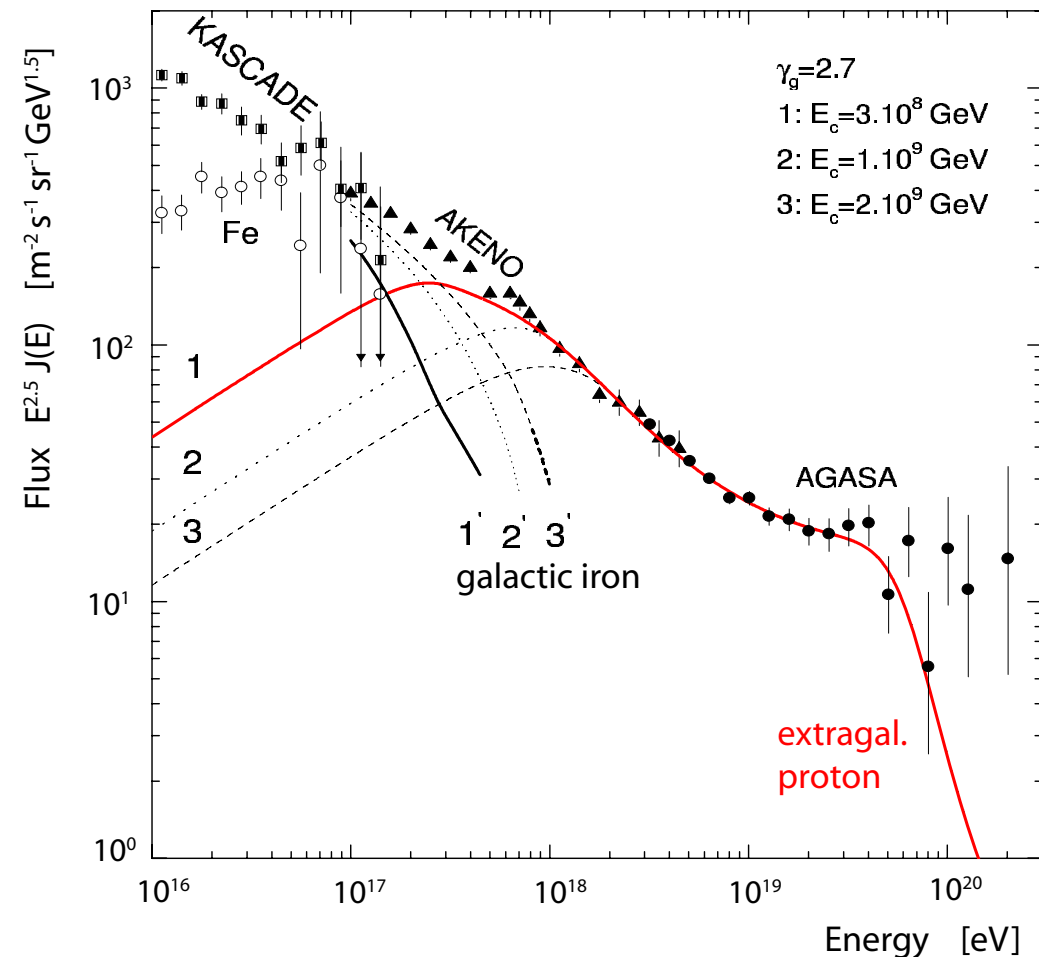
Futuro:

- Explorar el comportamiento del risetime a la distancia característica encontrada como parámetro sensible a la **composición** de la masa y compararla con resultados obtenidos con risetime a 1000 m
- Hacer comparaciones con simulaciones
- Explorar otras relaciones como X_{\max} vs ΔCore

Composición de la masa de los RCUE

- Se necesita para entender: Origen de los RCUE, mecanismos de aceleración y propagación
- Retroalimentación con interacciones de partículas elementales a energías altas

- Teoría:
Mezcla o ligera
- Experimento:
Mezcla o pesada



Composición de la masa de los RCUE

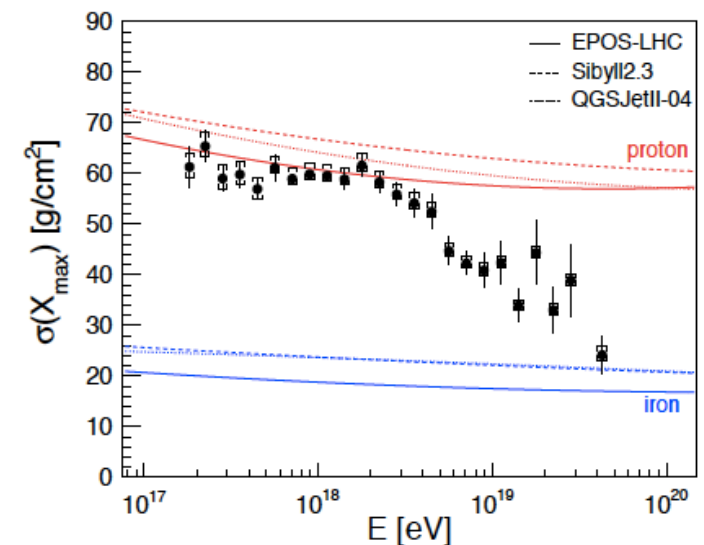
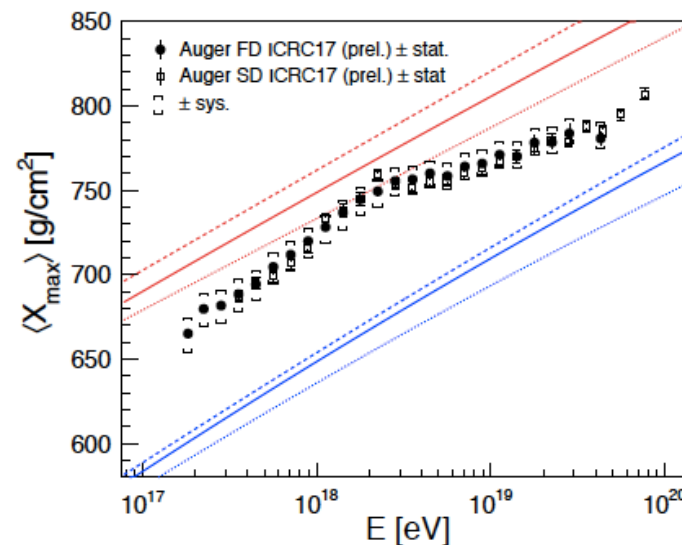
- Se necesita para entender: Origen de los RCUE, mecanismos de aceleración y propagación
- Retroalimentación con interacciones de partículas elementales a energías altas

- Teoría:

Mezcla or ligera

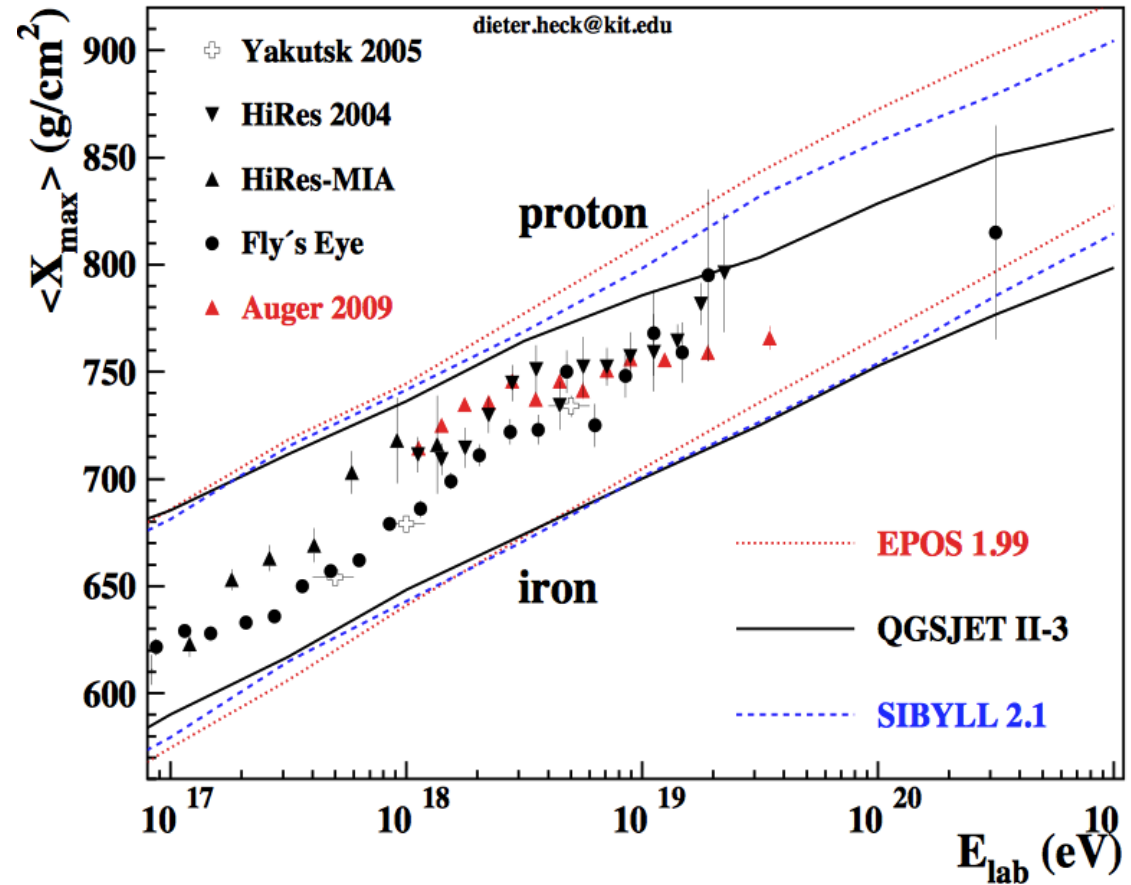
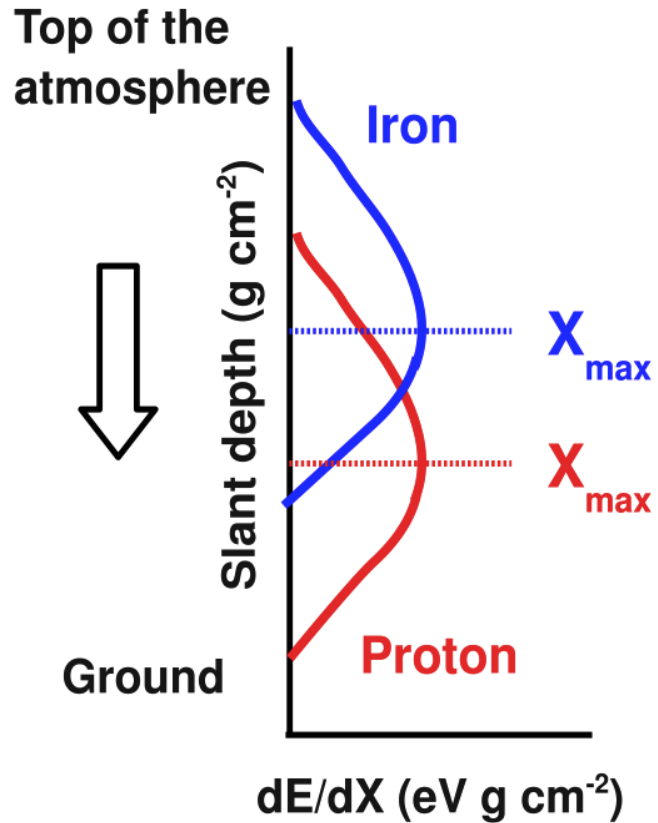
- Experimento:

Mezcla o pesada



ICRC 2017

Composición de la masa de los RCUE

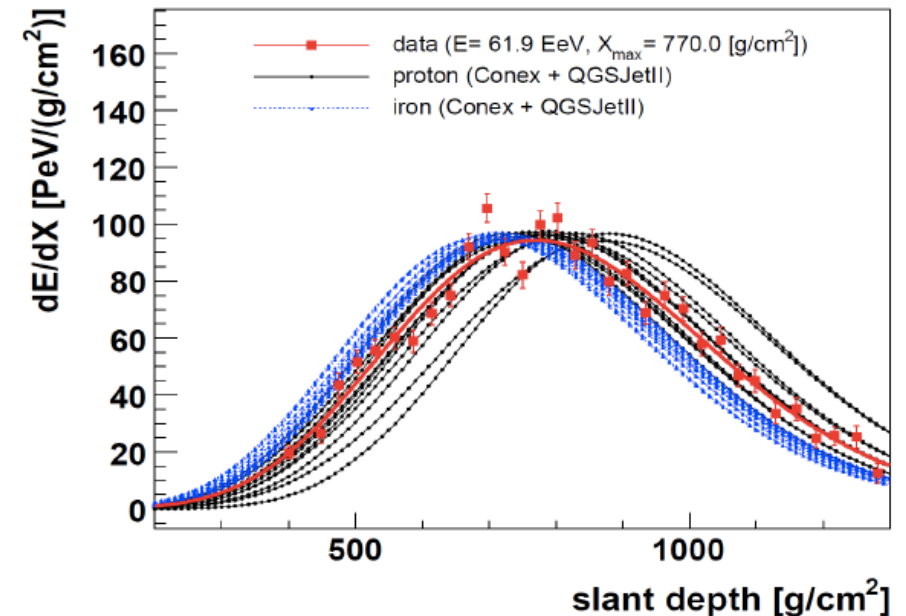


Composición de la masa mixta,
comparada con modelos de interacción
hadrónica

Razón de elongación

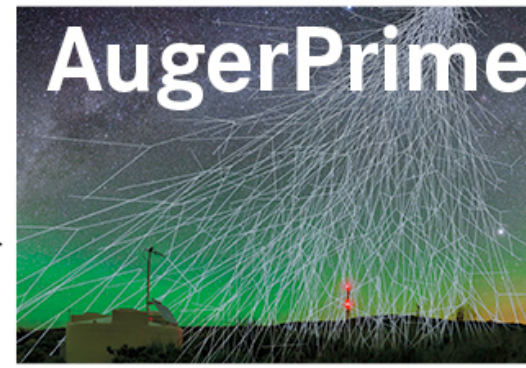
Parámetros sensibles a la composición en el Observatorio Pierre Auger

- Radio de curvatura (R_c)
- Fracción del número de muones (promedio o evento por evento)
- Razón Muon/electrón
- Profundidad de producción del Muon (production depth)
- X_{\max}
- Risetime, $t_{1/2}$ (parámetro de asimetría, Deltas, fluctuaciones)
- Análisis Multivariable (basado en promedios)





PIERRE
AUGER
OBSERVATORY



Primary cosmic **R**ay **I**dentification with **M**uons and **E**lectrons

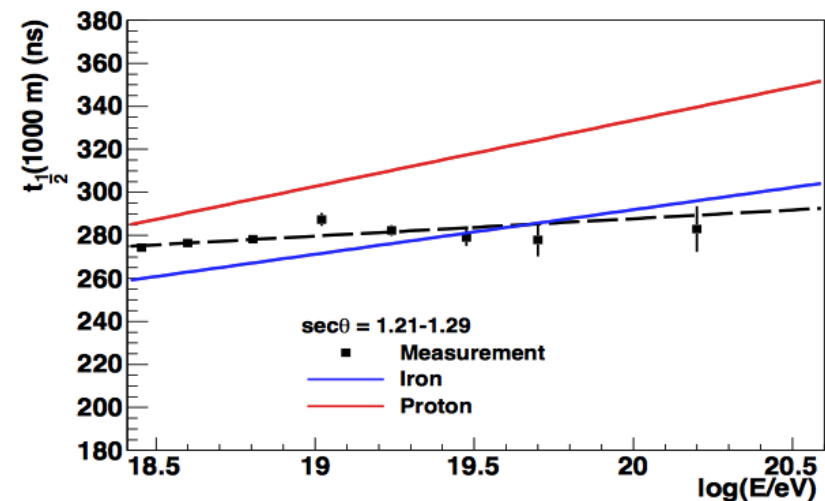
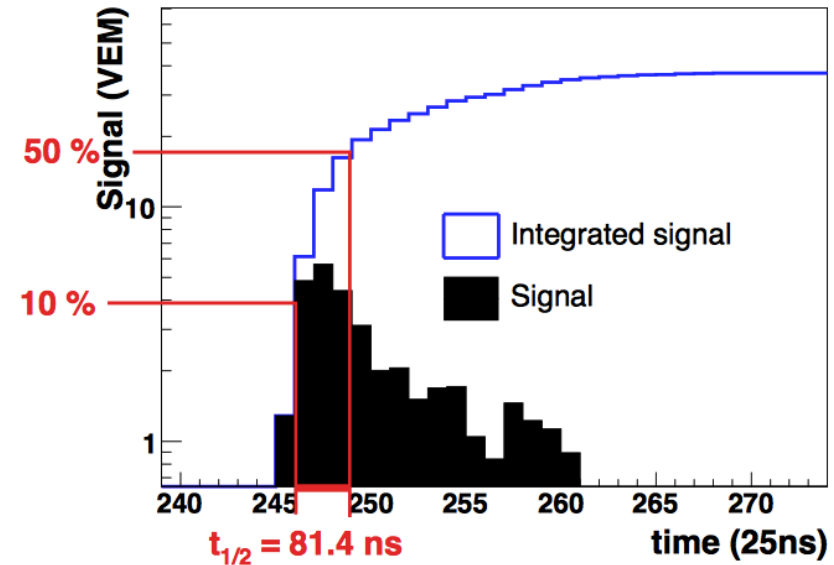
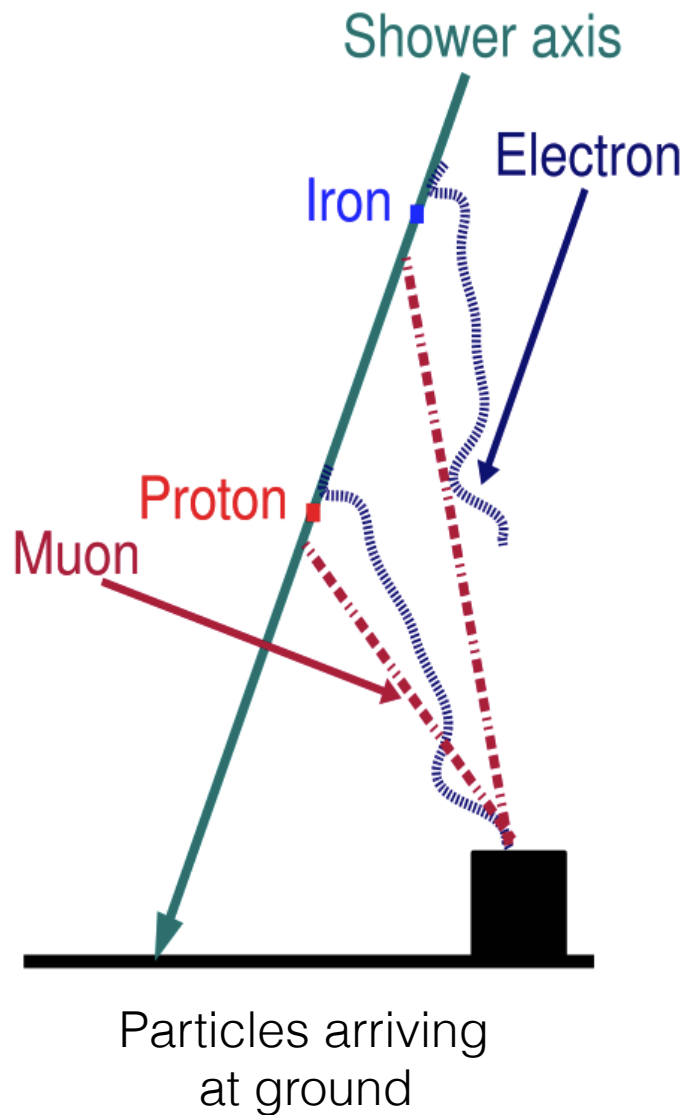
- **Objetivos:**
 - Composición de la masa
 - Mejora de la sensibilidad a la contribución de protones
 - EAS e interacciones hadrónicas a altas energías
- **Mejoras (Upgrades):**
 - Detector Centellador de Superficie (Surface Scintillator Detector SSD)
 - Sustitución de la electrónica actual
 - AMIGA
 - Extensión del ciclo activo del FD



El SSD puede distinguir entre las componentes muónica y electromagnética

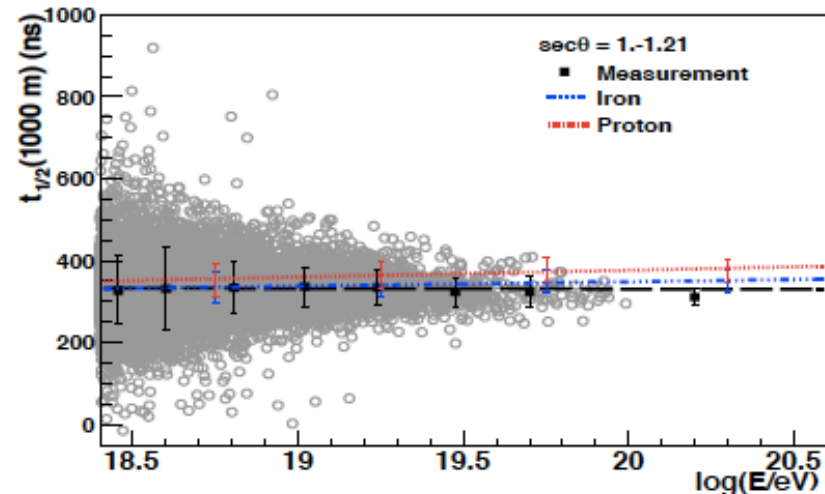
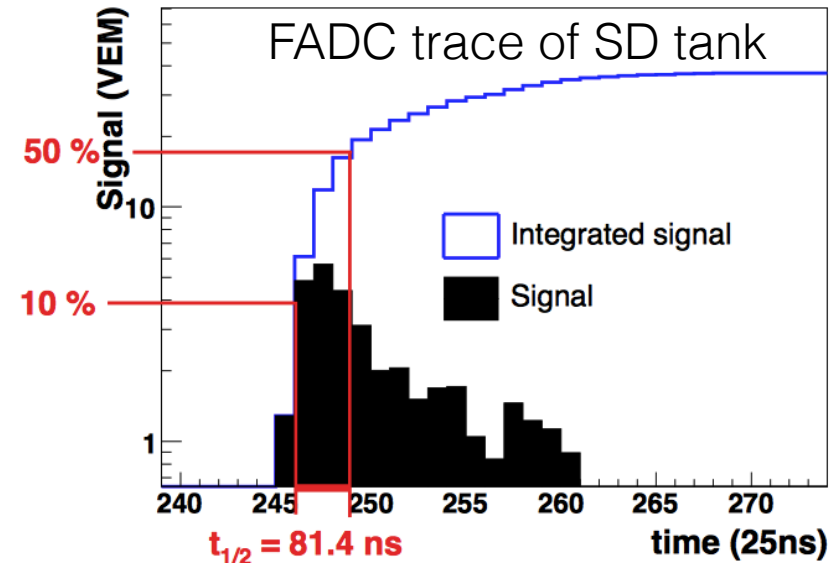
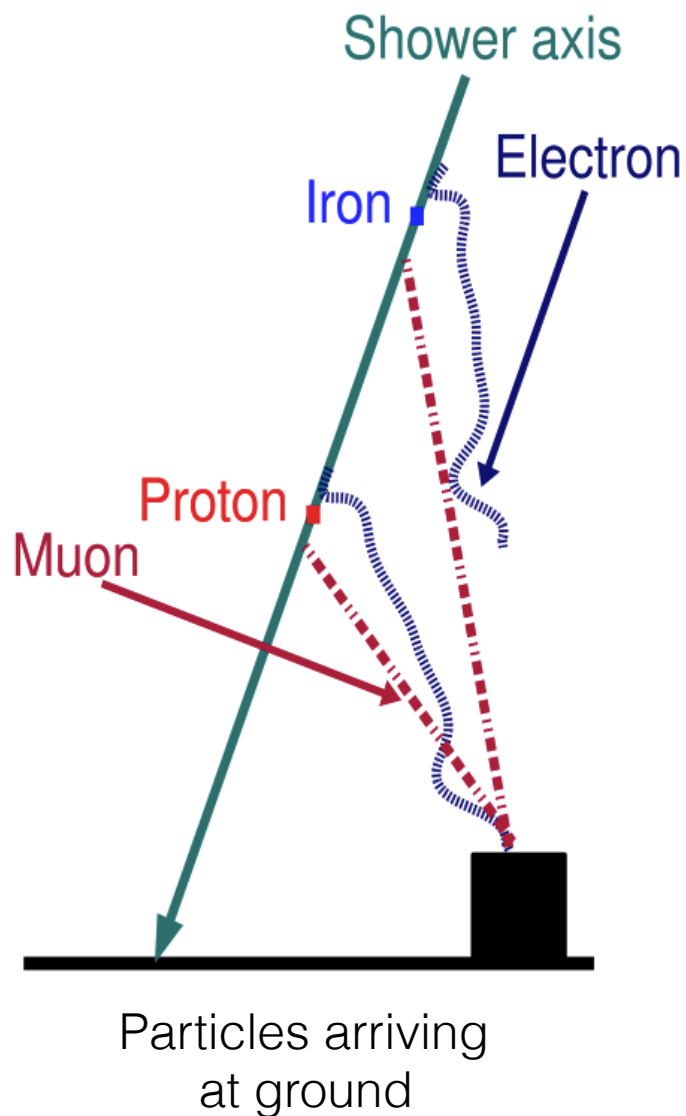
The SD mass composition sensitive parameter $t_{1/2}$

FADC trace of SD tank



$t_{1/2}$ as mass sensitive parameter 9/37

The SD mass composition sensitive parameter $t_{1/2}$



$t_{1/2}$ as mass sensitive parameter 10/37

Study of rise time as a function of energy, zenith angle and distance to the shower core

Hernán Castellanos Valdés

Method:

We analyzed events with angles around $30^\circ - 39^\circ$, $40^\circ - 49^\circ$ and $50^\circ - 59^\circ$, for a fixed energy. We consider rise time as a function of the distance to the shower core.

Fits of the following forms are considered:

$$f(x) = 40 + ax + bx^2$$

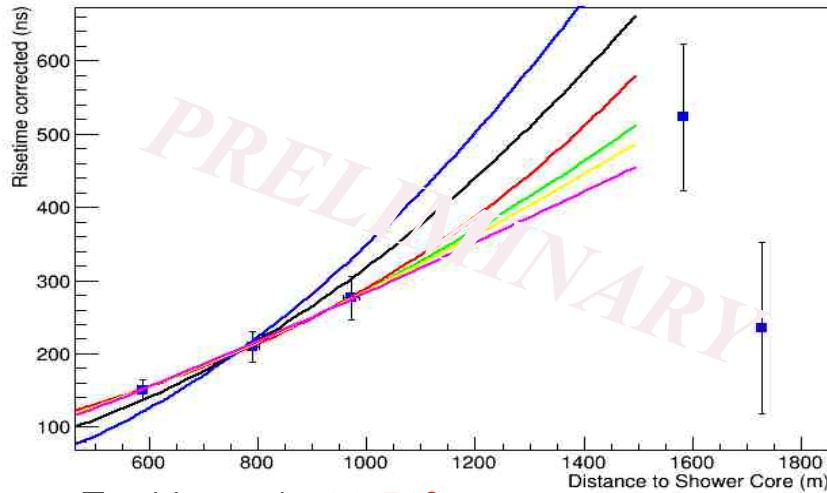
$$f(x) = 10 + (a^2 + bx^2)^{1/2} - a$$

$$f(x) = 40 + ax$$

The distance where the fits intersect is the characteristic distance of the event to be considered

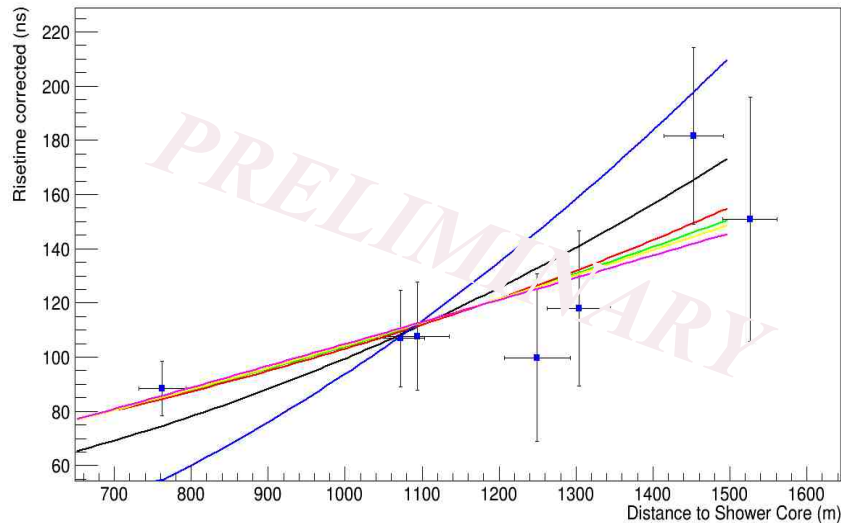
Some examples

Error Risetime



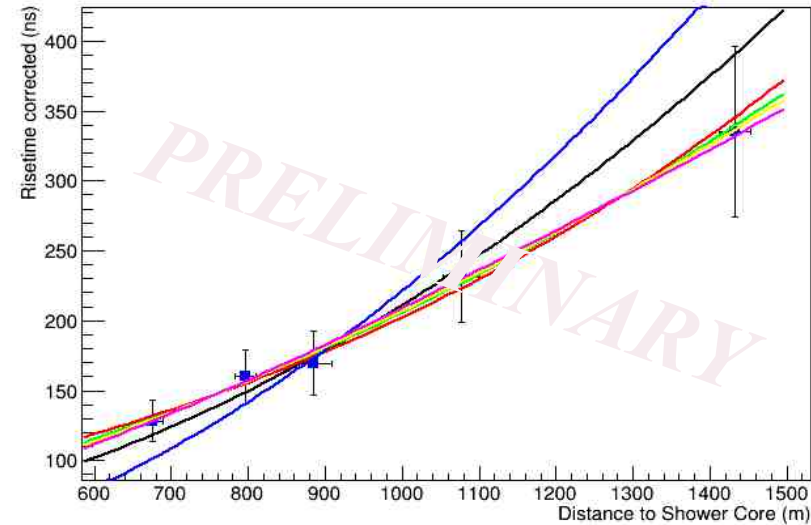
Zenith angle: 36.56°
Energy: 2.19×10^{19} eV
Intersection at: 765 m

Error Risetime



Zenith angle: 57.57°
Energy: 1.62×10^{19} eV
Intersection at: 1095 m

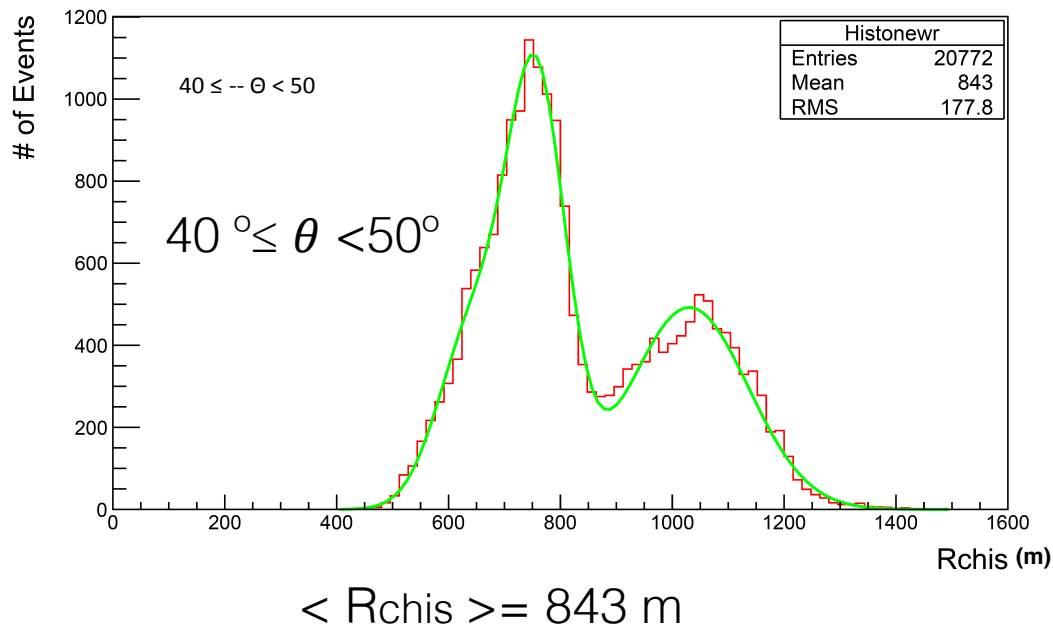
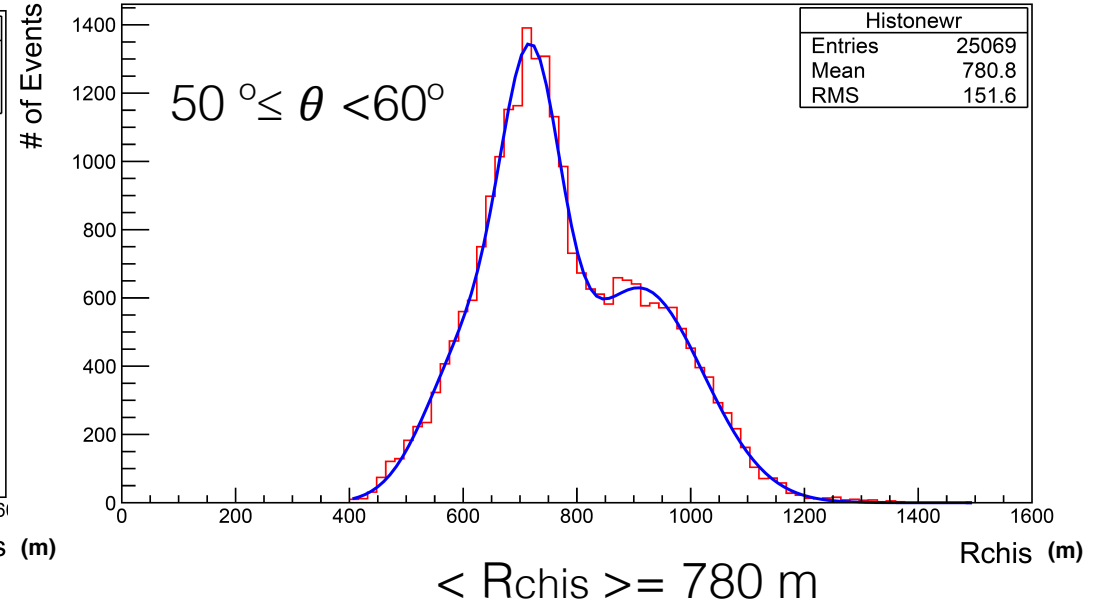
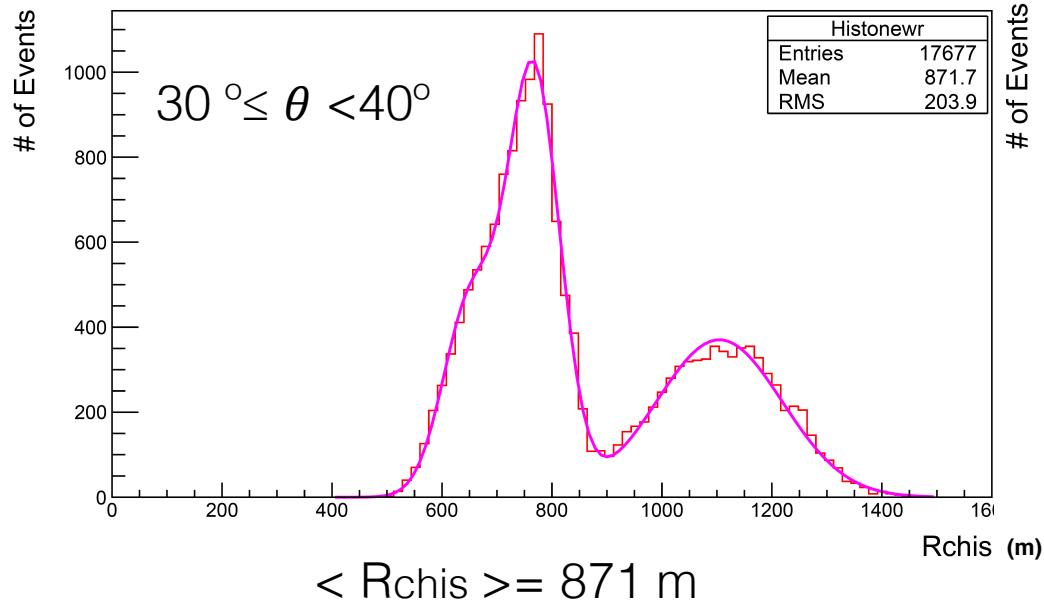
Error Risetime



Zenith angle: 44.77°
Energy: 1.37×10^{19} eV
Intersection at: 910 m

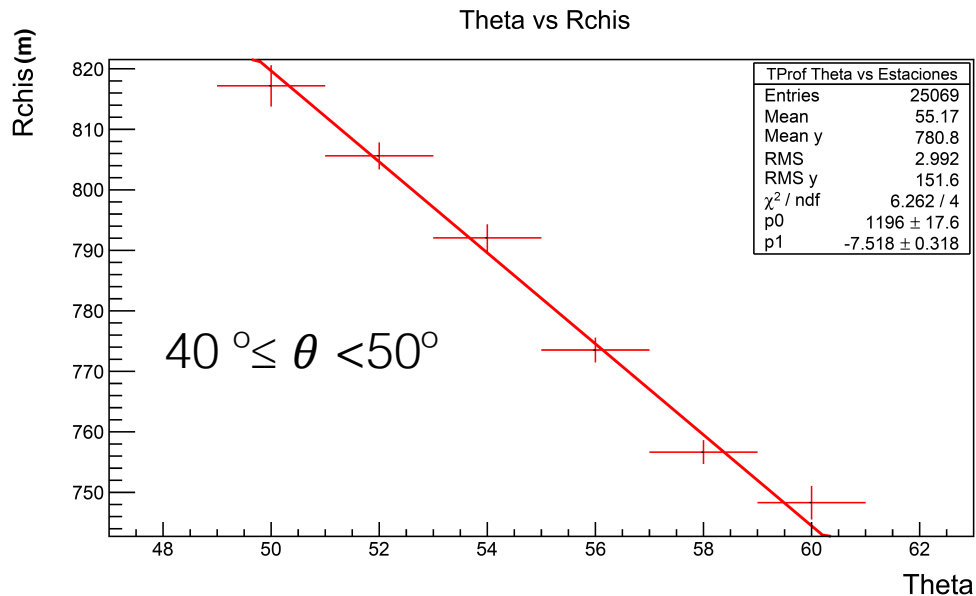
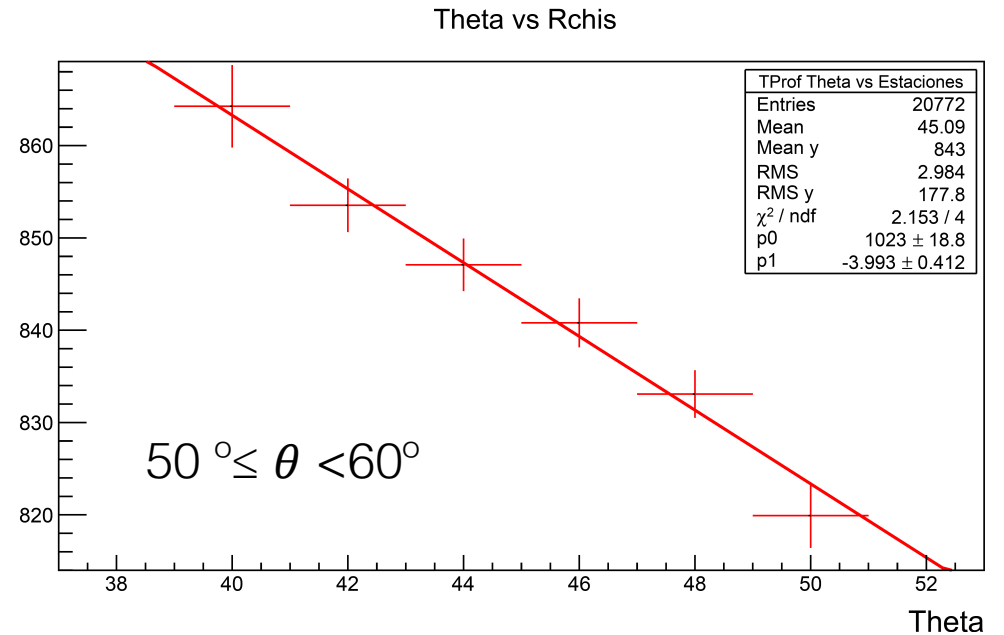
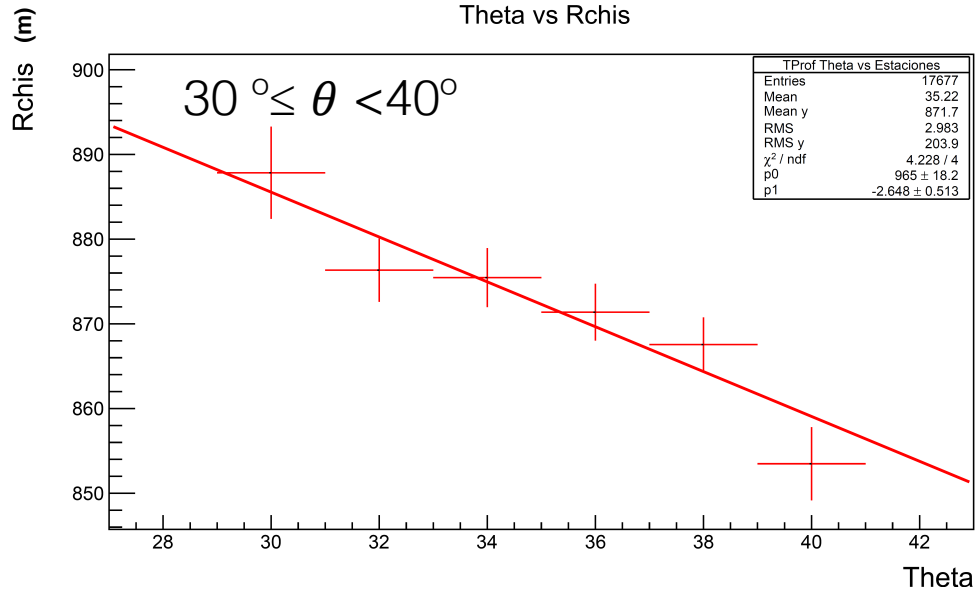
There is a different intersection distance of the fitted functions of risetime, for events with different zenith angles. That distance might be used for performing more accurated studies on mass composition. A total of 15 events have been analyzed showing similar results

Mean behaviour for events 2004-2015



Events having good fits with the explored functions

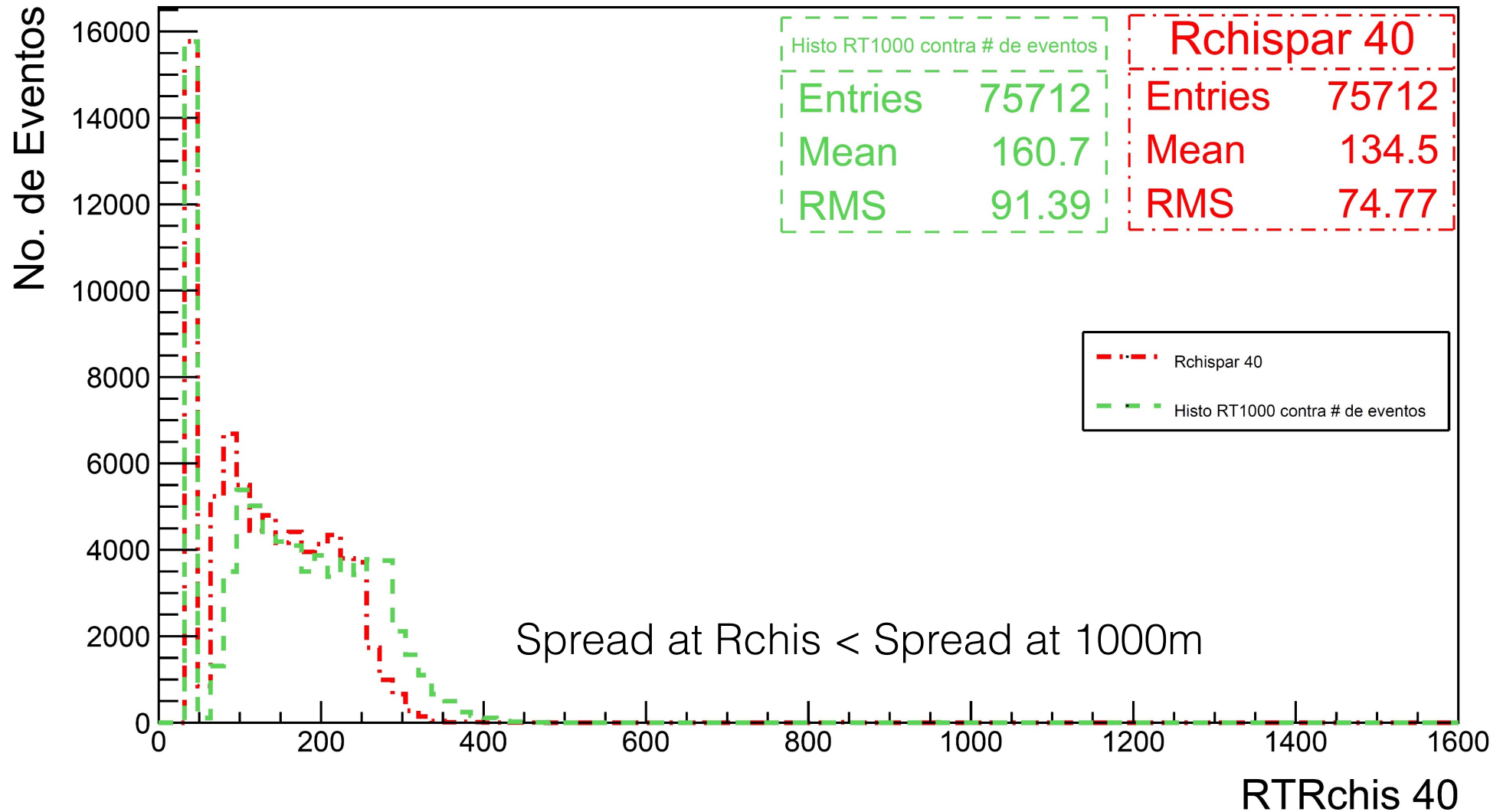
Mean behaviour for events 2004-2015



Range of θ	Fit's slope
30°-40°	-2.648
40°-50°	-3.993
50°-60°	-7.518

$t_{1/2}(1000m)$ vs $t_{1/2}(Rchis)$ Using the fit of a function:

$$f(x) = 40 + ax + bx^2$$



Next short term steps

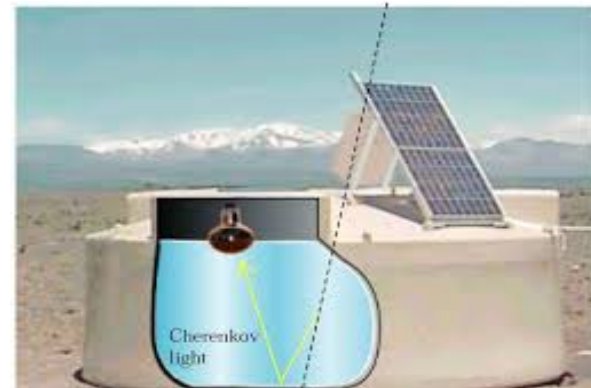
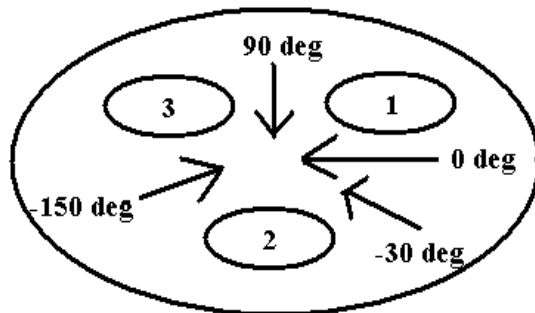
- To use the linear fit to obtain R_{chis} for one event, given θ
- Once having R_{chis} , to obtain the value of $t_{1/2}$ for such distance, i.e. $t_{1/2}(R_{\text{chis}})$
- To compare $t_{1/2}(R_{\text{chis}})$ with $t_{1/2}(1000)$ to check if the spread of $t_{1/2}(R_{\text{chis}})$ is smaller than for $t_{1/2}(1000)$. If it is true, then $t_{1/2}(R_{\text{chis}})$ can be used for performing mass composition sensitive studies with simulations.
- A dependence with the energy will be also explored

Direct light in the SD and their change in time

Pedro Valencia Esquipula

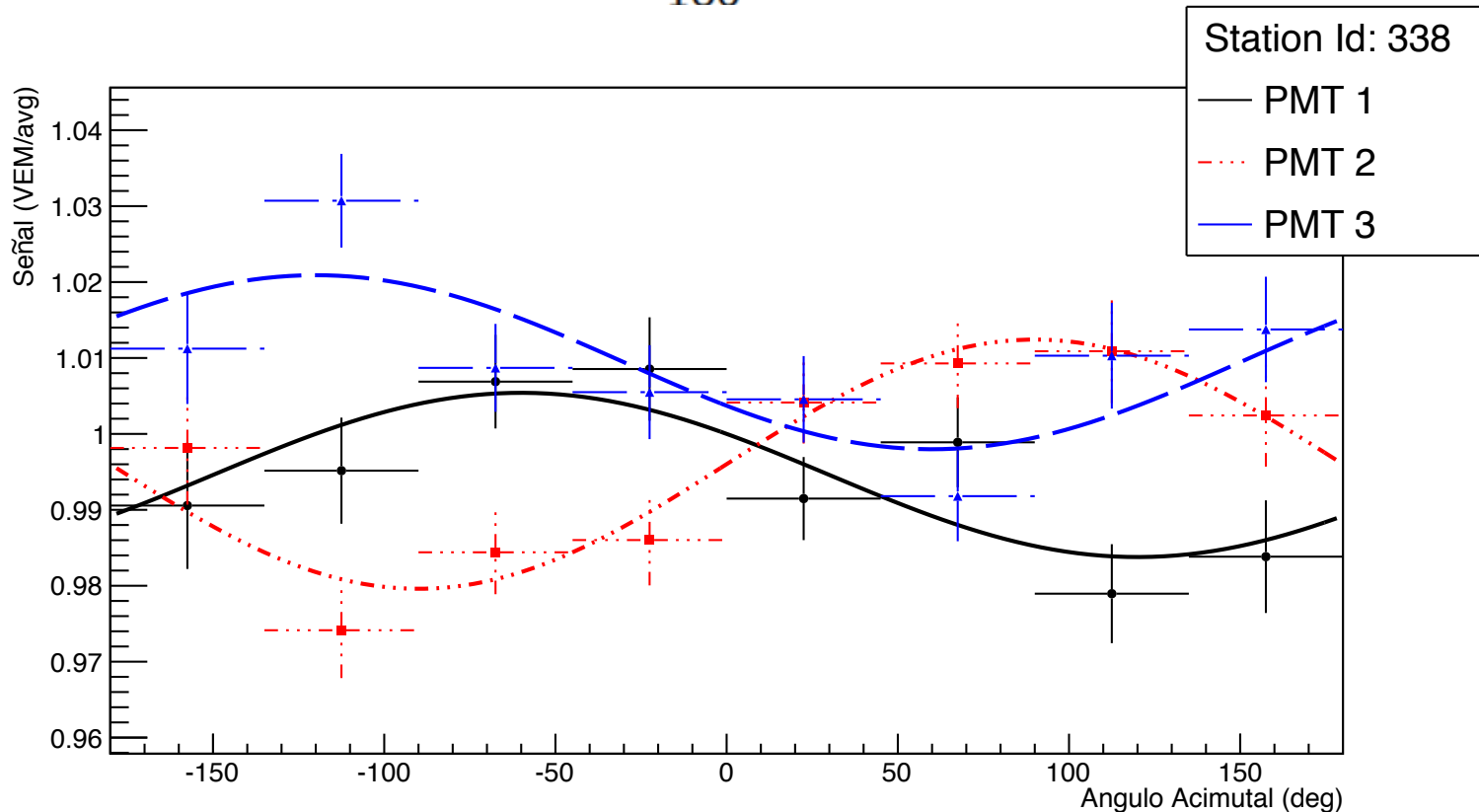
Goal:

- To observe the effects of direct light in the tanks of the SD, and their evolution in time.
- The change in time could provide information on the physical state of each tank.
- Such information can be also used for studying possible systematic effects in the measurements made by the SD
- To quantify effects of the PMT's aging



Direct light in the SD and their change in time

$$A \sin\left(\frac{\pi(x - k)}{180}\right) + b$$

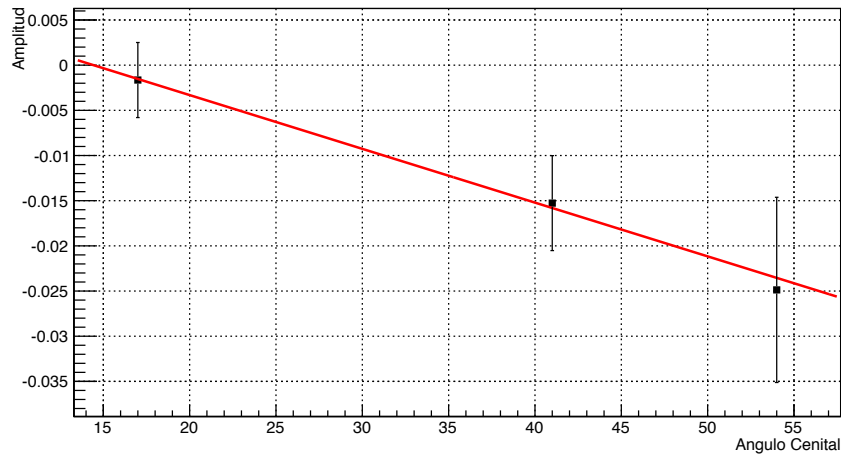


For zenith angles
Tank ID: 338

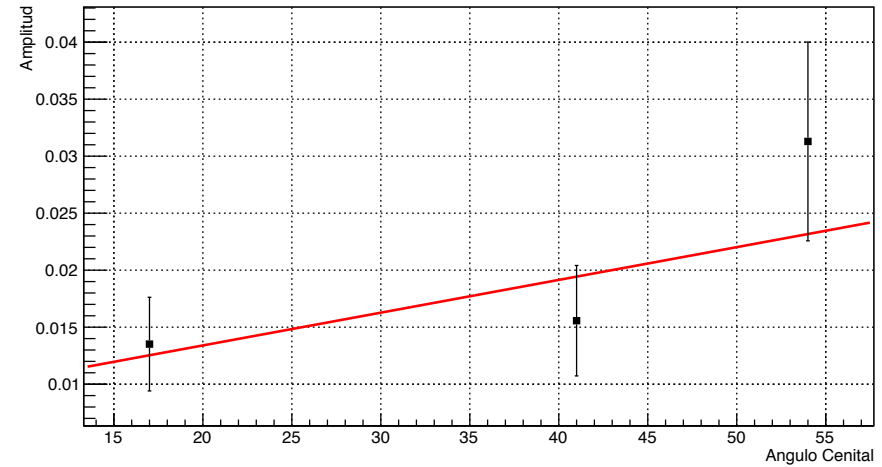
$$0^\circ \leq \theta < 60^\circ$$

Amplitud (A) as a function of zenith angle

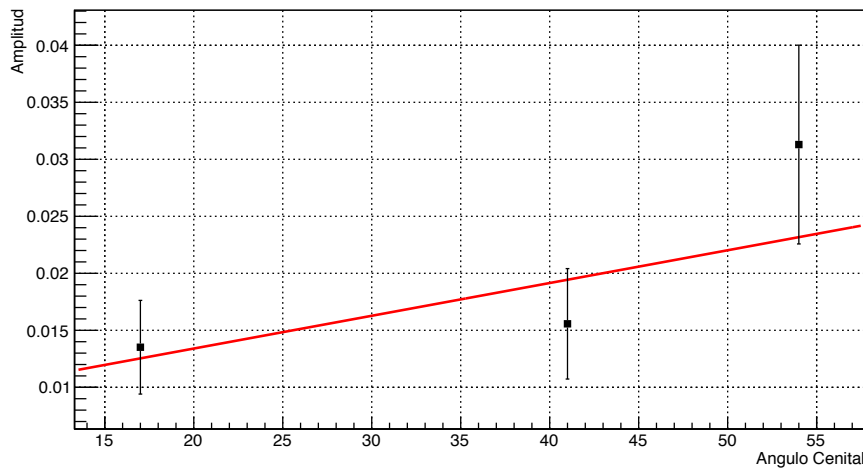
We consider three ranges of zenith angle with the same solid angle: 0° - 34° , 34° - 48° , 48° - 60°



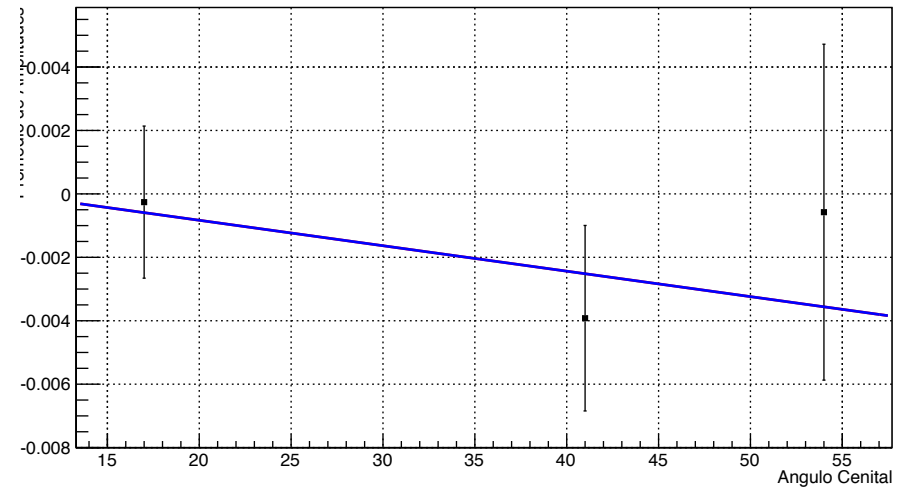
PMT 1



PMT 3

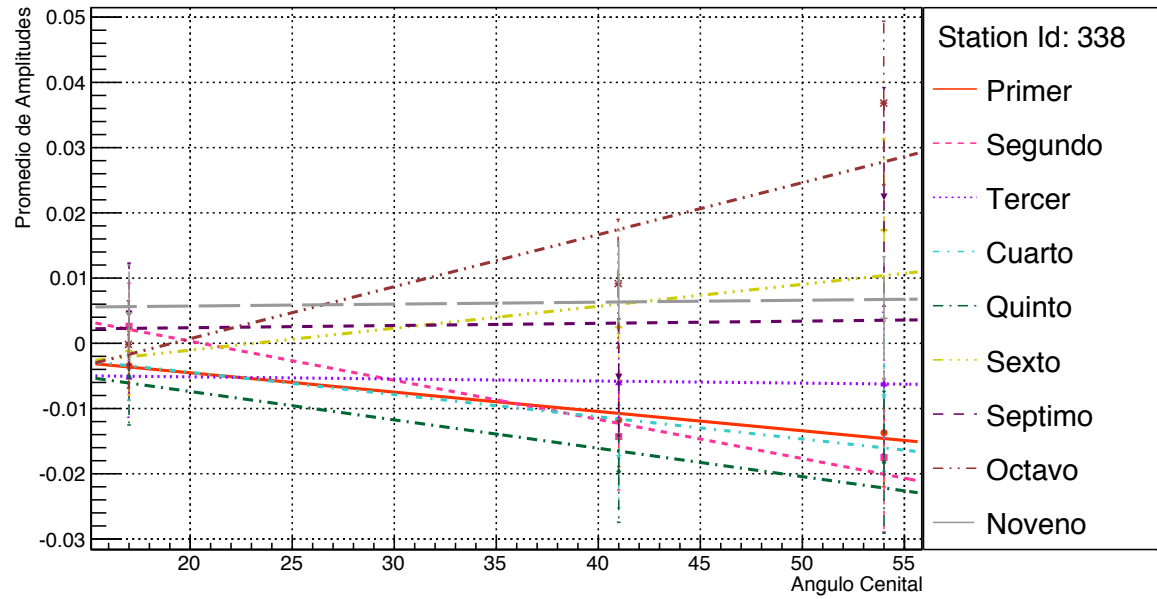


PMT 2

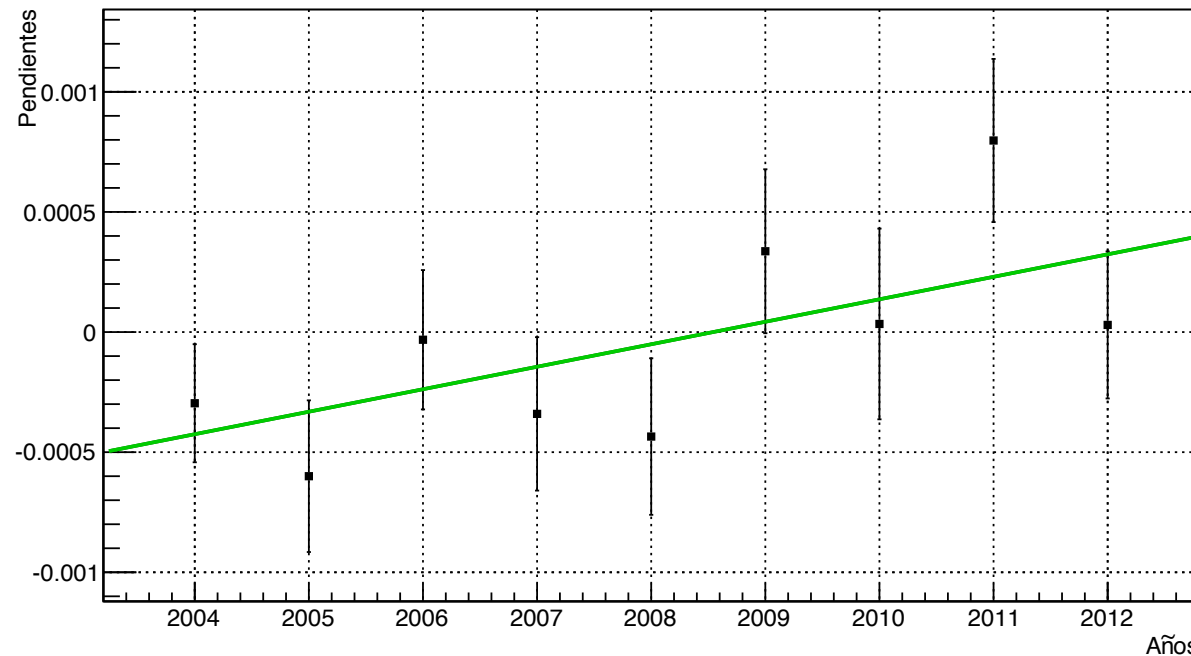


Average Amplitud for all PMT's
Characteristic line

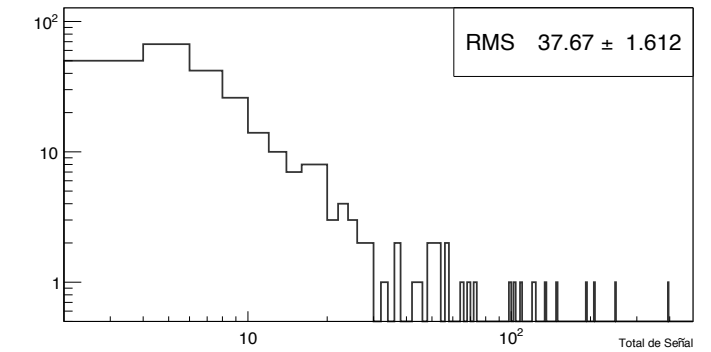
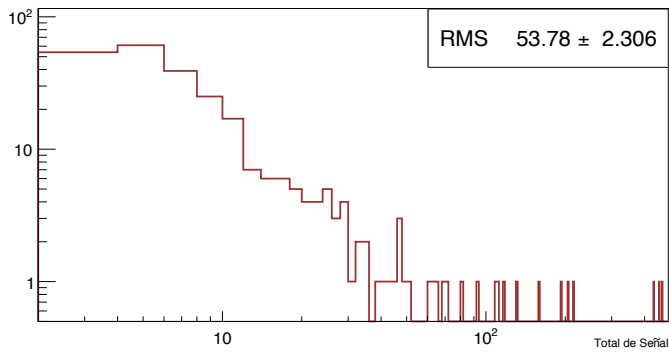
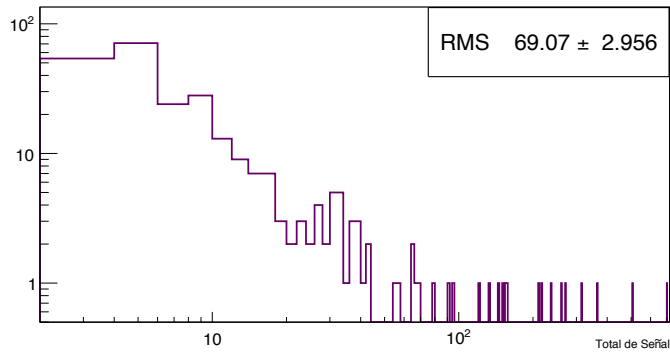
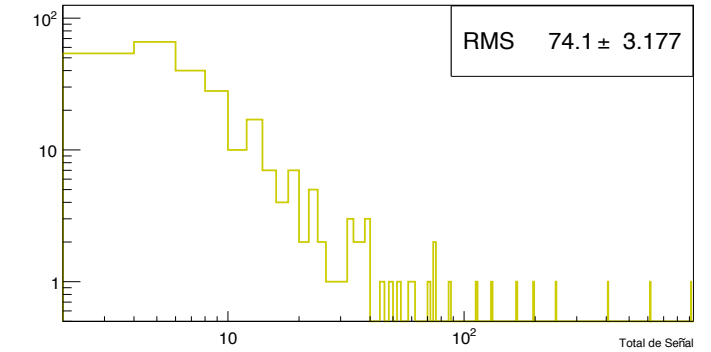
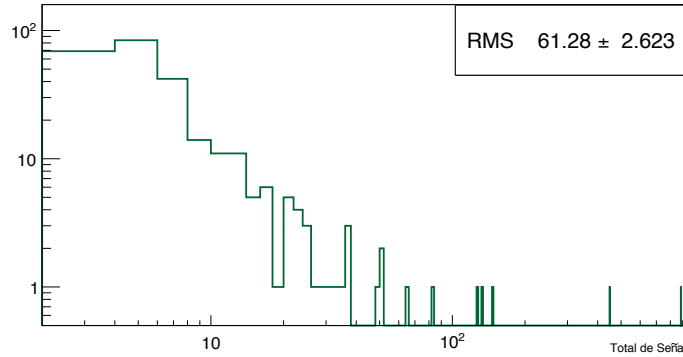
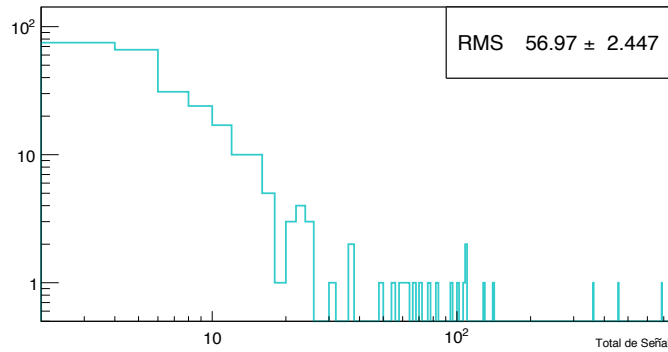
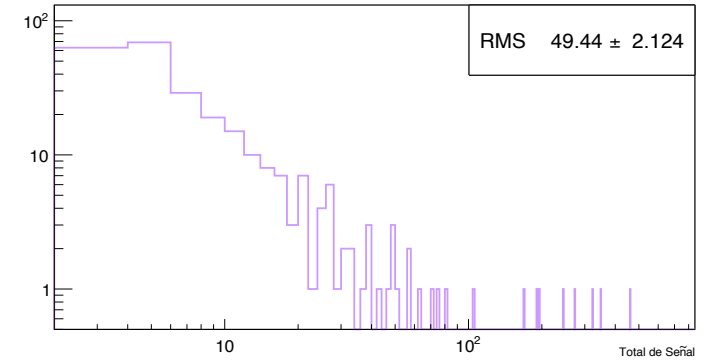
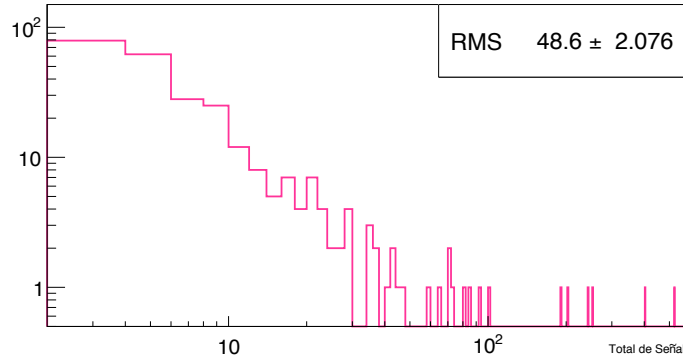
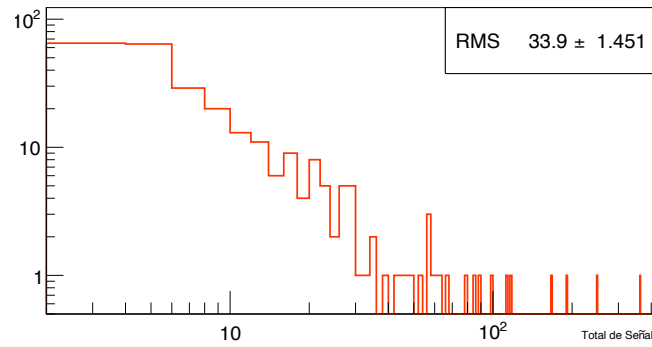
Characteristic lines for 9 years



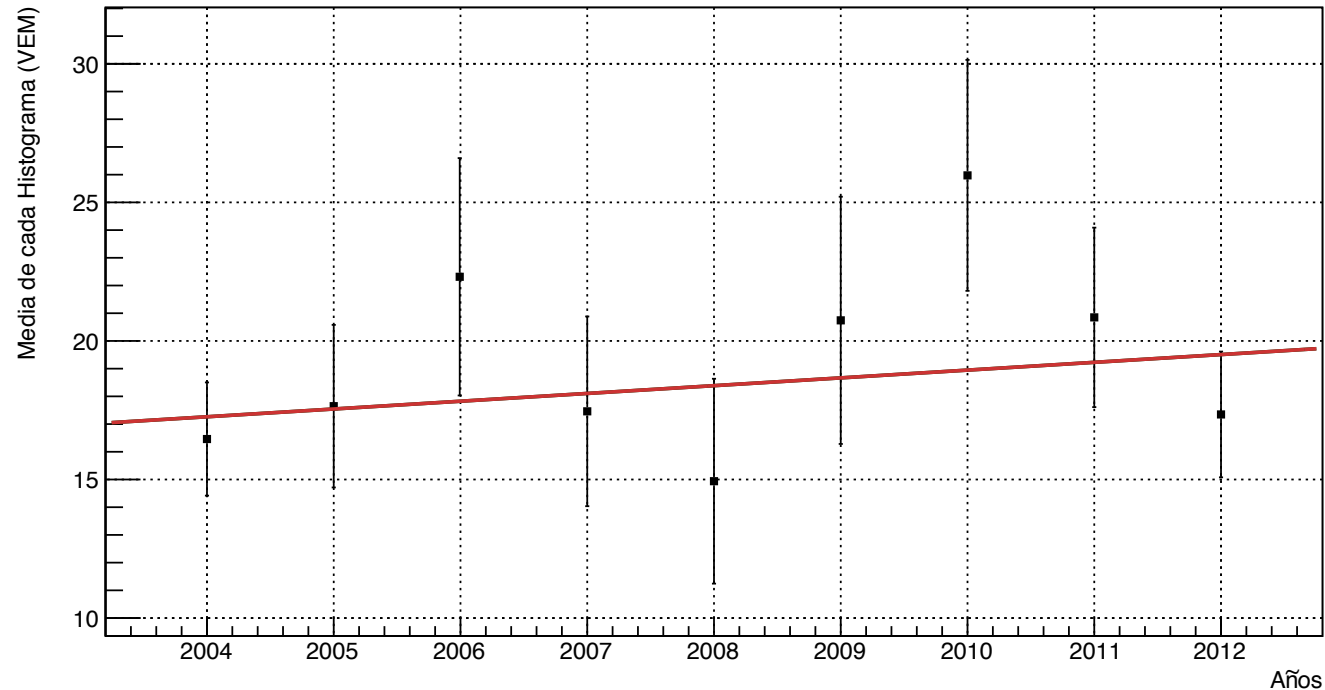
Slopes of characteristic lines in time



Signal per year of one tank

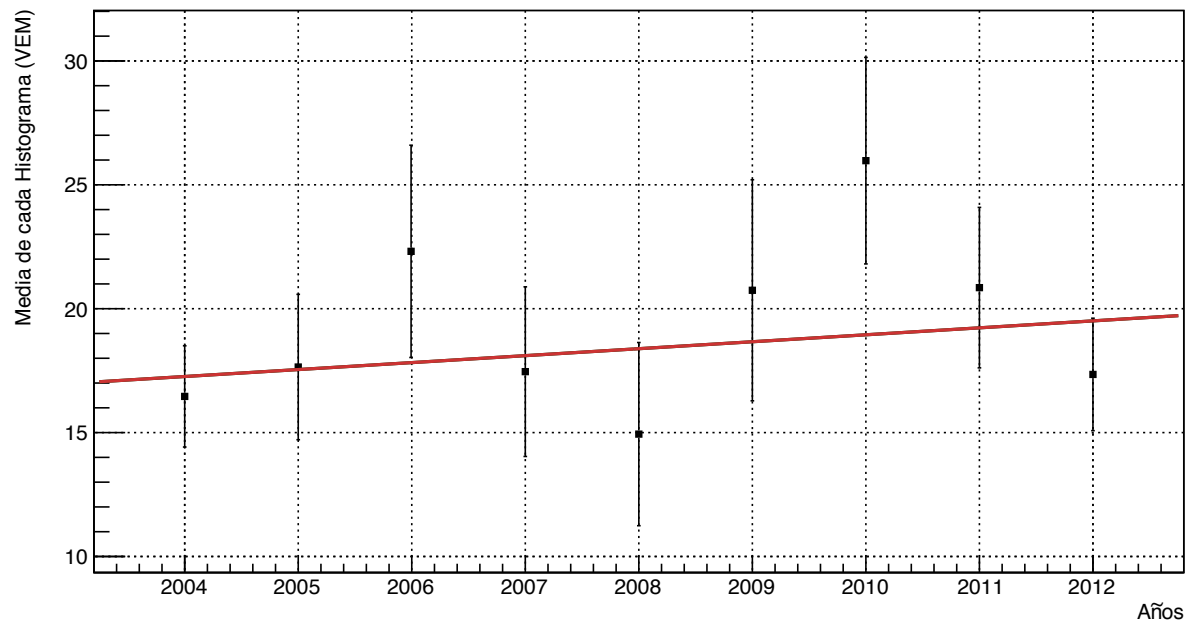
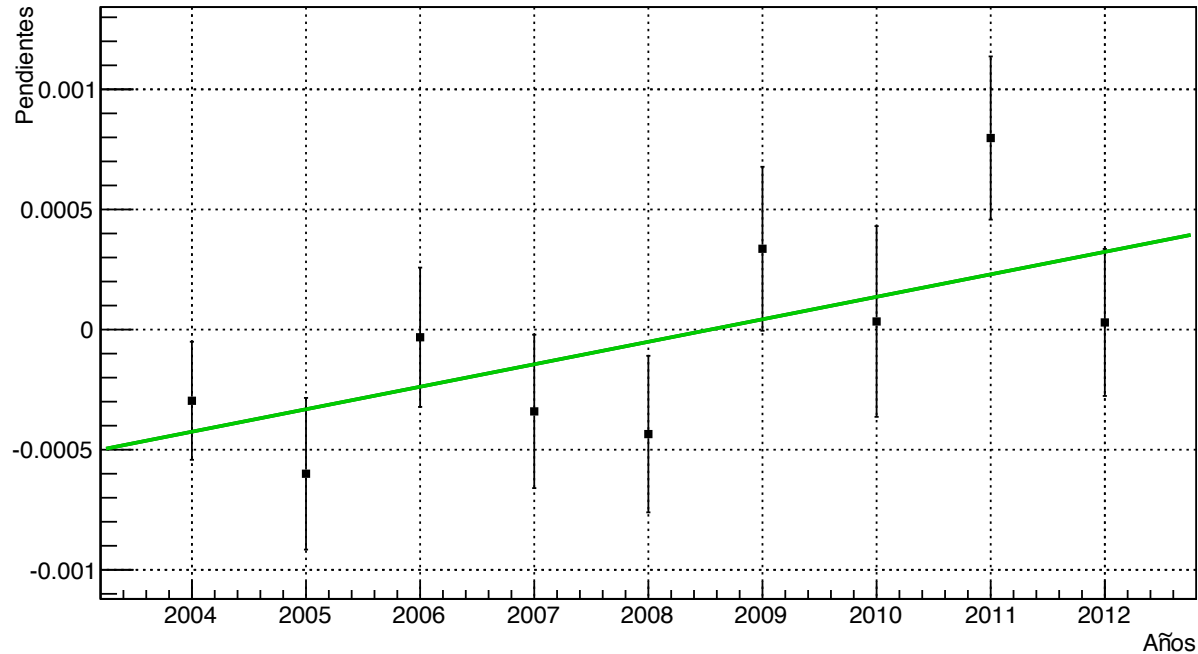


Mean value of signal for 9 years



For this tank there is also a non zero slope

Time lines of Direct light vs Signal



- Both parameters show a change in time (effects of the PMT's aging in the total signal?)
- We are exploring the correlation of such change between the parameters
- The change in time could provide information on the physical state of each tank
- There is a modulation observed, which could be related to other physical phenomena

Short term future

- The possible change in the slopes of characteristic lines will be used to estimate the aging of the PMTs
- The study is being done for 15 more tanks
- The same kind of study for PMTs in other conditions will be performed in order to study the aging (ACORDE-ALICE-LHC)



Proyecto LAGO

Todo el grupo de Astropartículas de la UNACH

Rayos gamma

Astropartículas sin masa en reposo y sin carga

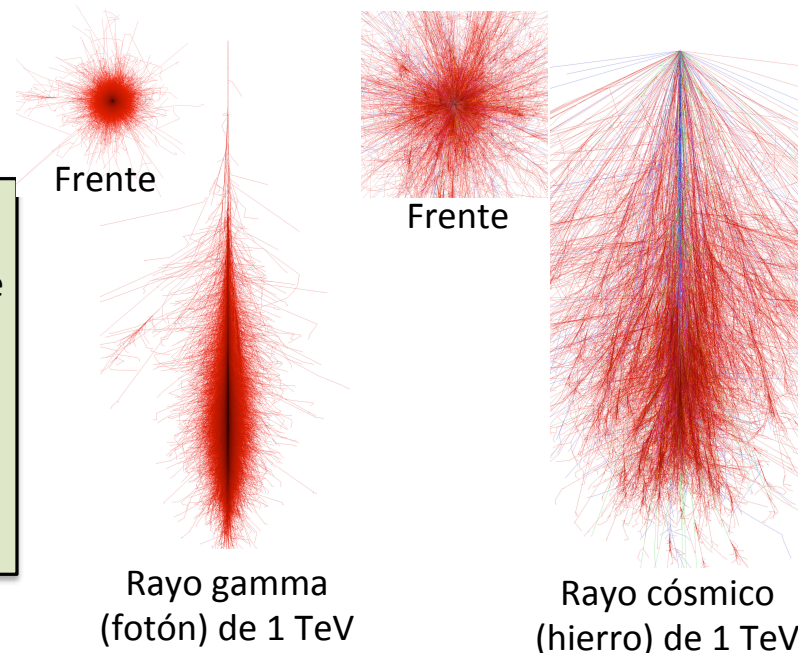
- Procesos en los que intervienen:
 - Comportamiento de objetos compactos, estrellas de neutrones y agujeros negros, supernovas
 - Destellos de rayos gamma (Gamma Ray Burst - GRB)
 - Interacciones entre partículas, aniquilación de materia oscura

Importantes para estudios de:

Origen de RC
Interacciones de partículas

- A diferencia de los rayos cósmicos, el chubasco que producen tiene un frente menos extendido
- Producen chubascos jóvenes que se desarrollan en la alta atmósfera, no llegan a la superficie terrestre

<https://www.ikp.kit.edu/corsika/>



Proyecto LAGO

Observatorio Latinoamericano Gigante (Latin American Giant Observatory)



- Red integrada de detección de rayos gamma
- Colaboración internacional: Argentina, Bolivia, Brasil, Perú, Venezuela, Colombia, Guatemala, España, Ecuador y México
- Miembros del grupo de Chiapas:
 - Hugo de León Hidalgo (FCFM-UNACH)
 - Eduardo Moreno Barbosa (FCFM-BUAP)
 - César Álvarez Ochoa (FCFM-UNACH)
 - Roberto Arceo Reyes (FCFM-UNACH)
 - Filiberto Hueyotl Zahuantitla (FCFM-UNACH-CONACyT)
 - Karen Salomé Caballero Mora (FCFM-MCTP-UNACH)
 - Sarah Kaufmann (MCTP-UNACH)
 - Luis Rodolfo Pérez Sánchez (FCFM-MCTP-UNACH)
 - Elí Santos Rodríguez (MCTP-UNACH)
 - Omar Tibolla (MCTP-UNACH)
 - Arnulfo Zepeda Domínguez (MCTP-UNACH)

***Recientemente se anexó Chile**

Proyecto LAGO

Observatorio Latinoamericano Gigante (Latin American Giant Observatory)



- Nuevos miembros del grupo de Chiapas, incluyendo Escaramujo y simulaciones:

Escaramujo:

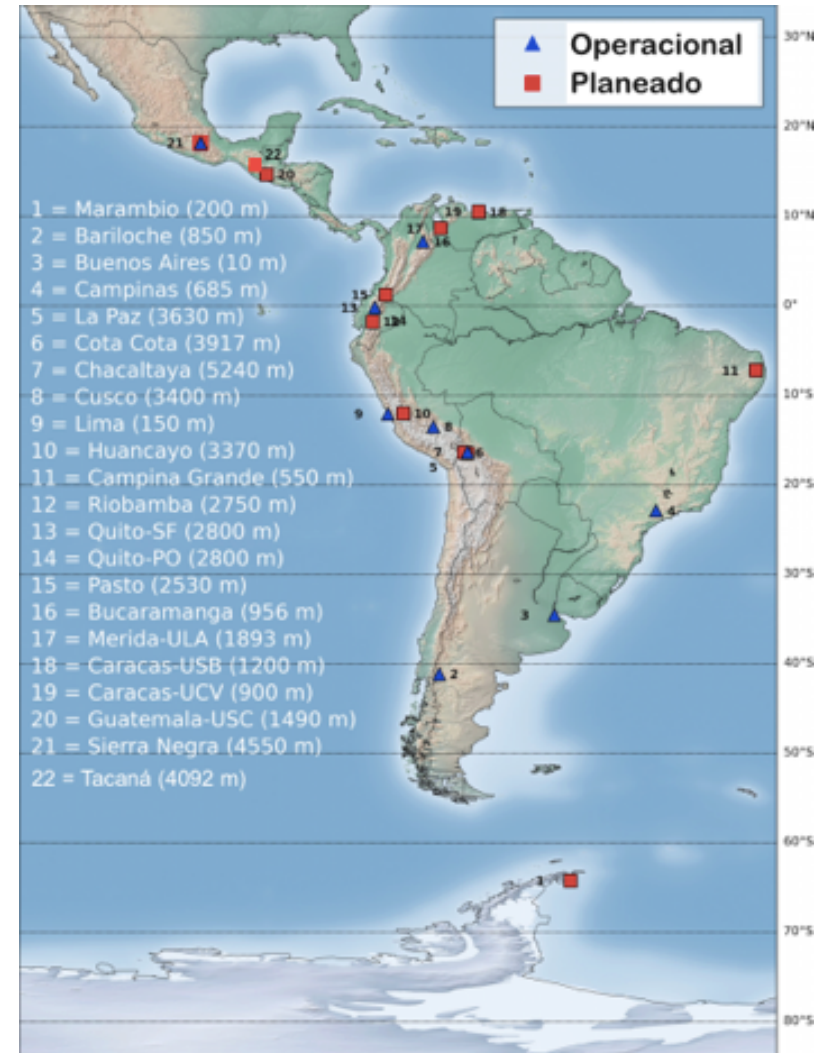
- Víctor Manuel (FCFM-UNACH)
- Tadeo D. Gómez (U. Valle del Grijalva)
- Bárbara y Pedro (FCFM-UNACH)-Simulaciones Geant4

LAGO

- Eloy (FCFM-UNACH)-Servicio Social
- Edmundo (FCFM-UNACH)-Prácticas profesionales
- Raúl (FCFM-UNACH)-Prácticas profesionales
- Hernán y Andrea (FCFM-UNACH)-Simulaciones CORSIKA

Objetivos

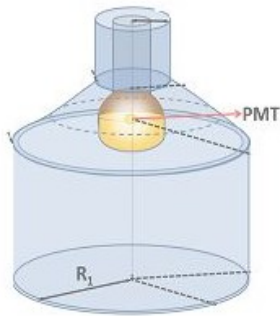
- Científicos:
 - estudios de astropartículas de alta energía
 - Meteorología y Climatología Espacial
 - Radiación atmosférica y sus aplicaciones
- Académicos:
 - Formar estudiantes latinoamericanos en física de altas energías y astropartículas
 - Formar una red abierta y colaborativa de investigadores de física de altas energías



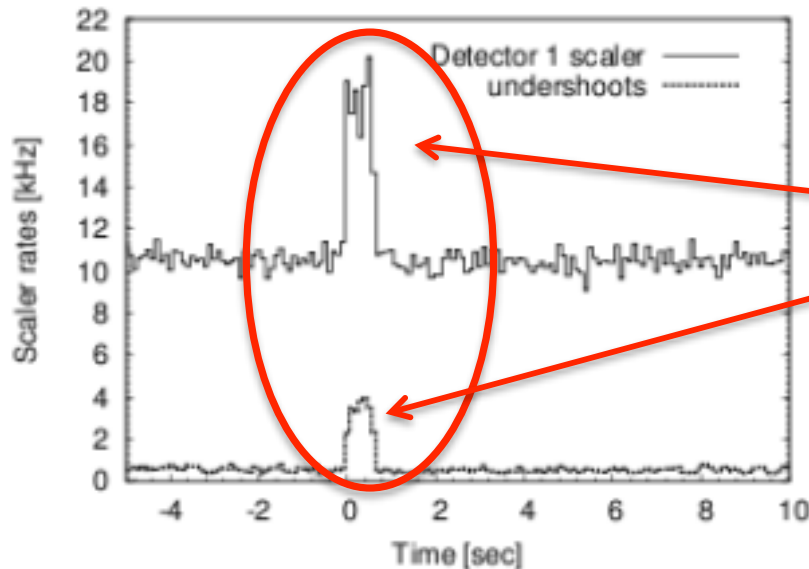
Detectores



- Detectores de luz Chérenkov en agua con tubos fotomultiplicadores
- Rango de medición de energía 0.5 GeV a 100 GeV
- Gran apertura proporcionada por la extensión del territorio sobre el cual se localizan los detectores



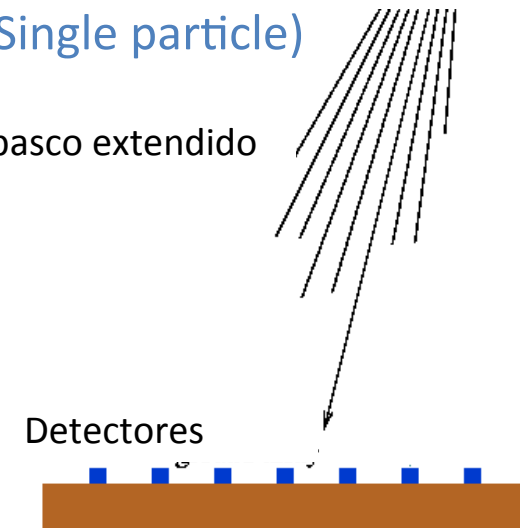
Esquema y foto del tanque prototipo en la UNACH



Principio de medición:

Una sola partícula individual
(Single particle)

Chubasco extendido



- No se reconstruye la dirección ni la energía
- La medición del gamma se ve como un exceso del conteo sobre el fondo
- Sólo se necesita un umbral bajo para medir

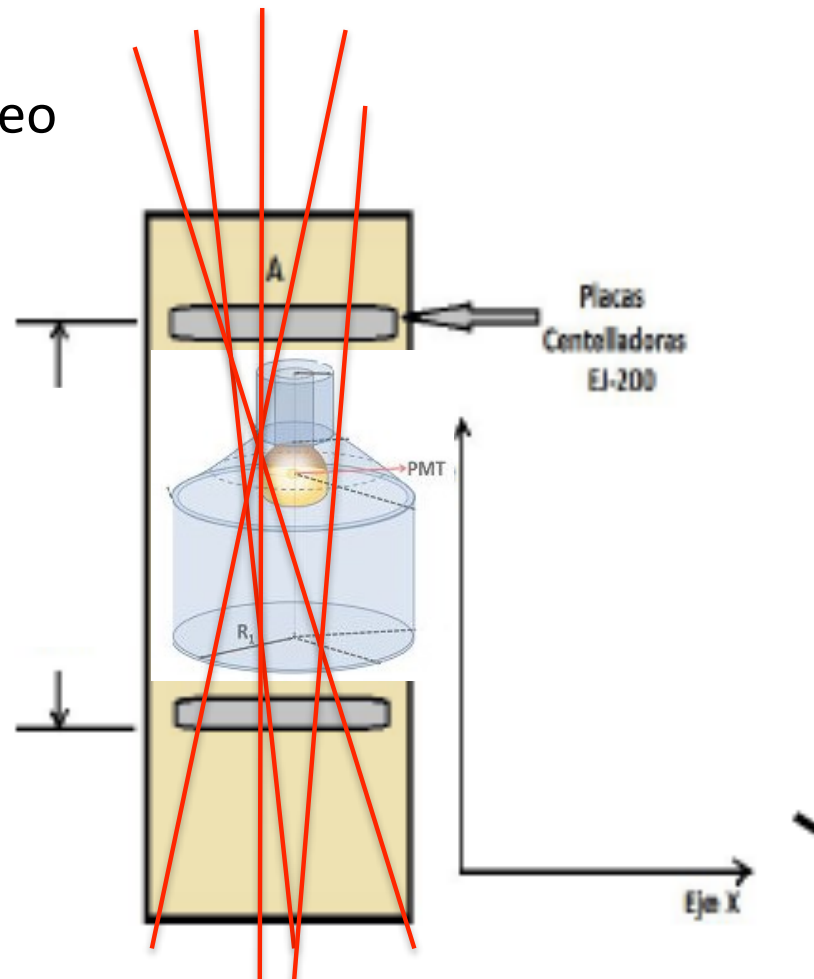
Proyecto en Chiapas



- Prototipo en la FCFM-UNACH
- Calibración con muones atmosféricos medidos con Escaramujo:
 - Detector de centelleo

<http://es.escaramujo.net/>

Unidades de medición
en Muón Vertical
Equivalente (VEM)

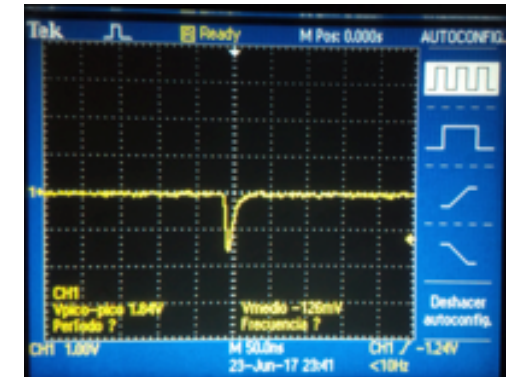


- Sitio de localización: Volcán Tacaná (4092 m)

Estado actual del proyecto en Chiapas



- Financiamiento ya usado: Facultad+CB-CONACyT+Nvo.PTC-SEP
- Financiamiento Solicitado:
 - \$180,000 a la facultad (PMT+redpitaya+cables+tanque)
 - Se cuenta con \$100,000 de Nvo.PTC
- Equipo con el que se cuenta:
 - Tarjeta CAEN, actualmente ya se comunica con el PMT
 - PMT donado de Auger, PMT adquirido, tarjeta RED Pitaya, PC, laptop, tanque.
 - Hugo asistió a una escuela en Chile en la que se empapó de los requerimientos en electrónica y la experiencia para instalar el tanque.



Tanque sin agua



Electrónica de adquisición CAEN



PMT de 9"



Tarjeta Red Pitaya

Estado actual del proyecto en Chiapas



- Futuro largo plazo
 - Instalar el tanque en el Tacaná
 - Gestiones SEMARNAT y colaboración con LAGO-Guatemala
 - Instalar un arreglo de al menos 3 detectores en la facultad para estudios de rayos cósmicos de baja energía
 - Agregar un detector RPC para estudios detallados de razón de muones e interacciones de las partículas del chubasco (\$5000 EUR o construirlos con apoyo de Puebla)



Conclusiones sobre LAGO

- El proyecto LAGO es una iniciativa de la comunidad latinoamericana de investigadores de rayos cósmicos
- Es un experimento que permitirá desarrollar y montar de primera mano un aparato competente en el área de medición de rayos gamma de alta energía
- Se está formando a la comunidad de la FCFM-MCTP-UNACH en las áreas de instrumentación, programación, simulaciones y análisis de datos
- Se tienen avances en el montaje del prototipo del experimento LAGO en FCFM-MCTP-UNACH
- Eventualmente la comunidad de LAGO contribuirá con las mediciones que se obtengan de rayos gamma de alta energía, al conocimiento sobre sus fuentes y las interacciones involucradas en su producción. De esta manera competirá con otros experimentos en el mismo rango de energía a nivel mundial.

Proyecto Escaramujo

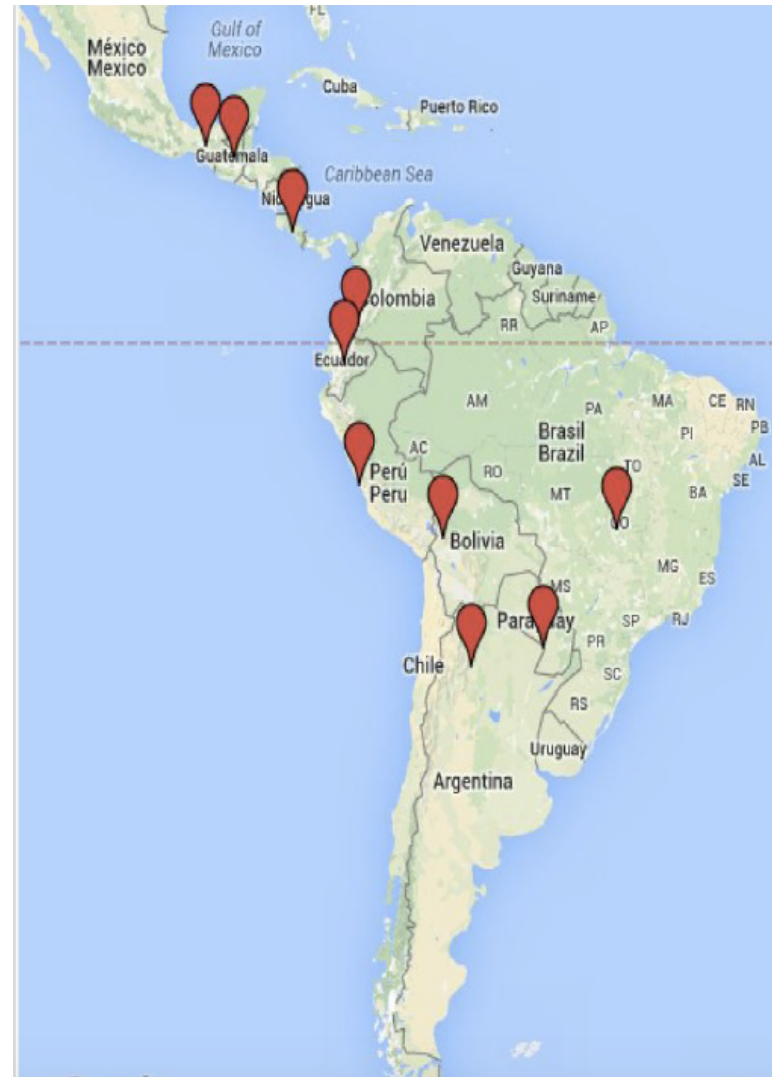
Luis Rodolfo Pérez Sánchez

The Escaramujo Project provided a series of hands-on laboratory courses on High Energy Physics and Astroparticle Instrumentation in Latinamerican Institutions. The Physicist Federico Izraelevitz traveled on a van, from Chicago to Buenos Aires.

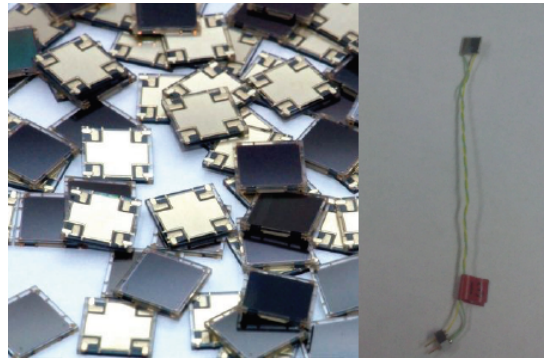
The courses took place at Institutions in México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay and Argentina, at an advanced undergraduate or graduate level

All institutions remain linked as a community that can contribute to the larger worldwide efforts in cosmic ray science through data collection and analysis.

It initiated in Chiapas on August, 2015.
Finished in February, 2016 in Argentina



The detector

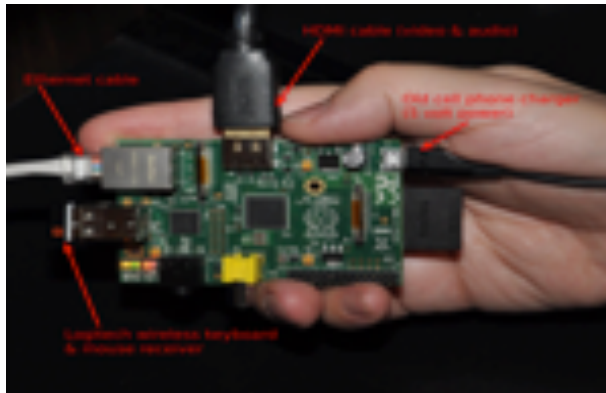


3-Plastic scintillators (EJ-200) and 3-SiPM MicroFC-60035-SMT, SensL

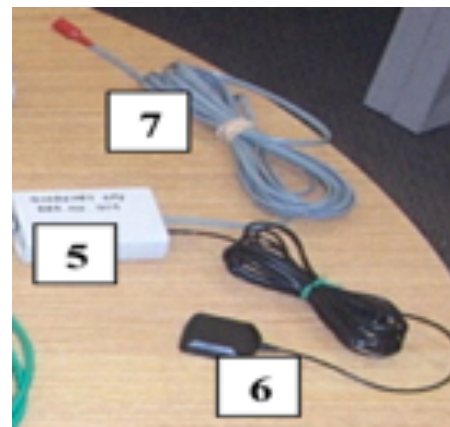
Monitor



The readout is done with a time-to-digital converter board (QuarkNet) Four input channels.



Data is collected with a Raspberry Pi2, single board computer.



5. GPS module. 6. GPS antenna
7. Temperature sensor.

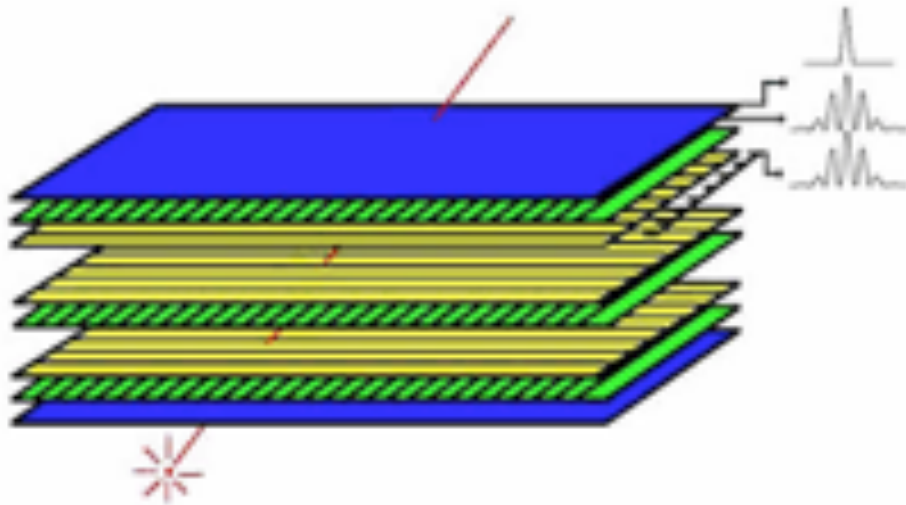
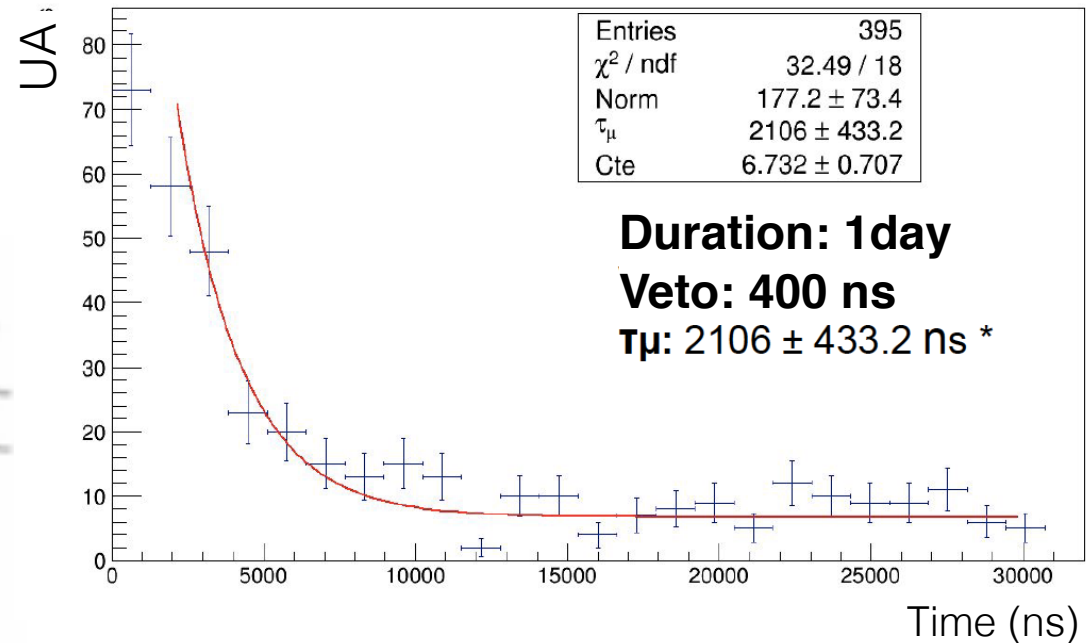


Preamplifier to set the bias voltage, 27 V to 36 V.

Some measurements

- 2-fold coincidences
- 3-fold coincidences
- Muon lifetime
- Flux muons
- Laboratory lectures

Muon lifetime



Some outreach activities

International Cosmic Day
organized by DESY



Tuchtlan Festival at UNACH



Gracias

