

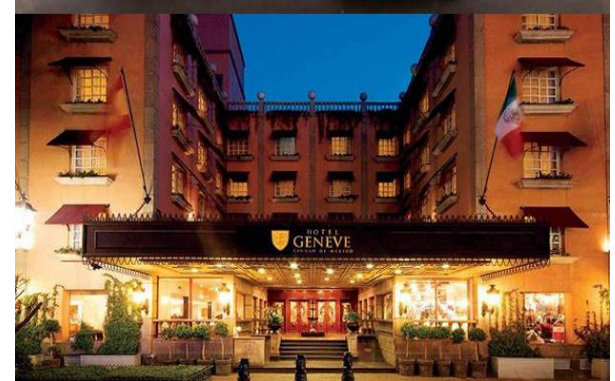
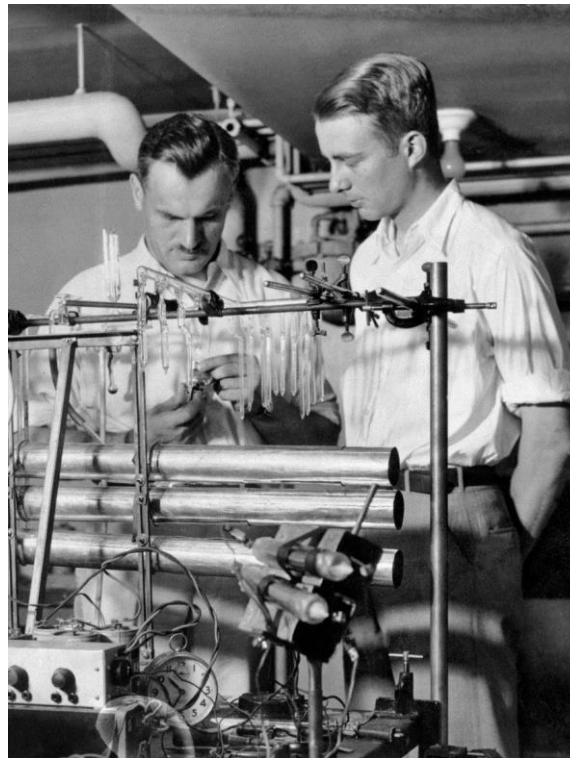
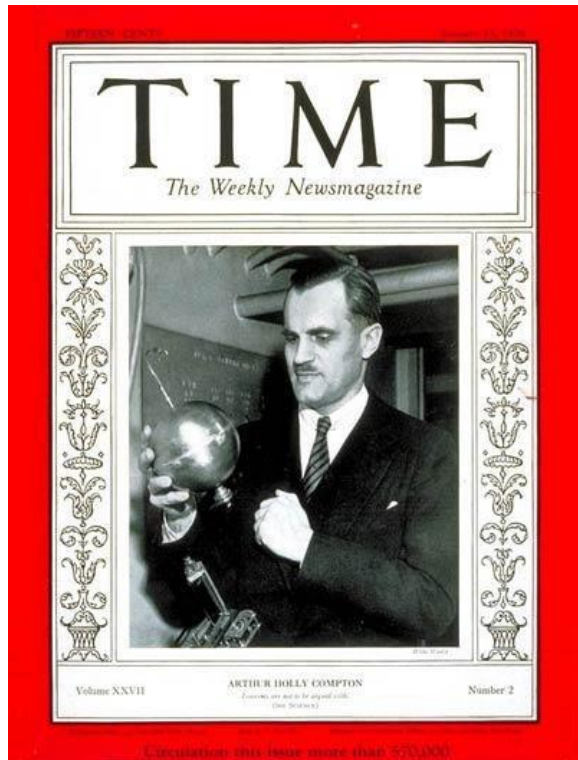
**Cosmic Ray
Observatories in Mexico
City and the top of the
Sierra Negra volcano**

[illegible]

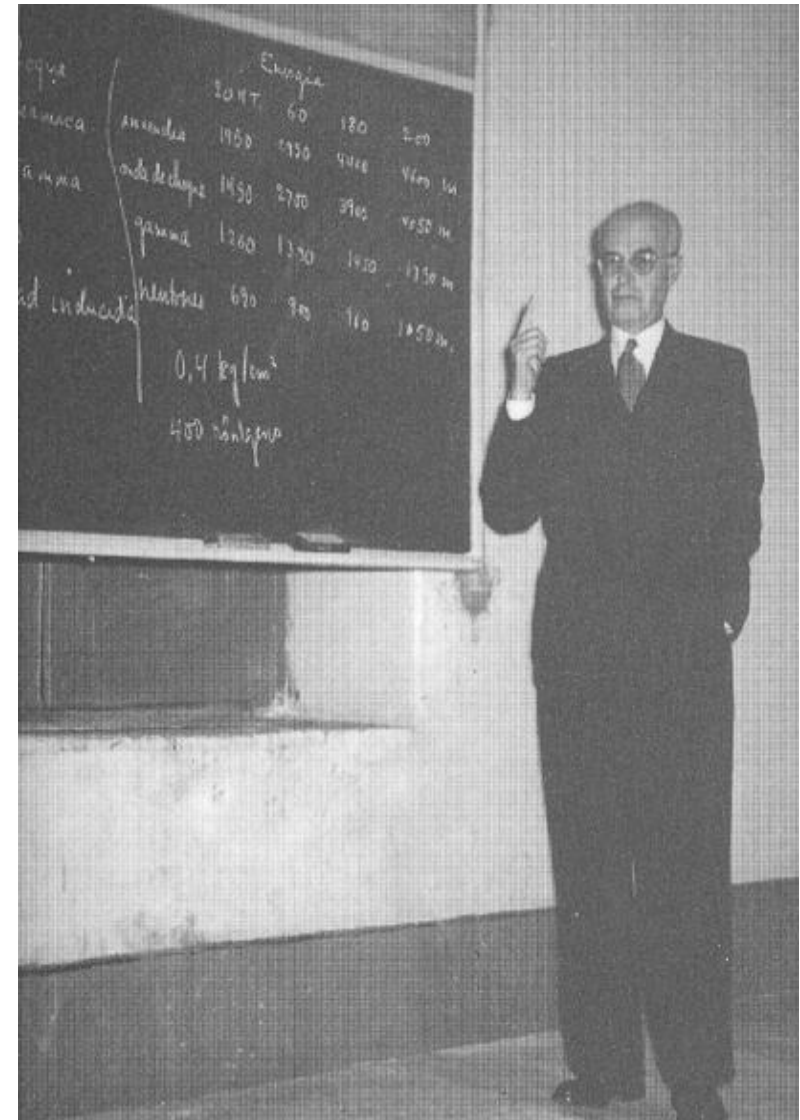
- 1. Historia del Estudio de los Rayos Cósmicos en México**
- 2. Observatorio de Rayos Cósmicos en la CDMX**
- 3. Observatorio de Rayos Cósmicos en la cima de Sierra Negra**
- 4. Conclusiones**

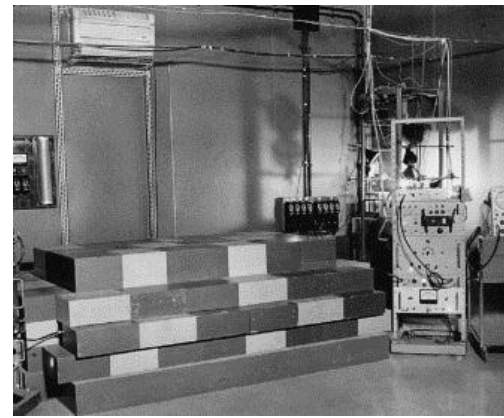
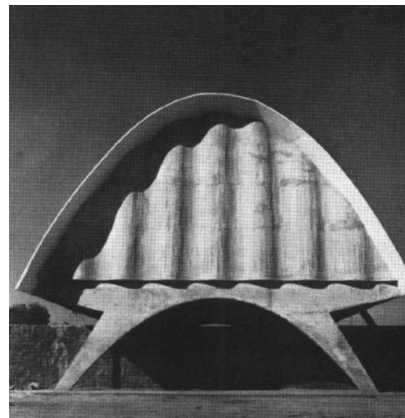
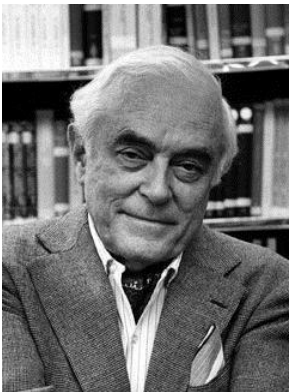
1. INTRODUCCIÓN

En los años 1930's M. Sandoval Vallarta convenció a A. H. Compton de realizar experimentos en México para comprobar la asimetría este-oeste; Compton envió a su estudiante Luis W. Alvarez, que realizó sus mediciones en la azotea del Hotel Genève (Zona Rosa). Con esos datos se demostró que la radiación cósmica consistía principalmente de protones. El grupo realizó mediciones adicionales en el Nevado de Toluca, Orizaba y Veracruz.



En 1940 Alfredo Baños (exalumno de Sandoval Vallarta) y sus estudiantes Fernando Alba y Manuel Perrusquia instalaron un arreglo rotatorio de contadores Geiger para medir la radiación cósmica en función del acimut y con inclinaciones de 0, 20, 40 y 60° en la azotea del Palacio de Minería. Sus mediciones llevaron a la primera publicación sobre rayos cósmicos aparecida en México.





En 1954 J.A. Simpson (Chicago, AGU) donó a la UNAM un monitor de neutrones de diseño IGY, que se instaló en el nuevo campus de la Ciudad Universitaria. En 1962 Ruth Gall organizó un grupo de investigación en el Instituto de Geofísica. En ese tiempo la UNAM adquirió un *súper-monitor de neutrones* de diseño 6-NM-64 de H. Carmichael.

En la década de 1960-1970 se inician formalmente los estudios experimentales en RC de manera continua en México.

Dimensions of 6NM64 and standard IGY neutron monitors.

	6NM64	Standard IGY
Type of counter	BP28	NW G-15-34A
Number of counters	6	12
Spacing of counters (cm)	50.0	15.2
Moderator material	Polyethylene	Paraffin
Average moderator thickness (g/cm ²)	1.84	2.95
Producer material	Lead	Lead
Average producer thickness (g/cm ²)	156	153
Projected top area of producer (cm ²)	6.21×10^4	1.9×10^4
Reflector material	Polyethylene	Paraffin
Average reflector thickness (g/cm ²)	7.0	25.8

2. Observatorio de Rayos Cósmicos en la CDMX

Monitor de Neutrones de la Ciudad de México (MN)

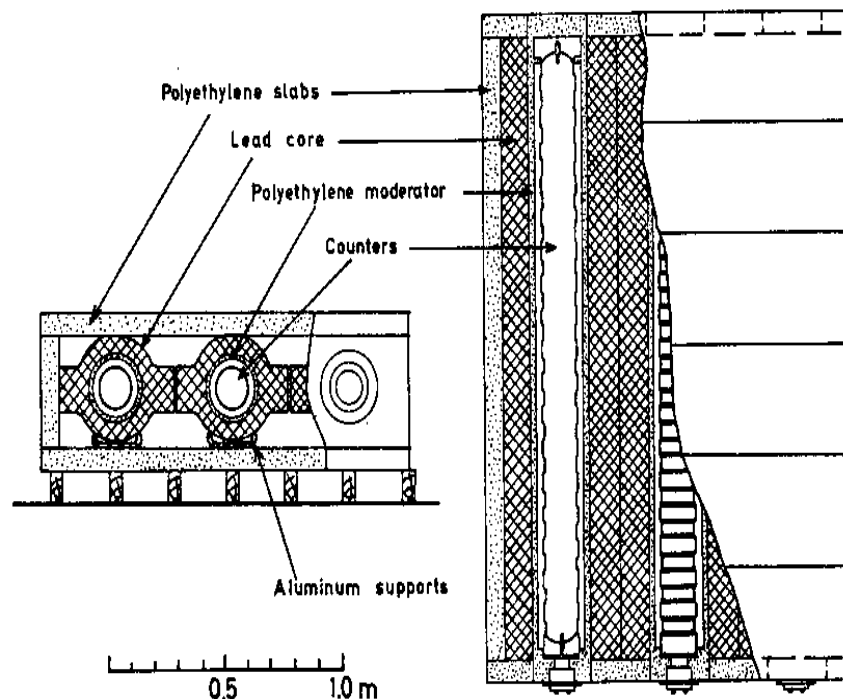
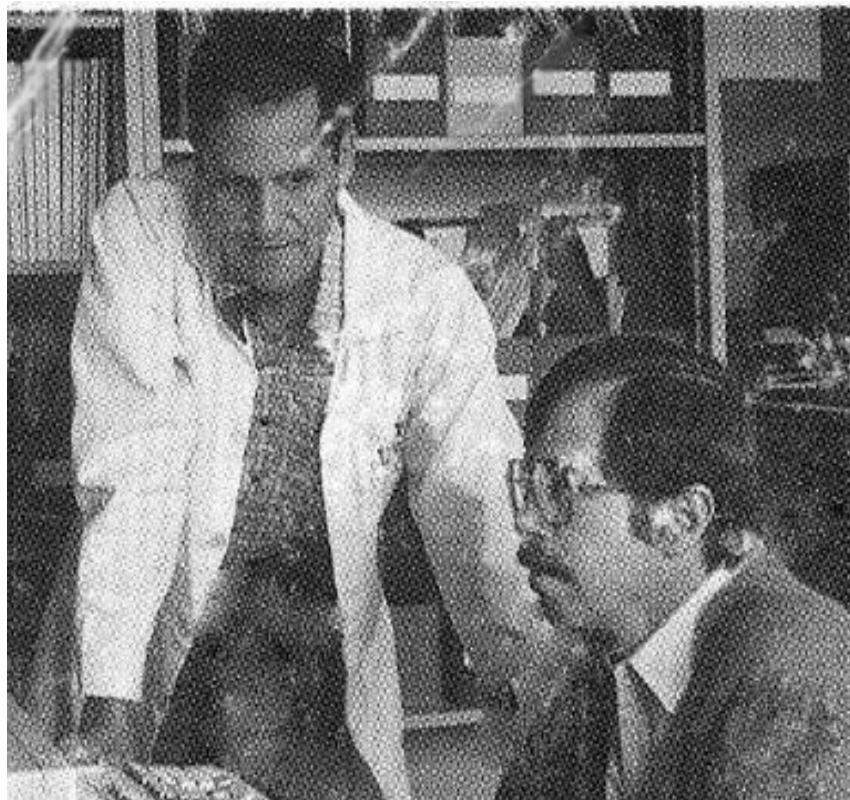
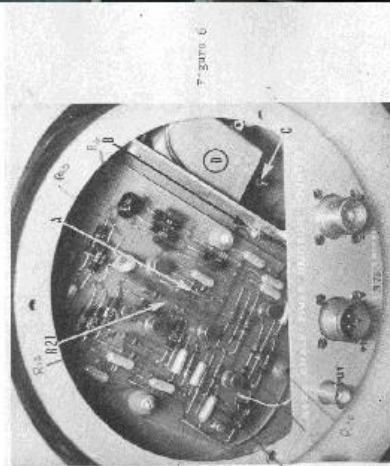


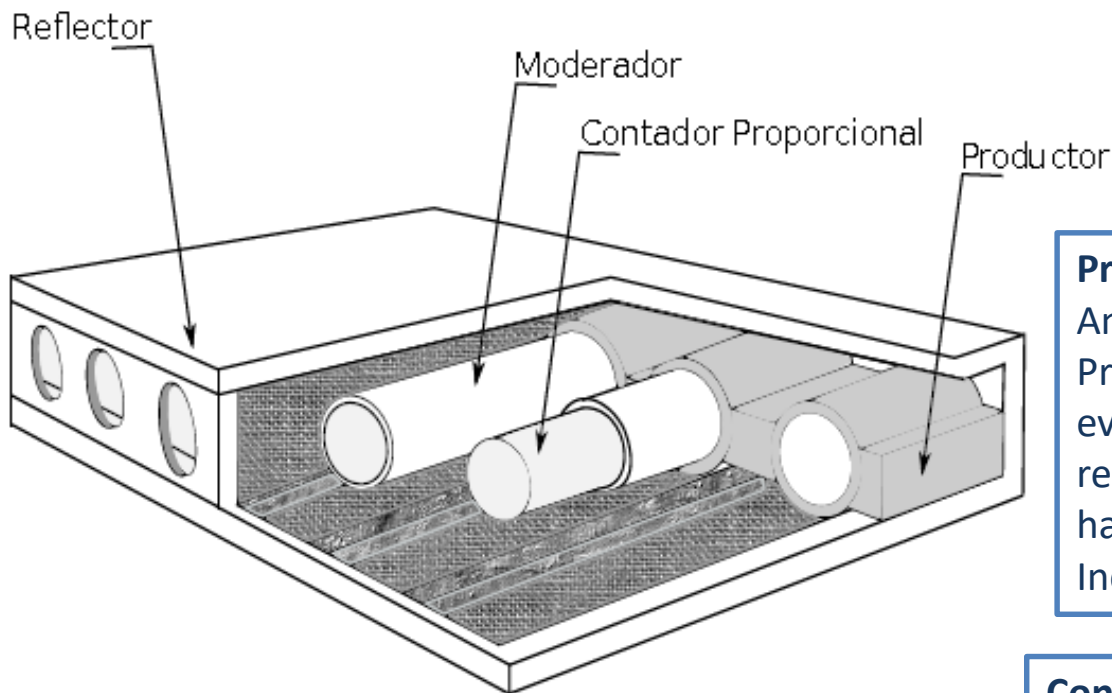
Figure 3.13. A supermonitor unit. A unit comprises 1, 3, or 6 proportional counters. Each monitor consists of three units.

En los 80s el Dr. Javier Otaola se hizo cargo del 6-NM-64. Con la colaboración del Fis. Alejandro Hurtado e Ing. Octavio Musalem, y bajo la posterior dirección del Dr. José Valdés, se arregló y modernizó el detector. Los datos comenzaron a tener confiabilidad estadística alrededor de 1989, pero tenían muchos huecos. El detector opera continuamente desde 1990.

El MN se encuentra instalado en Ciudad Universitaria de la UNAM y registra datos de manera continua desde 1990. El MN detecta las partículas de alta energía que llegan a la Tierra desde el espacio y que inciden en la atmósfera terrestre desde todas direcciones. El detector es parte de la red mundial de detectores de neutrones. El rango de detección de los instrumentos es desde los 8.5 a los 200 GeV de energía. El MN está localizado a 2274 msnm y tiene una rigidez umbral de 8.2 GV.

El 6-NM64 consiste de seis contadores proporcionales de Trifluoruro de Boro y está rodeado por un moderador, un productor y un reflector.





Reflector:

Polietileno de baja densidad.
Refleja n de baja energía externos

Productor:

Anillos de Plomo.

Produce neutrones (15 neutrones de evaporación, $E = 2-15 \text{ MeV}$) mediante reacciones nucleares entre la componente hadrónica y el Pb.

Incrementa la *prob* de detección ~6%

Moderador:

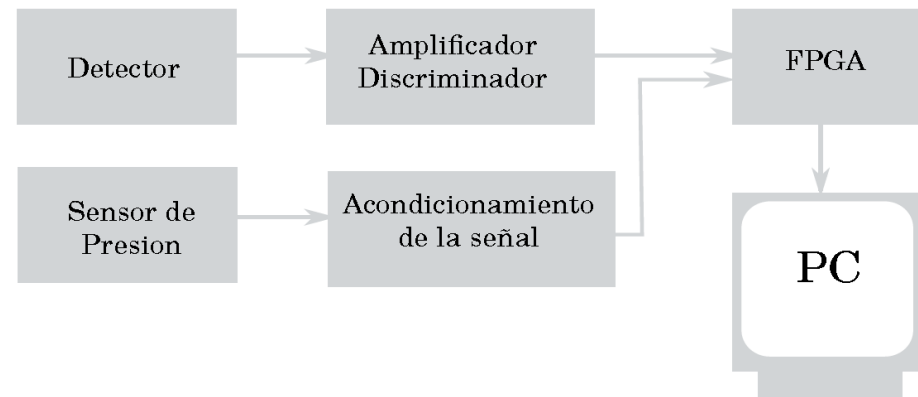
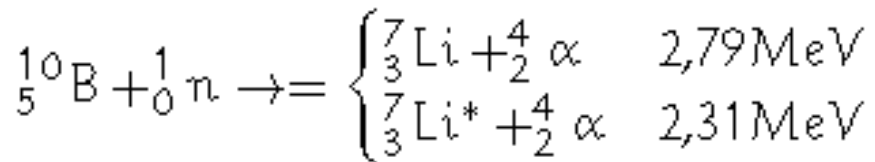
Tubo de Polietileno.

Reduce la energía de los n secundarios generados en el productor incrementa la *prob* de detección

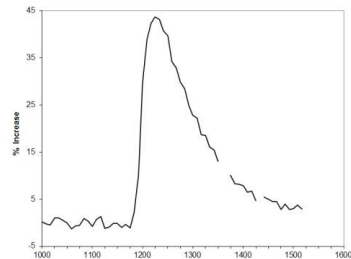
Contador Proporcional:

BF_3 enriquecido con ^{10}B

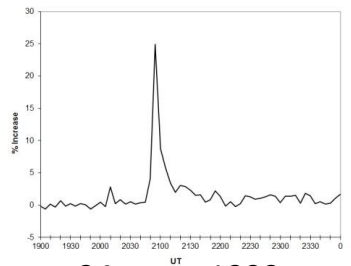
Detecta los neutrones termalizados en el moderador



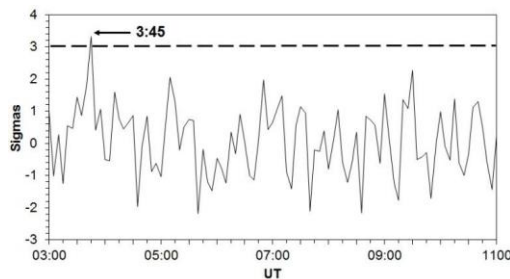
GLE's y eventos de neutrones puros



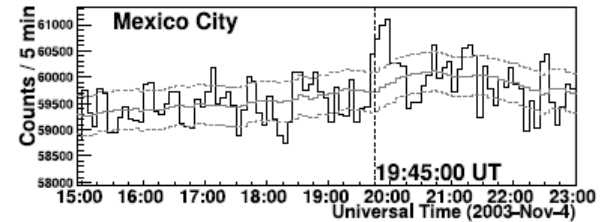
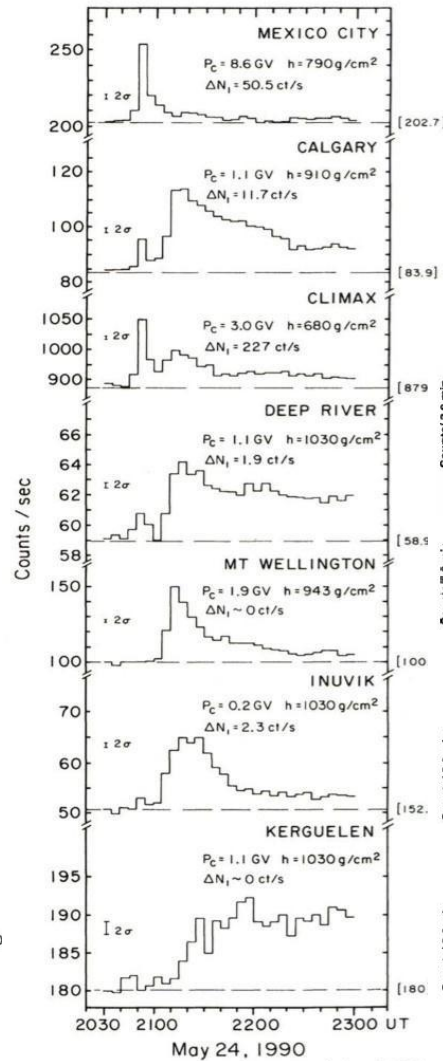
29 septiembre 1989



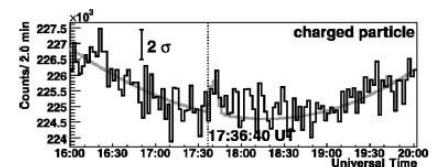
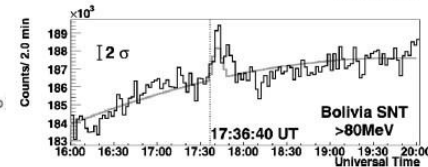
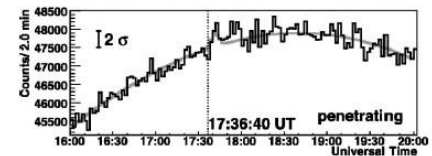
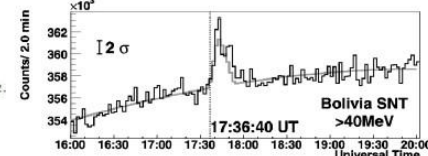
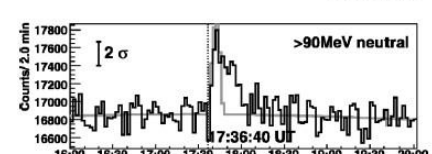
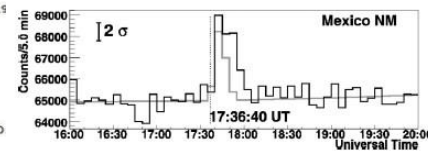
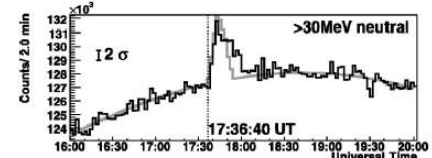
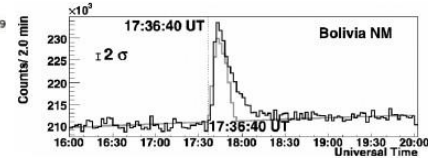
24 mayo 1990



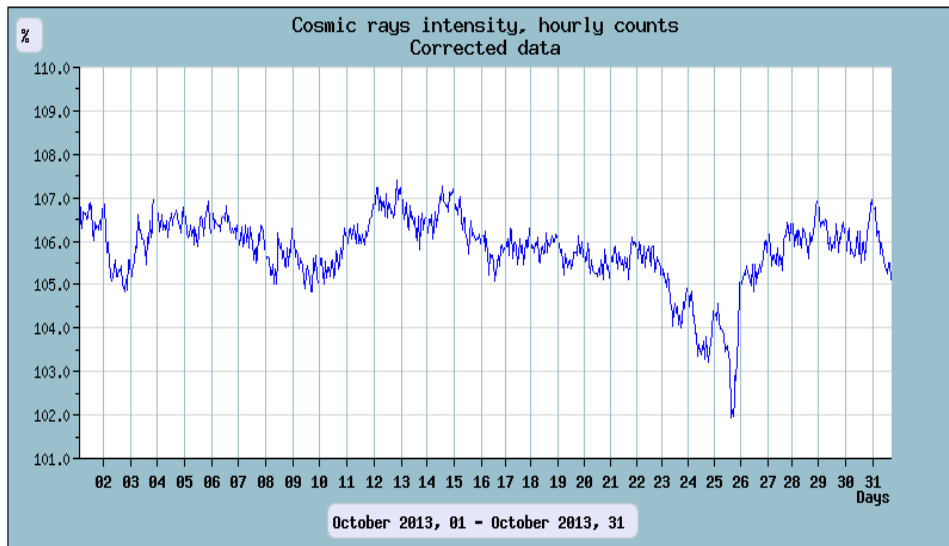
2 noviembre 1992



7 septiembre 2005



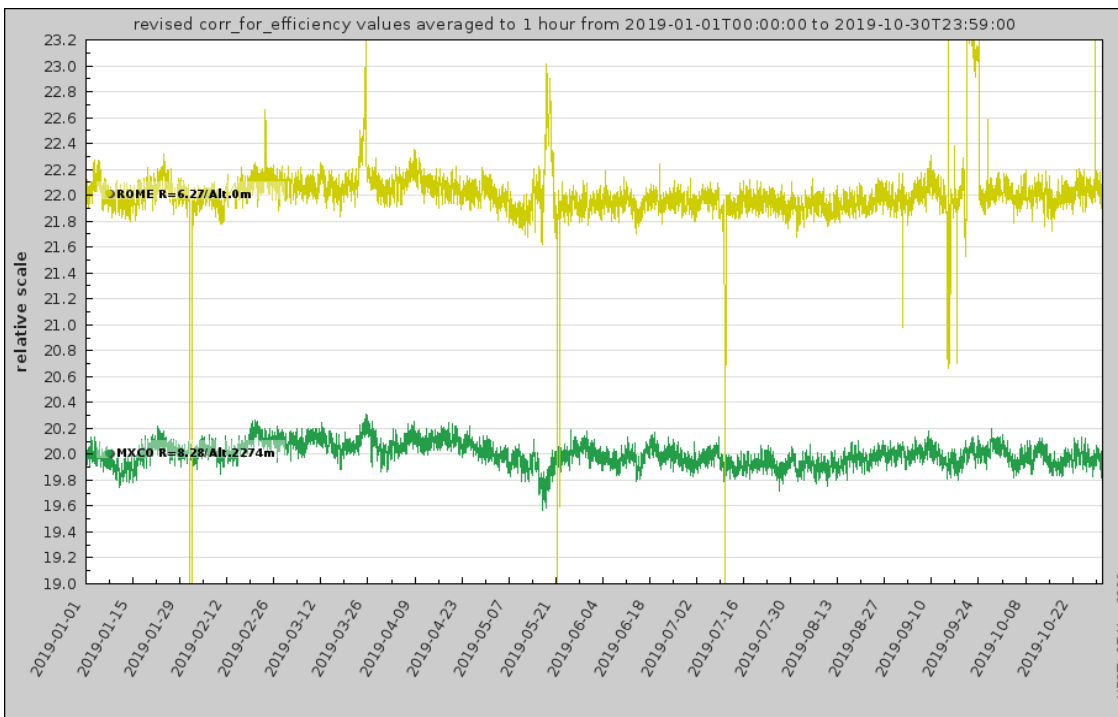
Decrementos Forbush



<http://www.cosmicrays.unam.mx/>

Especial para estudios de RC de baja energía y física solar.

Único MN Latinoamericano dentro del nmdb.



NEST

www.nmdb.eu/

Last Data GLE 72 GLE 71

conditions & information to use data

Stations

(When selecting multiple stations, note that only one variable can be plotted)

☐ AATA	☐ AATB	☐ APTY	☐ ARNM	☐ ATHN
☐ BKSJ	☐ CALG	☐ CALM	☐ DJON	☐ DOMB
☐ DOMC	☐ DRBS	☐ ESOI	☐ FSMT	☐ HRMS
☐ INVK	☐ IRK2	☐ IRK3	☐ IRKT	☐ JBGO
☐ JUNG	☐ JUNG1	☐ KERG	☐ KIEL	☐ KIEL2
☐ LMK5	☐ MCR1	☐ MGDN	☐ MOSC	☐ MRNY
☐ MWVN	☒ MXCO	☐ NAIN	☐ NANM	☐ NEU3
☐ NEWK	☐ NRLK	☐ NVBK	☐ OULU	☐ PSNM
☐ PTFM	☐ PWNK	☐ ROME	☐ SANB	☐ SNAE
☐ SOPB	☐ SPOPO	☐ TERA	☐ THUL	☐ TIBT
☐ TSMB	☐ TXBY	☐ YKTK		

Online* stations in green

Closed Stations*

Bonner Spheres*

Smart Selection

Date Selection (UTC)

Last 1 days hours mins

From 1 Jan 2019 0h 0m

To 30 Oct 2019 23h 59m

GLE number/date 72 (2017-09-10) detailed list

FD number/date 53 (2011-02-18)

Resolution

Time resolution: best

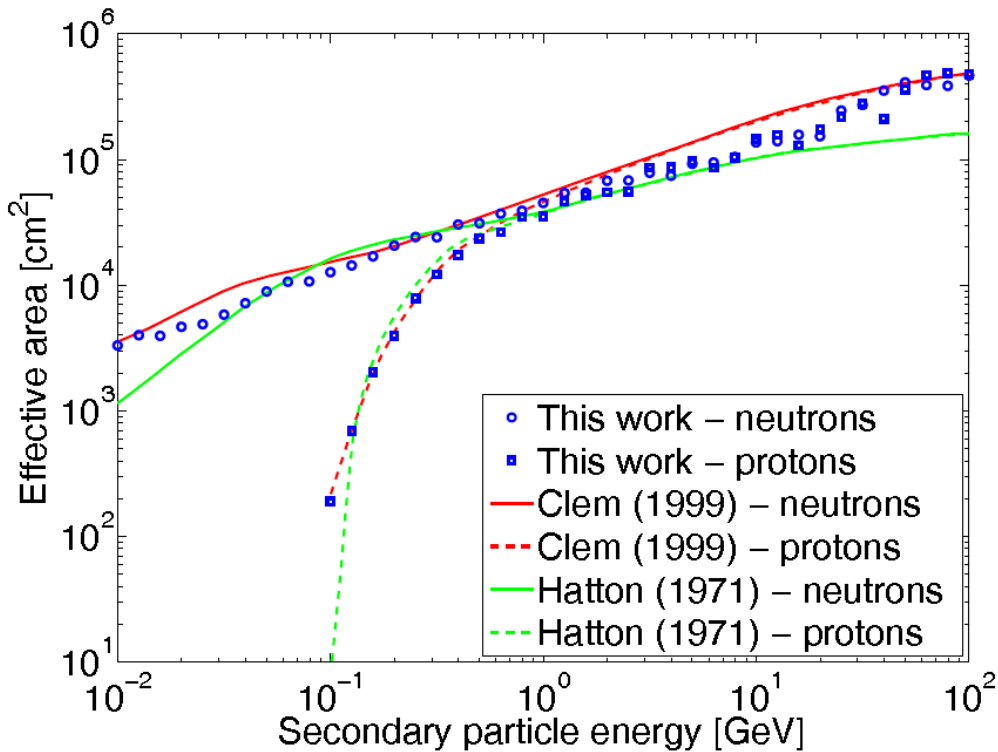
Force*

Smooth window: 10

Style Options

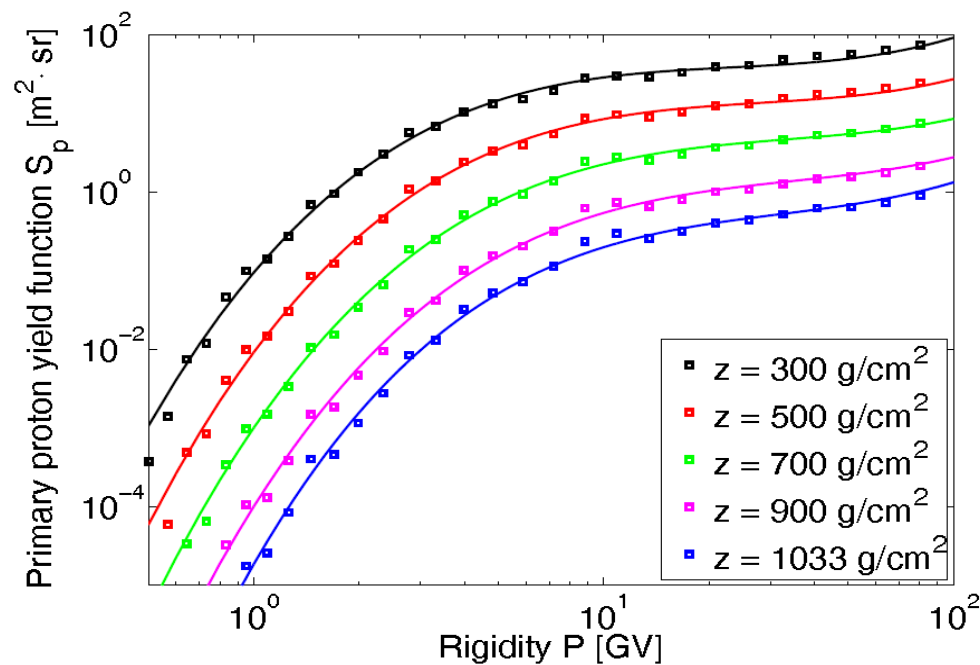
NEST is provided by

Observatoire PSL

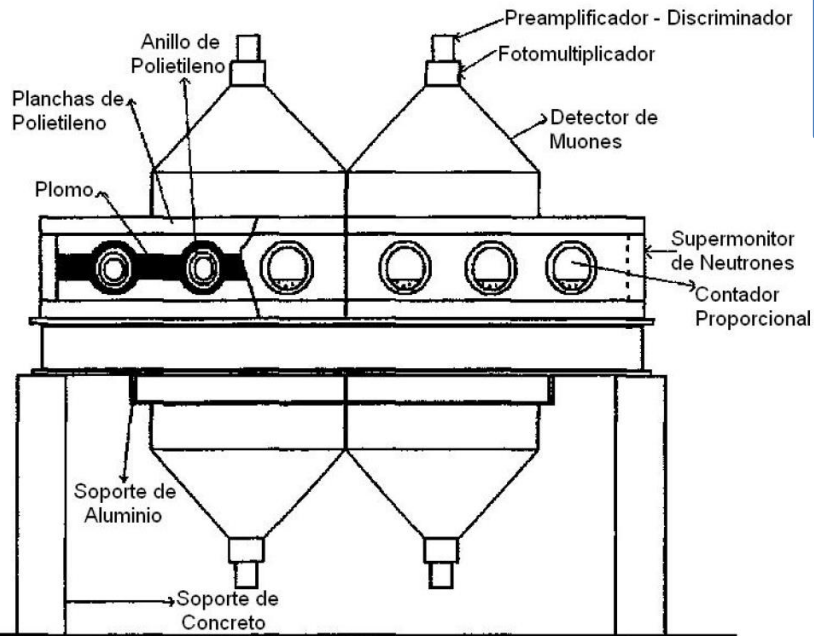


Área efectiva para p^+ y n
incidiendo verticalmente

Función de respuesta para p^+
incidentes.



Telescopio de Muones de la CDMX



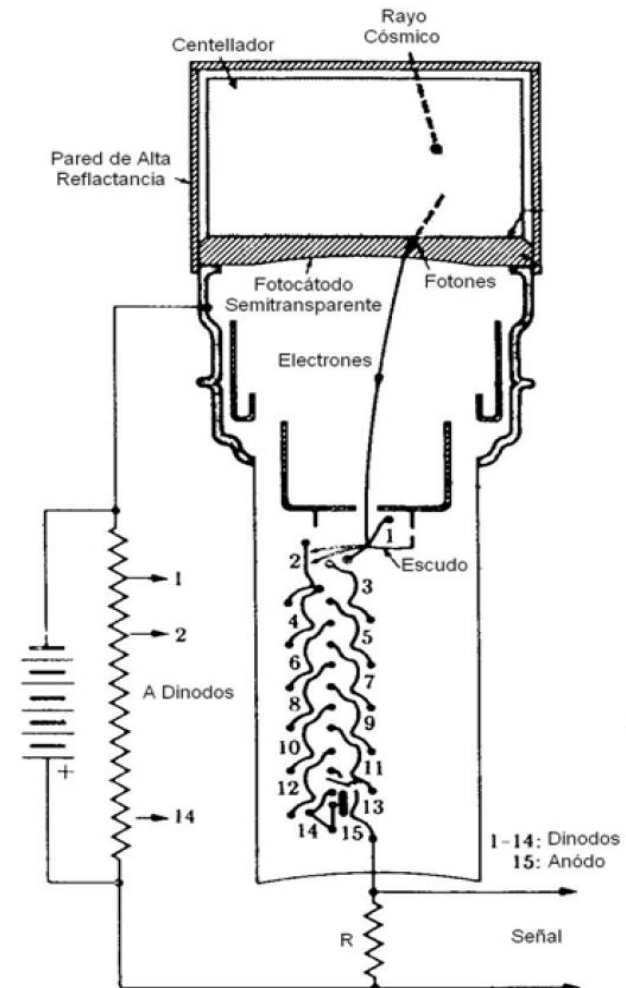
Compuesto de 8 plásticos centelladores.

La respuesta es a μ generados por la interacción de RC primarios con $E \sim 10\text{GeV}$

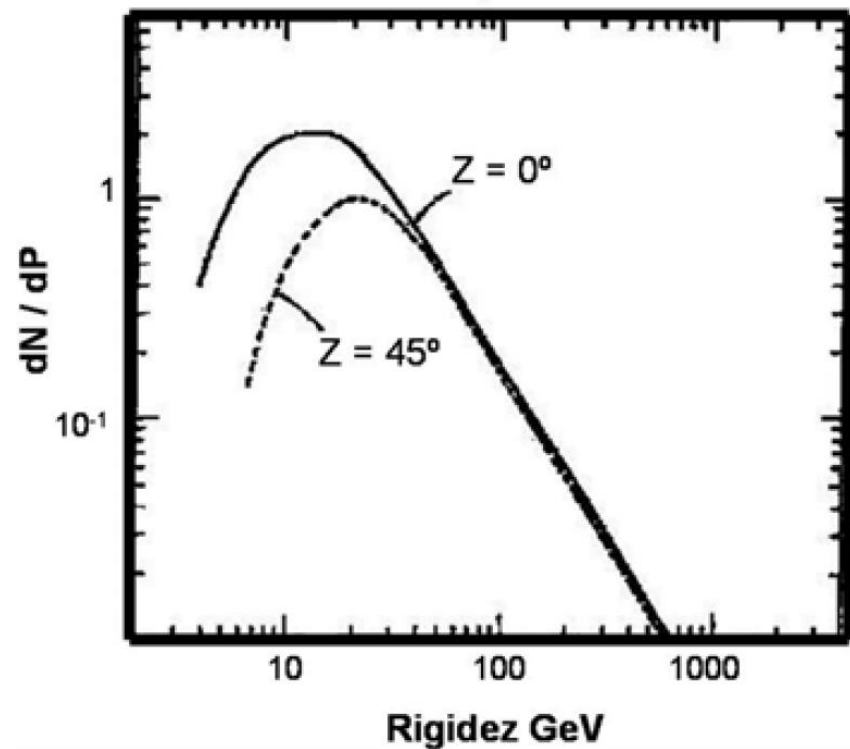
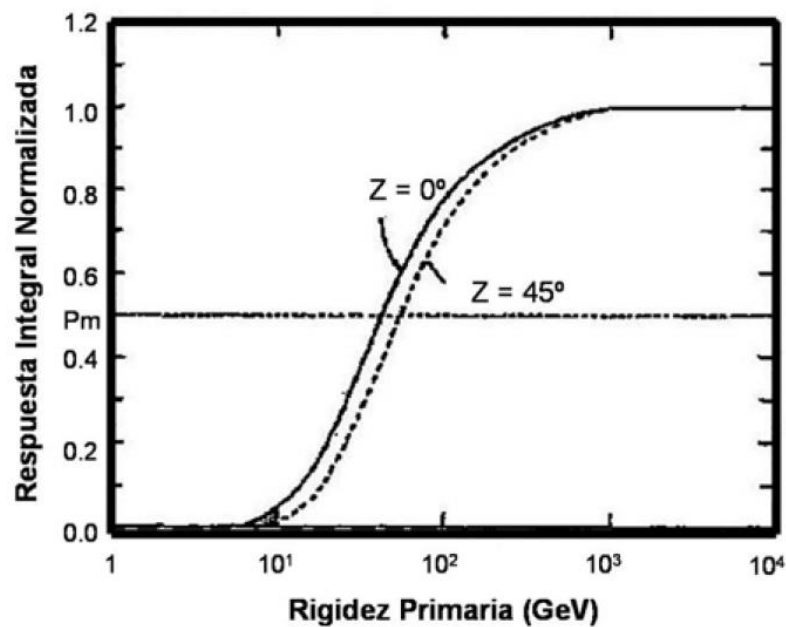
El μ incidente pierde energía por ionización en el centellador.

El centellador se excita y tiene fluorescencia.

El pulso pasa al fotomultiplicador, al fotocátodo y se liberan fotoelectrones. Se amplifican en los dinodos y el pulso llega al ánodo. La amplitud del pulso es proporcional a la E liberada en el centellador.



Característica	Valor
Pulso de luz	65% de la de un cristal de antraceno de la misma geometría.
Constante de Decaimiento	3 ns
Longitud de Onda de Máxima Emisión	4500 Å
Gravedad Específica	1.032 gr/cm ³
Temperatura de Ablandamiento	75 °C
Índice de Refracción	1.581
No. Átomos/cm	H: 0.525 C: 0.475 N: 1.8x10 ⁻⁶ O: 1.8x10 ⁻⁵
No. de Electrones/cm ³	3.4x10 ²³

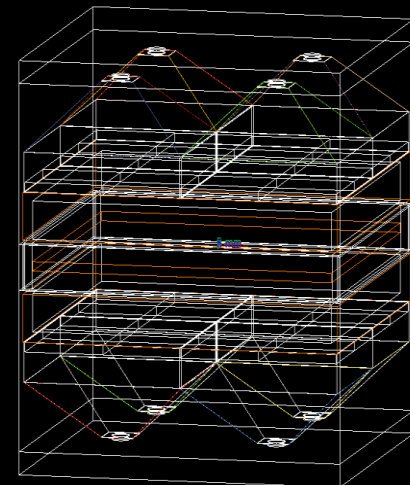
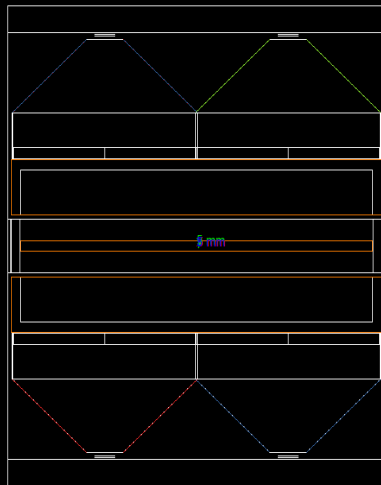


Función de respuesta diferencial e integral para el TM-CDMX con 0° y 45° cenitales.
795 g/cm².

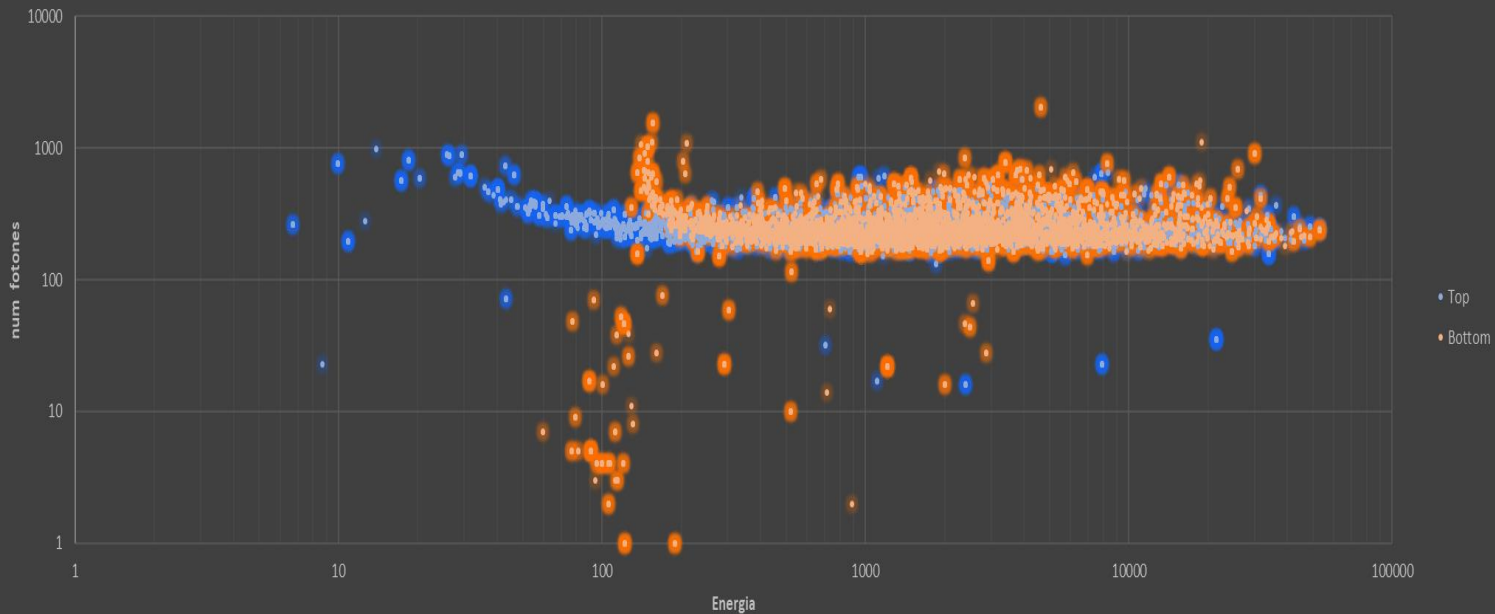
Intensidades y errores calculados para el TM-CDMX.

Dirección Z	Ángulo sólido total x área sΩ (m ² sterad)	Cuentas esperadas (x 10 ⁶ /hr)	Rigidez media de respuesta (GV)
Vertical	3.30	2.1	40.2
45° Norte	0.85	0.3	57.6
45° Este	0.85	0.3	57.6
45° Oeste	0.85	0.3	57.6
45° Sur	0.85	0.3	57.6
Total	6.70	3.3	

Errores	Telescopios	
	Vertical	Inclinados
En los valores horarios	0.069 %	0.183 %
En la media mensual	0.003 %	0.007 %
En la media anual	0.001 %	0.002 %



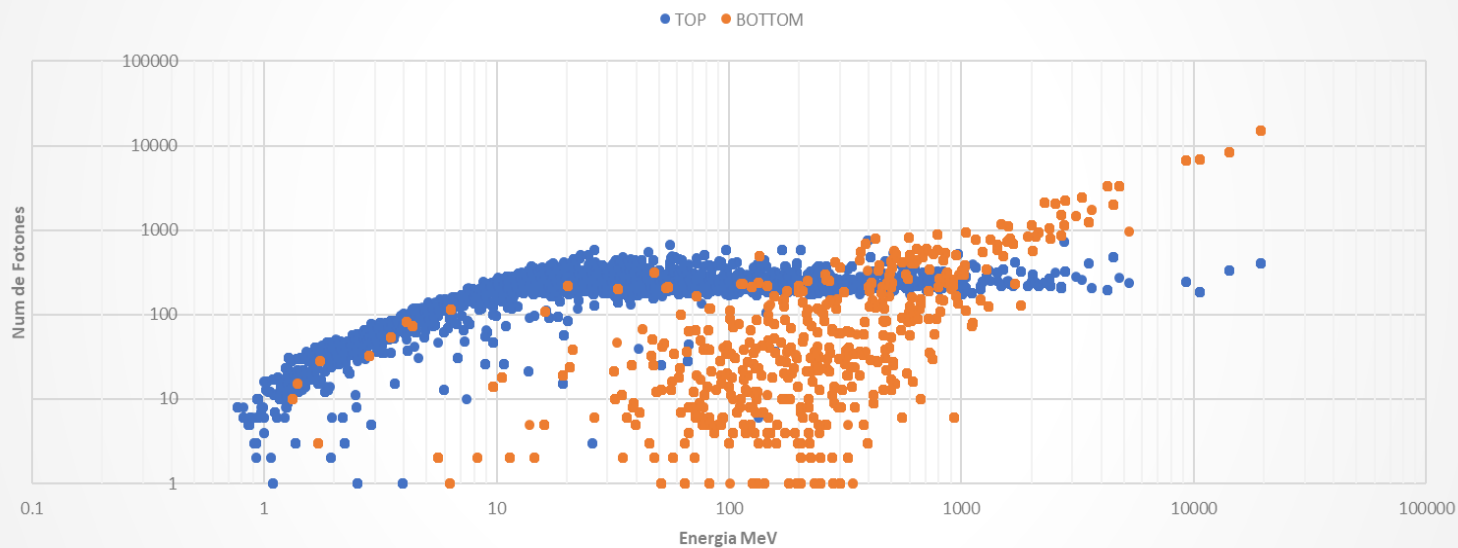
Muones 0°



TOP
Total:3171
Prom:242
<100:7

BOTTOM
Total:3018
Prom:255
<100:43

Electrones 0°



TOP
TOTAL: 2856 $\approx$ 14.28%

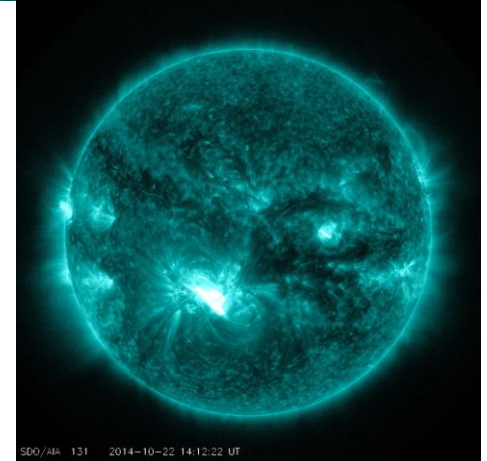
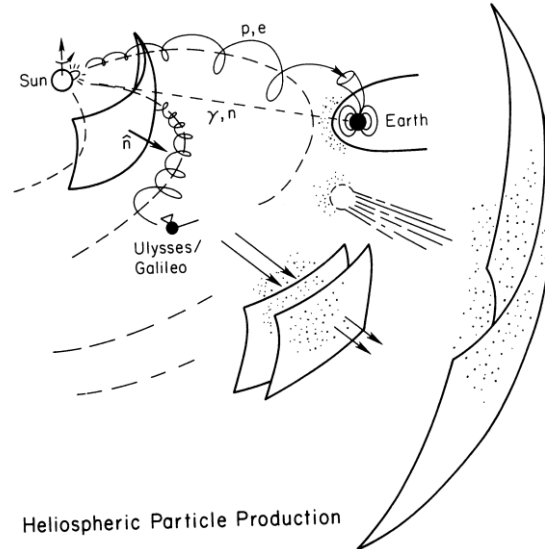
BOTTOM
TOTAL: 477 $\approx$ 2.38%

3. Observatorio de Rayos Cósmicos en la cima de Sierra Negra

**Protones y electrones
son afectados por el CMI**

Neutrones NO

**Preservan información
de la fuente.**



Monitores de Neutrones y otros detectores de superficie:

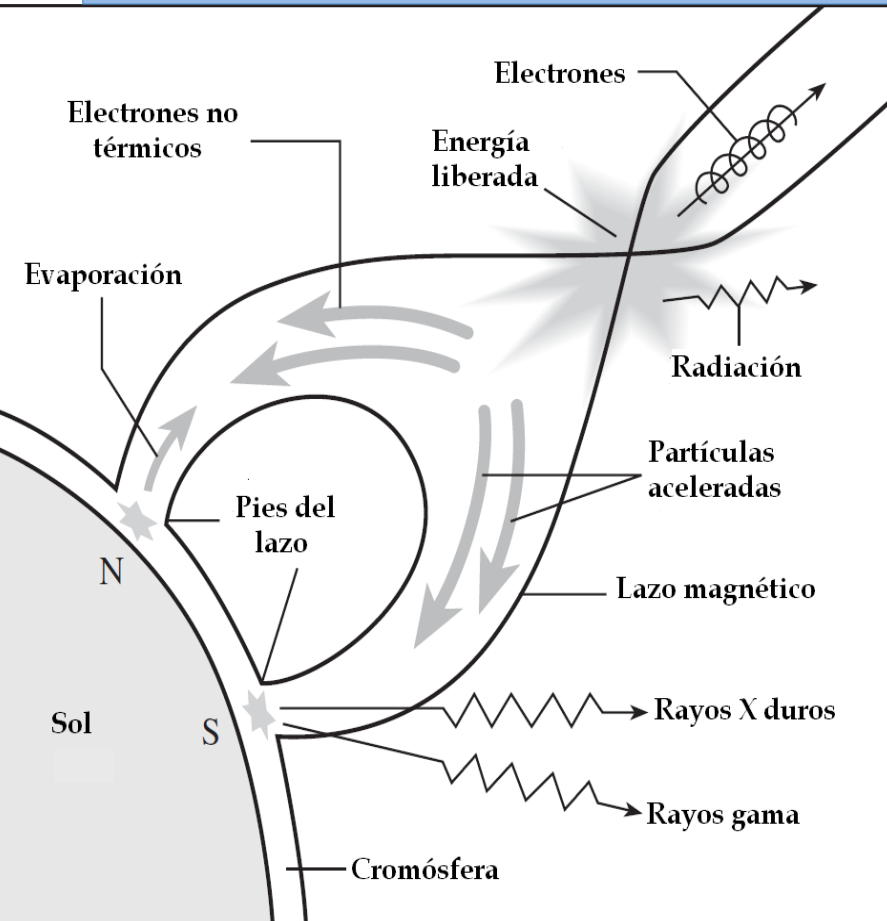
NO pueden diferenciar entre p^+ y n .

NO pueden calcular la contaminación en la detección.

NO pueden determinar la E_i de los n . Se complica de sobremanera el cálculo del espectro.

Errores muy altos. → **Se necesitan Detectores especializados.**

En 1951 posibilidad de detectar neutrones solares en la Tierra (Biermann, et. al).

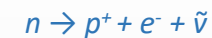


Reacciones Nucleares



Interacción de los n desde la fuente hasta los detectores:

Decaimiento Beta ($\tau \sim 15$ min):

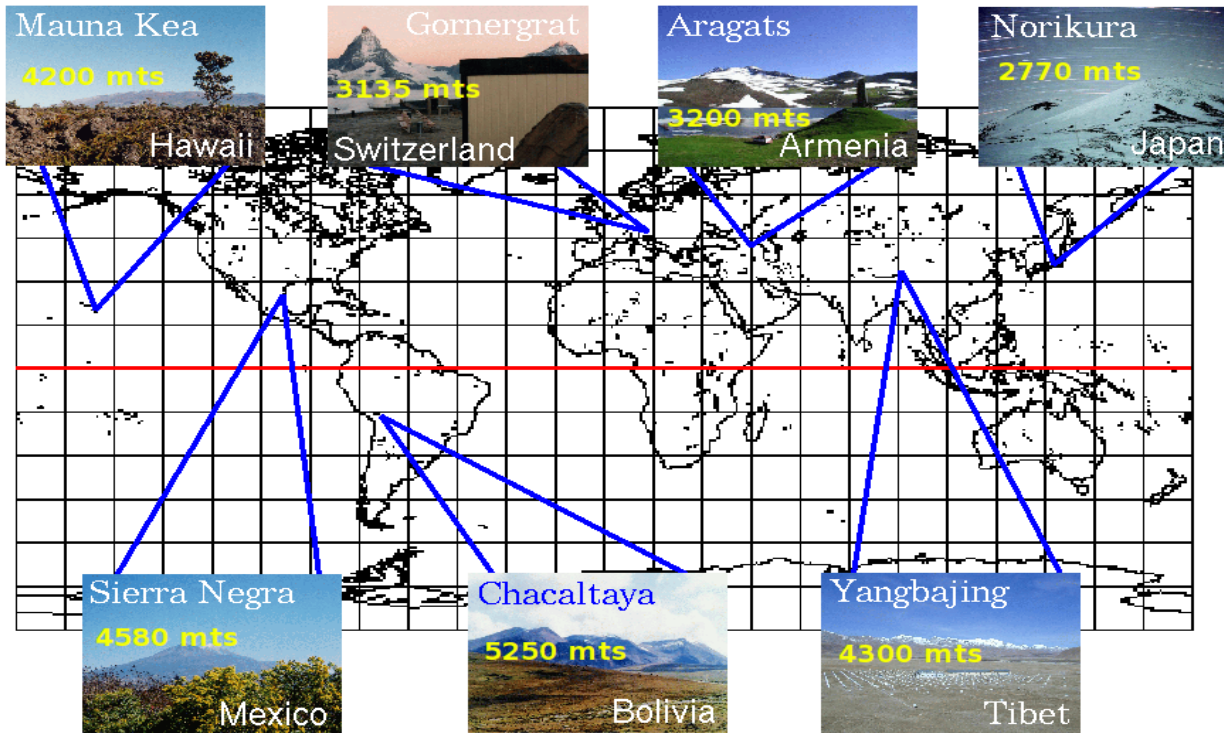


neutrones con 1 GeV, 73% ρ de llegar al tope de la Tierra.
con 100 MeV $\sim 30\% \rho$.

Atenuación Atmosférica:

La propagación de los n se rige por la E_p , θ y h .

El Telescopio de Neutrones Solares (TNS) en Sierra Negra



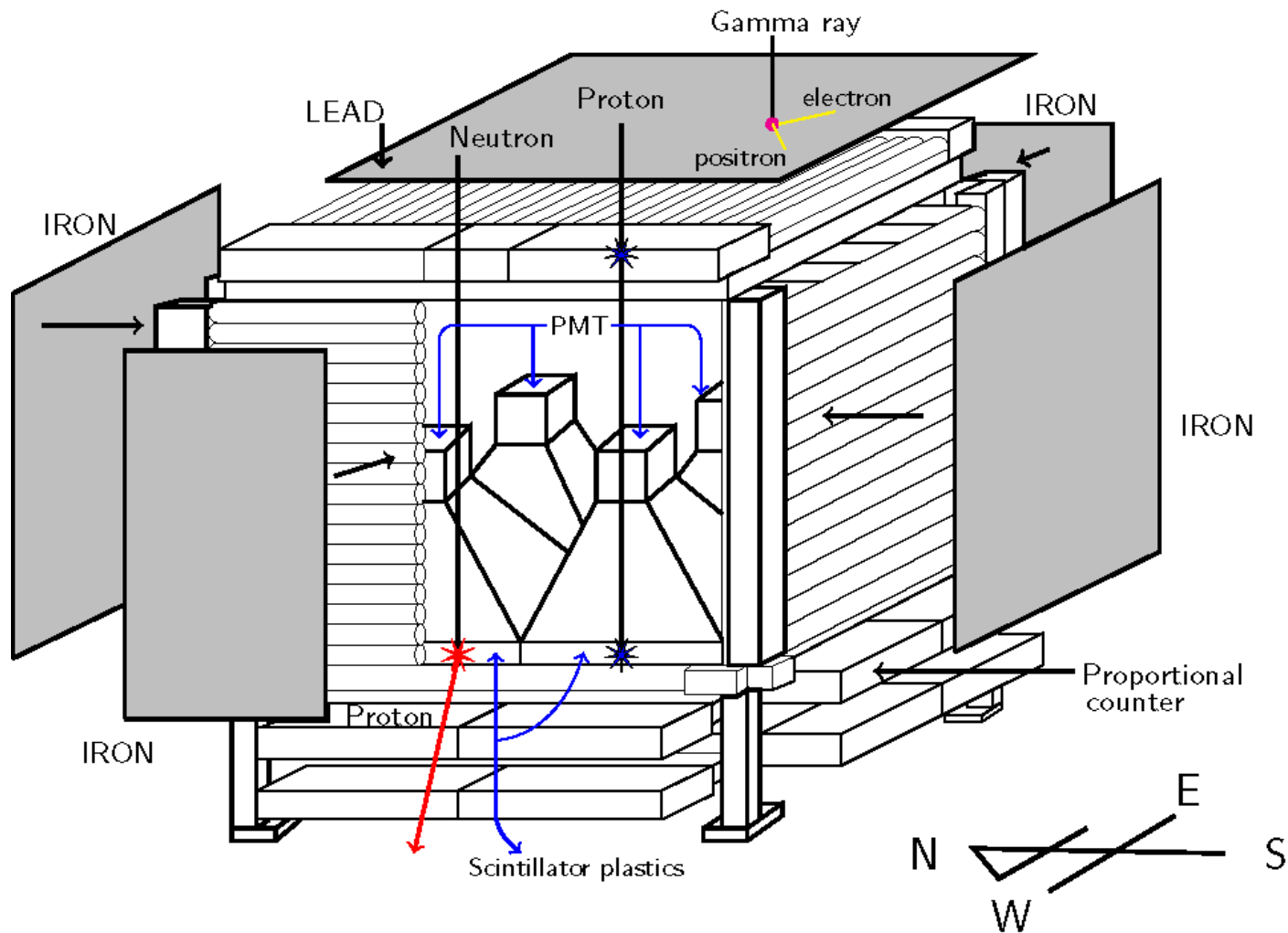
■ Construido en el Volcán Sierra Negra, (19.0°N , 97.3°W), 4850 msnm

■ Llena el vacío longitudinal entre Chacaltaya y Hawai.

■ Debe estar localizado lo más alto posible para minimizar la cantidad De materia que atraviesa el neutrón.

■ Cerca del ecuador para tener una alta rigidez magnética y la mayor exposición al Sol.





4 **PC** de 1mx1mx30cm

Rodeado por CPs

*FM*s arriba de cada **PC**

*Cubierto por una capa de **Pb** de 5 mm de espesor*

*A los lados por capas de 5 mm de espesor de **Fe***

*Partículas incidentes Impactan los **PC** y liberan p+, que son detectados por 4 góndolas de Cps abajo del detector.*



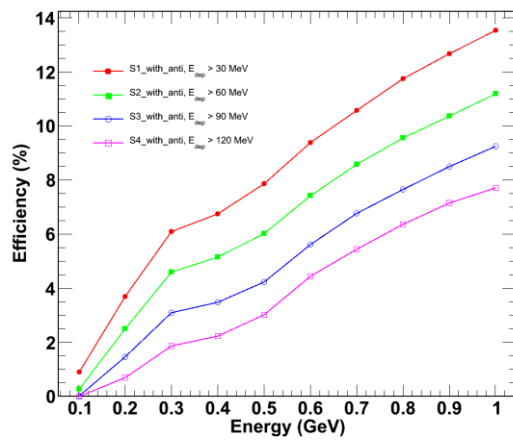
Edep por *n* se mide por la discriminadores de altura de pulso conectados a los **FMs**.

La altura del pulso es discriminada en 4 diferentes canales de deposición de energía:

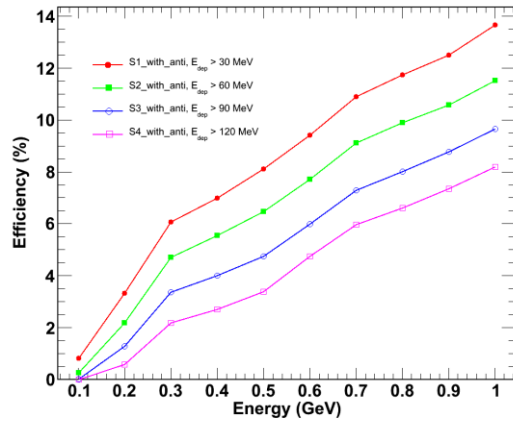
- $E > 30 \text{ MeV}$ (*S1_with_anti*)
- $E > 60 \text{ MeV}$ (*S2_with_anti*)
- $E > 90 \text{ MeV}$ (*S3_with_anti*)
- $E > 120 \text{ MeV}$ (*S4_with_anti*)

Las direcciones de arribo de las partículas se clasifican en 25 canales direccionales.

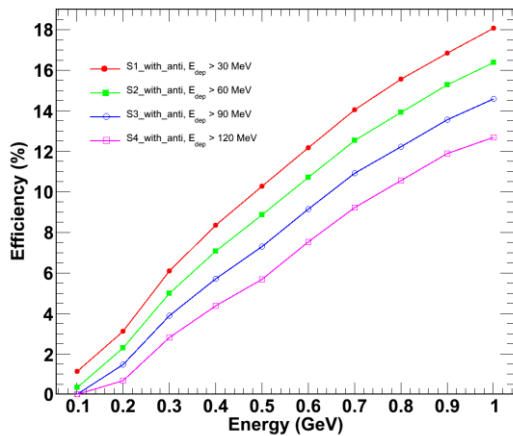
neutron efficiency @ 00°



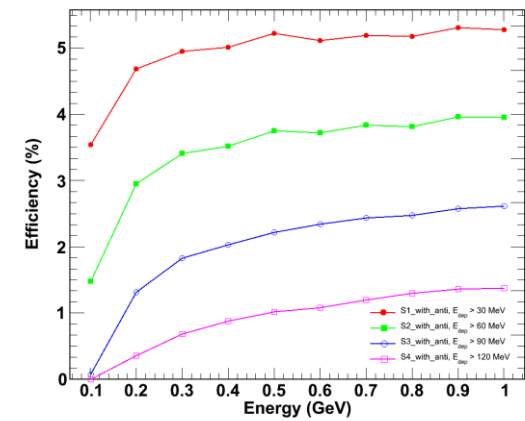
neutron efficiency @ 30°



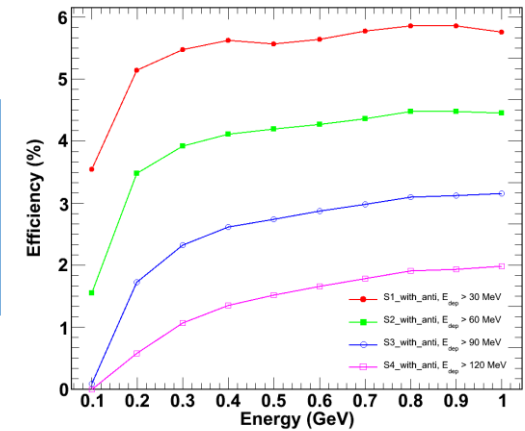
neutron efficiency @ 60°



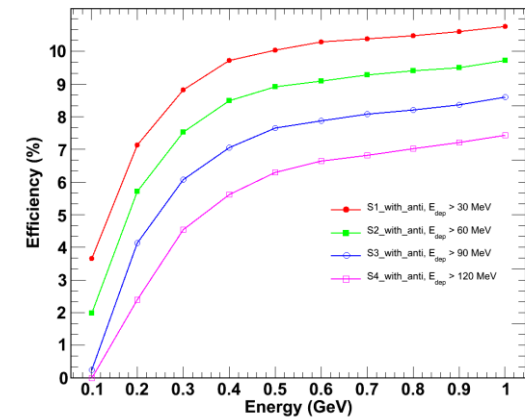
gamma efficiency @ 00°



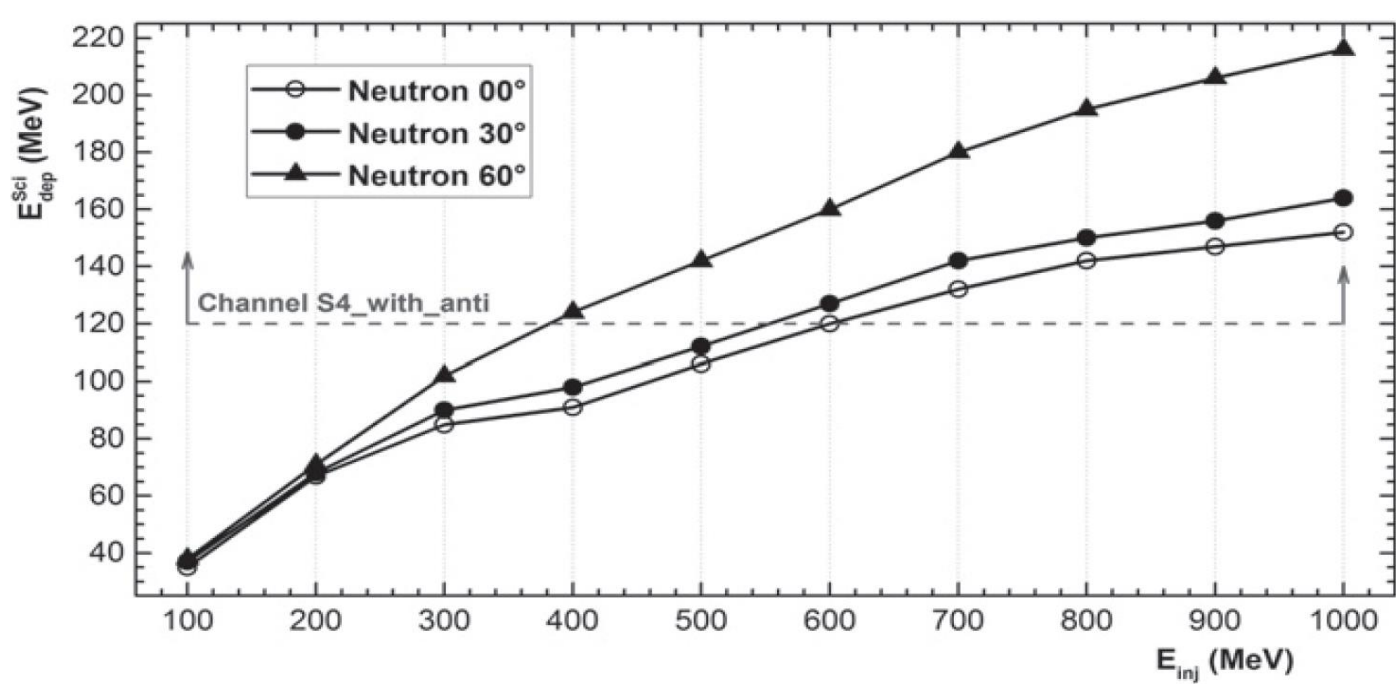
gamma efficiency @ 30°



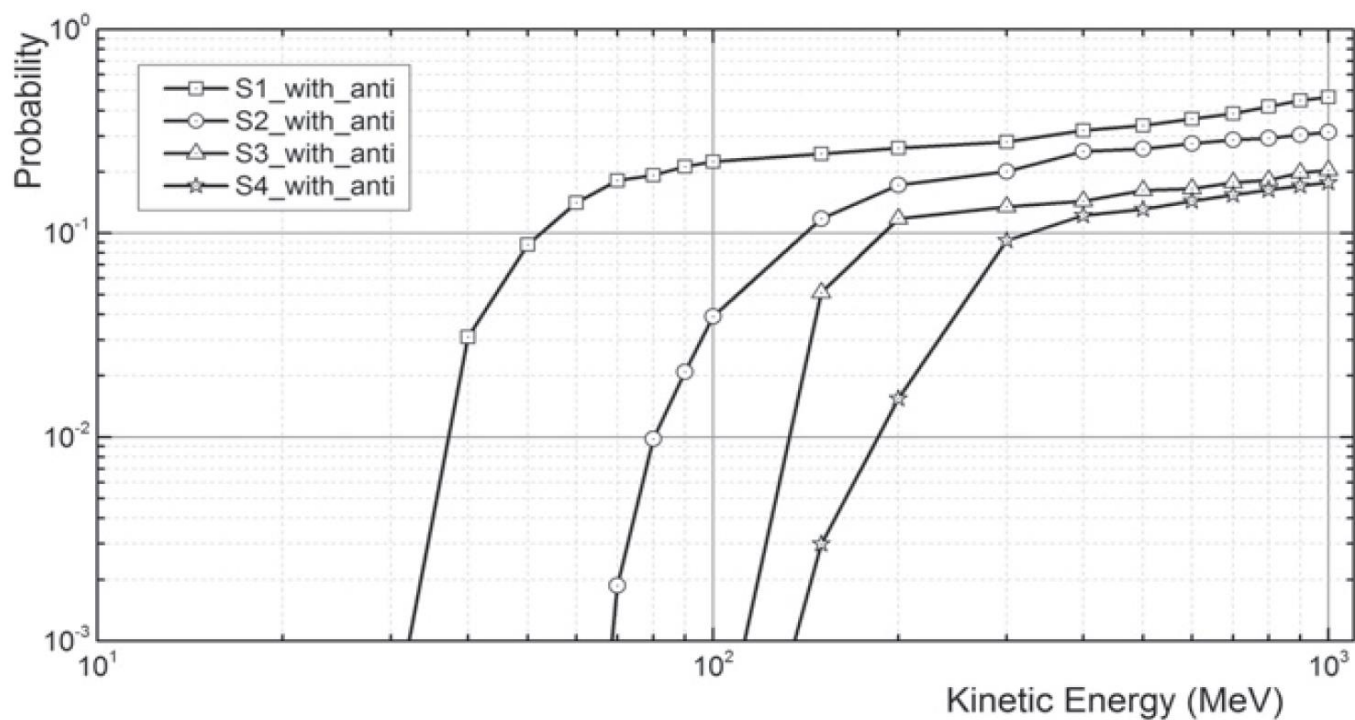
gamma efficiency @ 60°



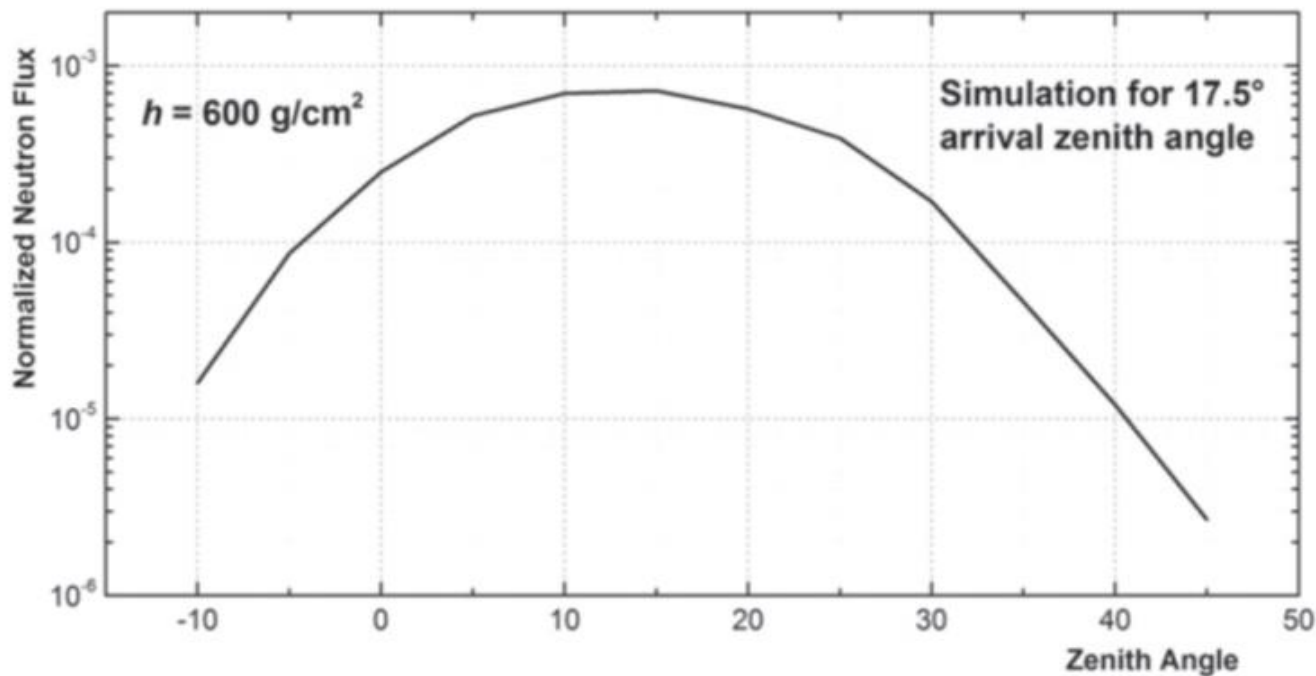
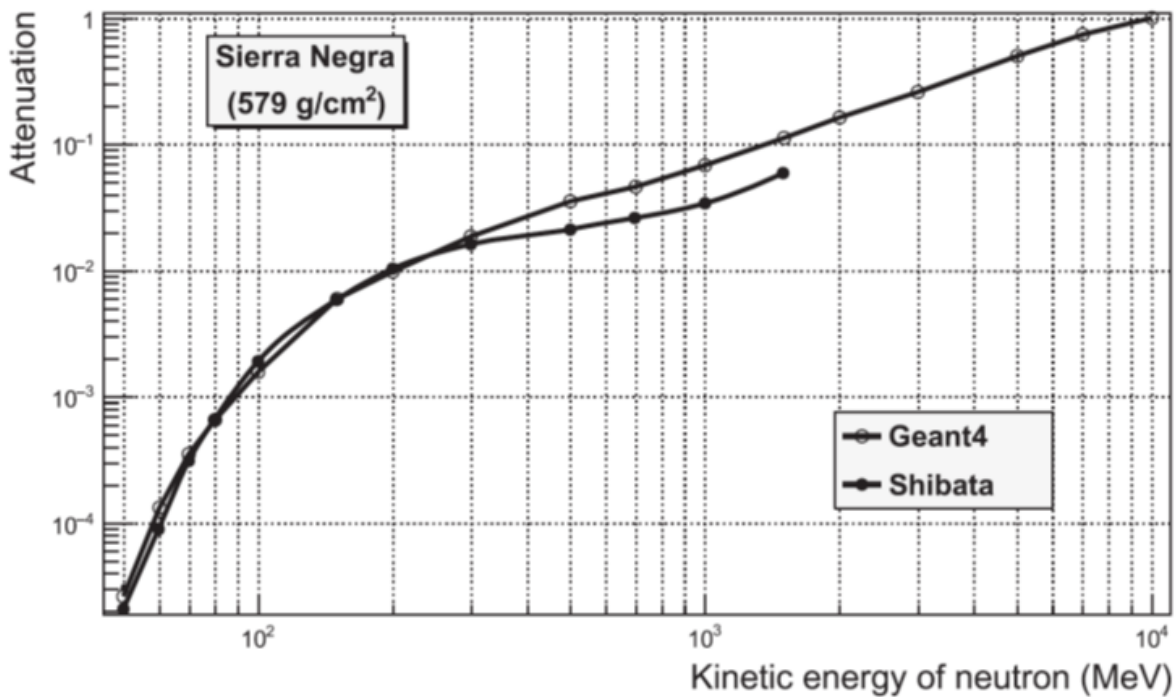
GEANT4
Simulation
Results



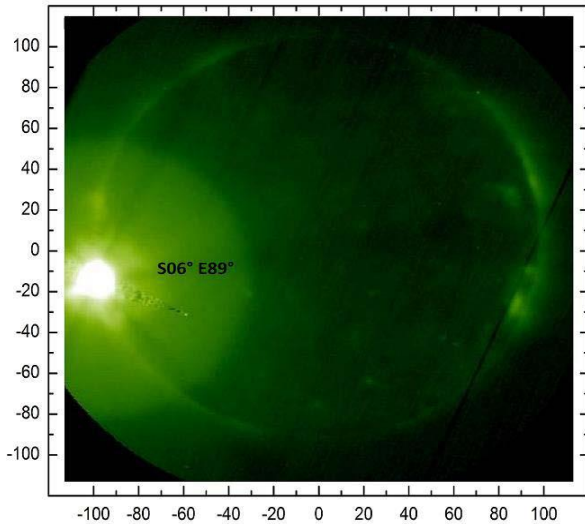
GEANT4
Simulation
Results



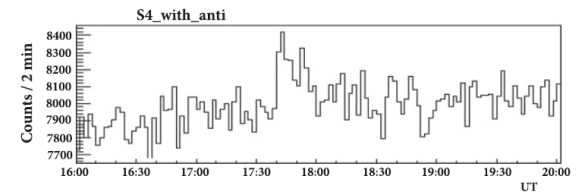
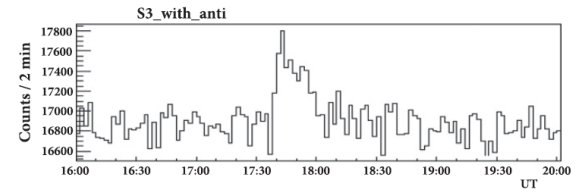
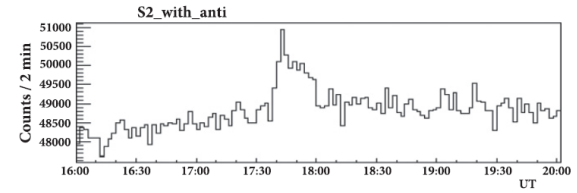
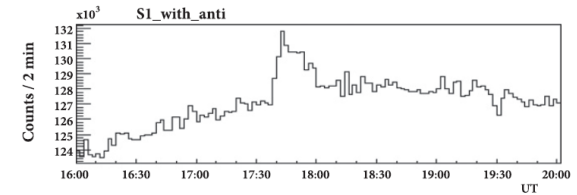
Para neutrones solares
en la atmósfera



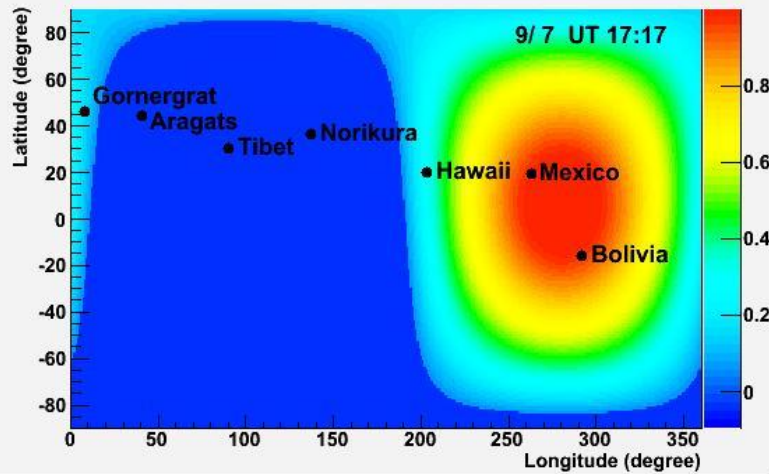
Solar Neutron Event on September 7, 2005



N (+33.7°)	1.7% ± 0.9	2.7% ± 0.5	3.2% ± 0.3	2.4% ± 0.6	1.5% ± 1.0
N-S (0°)	2.6% ± 0.6	5.3% ± 0.5	7.1% ± 1.3	4.7% ± 0.3	2.4% ± 0.7
N-S (0°)	3.4% ± 0.3	7.8% ± 1.6	11.5% ± 3.1	6.7% ± 1.1	2.9% ± 0.5
N-S (0°)	2.7% ± 0.5	5.4% ± 0.6	7.2% ± 1.3	4.7% ± 0.3	2.3% ± 0.7
S (-33.7°)	1.7% ± 0.9	2.7% ± 0.5	3.4% ± 0.2	2.5% ± 0.6	1.5% ± 1.0
W (-33.7°)					
W-E (0°)					
E (+33.7°)					

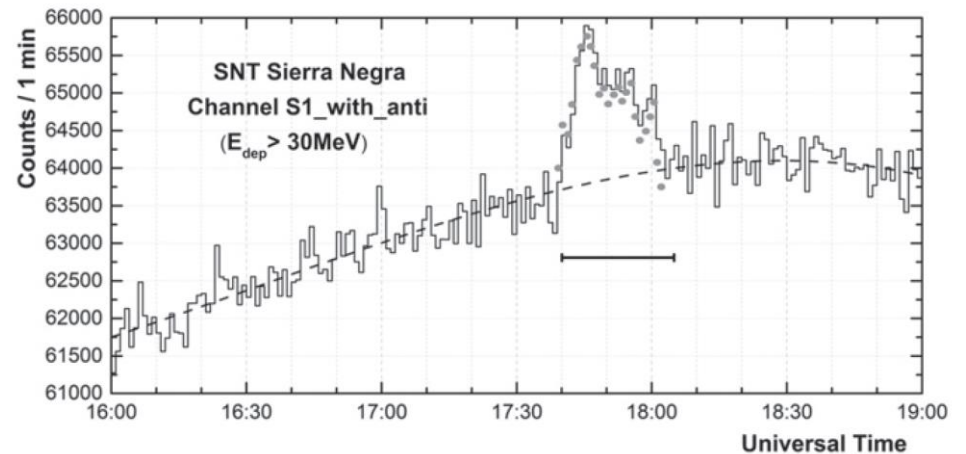


Solar Cos(ZenithAngle)



S1_with_anti: 16σ , S2_with_anti: 12σ ,

S3_with_anti: 9.9σ , S4_with_anti: 6.2σ .



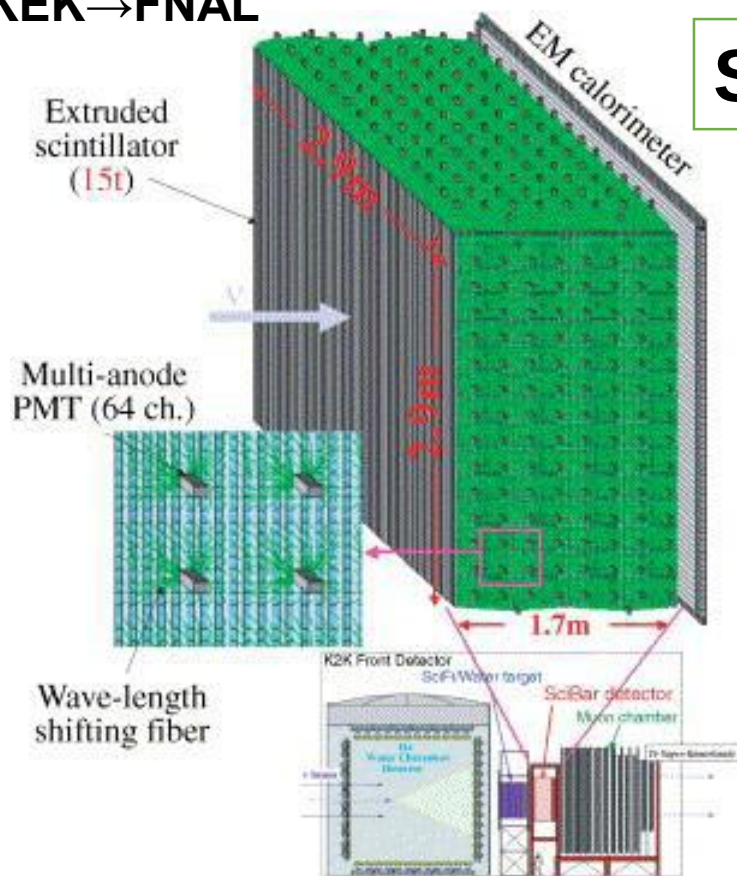
EL TELESCOPIO CENTELLADOR DE RAYOS CÓSMICOS (SciCRT)

◊ Mide el fondo de Rayos Cósmicos Galácticos

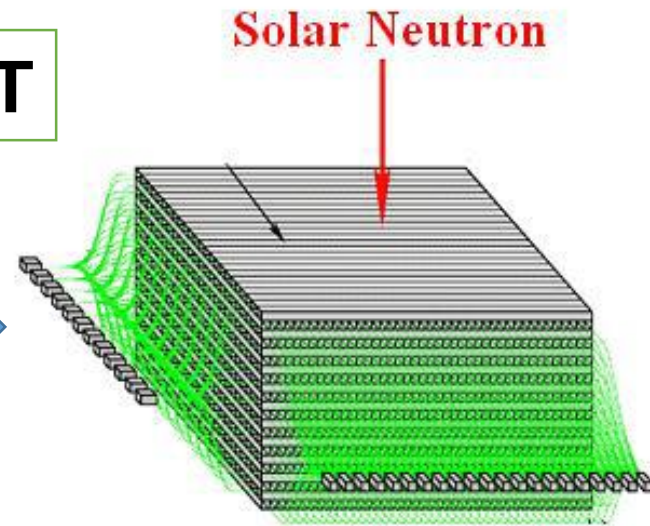
◊ Partículas Energéticas Solares ⇐ Neutrones

◊ Tiene la capacidad de detectar Muones

KEK→FNAL



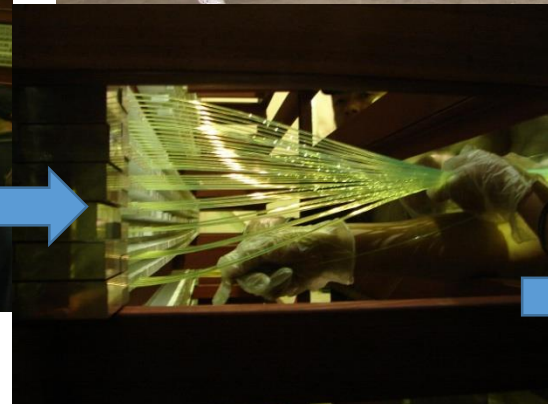
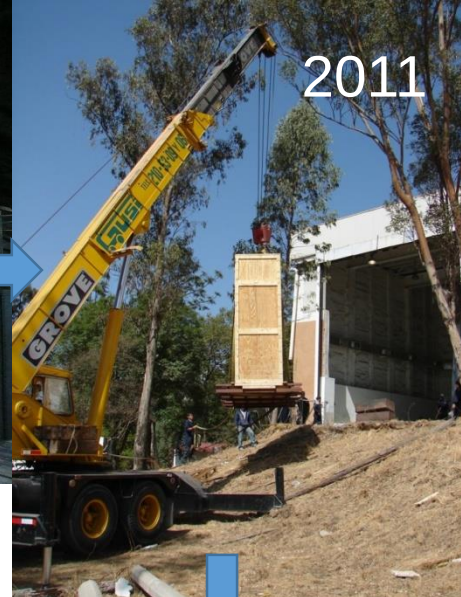
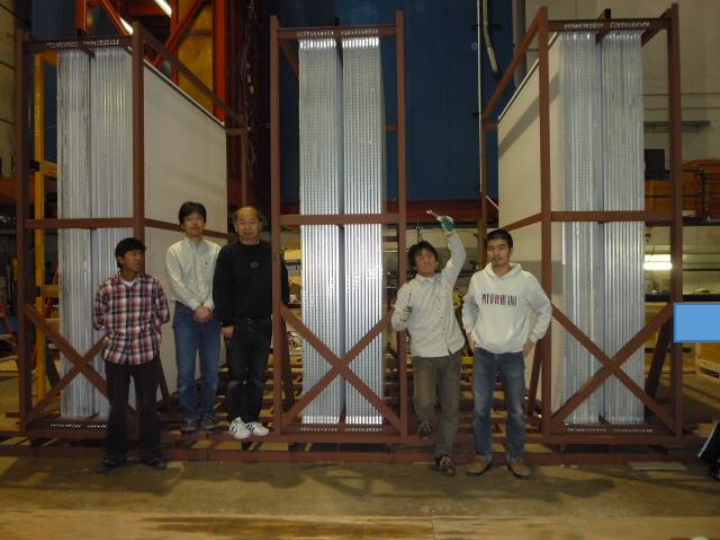
SciCRT



Scintillator bars 2.6cm x 1.3cm x 3m
 $116 \times 64 \times 2 = 14848$ bars

SciBar fue usado para detectar neutrinos en FermiLab.

- ▲ 64 capas, cada una con 2 planos de 116 barras ortogonalmente localizadas.
- ▲ 300 kg / capa + estructura = 25 Toneladas
- ▲ Dimensión: 3 m X 3 m X 1.7 m





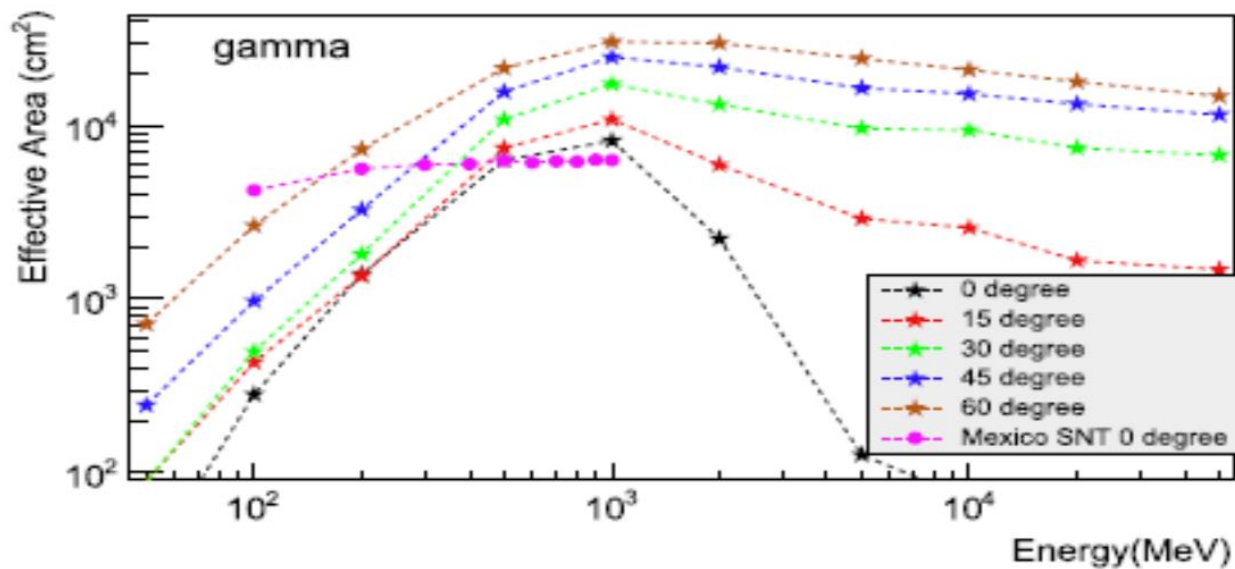
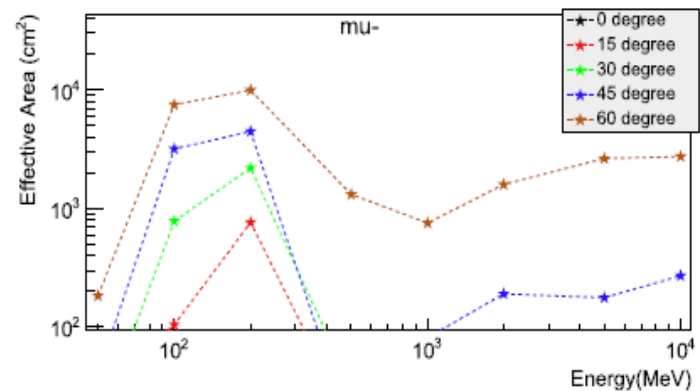
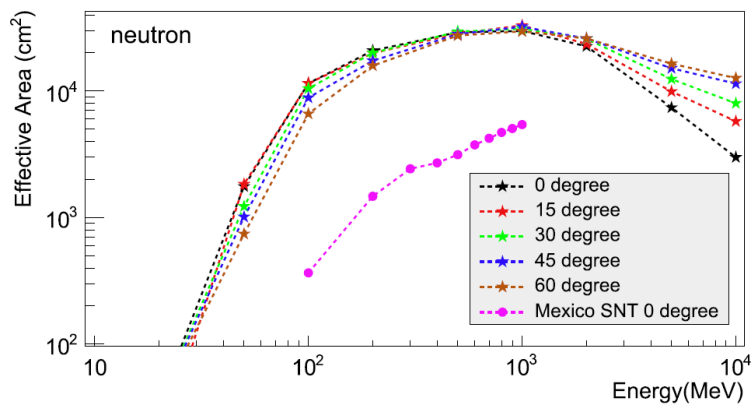
▲ *Consiste de 14,848 barras de centelleo. barra: 1.3 cm X 2.5 cm X 300 cm.*

▲ *Cada barra tiene un agujero de 1.8 mm de diámetro ←
donde se introducen las fibras wave length Sifting fiber (WLS-fiber)
de 1.5 mm Y11(200)MS, S.*

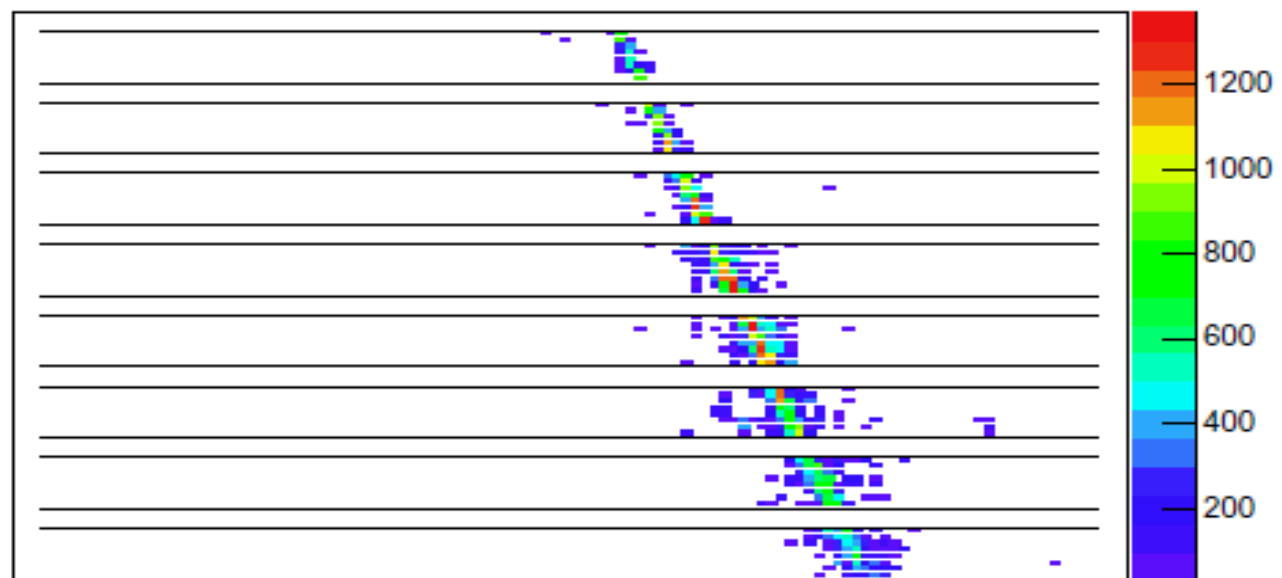
Dividido en 5 SUPERBLOQUES



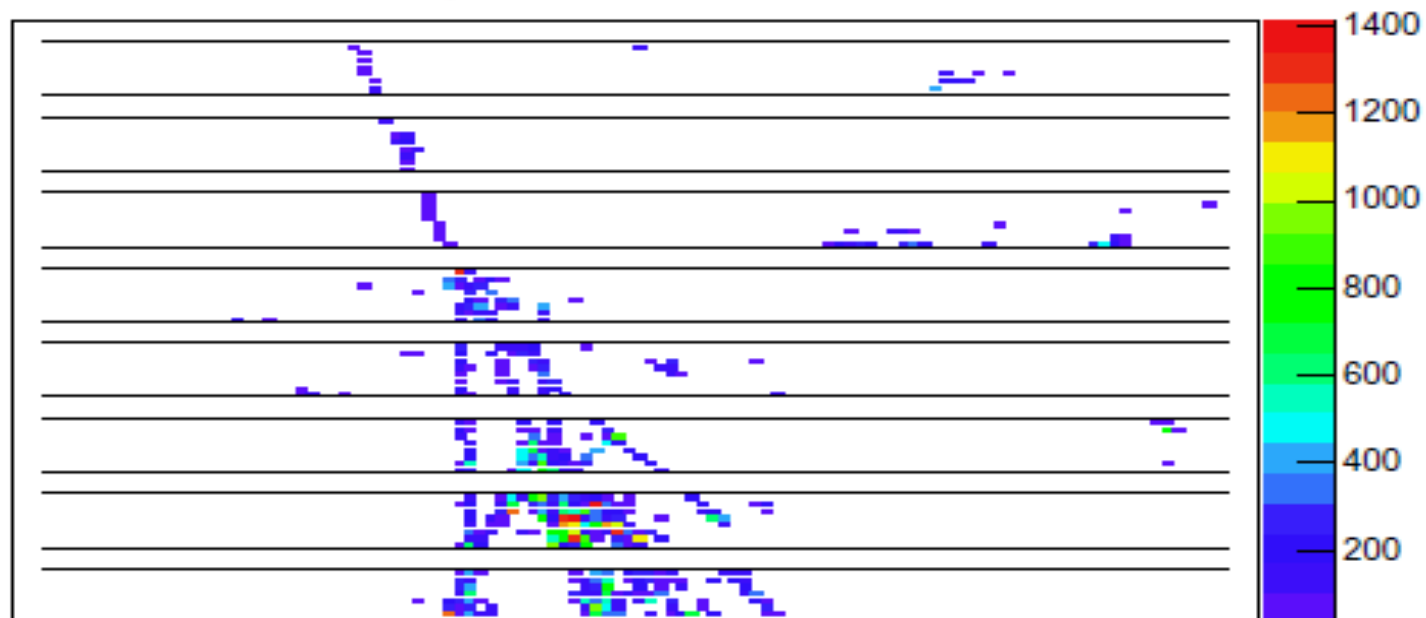
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL SciCRT – GEANT4.



gamma 14819.1MeV



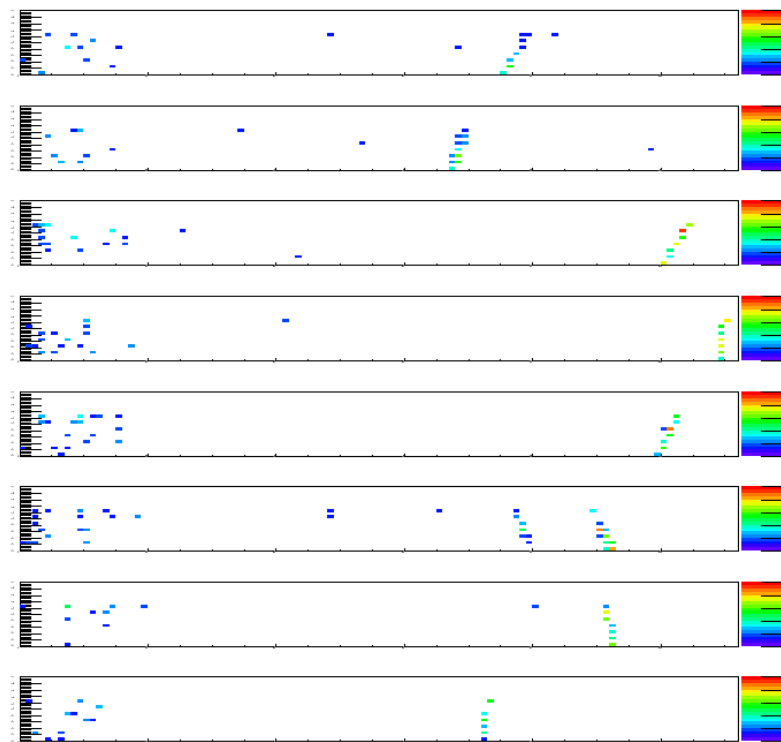
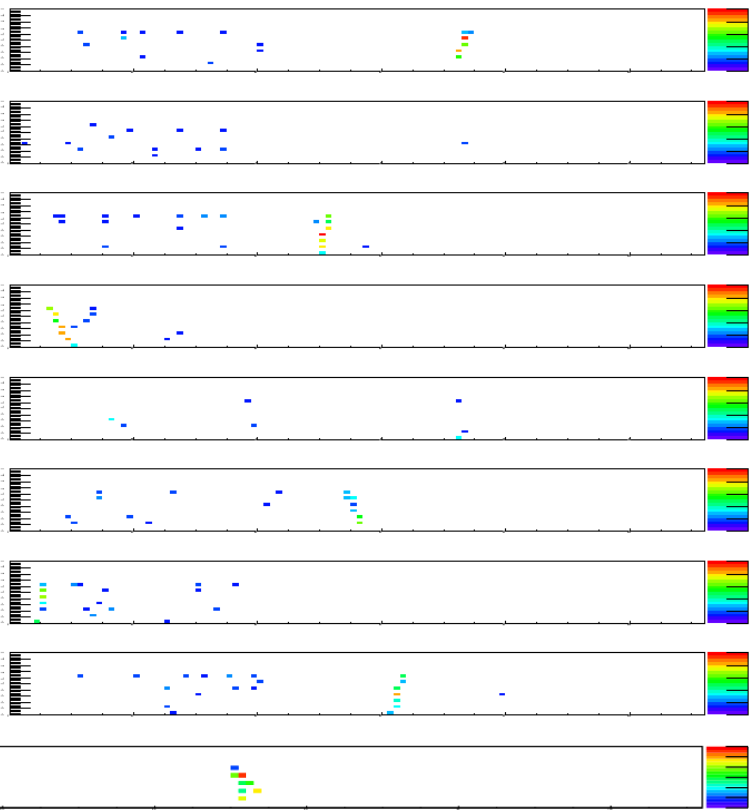
proton 21372.4MeV



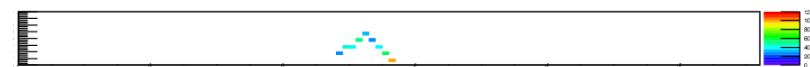
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

PRIMEROS EVENTOSS
EN SIERRA NEGRA
8-13/MAY/2013

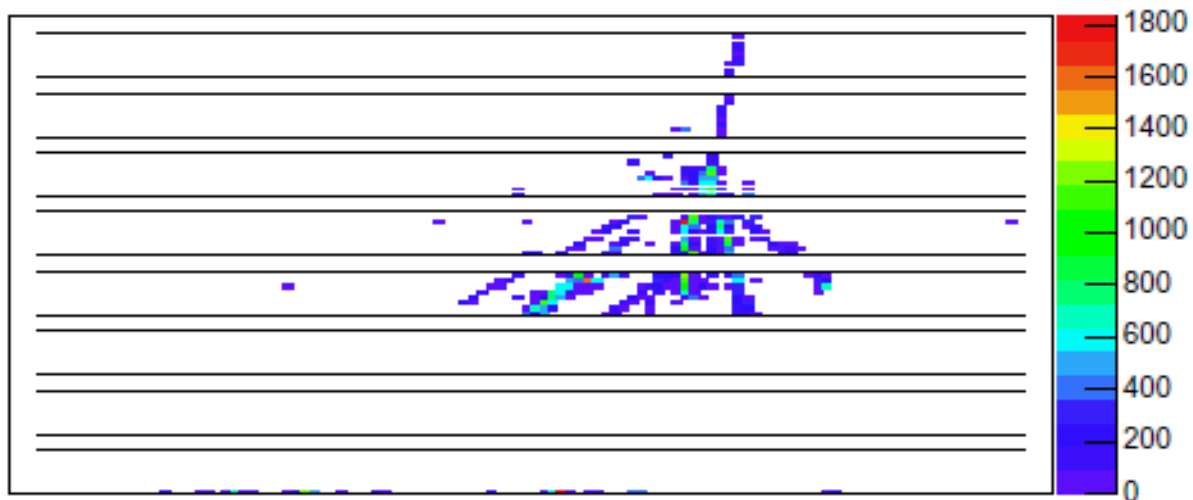
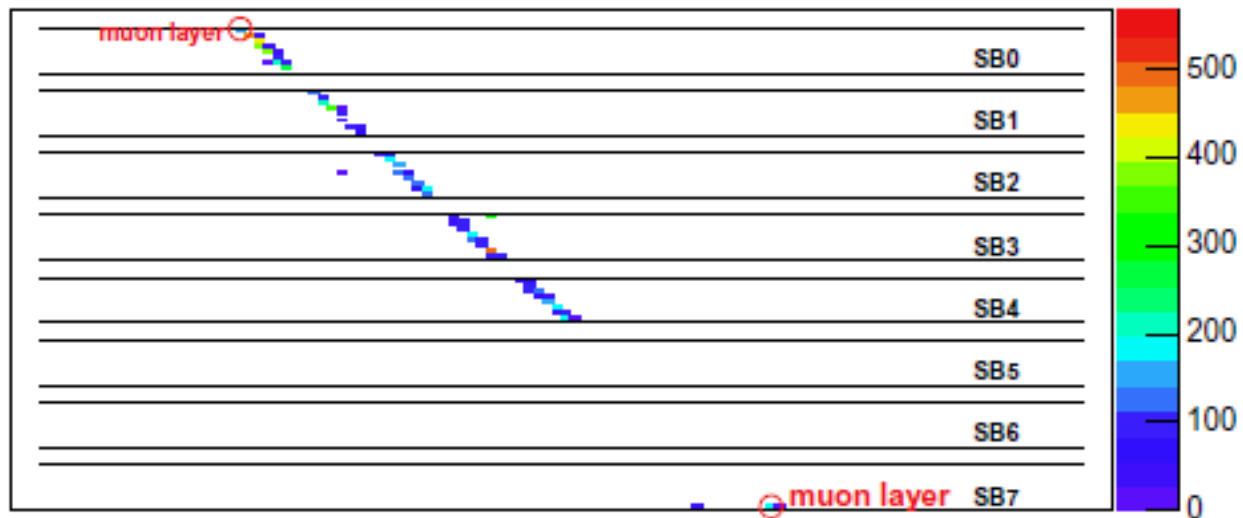
X side

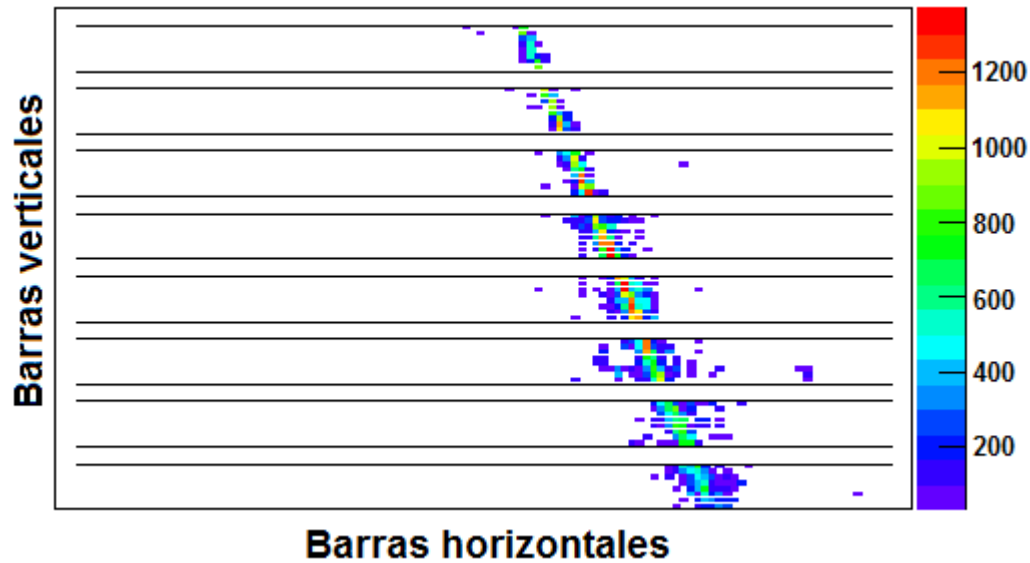


Y side



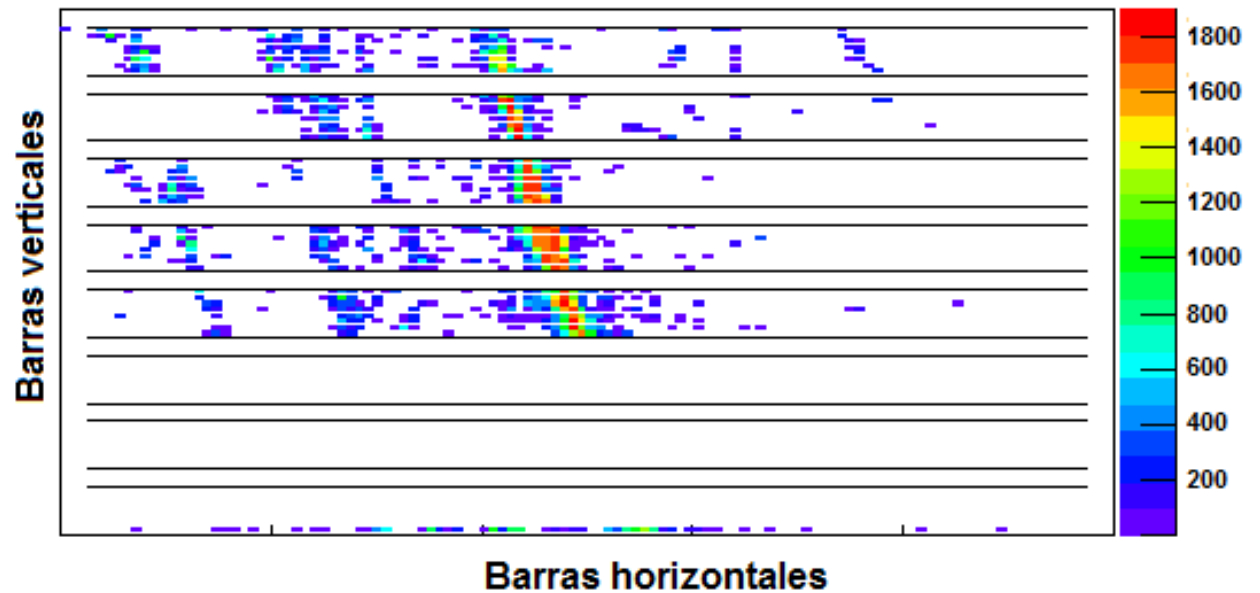
RESULTADOS DE LOS DATOS DETECTADOS CON EL SciCRT





Gama simulado con 14 GeV

Traza detectada
por el SciCRT



Para medir energía de los neutrones en la fuente y calcular el índice espectral de la emisión en la fulguración.

1. Calcular τ_n .
2. Calcular la atenuación atmosférica de los *neutrones*.
3. Calcular la respuesta del detector a los n y contaminación por otras partículas.
4. Calcular la energía de los *neutrones* en el tope del detector y depositada en el mismo.
5. Deconvolucionar la energía desde el detector hasta la fuente, con base en el perfil de emisión de los *neutrones* detectados.

4. Conclusiones

1. *Los detectores funcionan correctamente y pertenecen a redes internacionales.*
2. *Conocemos la respuesta del MN, TM, TNS y TCRC a la detección de partículas.*
3. *Conocemos la eficiencia de detección del MN, TM, TNS y TCRC.*
4. *Se calculó la atenuación de los neutrones en la atmósfera.*
5. *Se conoce el tiempo de vuelo de los neutrones desde el Sol hasta el tope de la Tierra.*
6. *Los datos nutren LANCE/SCiESMEX.*