

Adquisición en modo lista para maximizar la eficiencia y minimizar el fondo en espectrómetros gamma multidetector

Daniel Romero Fuentes Dirigido por Begoña Quintana Arnés

Laboratorio de Radiaciones Ionizantes y Datación, Universidad de Salamanca

XIII Jornadas de Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental, 4 de junio de 2026



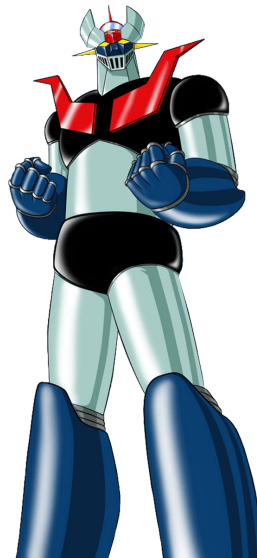
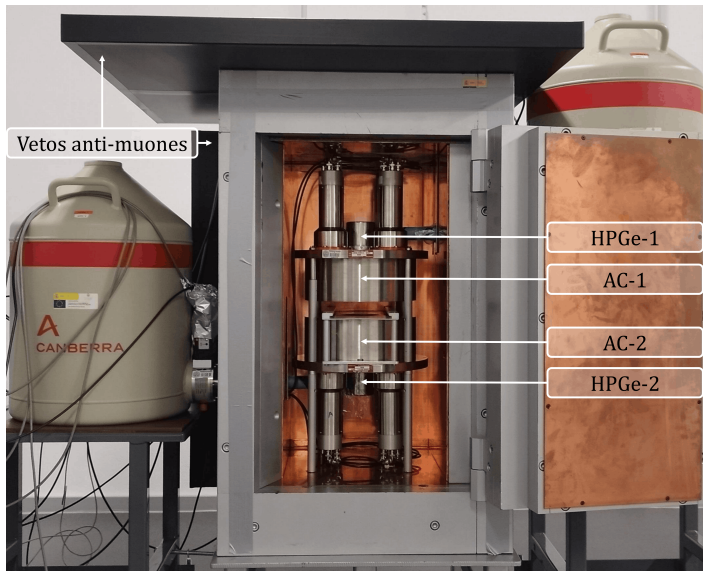
- 1 Introducción
- 2 Métodos
- 3 Resultados y conclusiones

1. Introducción

Mazinger es un espectrómetro de rayos γ de muy bajo fondo y alta eficiencia diseñado para medidas de bajos niveles de actividad ([Quintana et al., 2017](#)).

- Sistema multidetector: dos detectores HPGe (BE5030) enfrentados entre sí y rodeados por dos anillos anti-Compton de NaI(Tl).
- Veto anti-muones compuesto por dos centelleadores plásticos.
- Blindaje pasivo: Cu electrolítico (3 mm), Pb envejecido (10 cm) y hierro dulce (5 cm).
- Electrónica de adquisición: digitalizador de cuatro canales XIA Pixie-4, registro de eventos dentro de la ventana temporal de 1 μ s.

Introducción. Sistema Mazinger



2. Métodos

Métodos. Adquisición en modo lista

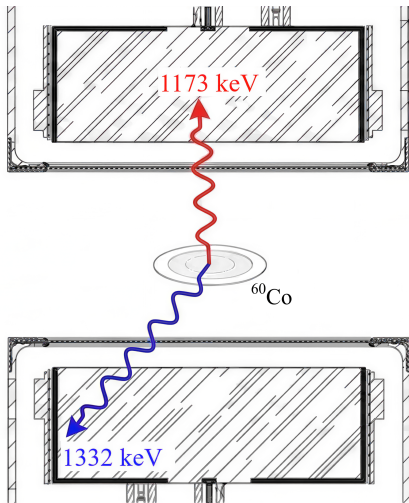
- Un sistema de adquisición tradicional registra un histograma individual de energía depositada para cada detector, es decir, un espectro gamma convencional.
- En la adquisición en modo lista, un sistema electrónico digital registra la información completa de cada evento permitiendo realizar una clasificación posterior en función de los depósitos de energía en cada detector.

Evento	HPGe-1	HPGe-2	AC-1	AC-2
1	1173 keV	1332 keV	0	0
2	963 keV	210 keV	0	0
3	577 keV	0	~750 keV	0
4	0	702 keV	~1170 keV	~630 keV
...	...	...	...	...

Tabla: Sucesos registrados en modo lista para una fuente de ^{60}Co (emisiones γ de 1173 keV y 1332 keV).

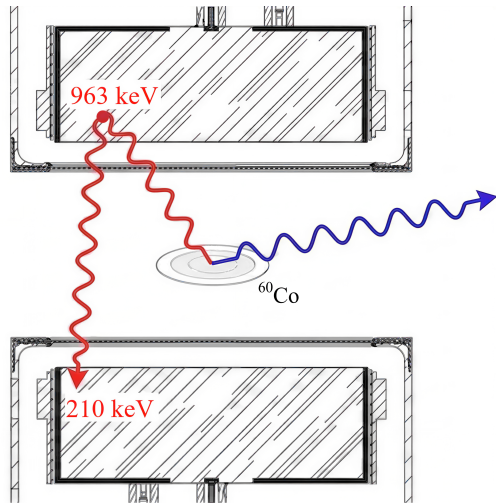
Métodos. Clasificación de eventos I

1



Registrar depósitos de forma independiente

2



Sumar depósitos de ambos detectores

- El depósito de energía tras una dispersión Compton depende de la energía del fotón incidente E_γ y del ángulo de dispersión θ . Si se dispersa en un detector y se absorbe en el opuesto:

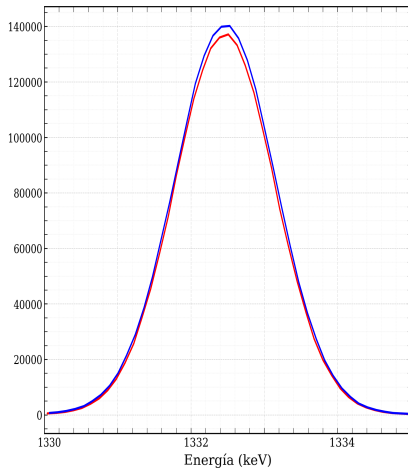
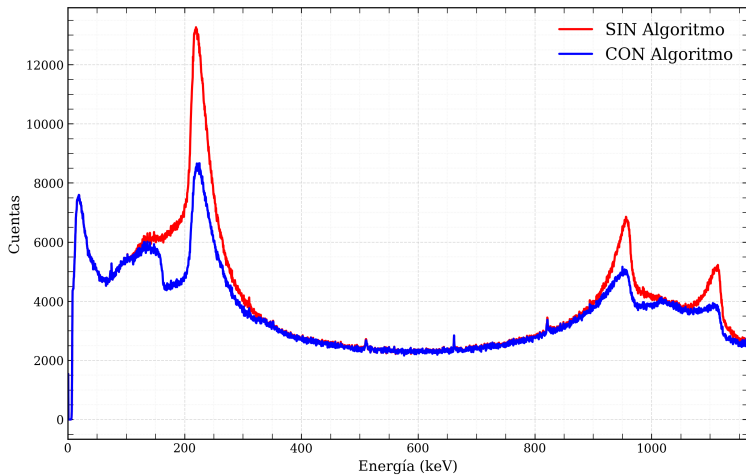
$$E_1(E_\gamma, \theta) = E_\gamma - \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (1)$$

$$E_2(E_\gamma, \theta) = E_\gamma - E_1(E_\gamma, \theta) = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (2)$$

- Debido a la geometría del montaje experimental, el ángulo de dispersión θ para un evento suma debe pertenecer al intervalo $[135^\circ, 180^\circ]$, lo que implica que E_1 y E_2 deben cumplir:

$$\boxed{1.71 < \frac{m_e c^2}{E_1 + E_2} \frac{E_1}{E_2} < 2} \quad (3)$$

Métodos. Espectro de ^{60}Co adquirido en modo lista



3. Resultados y conclusiones

Resultados y conclusiones

- Con la clasificación de eventos se alcanza un incremento relativo de la eficiencia y una reducción del fondo inducido por distintos radionucleidos con emisiones γ de alta energía:

Radionucleido	^{139}Ce	^{113}Sn	^{137}Cs	^{54}Mn	^{65}Zn	^{60}Co
Energía (keV)	166	392	662	834	1115	1332
$\Delta\varepsilon$	+0.04 %	+3.86 %	+5.07 %	+5.40 %	+5.96 %	+6.13 %
ΔN_{fondo}	-0.05 %	-4.75 %	-7.57 %	-7.03 %	-6.82 %	-7.34 %

- Todo esto se traduce en una mejora en la capacidad de detección en muestras de interés para la vigilancia radiológica ambiental o la datación, disminuyendo la actividad mínima detectable (AMD) en radionucleidos con emisiones de alta energía como el ^{228}Ac , el ^{214}Bi o el ^{137}Cs .

$$\Delta N_{\text{fondo}} \approx -7 \%, \quad \Delta\varepsilon \approx +5 \%, \quad \text{AMD} \propto \frac{\sqrt{N_{\text{fondo}}}}{\varepsilon} \Rightarrow \boxed{\Delta\text{AMD} \approx -10 \%}$$

¡Gracias por su atención!

¿Preguntas?

Agradecimientos:



Referencias

Quintana, B., Pedrosa, C., Bombín, R., Martín, S., Lozano, J., 2017. Mazinger, a gamma-ray spectrometry system of high efficiency and very low background for palaeoclimate applications. *Applied Radiation and Isotopes* 126, 116–120. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.02.017>. proceedings of the 7th International Conference on Radionuclide Metrology – Low-Level Radioactivity Measurement Techniques.

Diapositivas extra. Curva eficiencia vs. energía de Mazinger

