

# CARACTERIZACIÓN DE UN DETECTOR DE MUONES

## MUON DETECTOR CHARACTERIZATION

A.C. PICHEL\*, P. GALAGOVSKY, D. ABRIOLO

Laboratorio Tandar-Comisión Nacional de Energía Atómica-Av. General Paz y Constituyentes, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

e-mail: [anapichel@iafe.uba.ar](mailto:anapichel@iafe.uba.ar), [pablogala@gmail.com](mailto:pablogala@gmail.com), [abriola@tandar.cnea.gov.ar](mailto:abriola@tandar.cnea.gov.ar)

Se diseñó, construyó y caracterizó un detector gaseoso multifilar, dentro del tipo de detectores de partículas que se utilizan en el estudio de lluvias producidas por rayos cósmicos. Se calculó su eficiencia en función de la presión dentro de la cámara y del voltaje de los cátodos. Para ello se utilizó un telescopio formado por dos centelladores plásticos. La mayor eficiencia, ( $98 \pm 3,6$ ) %, se obtuvo trabajando con una presión de 1,5 atm y un voltaje de 2600 V.

Palabras Claves: detector multifilar, muones, rayos cósmicos.

We designed, build and characterized one multiwire detector for the muons that are originated in the interaction of the cosmic rays at the atmosphere. We calculated the efficiency for the multiwire detector in function of the pressure at the camera and the voltage at the cathodes. We used an array compose of two plastic scintillators and the detector. The best efficiency ( $98 \pm 3,6$ ) % was obtained using the highest pressure at the camera and 2600 V.

Key Word: multiwire detector, muon, cosmic rays.

### I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los distintos tipos de detectores de radiación están basados en los efectos producidos cuando una partícula cargada pasa a través de un gas. Los modos de interacción incluyen ionización y excitación de las moléculas del gas mientras la partícula viaja.

Los detectores proporcionales<sup>(1)</sup> operan en modo pulsado y emplean el principio de multiplicación gaseosa para amplificar la carga representada por el par de iones original. Los pulsos son considerablemente más largos que los de la cámara de ionización, bajo las mismas condiciones. A bajos valores del campo eléctrico, los electrones y los iones creados por la radiación incidente se mueven hacia los electrodos correspondientes. Durante la migración de esas cargas, ocurren colisiones con el gas neutro. Debido a su baja movilidad, los iones positivos o negativos, dejan muy poca energía entre colisiones. Al incrementar la tensión aplicada a los electrodos del detector, se logra que el campo eléctrico local en la zona donde existen electrones libres sea tan intenso como para que alcancen, dentro de distancias comparables con el camino libre medio, energías suficientemente altas. Si esa energía es mayor que la energía de ionización del gas, entonces se puede crear otro par de iones durante la colisión. Estos son a su vez acelerados del mismo modo, y así producen una verdadera multiplicación en el número de electrones que migran hacia el ánodo de la cámara. En estas condiciones se habla de "avalancha Townsend". Cuando se producen avalanchas, muchos de los electrones pueden colisionar con las moléculas del gas sin ionizarlas, pero si producen excitación de esas moléculas, decaen por emisión de fotones. Estos efectos llevan a problemas en los detectores proporcionales, ya

que pueden generar fotoelectrones en las paredes del contador.

El tipo de detector utilizado en este trabajo, es el contador proporcional multi-filar MWPC (multi wire proportional chamber), que es un avance en el concepto de detector Geiger y del detector proporcional.

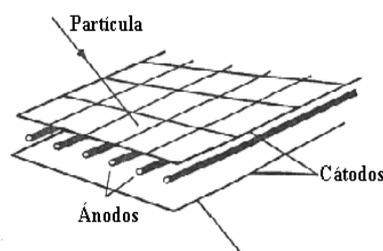


Figura 1. Esquema de un detector MWPC.

Los detectores multifilares, son básicamente un sistema de alambres finos equiespaciados colocados en el ánodo, que a su vez se encuentra ubicado simétricamente entre dos cátodos (ver figura 1). La distancia entre los electrodos es típicamente del orden de algunos milímetros y el espacio entre los mismos se llena con un gas. La tensión interelectródica es del orden de 1 kV. Una partícula<sup>(2)</sup> que atraviesa el volumen puede ionizar las moléculas del gas, y el campo eléctrico aplicado dirige a los electrones liberados hacia un alambre del ánodo, aumentando la energía de los mismos, y causando una avalancha cerca del alambre, aumentando la eficacia de colección de los electrones.

En estos detectores se debe tener cuidado con el ruido electrónico, las imperfecciones geométricas, la forma de los alambres y los efectos de borde. A su vez

hay que controlar constantemente la presión del gas, la pureza del mismo y la estabilidad del voltaje de entrada.

Este detector es utilizado para detectar los muones<sup>(3)</sup> provenientes de la interacción de los rayos cósmicos en la atmósfera.

## II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El detector descrito en la sección anterior fue construido en las instalaciones del Laboratorio Tandar para el desarrollo de este trabajo. Se construyó una caja de acero, de 20 cm de largo, 16,5 cm de ancho y 10,5 cm de altura. Estas medidas fueron tomadas en la parte externa de la misma. Las dimensiones internas del recinto son de 15 cm de largo por 9 cm de ancho. Dentro de la caja se colocó el ánodo, formado por hilos de tungsteno recubierto de oro de 20  $\mu\text{m}$  de diámetro, separados cada 2 mm, (ver figura 2) cubriendo toda la superficie del mismo. El ánodo fue colocado entre los dos cátodos, de manera que quedaran equiespaciados, con una separación de 4 mm entre ellos. La mayor dificultad que se presentó en la construcción de este detector fue el bobinado y soldado del ánodo, debido a que los hilos de oro son muy finos, y deben ir tensionados. Si estos pasos no se realizan correctamente, se pueden producir chispas dentro del recinto por ruptura dieléctrica del aire.

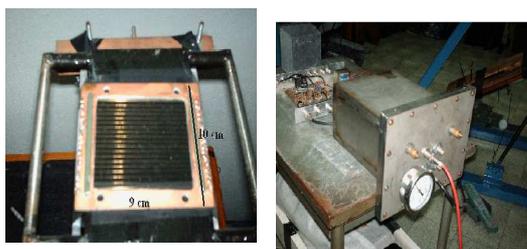


Figura 2. Foto del ánodo construido y el detector ya finalizado.

La tapa del detector cuenta con una entrada de alta tensión, utilizada para alimentar a los cátodos, tres salidas BNC (son tres salidas por sí, en el futuro, se tienen varios ánodos simultáneamente), para sacar la señal proveniente del ánodo, y dos válvulas para realizar vacío e ingresar el gas (ver figura 2). También cuenta con un manómetro, para monitorear la presión en el recinto. Antes de realizar las mediciones, se evacuó la cámara con una bomba difusora, para que no se produzca una mezcla entre aire y gas, y eliminar cualquier impureza que hubiese presente, ya que las mismas podrían producir chispas al aplicar altos voltajes. Una vez evacuado, se llenó el recinto con el gas P10 (argón 90% y metano 10%). La presión de este gas dentro del detector, puede ser regulada en forma externa.

Para realizar el trabajo con el detector gaseoso, a fin de requerir coincidencias y poder garantizar que las señales sean provenientes de partículas reales (muones) que hayan atravesado los tres detectores, se utilizaron dos centelladores plásticos, uno de área efectiva de 18 x 24  $\text{cm}^2$  y el otro de 24 x 42  $\text{cm}^2$ .

Esta configuración se conoce como tipo telescopio, colocando a los centelladores uno arriba y otro debajo del detector gaseoso (ver figura 3). Para calcular la eficiencia, se utilizaron las coincidencias entre el telescopio y el detector. Se colocaron las áreas activas de los centelladores y el detector, de manera de alinear el centro de las mismas.

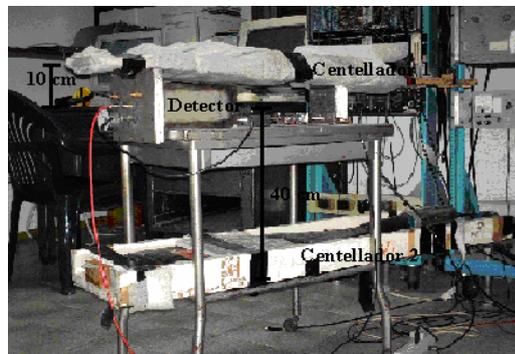


Figura 3. Foto del detector gaseoso, junto con el telescopio formado por dos centelladores plásticos.

Para calcular la eficiencia se tomó el cociente entre el número de cuentas que pasan simultáneamente por unidad de tiempo entre los centelladores ( $\text{coincidencia}_{tel}$ ), y las coincidencias del telescopio con el detector. Entonces, la eficiencia queda determinada a partir de:

$$Ef_{det} = \frac{\text{coincidencia}_{det-tel}}{\text{coincidencia}_{tel}} 100 \quad (1)$$

De manera de obtener la eficiencia en porcentaje.

Debido a que no todos los muones provenientes del espacio son detectados por los centelladores y el detector, se multiplicó el valor de la eficiencia por un factor de área, que depende de los tamaños de las áreas de los centelladores y del detector gaseoso. El factor de área fue calculado teniendo en cuenta que el área del detector gaseoso, que es la más pequeña, es la que pone las restricciones a las coincidencias entre el telescopio y sí mismo, de la siguiente forma:

$$\text{factordeárea} = \frac{\text{área}_{centellador1}}{\text{área}_{detector}} = \frac{330\text{cm}^2}{47,6\text{cm}^2} = 6,93 \quad (2)$$

Los centelladores y el detector gaseoso, se conectaron a un fan in fan out Lecroy 428F, cuyas salidas se conectaron a un discriminador Lecroy 623B. Este último se utiliza para discriminar la señal del ruido. El nivel de discriminación se colocó en -30 mV, porque para valores mayores del nivel, se pierde el comienzo de la señal real. Este módulo transforma, además, la señal analógica en una señal lógica, que ingresa en un módulo de coincidencias Lecroy 465, donde se conforman las coincidencias entre los centelladores plásticos y entre el detector gaseoso y el telescopio. A la salida de este módulo se conecta una computadora, donde se adquiere la cantidad de coincidencias entre los centelladores, entre el telescopio y el detector, y además la tasa de conteo de cada uno. Los pulsos fueron monitoreados

usando un osciloscopio Tektronik TDS340 conectado al fan in fan out.

### III.

### III. RESULTADOS

Con una tensión de -1960 V aplicada a los centelladores, se obtuvo una señal típicamente de 500 mV de amplitud y un ancho de 20 ns (ver figura 4). Luego de amplificar la señal del detector gaseoso, se obtuvo una señal similar a la de los centelladores.

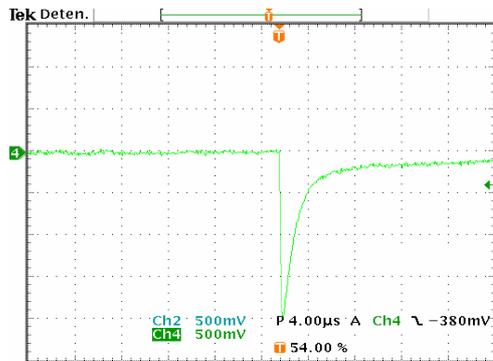


Figura 4. Pulso del centellador utilizado en el telescopio a 1960 V a una presión de 1.5 atm.

Los valores obtenidos para cada voltaje, en todas las situaciones, son el promedio de varias mediciones consecutivas. Para poder realizar este promedio, se comprobó que el gas no se degradaba de manera significativa en el intervalo de tiempo entre cada medición. Esto se comprobó midiendo la eficiencia en distintos días sin cambiar el gas dentro de la cámara y obteniéndose resultados similares entre sí.

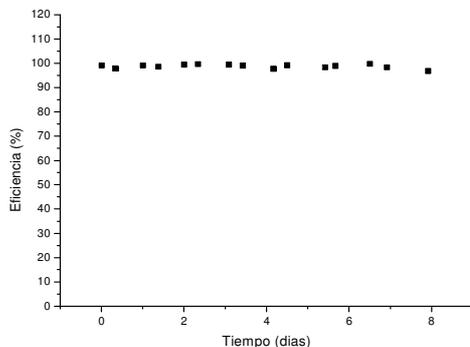


Figura 5. Gráfico de la eficiencia en función de los días para observar si se produce una degradación en la cámara.

La primera medición consistió en variar el voltaje dentro del rango en donde hubiera pulsos, utilizando la máxima presión posible (1,5 atm). Se varió el voltaje entre 2000V (valor en el cual el detector empieza a ser sensible al paso de las partículas), y 2600V, en pasos de 100 V. Debido al ruido excesivo en el detector, las mediciones con voltajes superiores a 2600 V, fueron desechadas (ver figura 6).

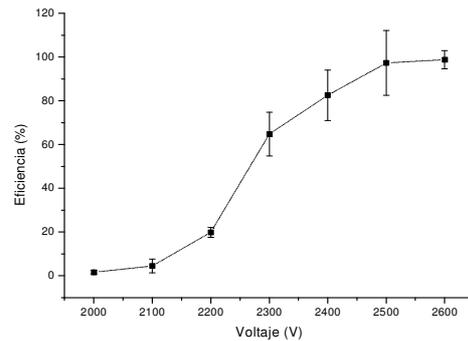


Figura 6. Eficiencia del detector en función del voltaje para una presión de 1,5 atm.

Luego se disminuyó la presión a 1,3 atm y se repitió la experiencia anterior, con el mismo paso. En la siguiente figura (ver figura 7), se muestra la eficiencia del detector gaseoso en función del voltaje, para este valor de presión.

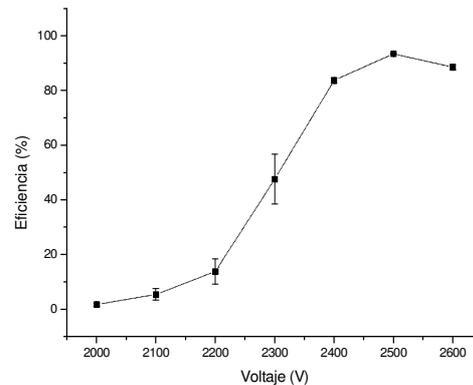


Figura 7. Eficiencia del detector en función del voltaje para una presión de 1,3 atm.

Se puede apreciar en este gráfico que a partir de los 2400V, la eficiencia tiende a un valor del 93%. A diferencia del gráfico anterior, la eficiencia se mantiene constante para varios valores de voltaje. Esto se puede deber a que al aumentar el voltaje se llega a un máximo de electrones que ionizan al gas, de manera que los demás colisionan con las moléculas sin ionizarlas, por ende se llega a una meseta de estabilidad. Para voltajes mayores se cree que se produce una avalancha muy intensa de manera que la carga espacial es tan intensa que el dispositivo resulta auto bloqueante y la descarga se apaga por sí sola. Se puede observar que al disminuir la presión, la tensión a la que se llega a la máxima eficiencia es menor, aunque este valor sea más pequeño.

Los resultados de la misma experiencia, pero para una presión de 1,1 atm, se pueden apreciar en la figura 8.

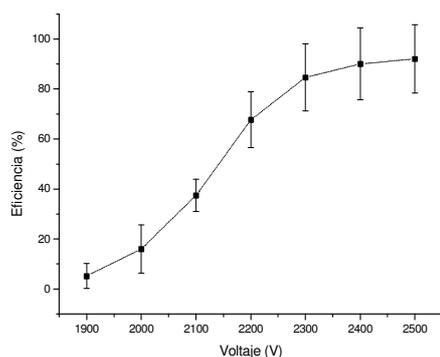


Figura 8. Eficiencia del detector en función del voltaje para una presión de 1,1 atm.

En este caso, se observó que el voltaje inicial es menor que en los casos anteriores. Para valores de tensión mayores a 2300 V, la eficiencia se mantuvo constante alrededor del 90%, como si se llegara a una meseta.

También se varió la presión para 0,9 atm que se puede observar en la siguiente figura.

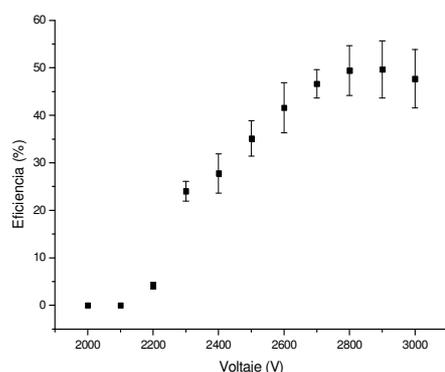


Figura 9. Eficiencia del detector en función del voltaje para una presión de 0,9 atm.

#### IV. CONCLUSIONES

La caracterización resultó finalmente complicada debido a que el bobinado de los hilos de oro y la soldadura de los mismos al ánodo fueron realizados manualmente, en un proceso no óptimo para eliminar imperfecciones en la construcción. No obstante, se midió la eficiencia de este dispositivo obteniéndose un valor máximo de 98% para el mayor valor de presión en el recinto (1,5 atm) y con un voltaje de 2600V entre los electrodos. Esto se debe a que al haber más presión dentro de la cámara, hay más partículas de gas P10, y por lo tanto mayor cantidad de partículas para ionizar. Además, se observó que al aumentar el voltaje, la eficiencia tiende a un valor constante, llegando a una meseta. Esto se puede apreciar en mayor medida para la presión más baja. Esto encuentra su explicación en que ya no se pueden ionizar una mayor cantidad de partículas a medida que se aumenta el voltaje. A su vez, se observó que al disminuir la presión, la tensión

necesaria para llegar a la máxima eficiencia es menor. Algo importante para señalar es que a medida que la presión aumenta, el voltaje mínimo de trabajo es mayor.

Durante estas mediciones, no se observó una degradación del gas, en un período de varios días, lo cual es bueno, porque implica que no requiere de un cambio de flujo de gas constante.

#### V. REFERENCIAS

- 1 - *Radiation Detection and Measurement*, G.F. Knoll, John Wiley & Sons, New York, 1979.
- 2 - *Gas Discharge Physics*, Y.P. Raizer, Nauka, Moscú, 1987.
- 3 - *Cosmic Rays and Particle Physics*, T.K. Gaisser, Cambridge University Press, New York, 1992.