

## **Práctica 4 – Estudio de la radiación cósmica**

Master Fisica Avanzado

Dominique Wülfing  
Sebastian Brand

12/02/2016

## 1. Introducción y objetivo

En esta práctica investigamos rayos cósmicos.

Los consisten de partículas con altas energías que llegan a la atmosfera con un flujo de 1000 partículas por metro cuadrado. 87% protones, 12% partículas  $\alpha$  y 1% hadrones pesados.

En el nivel de la tierra podemos medir la radiación secundaria con, por ejemplo centelleadores como en esta práctica.

El objetivo de la práctica es primero, de familiarizarse de la detección de los rayos cósmicos, es decir con el aparato de pruebas, con su cadena electrónica y las señales rápidas. El segundo objetivo es estudiar distintos aspectos característicos de la radiación cósmica, la dependencia angular del flujo de rayos cósmicos y la determinación de la componente dura y blanda de la radiación. Además la vida media del muón, que lamentablemente no podíamos hacer porque solamente teníamos 2 semanas y no 4.

## 2. Fundamento Teorético

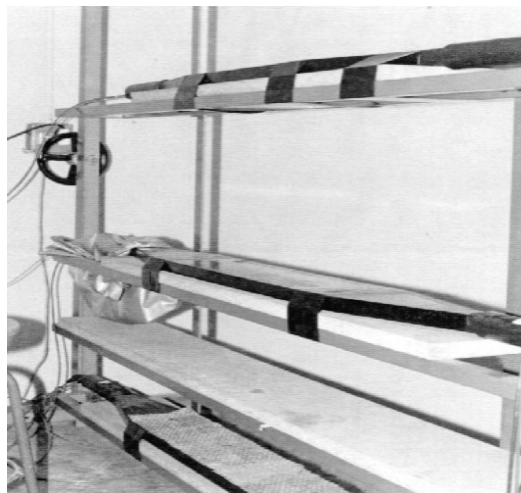
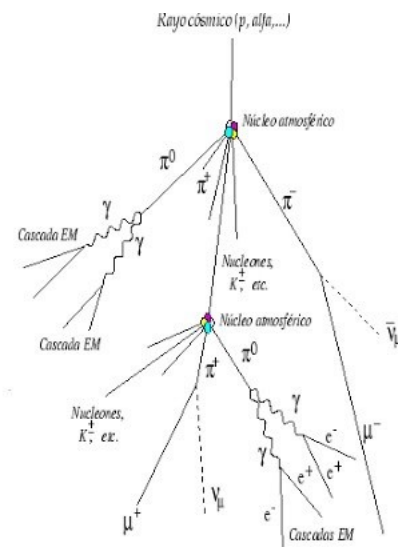
Los rayos cósmicos son partículas con altas energías que producen cascadas de partículas secundarias en la atmosfera. Por eso la parte de los rayos cósmicos que llegue a la tierra (la radiación cósmica secundaria) consiste en su mayoría de muones.

Esta formación de la radiación cósmica secundaria es una dispersión y la dependencia del flujo  $I(\theta)$  al ángulo  $\theta$  sigue la formula [1] con  $I_0$  el flujo al ángulo  $\theta = 0$ .

$$I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta) \quad [1]$$

## 3. El sistema de detección

El aparato de pruebas se compone de 3 contadores de centelleadores plásticos en una estructura metálica. Cada uno de los contadores es un centelleador plástico.



El aparato de pruebas. Torre de contadores para la detección de rayos cósmicos.

Los 3 contadores están en una estructura metálica y con esta podemos variar el ángulo de los 3 contadores.

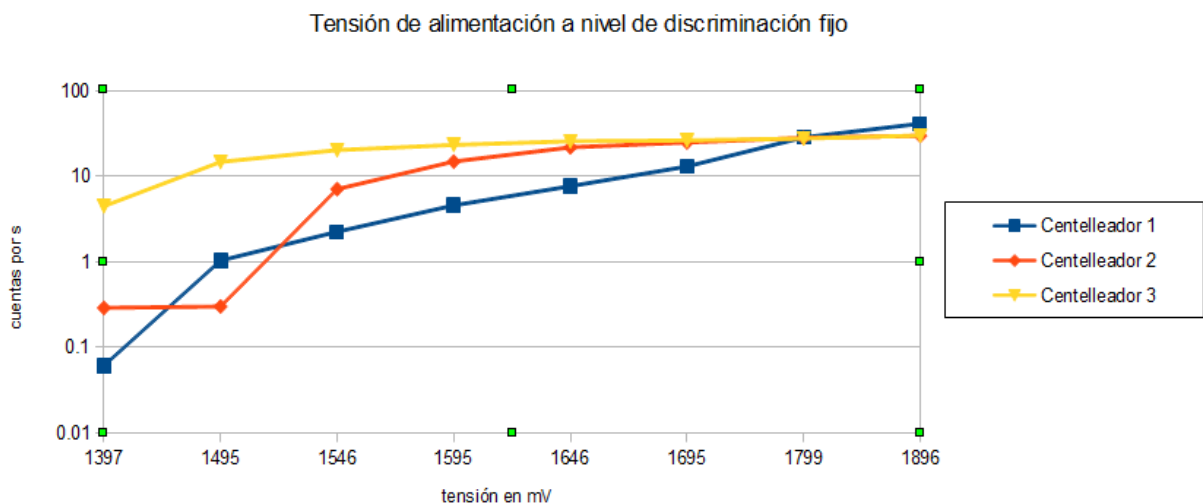
## 4. Experimento

### 4.1. Determinación de los puntos de trabajo

Para llevar a cabo medidas con un centellador, lo primero es establecer las condiciones en que estos van a funcionar: tensión de alimentación y nivel de discriminación.

Obtuvimos los mejores datos con un nivel de discriminación de 0.4 V, por eso trabajamos con ese nivel todo el experimento.

Para determinar la mejor tensión, para cada uno de los PMs miramos el numero de los cuentas cuando se varia la tensión de alimentación a nivel de discriminación fijo.



Con esa gráfica decidimos el mejor plateau es en 1650 mV.

### 4.2. Determinación de la eficiencia de los contadores

Para obtener las eficiencias de los contadores mediamos el número de cuentas en paleta una (P1), en paleta dos (P2), las coincidencias de los dos paletas (P12) y de la triple coincidencia ambas paletas con el detector (Ti).  $f_a$  es el factor de área que es 0.75

$$R_{12} = 2P_1 P_2 \Delta t$$

Con  $\epsilon_i(y) = \frac{T_i(y)}{(P_{12} - R_{12}) f_a}$  obtenemos tres histogramas para los tres contadores.

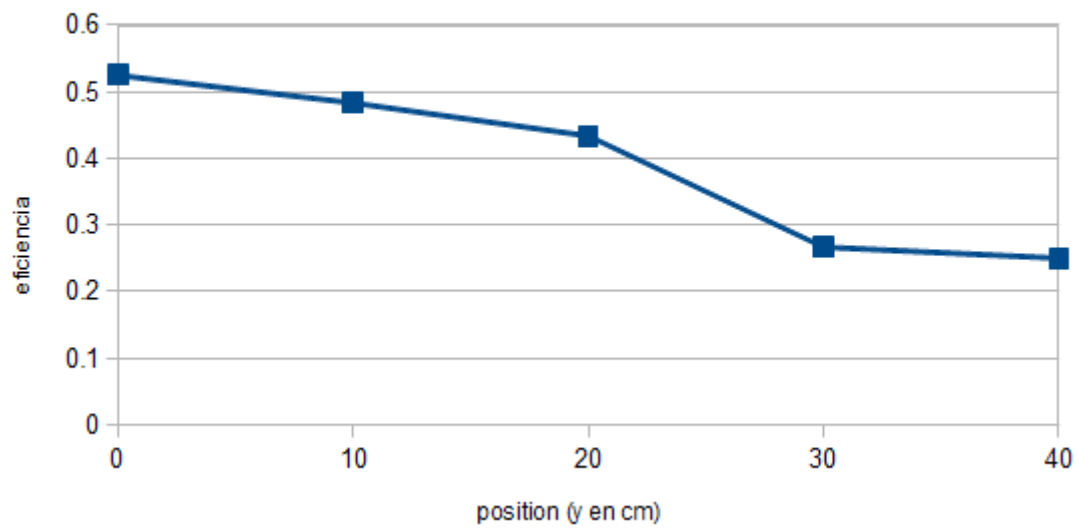
Las eficiencias promedias de los tres contadores son:

Con1= 40.4 %

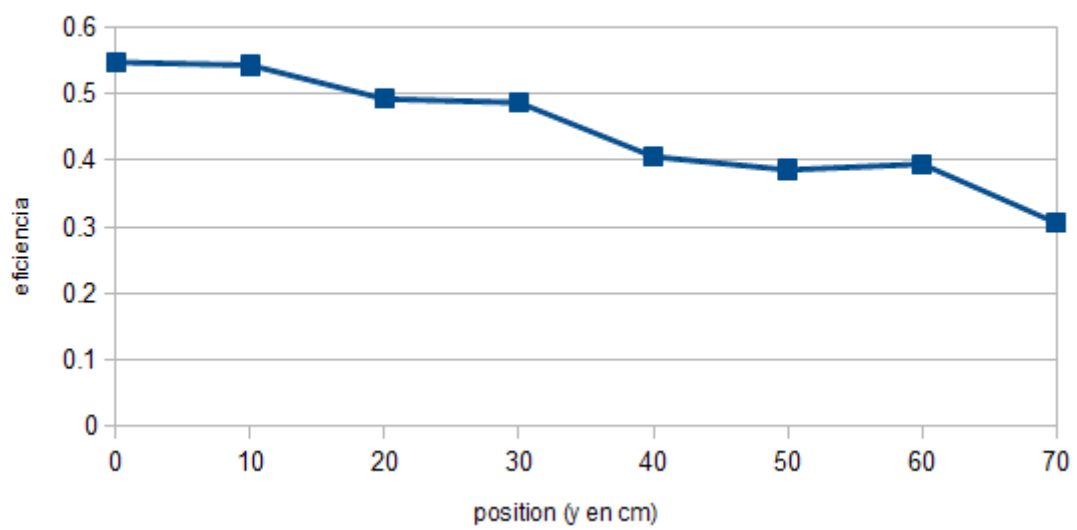
Con2= 44.5 %

Con3= 31.7 %

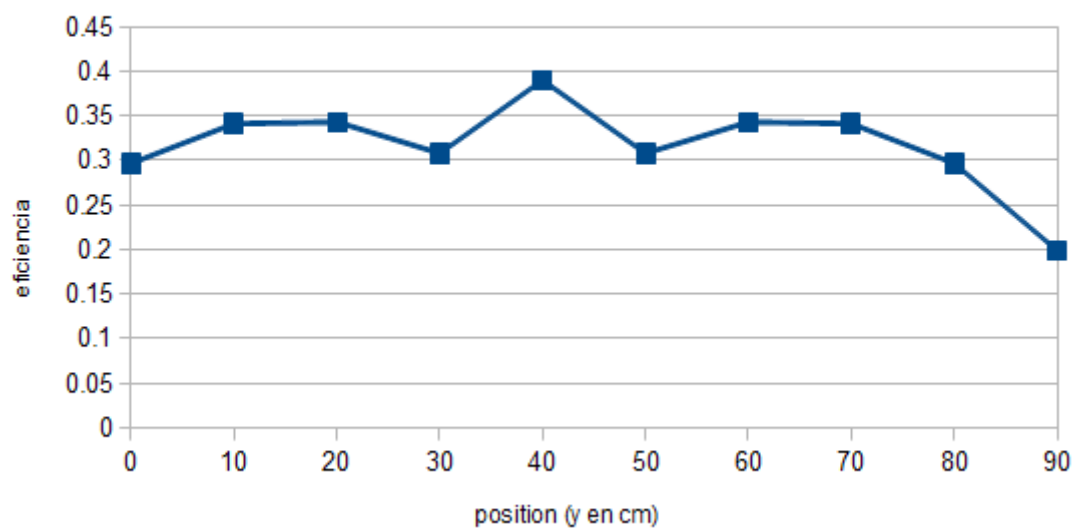
eficiencia de contador 1



eficiencia de contador 2

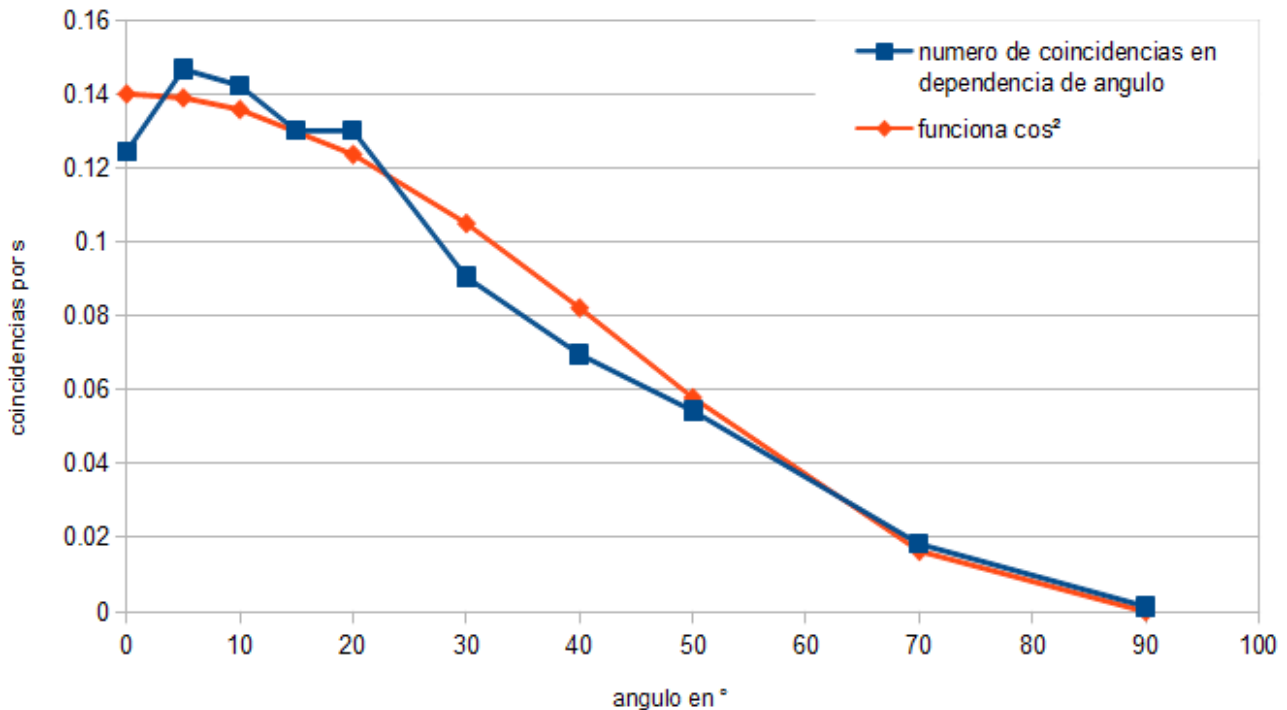


eficiencia de contador 3



### 4.3. Dependencia angular del flujo de rayos cósmicos

Al primero miramos la dependencia con el ángulo de incidencia,  $\theta$ . Respecto a la vertical sea de la forma:

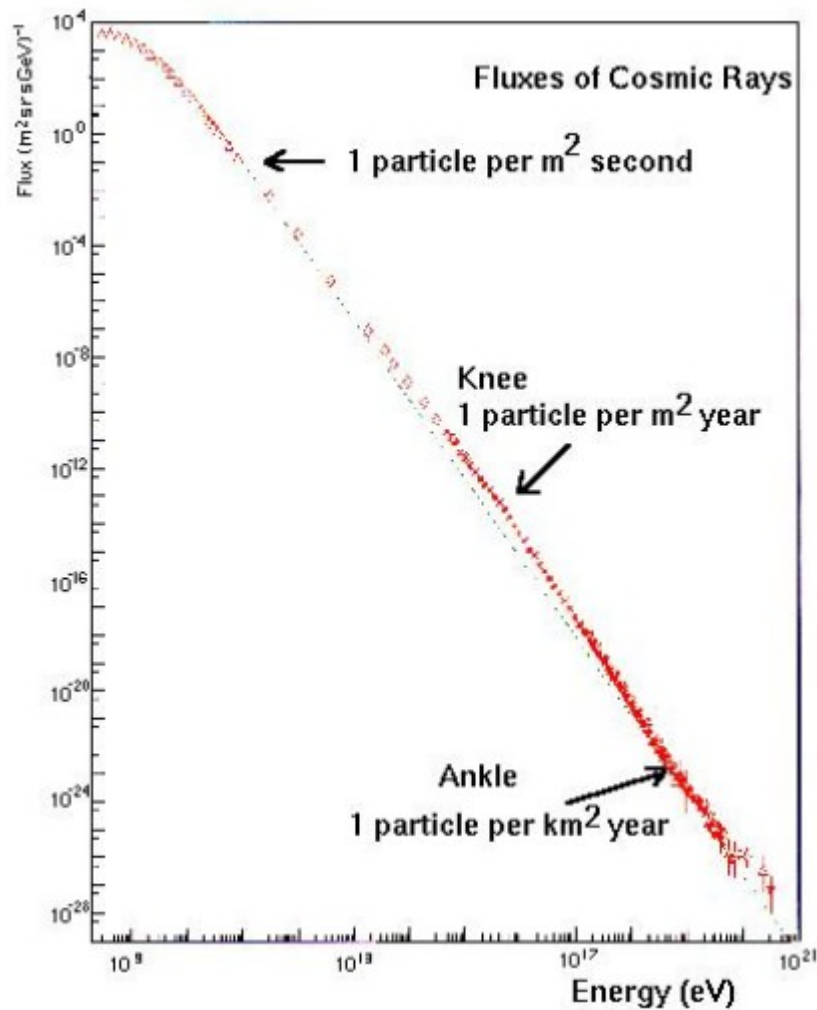


$$I(\Theta) = I_0 \cos^2(\Theta)$$

Podemos evaluar qué los rayos cósmicos más o menos parecen como una función coseno cuadrado. Con la función podemos calcular el flujo vertical en una superficie de 1 m² a  $I_0 = 1.87$  1/s/m².

Atendiendo la eficiencia de los contadores el flujo de los rayos cósmicos debe ser  $I_0 = 6.03$  1/s/m². Un flujo de 6 partículas significa en general energías de  $10^{11}$  eV.

Ese resultado parece un poquito extraño, porque la literatura sugiere un flujo de 100 coincidencias 1/s/m². Por eso sería mejor de comprobar los resultados de nuestro experimento bajo diferentes condiciones para verificarlos.



#### 4.4 Evaluación del integral mediante el método de Monte-Carlo

$$\text{Con: } \dot{n}_c(\alpha) = I_0 a^2 \int \frac{[-\sin \alpha (x_3 - x_1) + a \cos \alpha]^2}{[(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + a^2]^{3/2}} [\epsilon_1(y_1) \epsilon_2(y_2) \epsilon_3(y_3)] dx_1 dx_3 dy_1 dy_3$$

$$x_1 \in [0, 15]; y_1 \in [25, 75]; x_3 \in [0, 15]; y_3 \in [0, 100]$$

Obtenemos  $\dot{n}_c(\alpha) = I_0 \cdot 70 \cdot \cos^2(\alpha + 20^\circ)$ . Para el coeficiente  $\chi^2$  obtenemos: 0.997

#### 4.5 Estudio de las componentes dura y blanda de la radiación

Para la relación entre los flujos duros y blandos, obtenemos 1.22 coincidencias por segundo por metro cuadrado para las componentes duras. Podemos deducir que 66 % de los rayos cósmicos son duros.

Este valor seguramente es demasiado pequeño. La literatura propone un valor en la magnitud de 80% y con nuestro aparato de pruebas, que está situado en un edificio que aísla casi todo la radiación blanda, se debe medir un porcentaje de casi cien por ciento radiación dura.

Tenemos que suponer que entre nuestra duración de medida había una interrupción de cualquiera manera que minora las cuentas de la medida.

## 5. Resultados

- Podemos confirmar que la dependencia angular del flujo de la radiación cósmico sigue la fórmula:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta)$$

- También hemos medido las eficiencias promedias de las 3 detectores:

$$\epsilon_{\text{con1}} = 40.4 \%$$

$$\epsilon_{\text{con2}} = 44.5 \%$$

$$\epsilon_{\text{con3}} = 31.7 \%$$

- Por la evaluación del integral mediante el método de Monte-Carlo

$$\dot{n}_c(\alpha) = I_0 a^2 \frac{\int [-\sin \alpha (x_3 - x_1) + a \cos \alpha]^2}{[(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + a^2]^{(3/2)}} [\epsilon_1(y_1) \epsilon_2(y_2) \epsilon_3(y_3)] dx_1 dx_3 dy_1 dy_3$$

$x_1 \in [0, 15]; y_1 \in [25, 75]; x_3 \in [0, 15]; y_3 \in [0, 100]$

hemos obtenido

$$\dot{n}_c(\alpha) = I_0 \cdot 70 \cdot \cos^2(\alpha + 20^\circ) \cdot$$

Para el coeficiente  $\chi^2$  obtenemos: 0.997

- Por la determinación de la componente dura y blanda de la radiación hemos medido que 66% de la radiación sea dura. Aunque este resultado parece muy extraño y deben ser más de 80%.

## 6. Referencias

<http://asd.gsfc.nasa.gov/archive/owl/intro.html>

<https://sites.google.com/a/maristasbilbao.com/efecto-cherenkov/rayos-cosmico>

Manual de practicas