

Detección de neutrones térmicos mediante CCDs

Cristian A. Díaz¹, Mariano Marziali Bermúdez²

1. Laboratorio de Sólidos Porosos, Instituto de Física Aplicada, Universidad Nacional de San Luis.

2. Laboratorio de Bajas Temperaturas, Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires - Instituto de Física de Buenos Aires, CONICET

Objetivos

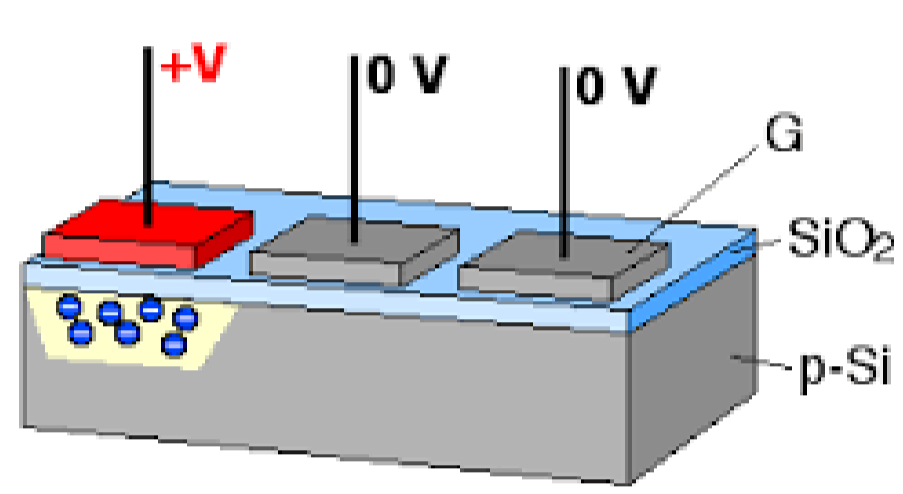
Caracterizar la respuesta de un sensor CCD ante distintos estímulos (fotones y partículas cargadas).

Elaborar y validar un algoritmo para identificar eventos correspondientes a la captura de neutrones en un film de boro próximo al CCD.

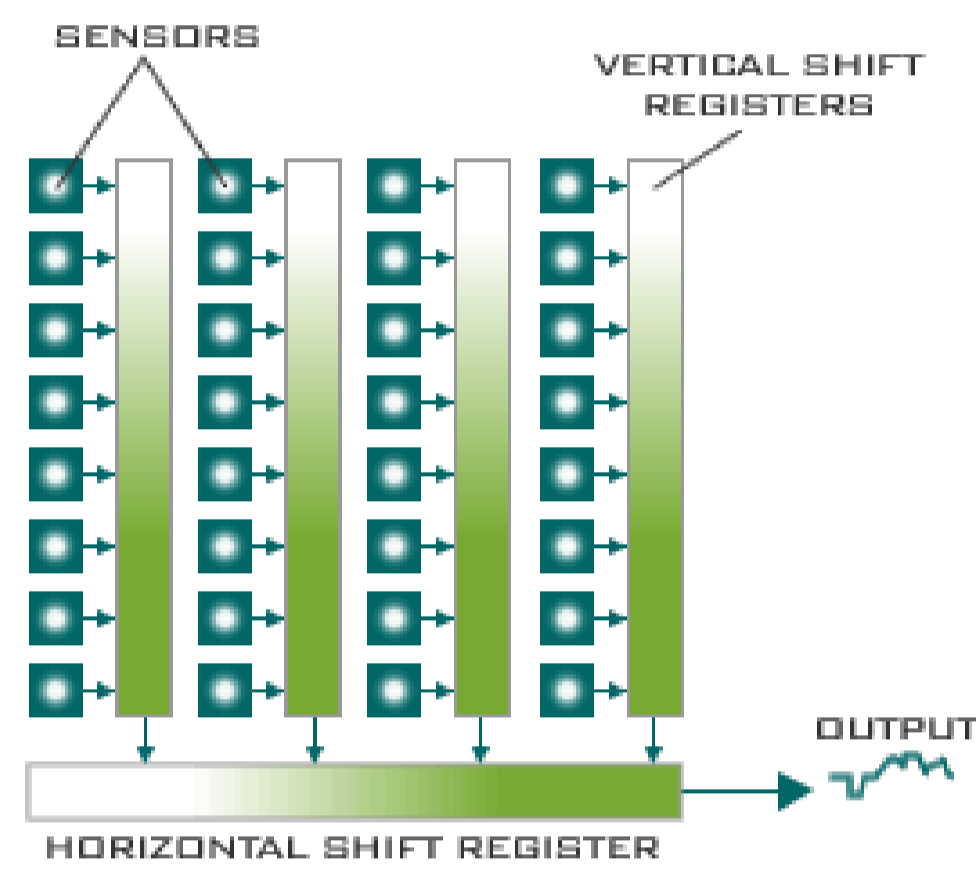
Verificar la factibilidad de emplear dispositivos basados en CCD + boro como detectores de neutrones.

Sistema de detección

Sensor CCD

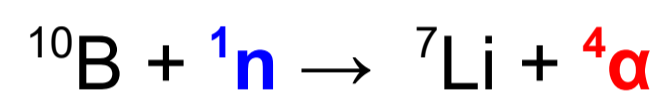
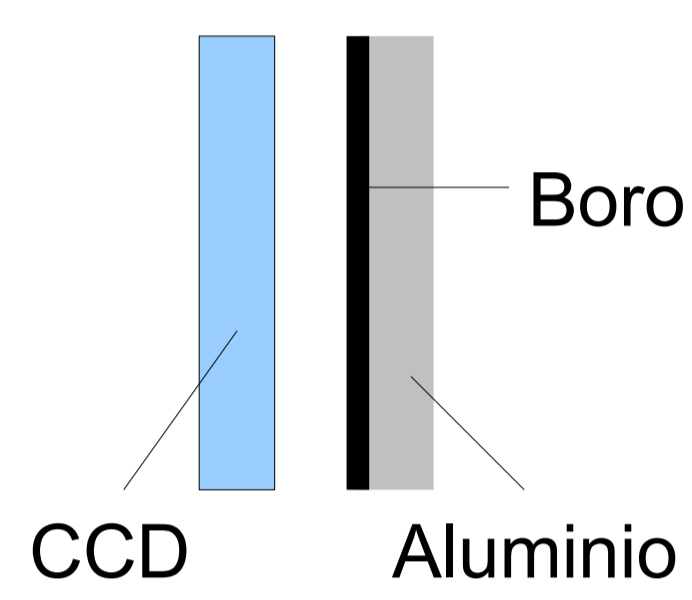


Cada pixel funciona como un capacitor que acumula electrones excitados por partículas cargadas o fotones.



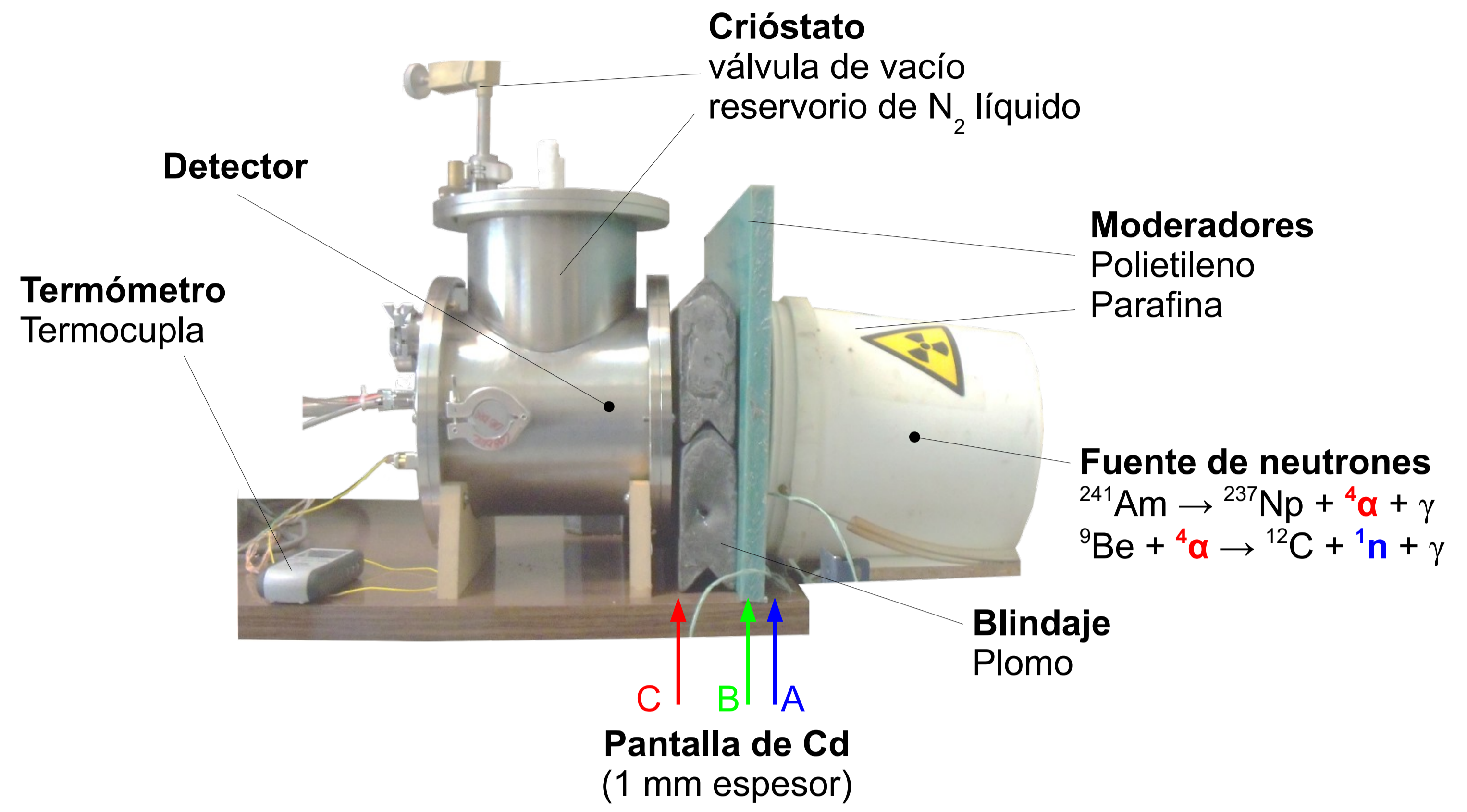
La carga acumulada se mide secuencialmente.

Transductor



La partícula α cargada es detectable por el CCD

Ensayo del detector



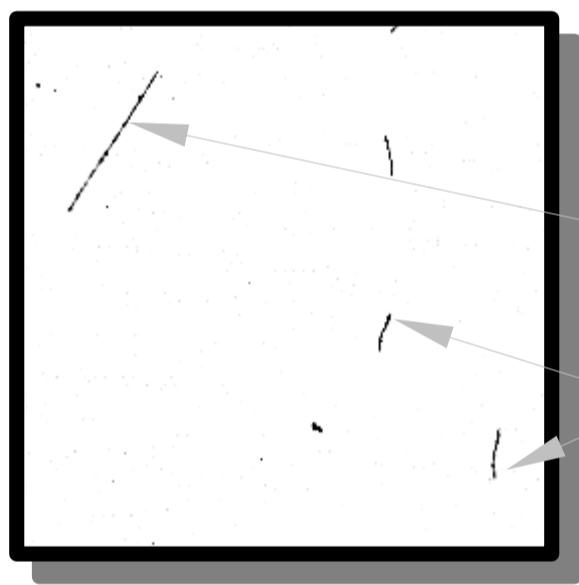
Especificidad

Mediciones sin fuente de neutrones
- Radiación ambiente
- Fuente de radiación γ

Sensibilidad

Mediciones con fuente de neutrones
- Sin pantalla de cadmio
- Con pantalla de cadmio (3 posiciones)

Clasificación de eventos



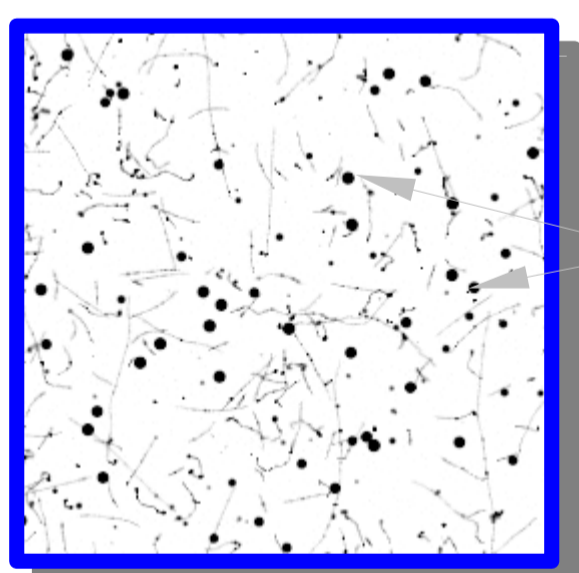
Fondo de radiación natural

trazas de alta energía \rightarrow muones
trazas de baja energía \rightarrow e^- (por γ)



Con fuente rayos γ (^{60}Co)

mayor número de trazas de baja energía.



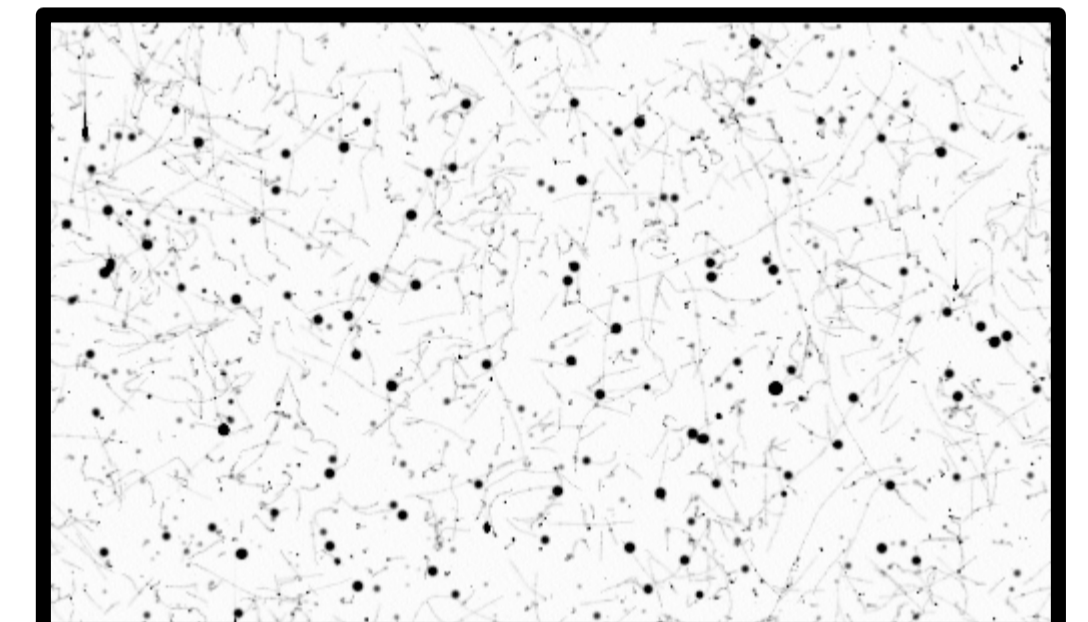
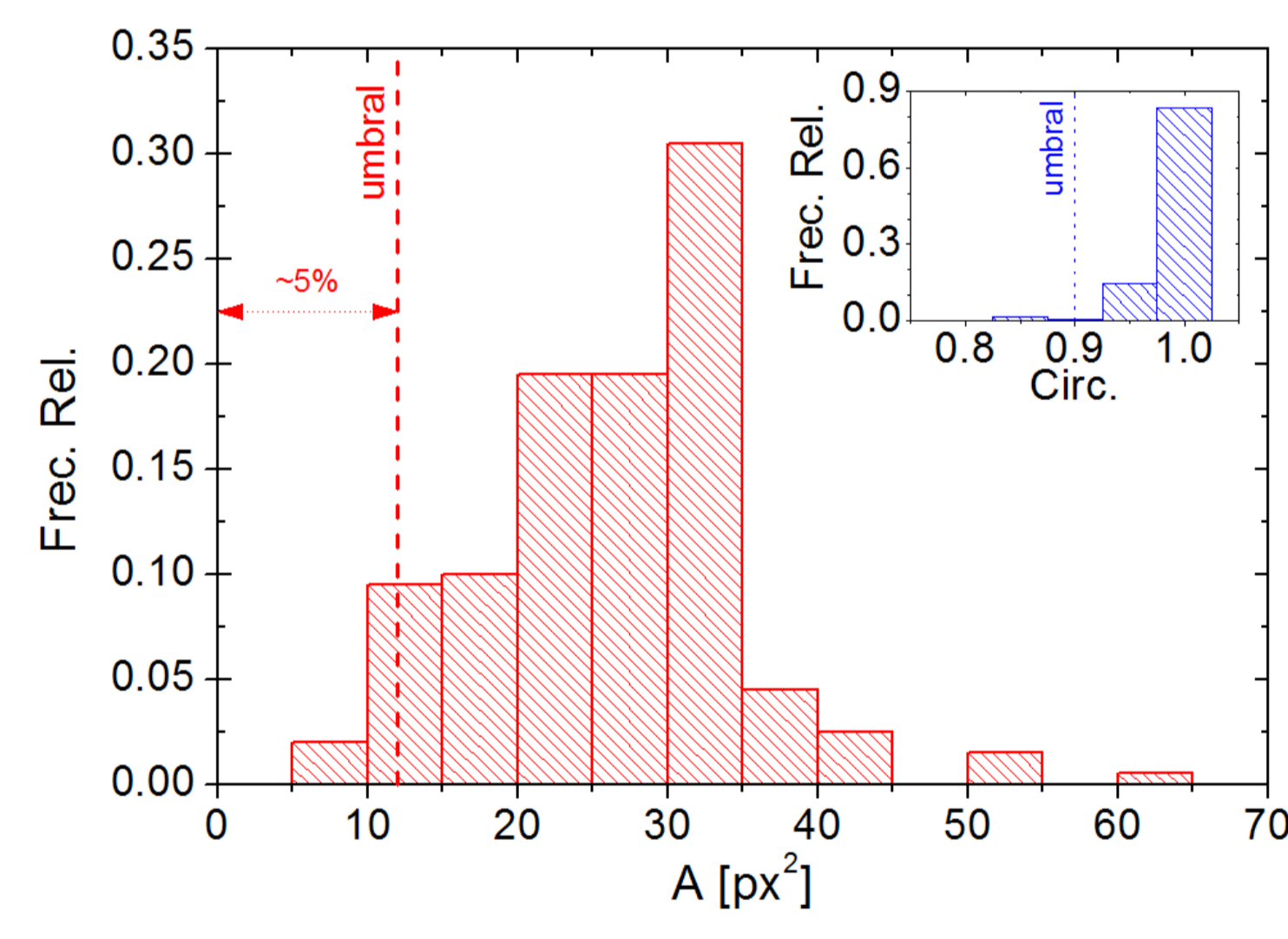
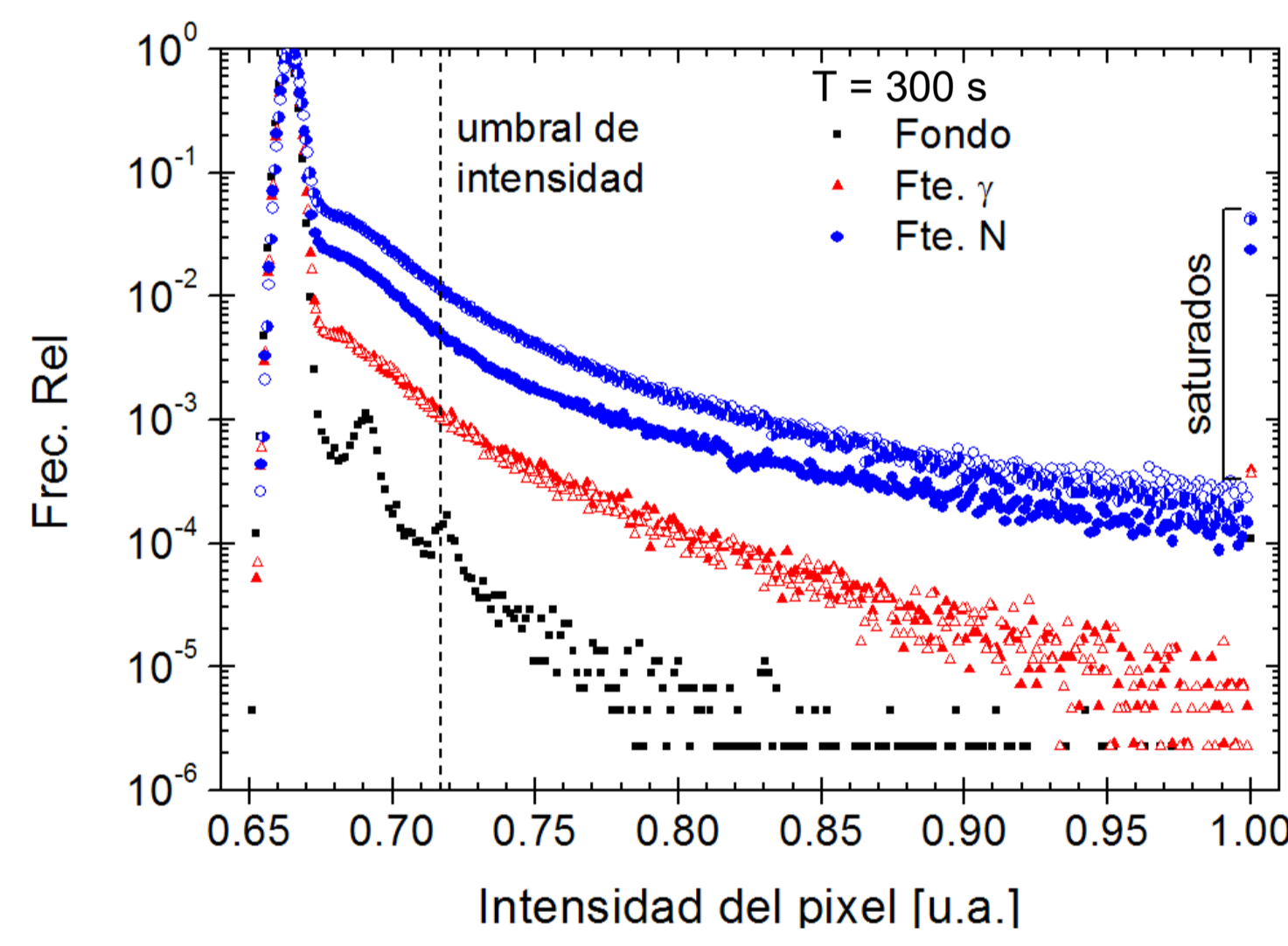
Con fuente neutrones ($^{241}\text{Am}^9\text{Be}$)

trazas cualitativamente distintas, de alta energía, pero muy localizadas \rightarrow α

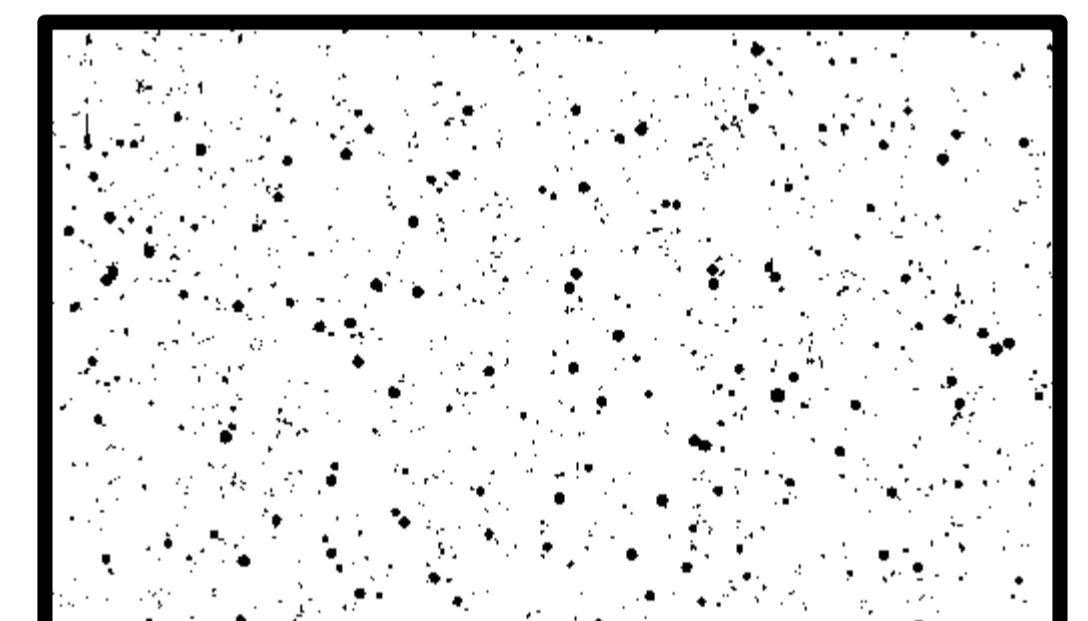
Validamos los eventos procesando las imágenes mediante el software *ImageJ* aplicando los siguientes filtros:

1. **Filtro por intensidad** \rightarrow se seleccionaron los píxeles que superaban cierto umbral de intensidad por encima del ruido.

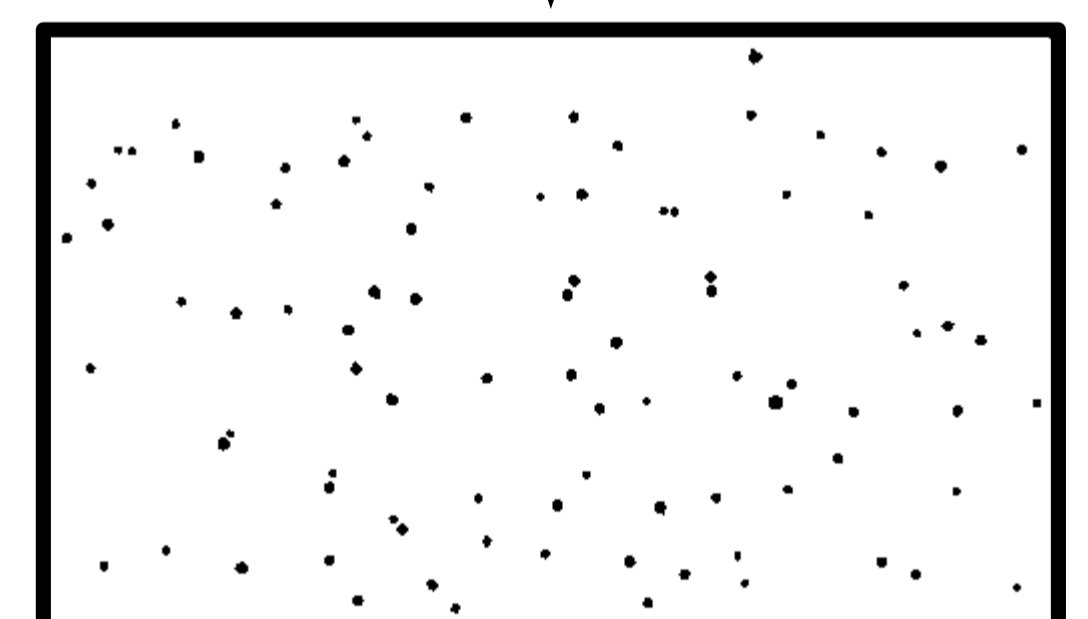
2. **Filtro por forma** \rightarrow se contaron los grupos de píxeles adyacentes que superaban un umbral de área y *circularidad* ($4\pi \text{ área} / \text{perímetro}^2$).



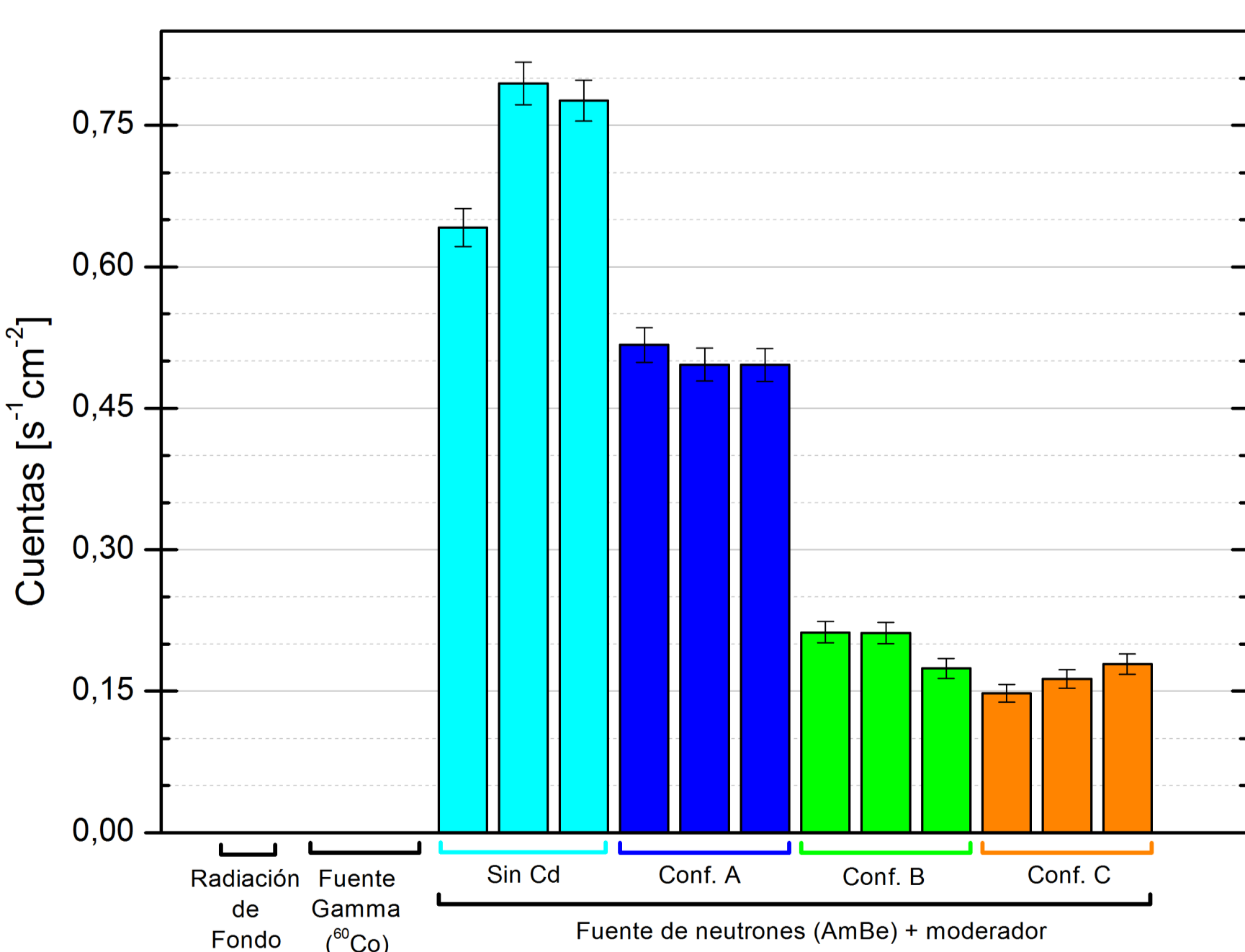
↓ 1



↓ 2



Resultados



Fondo y fuente γ

Se ven trazas de muones (rectas) y electrones excitados por fotones (curvas).

El algoritmo de clasificación no confunde estas trazas con las de α .

Fuente de neutrones

Se ven trazas de α circulares y con áreas sobre el sensor de 10-50 px^2 .

De una muestra de 90 eventos por neutrones, el algoritmo detectó el 74%.

Fuente de neutrones con pantalla de Cd

La configuración A reduce un 33% el conteo de eventos por neutrones, los cuales corresponden a neutrones térmicos ya moderados en la fuente.

Las configuraciones B y C reducen un 73% el conteo por la moderación de neutrones epitérmicos y rápidos en el polietileno.

Los γ producidos en el Cd que alcanzan el detector en la configuración C no aumentan espúreamente el conteo.

Conclusiones

Se observaron trazas cualitativamente distintas para los distintos tipos de radiación (muones, fotones γ y partículas α).

Mediante umbrales de intensidad, tamaño y forma de las trazas es posible discriminar los productos de la reacción (α y Li) de otros eventos.

El algoritmo de clasificación implementado tiene alta especificidad ($\sim 100\%$) y una sensibilidad del 74% con respecto a una clasificación manual.

El recuento de neutrones obtenido al interponer la placa de Cd se reduce significativamente con respecto al recuento sin Cd.

Referencias

J. J. Blostein et al. *Development of a novel neutron detection technique by using a boron layer coating a Charge Coupled Device*. JINST **10** (2015), 1006.

J. Estrada et al. *Plasma effect in silicon charge coupled devices (CCDs)*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **665** (2011), 90.

J. Dawidowski et al. *Neutron scattering lengths and cross sections*. Experimental Methods in the Physical Sciences **44** (2013), 471.