

Propuesta del proyecto

Calibración del detector GEM Uniandes con muones cósmicos

Cristhian González

ce.gonzalez10@uniandes.edu.co [201224382]

Asesor: Carlos Ávila

Laboratorio Avanzado - Universidad de los Andes

6 de septiembre de 2017

Resumen: A continuación, se presenta la propuesta para el proyecto final de laboratorio avanzado. Este proyecto tiene como elemento principal el detector GEM desarrollado y construido por el laboratorio de altas energías de la Universidad de los Andes, dirigido por el profesor Carlos Ávila. El trabajo propuesto sobre el detector GEM busca calibrar y verificar los elementos electrónicos y de adquisición de datos, de tal manera, que se logre generar un protocolo para la medición con el detector GEM.

Keywords: Detector GEM, Delay, Trigger, CAMAC

INTRODUCCIÓN

El detector GEM (Gas Electron Multiplier) en el laboratorio de altas energías de la Universidad de los Andes es un dispositivo de detección de dos dimensiones construido acá en la universidad. Este proyecto fue iniciado y construido por el estudiante de posgrado Luis Fernando Cruz Wilches con su respectiva presentación de tesis de maestría en el 2014 [1]. Por lo tanto, este proyecto lleva alrededor de 4 años en desarrollo. En su primera etapa, el detector contaba con tarjetas de retraso de 16 canales. Recientemente, se construyeron tarjetas con 256 canales para poder obtener mayor resolución en el detector. La caracterización de las tarjetas fue un trabajo hecho por un estudiante de la universidad en curso dirigido. Sin embargo, la caracterización exacta sólo se dio para la tarjeta de 16 canales obteniendo ganancias de 3×10^5 para voltajes de operación de 4000 V [2]. No obstante, las nuevas tarjetas de 256 canales no han sido probadas en funcionamiento. Por lo tanto, surge la pregunta si estas nuevas tarjetas funcionan. En el caso de funcionar, se espera poder caracterizar la respuesta electrónica del GEM y generar un protocolo para la medición.

Los detectores GEM son de especial utilidad en el campo de la física nuclear y la física de partículas. En lo que concierne a la física de partículas, los detectores permiten detectar muones de cualquier fuente, ya sea de procesos locales (tales como colisiones y fuentes radioactivas) o de procedencia cósmica. En principio, el objetivo de detectar muones es corroborar procesos del modelo estándar, o en mejor medida, poder encontrar nueva física. Sin embargo, durante el siguiente trabajo nos limitaremos a trabajar con eventos de origen cósmico.

En un aspecto más político, cabe aclarar que la Universidad de los Andes, a través de varios profesores de la facultad de física, es un miembro activo del experimento CMS (*Compact Muon Solenoid*) liderado por el CERN haciendo uso del LHC (*Large Hadron Collider*). De tal modo, dentro de este experimento existe un grupo llamado *CMS GEM Collaboration*, el cual busca estudiar la viabilidad de instalar detectores GEM en una sección del experimento CMS [3]. Por lo tanto, el grupo de altas energías de la universidad busca generar mayor conocimiento sobre los detectores GEM en pro de colaborar en el experimento CMS.

OBJETIVOS

■ GENERALES

- ★ Calibrar el detector GEM del laboratorio de altas energías de la Universidad de los Andes.

■ ESPECÍFICOS

- Verificar que las dos nuevas tarjetas de retraso con 256 canales efectivamente funcionan y generan la respuesta esperada.
- Calibrar las conexiones electrónicas entre módulos para obtener una adquisición de datos adecuada.
- Reconstruir la posición inicial de un evento sobre la grilla del GEM a partir de la diferencia de tiempo entre los pulsos generados.
- Generar un protocolo para adquirir mediciones por medio del detector GEM Uniandes.

MARCO TEÓRICO

El detector GEM fue diseñado y desarrollado por Fabio Sauli en el CERN en la década del 90. El principio de funcionamiento de este detector se basa en la amplificación de una radiación ionizante. Por lo tanto, cuando el gas insertado se ioniza adentro del detector, este expulsa una cierta cantidad de electrones. Lo que hace el detector es amplificar esta señal de electrones a través de iniciar una avalancha de electrones por medio de un campo eléctrico lo suficientemente fuerte. Esta avalancha de electrones sí puede ser detectado por dispositivos electrónicos, y ser traducida en una señal. Estos detectores se utilizan en experimentos de física nuclear, detección de partículas subatómicas y la detección de radiación. [4]

La principal novedad de este dispositivo es que se aprovecha el efecto de borde de campo eléctrico en cada uno de los orificios de la placas dentro del GEM para amplificar la señal proveniente de la ionización del gas debido a su interacción con una partícula proveniente del exterior. Las múltiples capas de láminas con orificios se usan para amplificar aún más la señal eléctrica producida por la interacción del gas con la partícula. El paso sucesivo de la señal por el circuito impreso en la parte inferior del GEM produce una corriente lo suficientemente grande para poder ser leída por los instrumentos ubicados en el exterior del detector.

En el caso del detector utilizado en la Universidad de los Andes, se utilizan tres capas GEM con el funcionamiento físico explicado anteriormente. Esto con el objetivo de obtener mayor ganancia ante un evento. En la siguiente figura se presenta un esquema de las tres capas de un detector en la Universidad de Zurich. Este es parecido en funcionamiento al que se encuentra en la universidad.

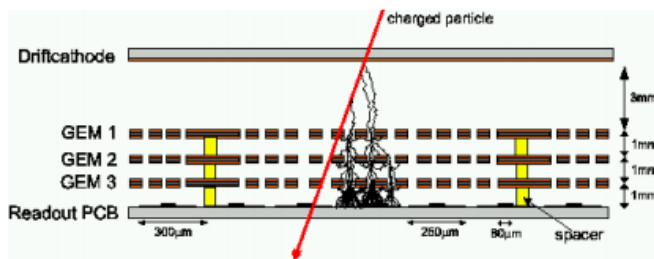


Figura 1. Esquema de un detector Triple-GEM ubicado en la universidad de Zurich [5].

Actualmente, se aprobó la instalación de dos detectores GEM en el experimento CMS en el LHC con el propósito de demostrar su funcionamiento. Estos detectores cubrirán 20° de la capa interior de detección. Los detectores GEM desarrollados por el CMS tienen forma trapezoidal,

de tal manera que puedan ser colocados de forma radial con respecto al centro de las colisiones, y así barrer un cierto ángulo sólido. Bajo el diseño propuesto, esta nueva generación de detectores logran alcanzar una eficiencia hasta del 98 % a la hora de detectar un evento. Por otro lado, estos detectores presentan una resolución temporal de 4 ns y una resolución espacial de $100 \mu\text{m}$, con tasas hasta de 10 MHz/cm^2 . Se espera que durante la segunda gran pausa del LHC se logran hacer mediciones *in situ* de los detectores [3].

MARCO EXPERIMENTAL

Materiales y equipos

- Detector Triple GEM Uniandes 2D
- Mezcla de argón y dióxido de carbono (75 % - 25 %)
- Fuente de alto voltaje de 4 canales CAEN N1470
- Dos fototubos multiplicadores
- Discriminador Phillips 710
- Unidad Lógica Phillips 755
- Amplificador Phillips 775
- 18 Channel TDC Phillips 7186
- 18 Channel QDC Phillips 7186
- CAMAC crate y su Módulo CC-USB

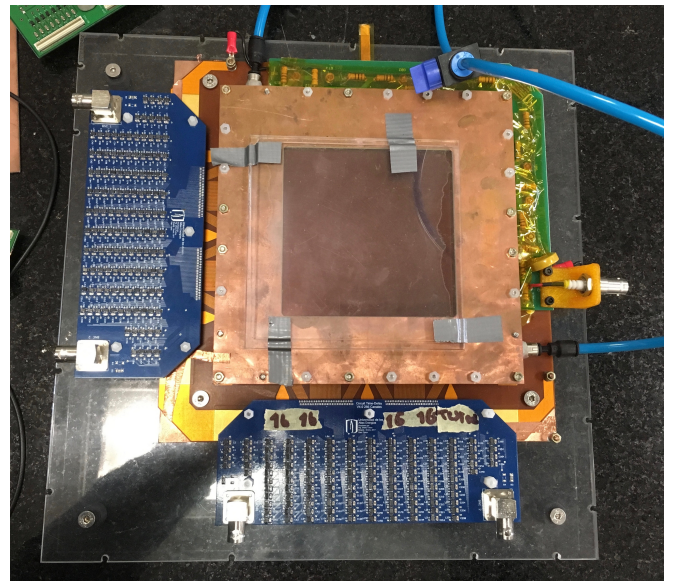


Figura 2. Detector Triple GEM Uniandes con dimensiones de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$



Figura 3. Fototubos multiplicadores a usar, envueltos en vinilo y cinta aislante.

Montaje Global

El montaje para el experimento consiste en el esquema que se muestra en la figura 4. De tal manera, al llegar un evento muónico a la intersección de los fototubos, y posteriormente a la superficie del detector, enviamos un pulso de *trigger* a la electrónica. Específicamente, debemos avisar al TDC para que esté listo a medir la diferencia de tiempos entre los pulsos resultantes de las tarjetas de retraso. Por lo tanto, vamos a tener dos tarjetas sobre el detector, una vertical y la otra horizontal, de tal manera que se pueda hacer un barrido bidimensional del detector, y poder triangular las coordenadas de entrada de la partícula. Los pulsos emitidos por el detector y por los fototubos pasan por un discriminador para ser convertidos en pulsos cuadrados, pulsos digitales. Para el caso de la señal de los fototubos, después del discriminador, las señales se pasan por una unidad lógica para obtener la coincidencia de las dos, y así definir un evento. Este es el pulso *trigger* que se mencionó anteriormente. Para el caso de las cuatro señales digitalizadas de las tarjetas de retraso se pasan al TDC donde se mide la diferencia de tiempos entre cada par de señales.

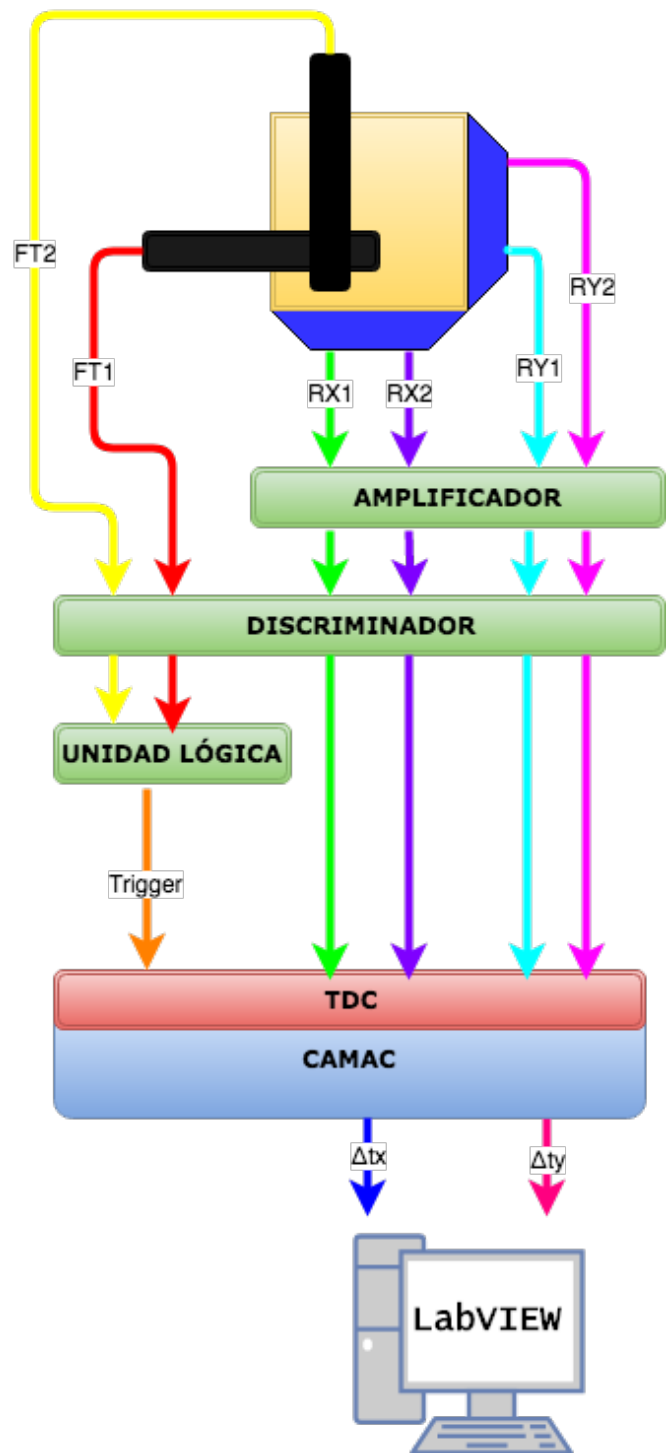


Figura 4. Montaje esquemático a utilizar durante el proyecto (FT: Fototubo, RX: Readout tarjeta X, RY: Readout tarjeta Y)

Montajes específicos y posibles dificultades

- La primera dificultad que surge al plantear este trabajo es la falta de control sobre la fuente de muones. Cabe

recordar que estamos trabajando con muones cósmicos, por lo cual no tenemos control sobre la frecuencia de los eventos. Este aspecto aumenta la probabilidad de falsos positivos. Con la electrónica propuesta se busca reducir esta probabilidad al sólo medir en un intervalo muy pequeño de tiempo, donde es improbable que lleguen dos o más muones al mismo tiempo sobre el GEM.

- Para poder cumplir con el primer objetivo, se plantea conectar la señal en coincidencia de los fototubos y las de cada par de tarjetas en un osciloscopio, ya después del discriminador. Por lo tanto, si los fototubos registran un evento y las señales del *readout* también, decimos que las tarjetas de retraso están funcionando correctamente.

- Para verificar la incidencia de muones sobre el detector planteamos apagar los fototubos, y observar los pulsos que inciden sobre el detector en un cierto intervalo de tiempo. Al cuantificar este número de eventos, se puede obtener una medida del ruido de los muones cósmicos. Dado que no tenemos control sobre los muones cósmicos no podemos plantear una práctica experimental para un control positivo.

CRONOGRAMA

A continuación se expone el cronograma a seguir para el desarrollo del proyecto por semanas. En frente de cada semana se estipula las actividades que se van a llevar a cabo durante esa semana.

- Semana 5 (Septiembre 4 a 8)- Familiarización con los instrumentos y equipos. Organización del puesto y horario de trabajo.
- Semana 6 (Septiembre 11 a 15)- Verificación y caracterización de las señales de salida de las dos tarjetas de retraso de 256 canales. Comparación con la señal de los fototubos.
- Semana 7 (Septiembre 18 a 22)- Calibración del *trigger* a partir de las señales del fototubo. Calibración de los *stops* al módulo TDC a partir de las señales de los fototubos.
- Semana 8 (Septiembre 25 a 29)- Familiarización con el módulo de adquisición de datos a través de la conexión *LabVIEW* y controlador CAMAC. Primeras tomas de datos.
- Semana 9 (Octubre 2 a 6)- Semana de trabajo individual
- Semana 10 (Octubre 9 a 13)- Crear una cuadrícula sobre la superficie del detector GEM para ubicar la intersección exacta de los fototubos. Adquisición de datos ante eventos obtenidos

- Semana 11 (Octubre 16 a 20)- Adquisición de datos a partir de un evento muónico observado.
- Semana 12 (Octubre 23 a 27)- Adquisición de datos a partir de un evento muónico observado. Análisis de datos para la reconstrucción de la posición del evento.
- Semana 13 (Octubre 30 a Noviembre 3)- Adquisición de datos a partir de un evento muónico observado. Análisis de datos para la reconstrucción de la posición del evento. Generación del protocolo de medición a partir de las experiencias observadas.
- Semana 14 (Noviembre 6 a 10)- Preparación de documento final, presentación y póster. Toma de datos adicional (opcional).
- Semana 15 (Noviembre 13 a 17)- Preparación de documento final, presentación y póster
- Semana 16 (Noviembre 20 a 24)- Últimos detalles. Entrega y presentación oral del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. F. Cruz Wilches, *Caracterización y prueba de la cámara de ionización triple-gem a partir de muones resultantes de rayos cósmicos*, Master's thesis, Universidad de los Andes (2014).
- [2] G. Yanez, "Caracterización de un gem 2d usando una delay-line de 16 y 256 canales," (2017), presentación resultante de un curso dirigido tomado por el autor y dirigido por Carlos Avila. La presentación fue suministrada por el profesor. Sin publicar.
- [3] D. Abbaneo, M. Abbrescia, M. A. Akl, C. Armaingaud, P. Aspell, Y. Assran, S. Bally, Y. Ban, P. Barria, L. Benussi, V. Bhopatkar, S. Bianco, J. Bos, O. Bouhali, J. Cai, C. Calabria, A. Castaneda, S. Cauwenbergh, A. Celik, J. Christiansen, S. Colafranceschi, A. Colaleo, A. C. Garcia, G. D. Lentdecker, R. D. Oliveira, G. de Robertis, S. Dildick, S. Ferry, W. Flanagan, J. Gilmore, A. Gutierrez, K. Hoepfner, M. Hohlmann, T. Kamon, P. E. Karchin, V. Khotilovich, S. Krutiyov, F. Loddo, T. Maerschalk, G. Magazzu, M. Maggi, Y. Maghrbi, A. Marchioro, A. Marinov, J. A. Merlin, S. Nuzzo, E. Oliveri, B. Philipps, D. Piccolo, H. Postema, A. Radi, R. Radogna, G. Raffone, A. Ranieri, A. Rodrigues, L. Ropelewski, A. Safonov, A. Sakharov, S. Salva, G. Saviano, A. Sharma, A. Tatarnov, H. Teng, N. Turini, J. Twigger, M. Tytgat, M. van Stenis, E. Verhagen, Y. Yang, N. Zaganidis, and F. Zenoni, *Journal of Instrumentation* **8**, C12031 (2013).
- [4] EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH, "Gas electron multiplier - general," <http://gdd.web.cern.ch/GDD/>, retrieved September 6, 2017.
- [5] M. Ziegler, P. Sievers, and U. Straumann, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **471**, 260 (2001).