

Lección 8

Espectrometría gamma y alfa para monitorización en el lugar de trabajo



IAEA

International Atomic Energy Agency

Contenido

- Objetivos:
- ¿Por qué espectrometría?
- Espectrometría alfa: teoría, detectores y sus aplicaciones en el monitoreo del lugar de trabajo.
- Espectrometría gamma: teoría, detectores y sus aplicaciones en el monitoreo del lugar de trabajo.

¿Por qué espectrometría?

- La determinación de la actividad alfa y beta total y la medición de la tasa de dosis no identificarán los radionucleidos.
- Las determinaciones cualitativa y cuantitativa de radionucleidos presentes en el lugar de trabajo a veces son necesarias para decidir sobre las medidas de protección adecuadas.
- La radiación natural puede identificarse y eliminarse por medio de la discriminación energética.

Ejemplos de aplicación de espectrometría

- Se puede hacer espectrometría directamente en el lugar de trabajo.
- Muestras del lugar de trabajo (p. ej., papeles filtrantes y muestras de aire/gas) se pueden analizar en el laboratorio mediante espectrometría.

Introducción a la espectrometría gamma y alfa

- Radionucleidos emiten partículas alfa y radiación gamma con energías características.
- Detectores de estado sólido (por ejemplo, NaI(Tl), HPGe, PIPS, SiO₂) crean pulsos electrónicos con amplitudes proporcionales a la energía de la radiación incidente.
- El sistema electrónico organiza los impulsos por amplitud y los cuenta.
- El gráfico de la tasa de conteo en función de la energía se denomina "espectro".

Introducción a la espectrometría gamma y alfa

- Espectros de emisores alfa y gamma ayudan a entender los vectores de radionucleidos.
- Cuanto mejor sea la resolución en energía, más fácil será la identificación del radionucleido.
- El área bajo el pico energético (fotópico) es proporcional a la actividad del radionucleido en la muestra.

Espectrometría alfa

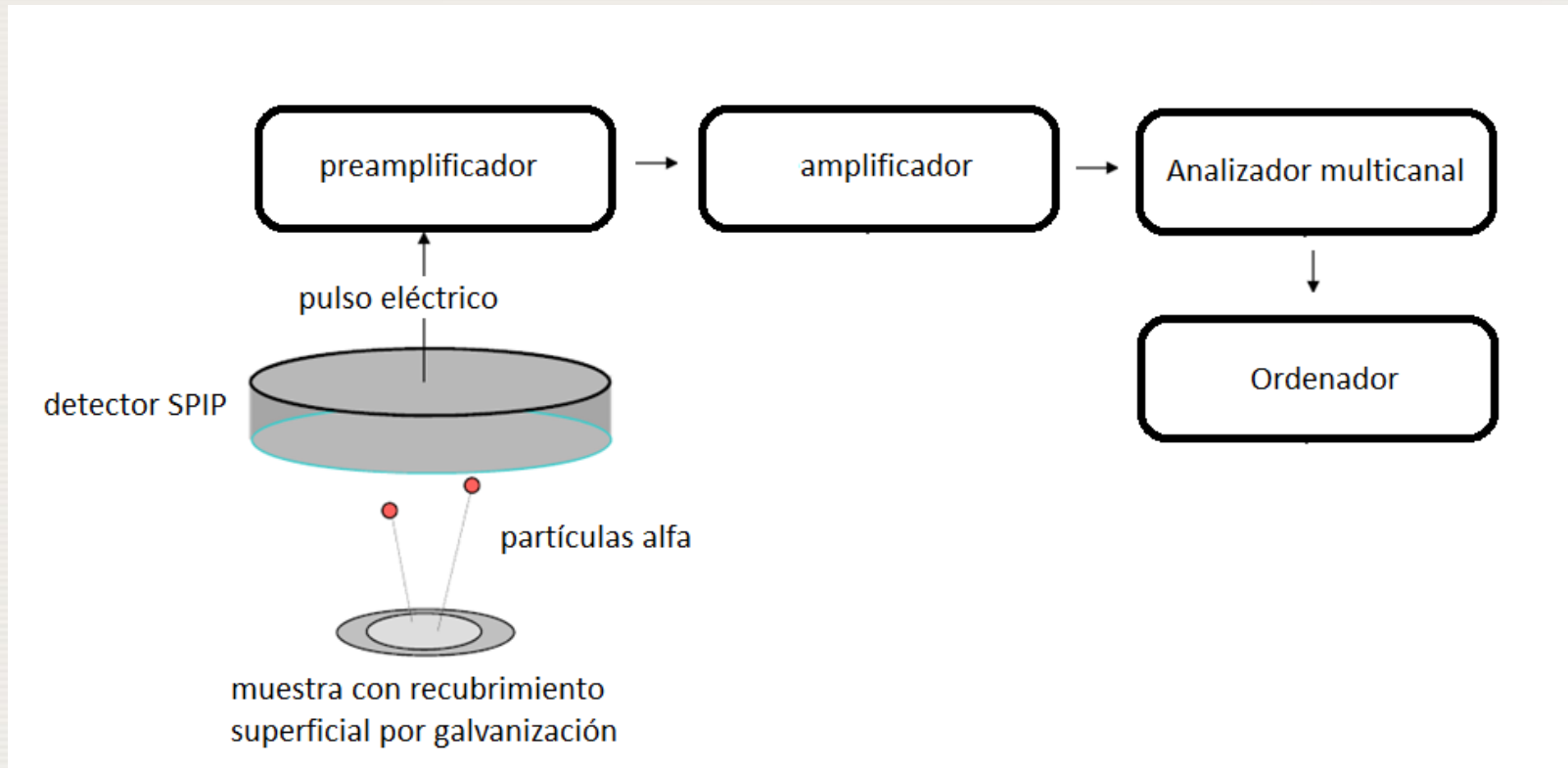
Espectrometría alfa - teoría

- La energía de la partícula alfa se convierte en señal electrónica (pulso) en el detector semiconductor llamado SPIP, en inglés “PIPS”: detector de silicio plano implantado y pasivado.
- La intensidad del pulso es proporcional a la energía alfa. Es necesario calibrar la intensidad del pulso contra la energía alfa.
- El número de pulsos es proporcional a la actividad del radionucleido en la muestra de modo que se necesita una calibración de la eficiencia.

Espectrometría alfa - aplicaciones

- La espectroscopia alfa es una técnica ampliamente utilizada para la identificación y cuantificación de radionucleidos emisores alfa naturales o artificiales (incluidos los transuránicos).
- Se caracteriza por una alta eficiencia, bajo fondo y bajos límites de detección.
- Una variedad de tipos de muestra pueden ser ensayados.

Espectrómetro alfa con analizador multicanal



Detector de silicio plano implantado y pasivado (SPIP)

Hay tres parámetros principales que definen un detector SPIP:

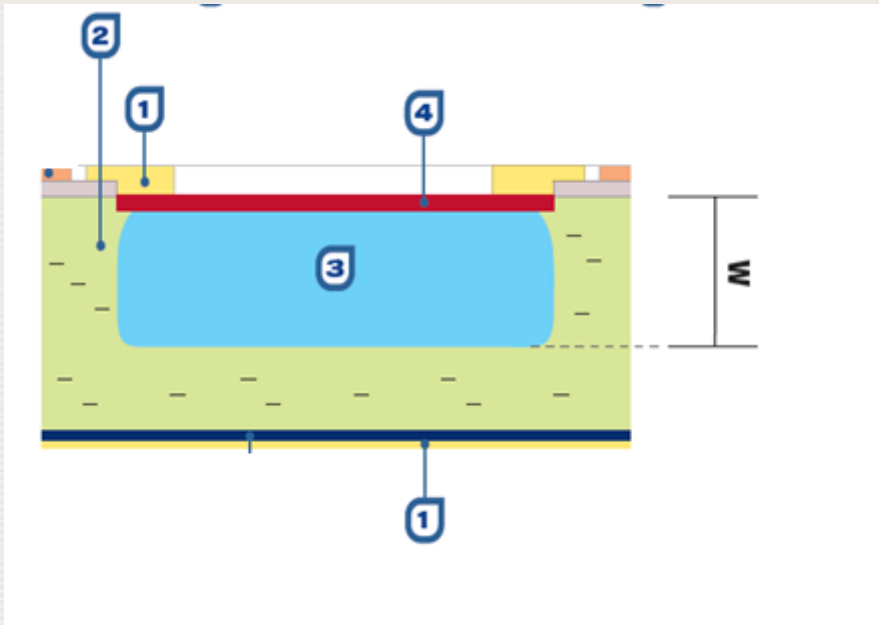
- área activa;
- resolución de energía;
- o zona de deplexión * (depletion depth).

Detectores SPIP están optimizados para aplicaciones de espectroscopía alfa que requieren alta resolución, alta sensibilidad y bajo fondo.

Detector de silicio plano implantado y pasivado (SPIP)

- Las partículas alfa son detenidas en la región de deplexión formando pares electrón-hueco.
- El número de pares electrón-hueco es directamente proporcional a la energía de la partícula.
- El campo eléctrico en la región de deplexión atrae a los electrones a un terminal y a los huecos a la otra.
- El pulso de carga se integra en un preamplificador sensible a la carga para producir un pulso de tensión.

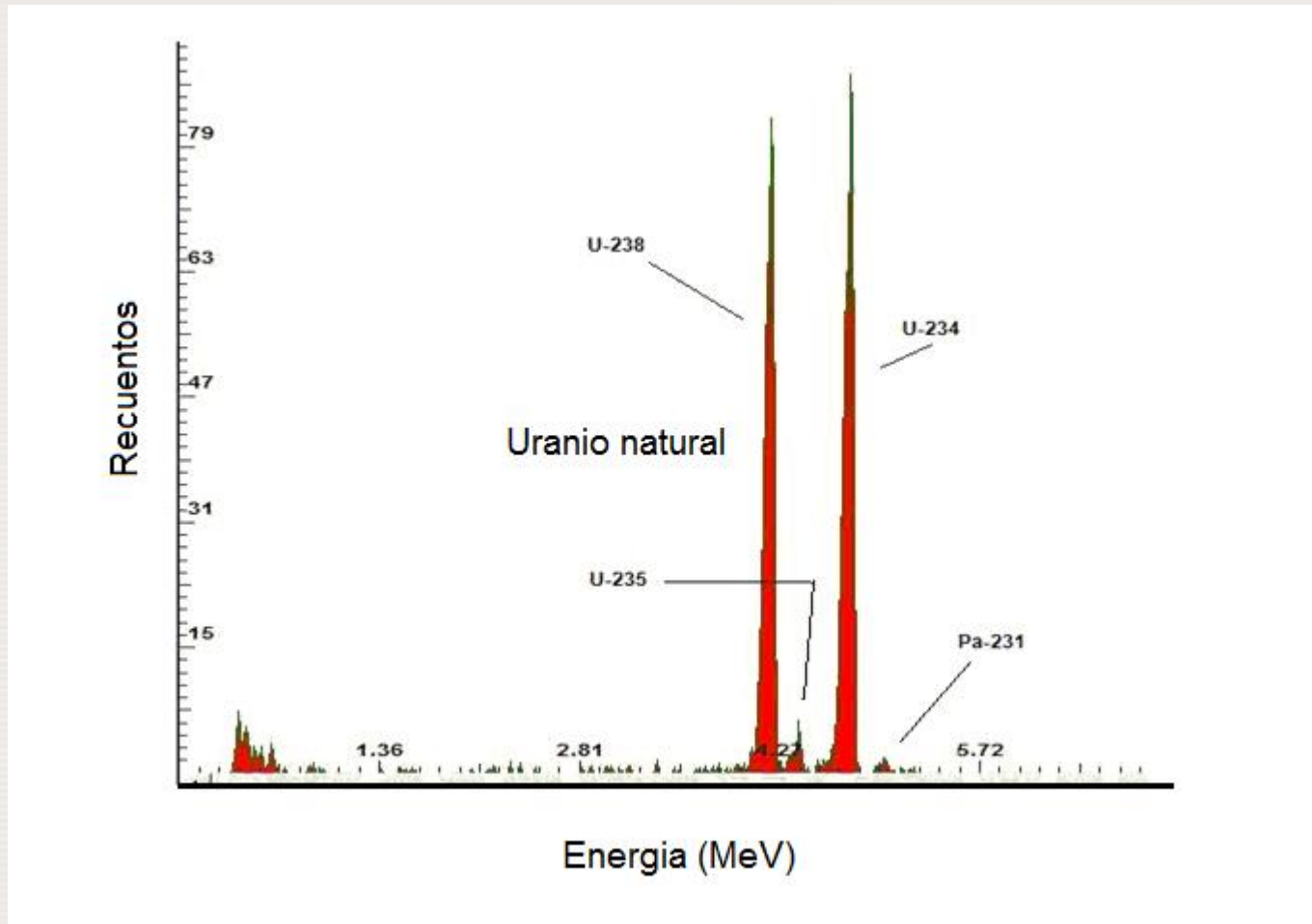
Región de deplexión



1. Contacto eléctrico
2. Semiconductor
3. Región de deplexión
4. Unión P+
5. Contacto eléctrico

cortesía: Canberra

Espectro alfa de uranio natural



Sistema de espectrometría alfa



Espectroscopía alfa en monitor de aire



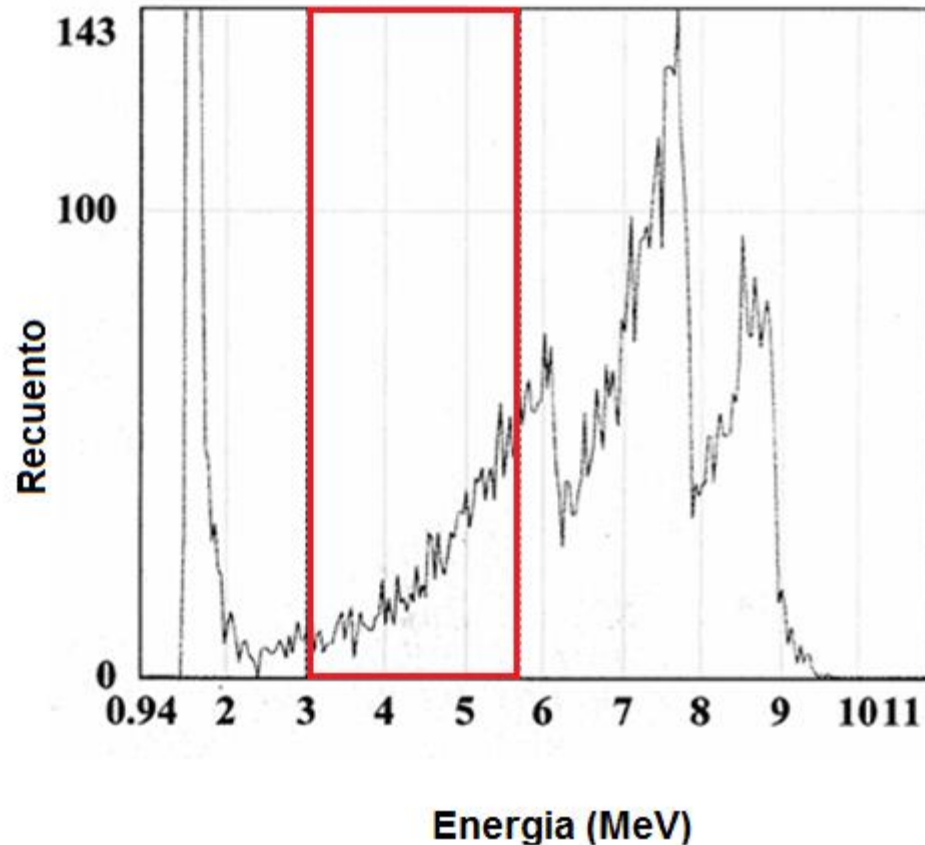
CAM para la detección de emisores alfa y beta en el aire



Detector SPIP

Cortesía: Canberra

Espectro alfa del filtro de aire

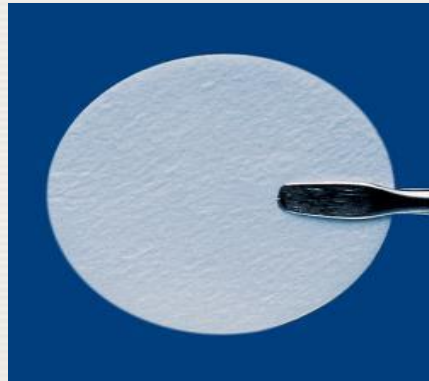


Air Volume:	373260 l
Air flow:	41.153 l/min
CPM:	1.7455
CPM Error:	82.812 %
Uncorr. CPM:	27.75
Unc. CPM Err:	2.4507 %
DAC Hours:	0.80122 DAC h
Concentration:	-0.05797 Bq/m³
Conc. Error:	3525 %
Critical level:	1.0948 DAC h
Filter time:	142h
Slope:	0.039 MeV/Ch

Región de interés

El filtro de aire

- El filtro de aire debe elegirse cuidadosamente.
- Los filtros de fibra de vidrio analizados por espectrometría alfa deben tener buenas características de colección de "superficie frontal" que evitará el entierro de partículas recogidas en el filtro.



Monitor de aire continuo portátil



Cortesía SARAD

radon

Espectrometría gamma

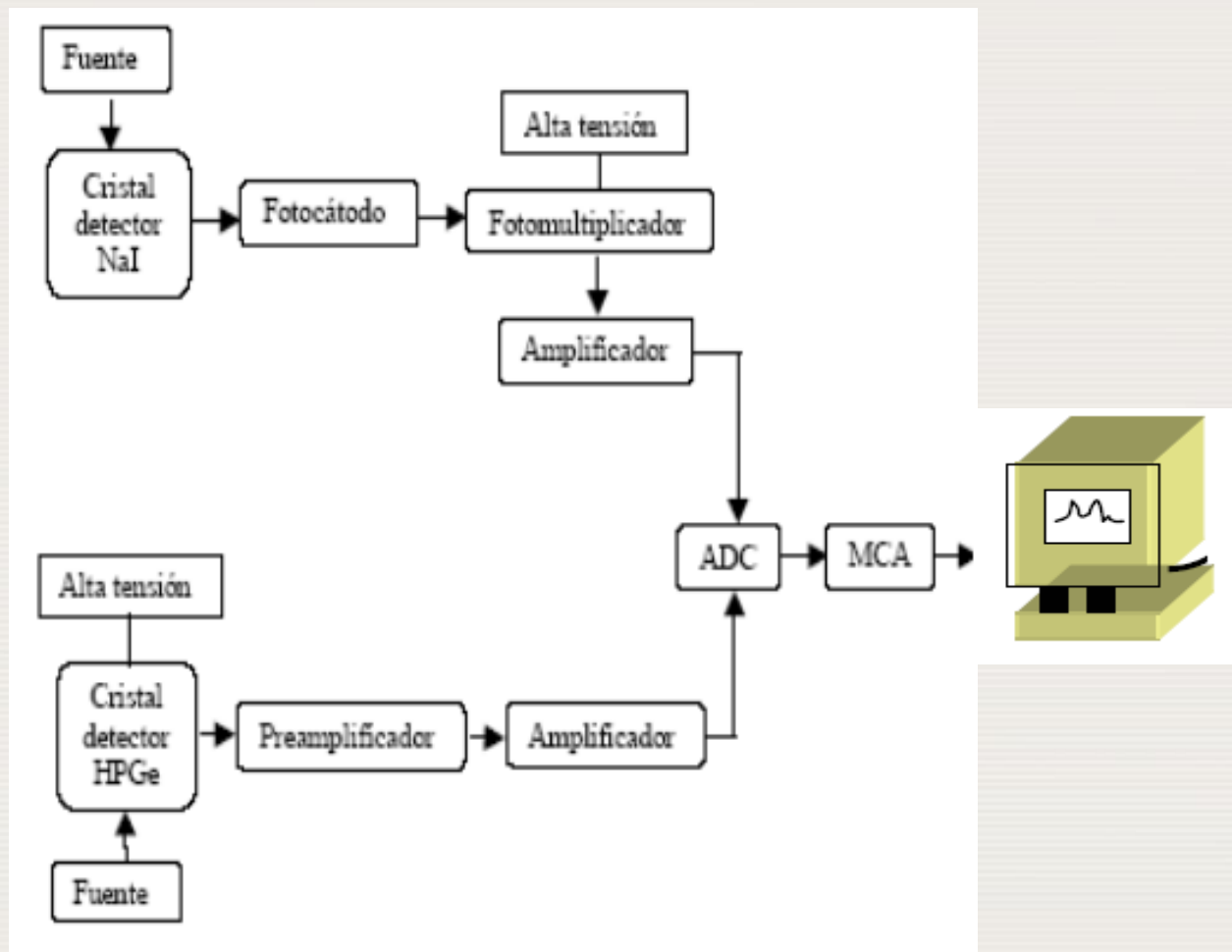
Espectrometría gamma - teoría

- La espectrometría gamma se basa en las tres interacciones fundamentales de fotones con la materia:
 - efecto fotoeléctrico;
 - efecto Compton, y
 - efecto de producción de pares.
- La probabilidad de que un raio gamma interactúe con la materia depende del número atómico, densidad del material y energía de los rayos gamma.

Espectrometría gamma - teoría

- La conversión de la radiación ionizante en luz visible se denomina centelleo.
- Se emplean varios tipos de detectores dependiendo de la aplicación.
- Para altas eficiencias de detección, NaI(Tl) es la mejor opción (cristales de gran volumen).
- Para una alta resolución de energía, HPGe es la mejor opción.

Diagrama del equipo de espectrometría



Calibración del espectrómetro gamma

- Calibrar el espectrómetro en energía utilizando fuentes de referencia con energías conocidas. Calcular la función de canal/energía.
- Calibrar el espectrómetro en eficiencia utilizando fuentes de referencia con energías y actividades conocidas.
-
- Las fuentes de referencia deben tener la misma geometría que la muestra.

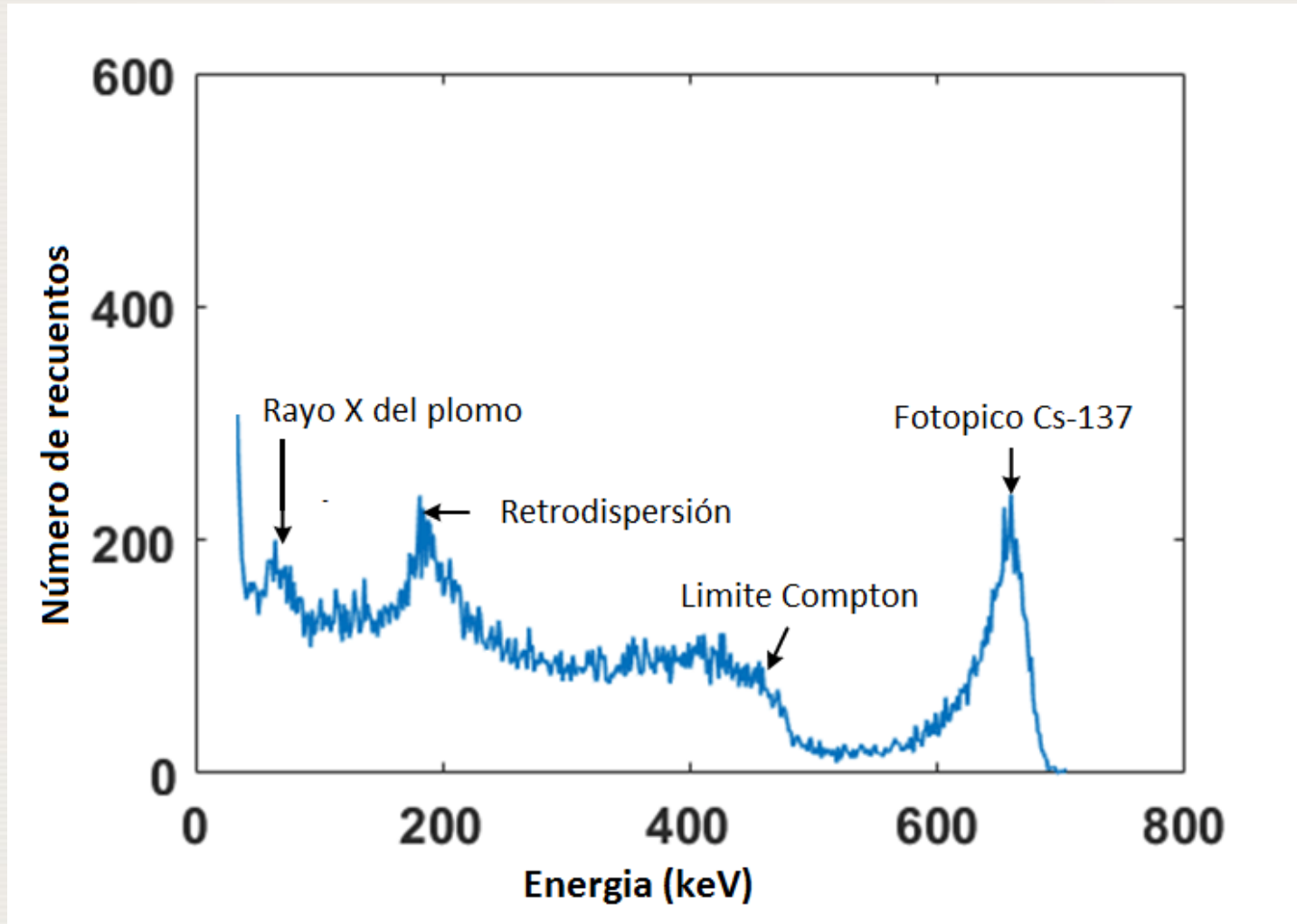
Tipos de espectrómetros gamma

- NaI(Tl): Alta eficiencia pero baja resolución (7 - 8 % AMA @662 keV). Funciona a temperatura ambiente.
- HPGe: Alta resolución (0,2 -1,2 % AMA @662 keV). Necesita nitrógeno líquido o refrigeración eléctrica.
- CdZnTe: Muy compacto. Resolución de energía moderada (0,3 % keV AMA @ 662 keV).
- LaBr₃:Ce: Alta eficiencia pero baja resolución (2,8 - 4 % AMA @662 keV)

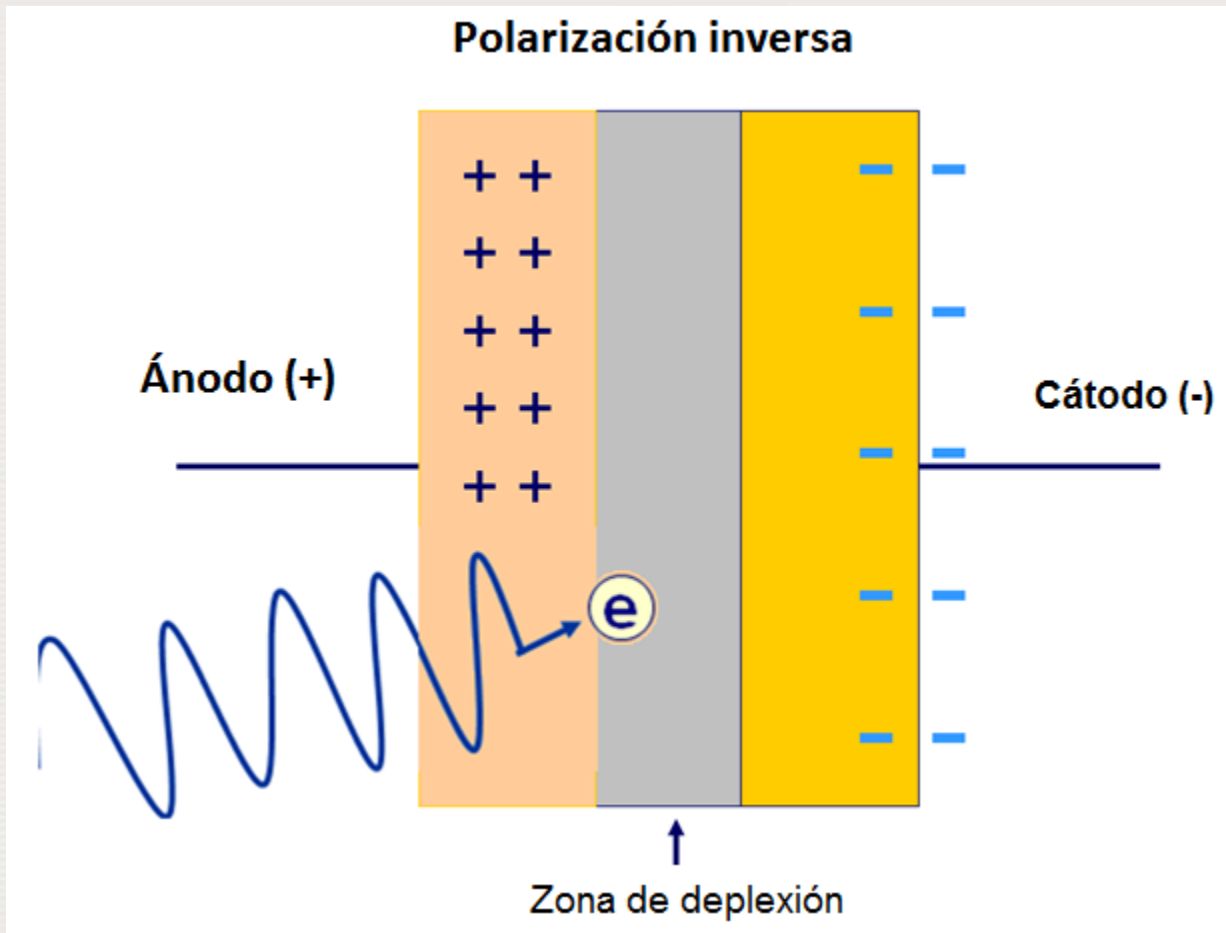
Espectrometría gamma - aplicaciones

- Permite la identificación y cuantificación de isótopos emisores gamma en una variedad de muestras. La evaluación del espectro consiste en:
 - identificación de los picos;
 - determinación de las energías de los picos;
 - identificación de los radionucleidos;
 - sustracción de fondo y cálculo de las áreas totales de los picos, y
 - determinación de las actividades e incertidumbres.

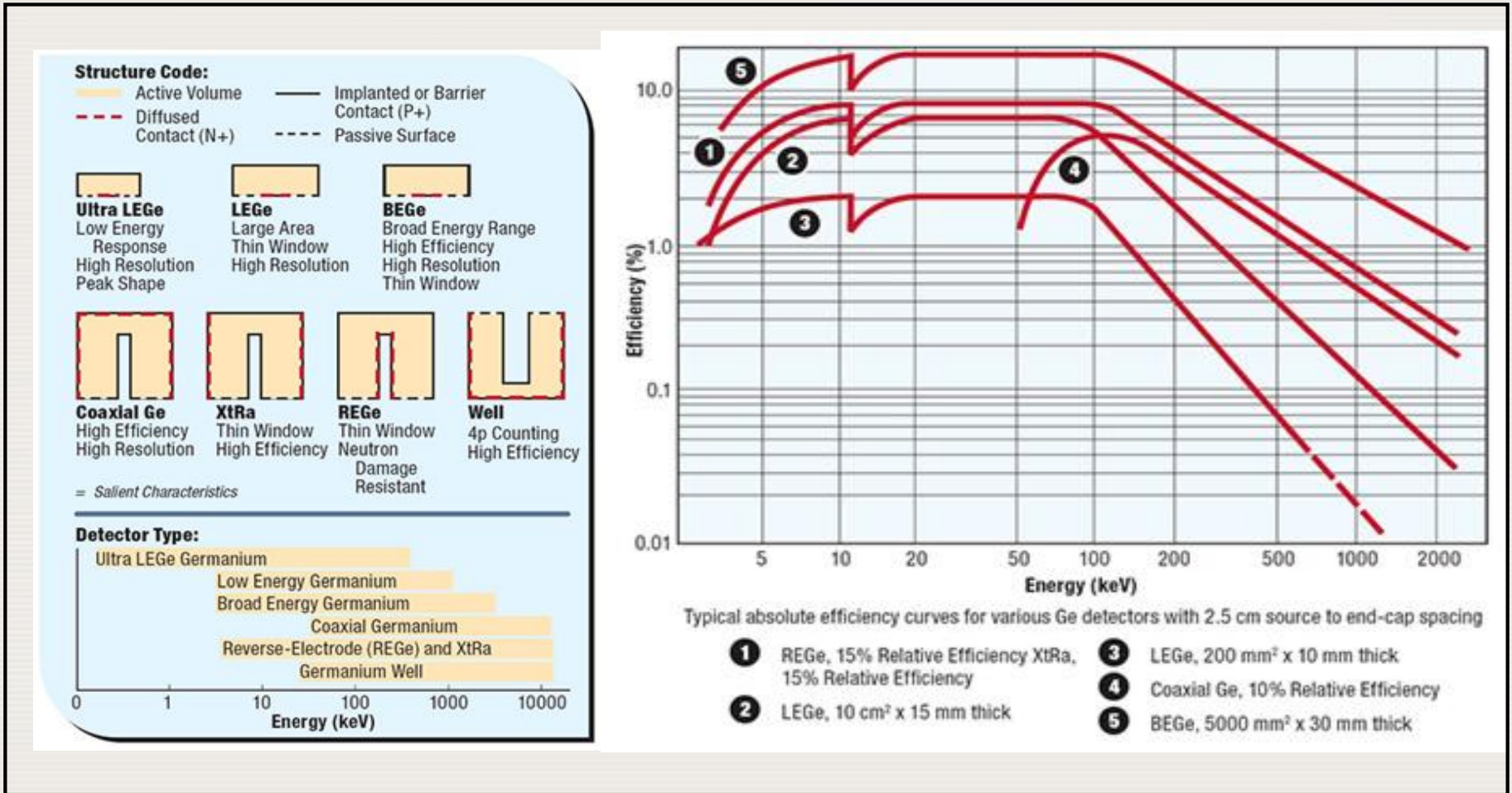
Componentes del espectro gamma de ^{137}Cs



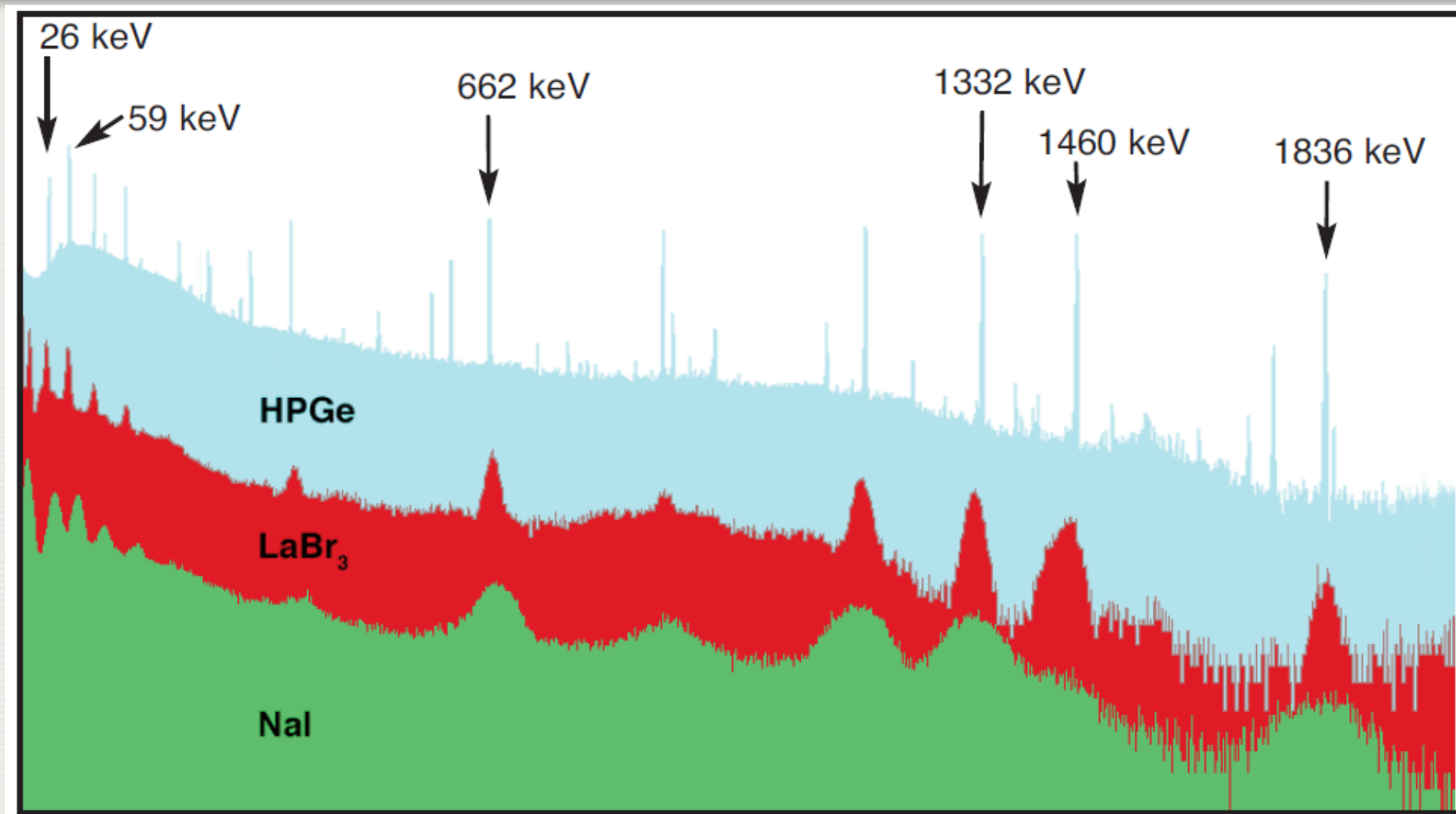
Semiconductores



Detectores HPGe y sus curvas de eficiencia

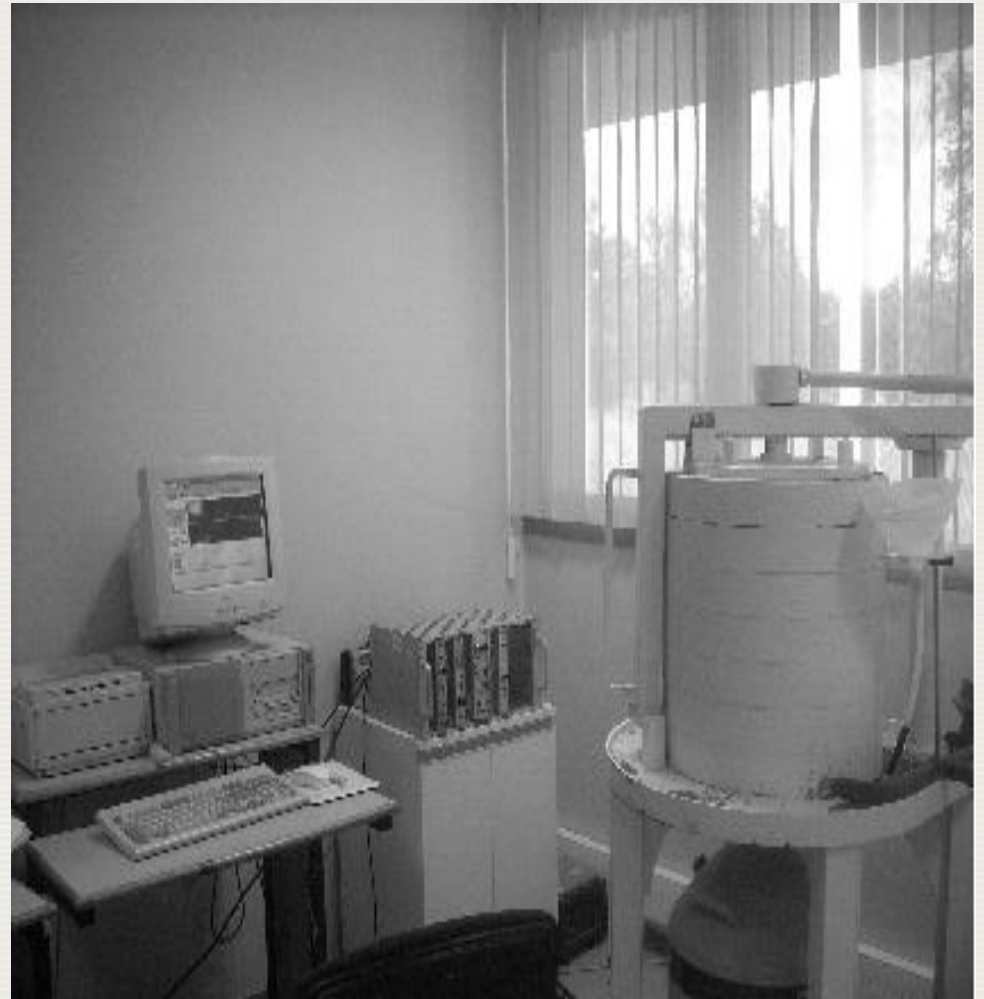


Resolución de energía



Aplicaciones de la espectrometría gamma

Sistemas de espectrometría HPGe



Sistema portátil HPGe



Se utiliza principalmente para análisis cualitativo; es decir, la identificación de la contaminación y de los radionucleidos.

Un ejemplo de un sistema portátil con un sistema de enfriamiento eléctrico. Cortesía: ORTEC

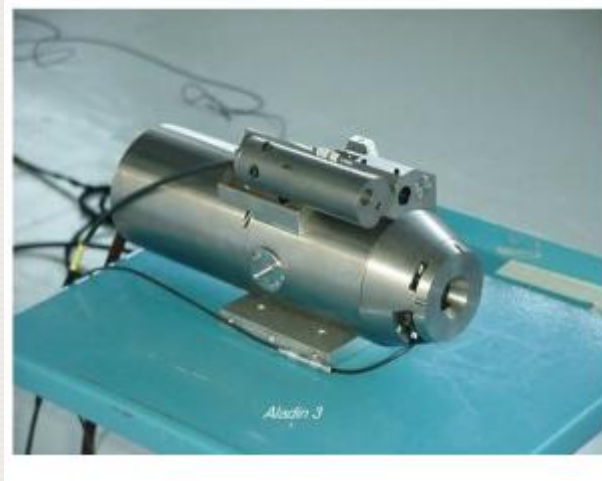
Identificación de radionucleidos desconocidos



Sistemas de espectrometría gamma portátiles



Espectrómetro con NaI(Tl)



Detector CdZnTe



Detector CdZnTe

- Se utiliza principalmente para análisis cualitativo, es decir, para identificar radionucleidos.
- Debido a la baja resolución de energía, son adecuados para identificar varios radionucleidos a la vez con energías distintas.

Sistemas de espectrometría gamma portátiles

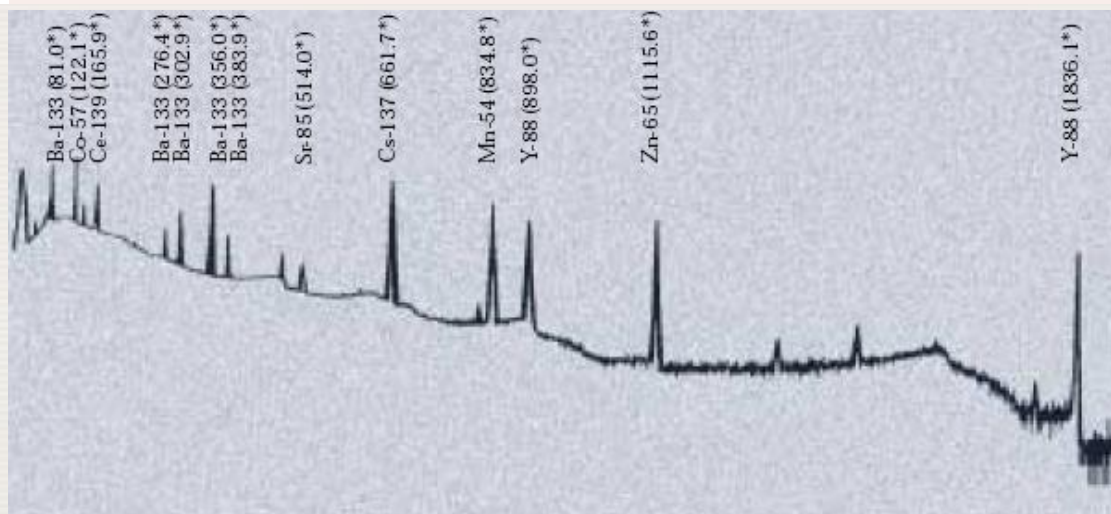


Espectrometría gamma para monitoreo del aire



Energy range	Radionuclide(s)	Nominal total activity [kBq]	Density [g/cm ³]	Product code
80-1836keV	Mixture NG1: Ba-133, Co-57, Ce-139, Sr-85, Cs-137, Mn-54, Zn-65, Y-88	44	0.5-0.6	QCRB5968
60-1836keV	Mixture NG3: Am-241, Cd-109, Co-57, Ce-139, Hg-203, Sn-113, Sr-85, Cs-137, Co-60, Y-88	40	0.5-0.6	QCRB1127

Cartucho del filtro del yodo



Espectro gamma típico del cartucho

Muchas gracias por
vuestra atención y...

SE ABRE EL DEBATE