

Abstract

El objetivo del proyecto MEDRA fue analizar la presencia de radiación en diversas zonas del IES Plurilingüe Rafael Dieste mediante el uso del detector MiniPIX. Este aparato, conectado al ordenador por USB, permite captar partículas ionizantes utilizando un software que registra datos energéticos.

Se realizaron registros en cuatro espacios diferentes: el aula de física, el salón de actos, el gimnasio y la clase de tecnología. Los datos evidenciaron que el aula de física tenía una cantidad notablemente alta de partículas (24), posiblemente como consecuencia de una ventilación insuficiente. En contraste, el gimnasio, gracias a su amplitud y mejor ventilación, mostró niveles significativamente menores, por debajo de 18 partículas. El salón de actos se situó en un punto intermedio con 19 partículas. La mayor concentración se detectó en la sala de tecnología, alcanzando un total de 65 partículas.

Este análisis pone de manifiesto la importancia de contar con una correcta ventilación en espacios cerrados para minimizar la acumulación de gases radiactivos, como el radón, que pueden deteriorar la calidad del aire. La investigación resalta el papel esencial de la prevención en centros educativos, con el fin de proteger la salud de alumnado y profesorado y garantizar condiciones ambientales más seguras.

Introducción

El radón es un gas de origen natural que se genera por la descomposición del uranio presente en el subsuelo, especialmente en terrenos graníticos. Este gas es incoloro, inodoro y radiactivo, y representa un riesgo para la salud cuando se acumula en espacios cerrados, ya que puede ser inhalado sin que las personas lo perciban. Diversos estudios científicos advierten sobre su peligrosidad, destacando su relación directa con enfermedades respiratorias graves, como el cáncer de pulmón.

La presencia de radón en interiores depende de factores como la ventilación, los materiales de construcción y las características del terreno. Por eso, es fundamental llevar a cabo mediciones que permitan conocer su concentración en el aire. Para este fin, se emplean dispositivos capaces de detectar partículas radiactivas, como el MiniPIX, que permite obtener datos precisos de forma rápida y sencilla.

Gracias a este tipo de herramientas tecnológicas, se puede analizar la calidad del aire en distintos entornos y tomar decisiones informadas para reducir riesgos. En el contexto educativo, donde conviven a diario estudiantes y docentes, es especialmente importante identificar posibles focos de acumulación de radón y aplicar medidas correctivas, como mejorar la ventilación o revisar las condiciones estructurales del edificio.

Montaje Experimental

El Proyecto MEDRA se basa en la utilización de una configuración experimental diseñada para la detección y caracterización de radiación ionizante, tanto de origen cósmico como de fuentes terrestres. El montaje permite a los estudiantes visualizar las interacciones de partículas con la materia y obtener datos que emulan la investigación en física de altas energías en nuestro caso radón.

Equipos Utilizados

El corazón de este montaje experimental es el detector Minipix EDU, un dispositivo desarrollado originalmente en el CERN y adaptado para fines educativos. Este detector de píxeles híbrido de última generación funciona de manera similar a una cámara digital, registrando las "huellas" que dejan las partículas al interactuar con su sensor de silicio.

Los componentes principales del montaje experimental son:

- **Detector Minipix EDU:**
 - Función: Dispositivo principal para la detección de partículas. Contiene un sensor de silicio de 256x256 píxeles. Es capaz de registrar la energía depositada por cada partícula y su trayectoria.
 - Conectividad: Se conecta a un ordenador mediante un puerto USB 2.0, lo que facilita su uso en entornos educativos.
 - Características: Es un sistema miniaturizado y de bajo consumo, diseñado para ser accesible y robusto en el aula. Utiliza la tecnología Timepix, la misma que se emplea en aplicaciones de monitorización de radiación para la NASA en el espacio.
- **Ordenador Personal (PC):**
 - Función: Esencial para controlar el detector Minipix, adquirir los datos y realizar su posterior análisis. El PC debe tener puertos USB disponibles y una capacidad de procesamiento adecuada para ejecutar el software de visualización y análisis.
- **Software de Visualización y Adquisición de Datos (RadView / Pixet PRO):**
 - Función: Programa informático que permite configurar el detector, iniciar y detener la adquisición de datos, y visualizar en tiempo real las trazas de las partículas detectadas. También ofrece herramientas para el análisis básico de los datos, como histogramas de energía o conteo de partículas. Es fundamental para interpretar las "fotografías" de la radiación.
- **Fuentes de Radiación (Opcional):**
 - Función: Para experimentos controlados, se pueden utilizar fuentes de radiación de baja actividad (para el entorno educativo), como materiales que contienen isótopos naturales. Estas fuentes permiten estudiar la atenuación de la radiación por diferentes materiales o la identificación de tipos específicos de partículas.
- **Materiales de Apantallamiento (Opcional):**
 - Función: Diversos materiales se emplean para investigar cómo diferentes tipos de radiación son absorbidos o atenuados por la materia. Esto permite a los estudiantes comprender los principios de protección radiológica.
- **Soporte o Trípode para el Detector (Opcional):**
 - Función: Facilita la estabilidad del detector y permite posicionarlo de forma precisa en relación con las fuentes de radiación o en un área de estudio específica.

Esquema del Montaje Experimental

A continuación, se presenta un esquema simplificado del montaje experimental básico para la detección de partículas con el detector Minipix EDU.

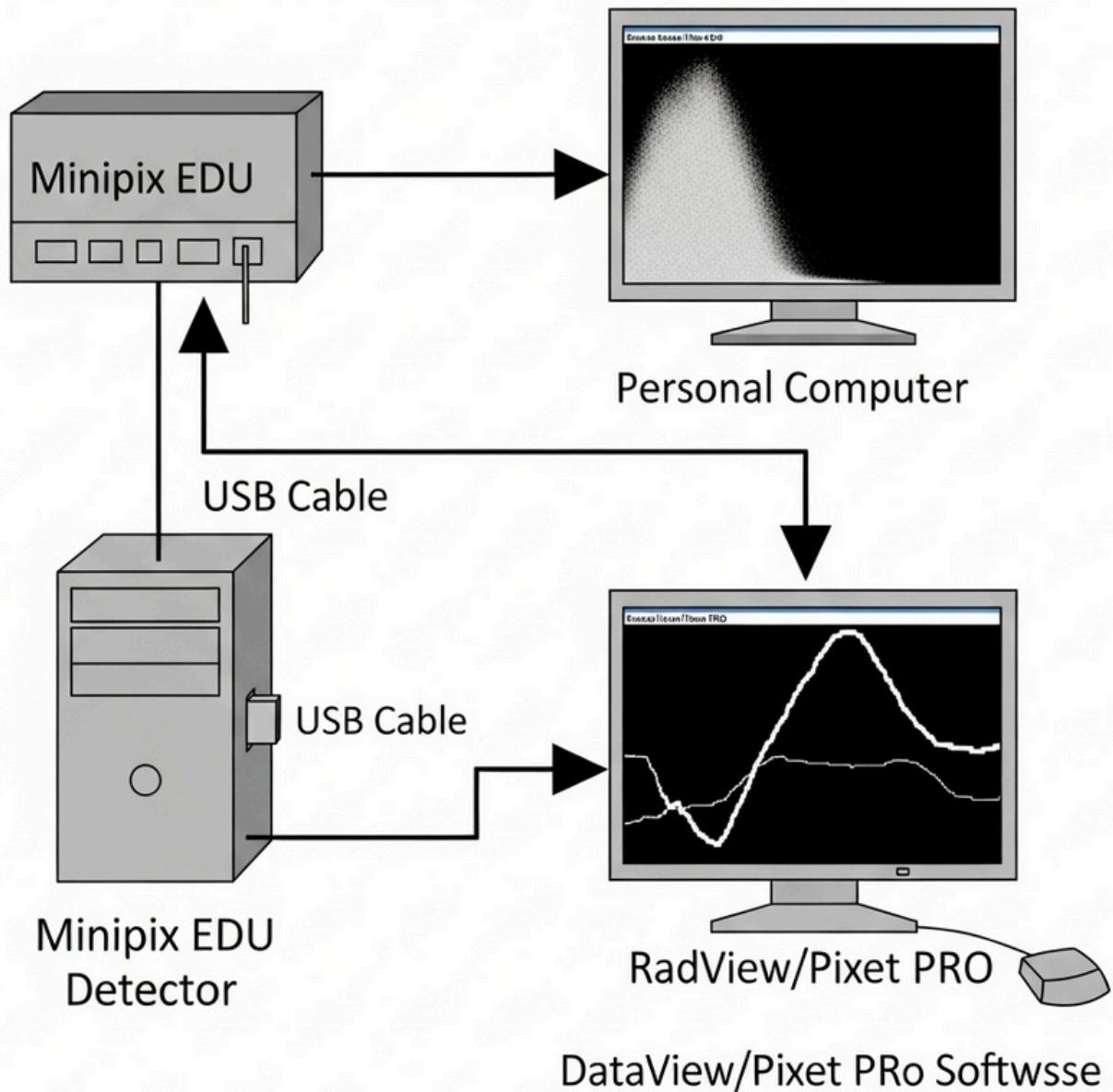


Figure 1: General diagram of experimental Coxatriaction with the Minipix detector

Descripción del Funcionamiento

Tal como se observa en la Figura , el detector Minipix EDU es el sensor principal. Este se conecta directamente a un ordenador personal mediante un cable USB. El software de visualización y adquisición de datos instalado en el PC es crucial, ya que permite controlar el detector, recibir los datos en tiempo real y mostrar las "imágenes" de las partículas.

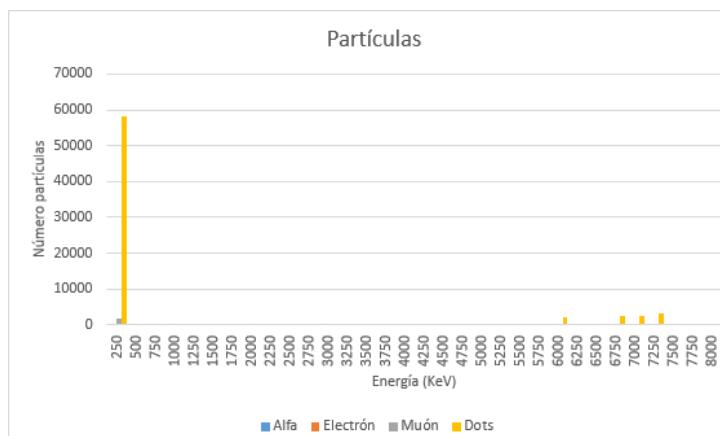
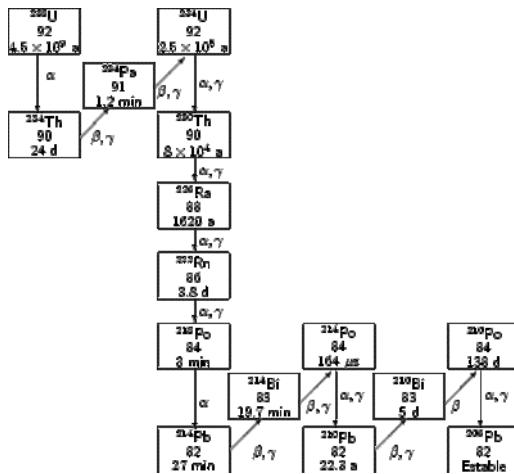
Las partículas atraviesan el sensor de silicio del Minipix. Cada vez que una partícula ionizante impacta en el sensor, deposita energía, creando una señal eléctrica que es registrada por los píxeles. El software interpreta estas señales y las traduce en patrones visuales que muestran la trayectoria y la energía de la partícula.

En algunos experimentos, se interponen materiales de apantallamiento entre la fuente de radiación y el detector. Esto permite a los estudiantes investigar cómo la radiación interactúa con diferentes materiales y

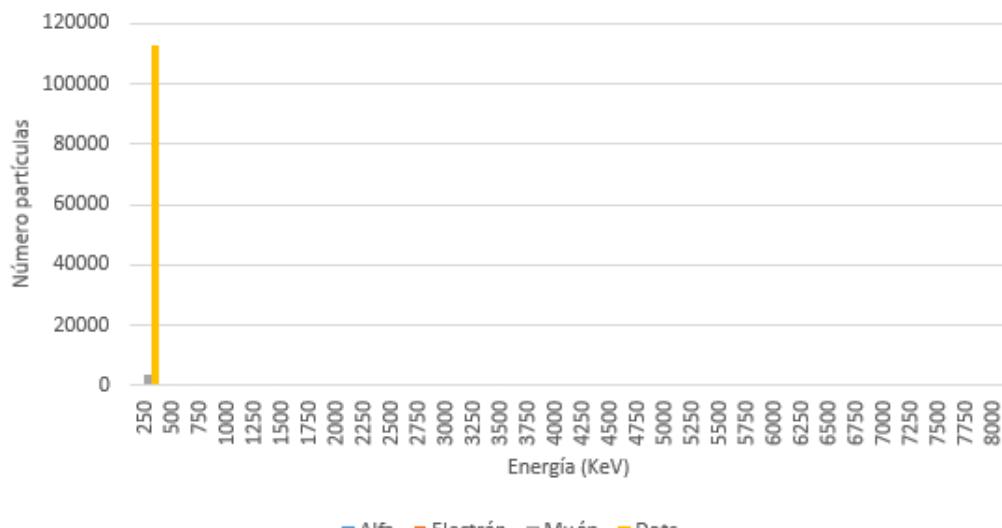
la eficacia de estos para bloquear distintos tipos de partículas. Los datos recogidos son analizados posteriormente para extraer conclusiones sobre la naturaleza de la radiación y sus interacciones.

Para asegurar la calidad y la reproducibilidad de los resultados, es importante mantener el montaje experimental en un entorno estable, minimizando vibraciones y posibles interferencias electromagnéticas. La calibración periódica del detector, aunque en el contexto educativo se suele simplificar, es fundamental para obtener mediciones precisas de la energía de las partículas. La formación adecuada del personal docente y del alumnado en el manejo del equipo y el software es esencial para el éxito de los experimentos propuestos por el Proxecto MEDRA.

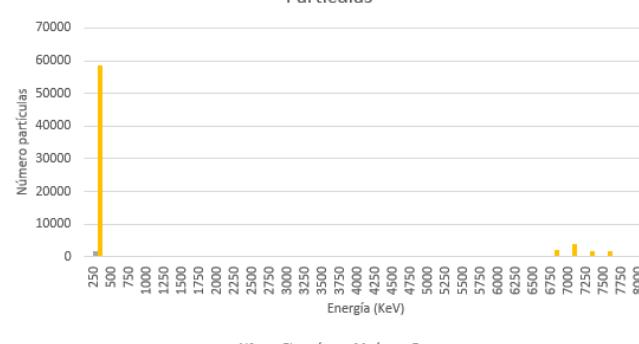
Results



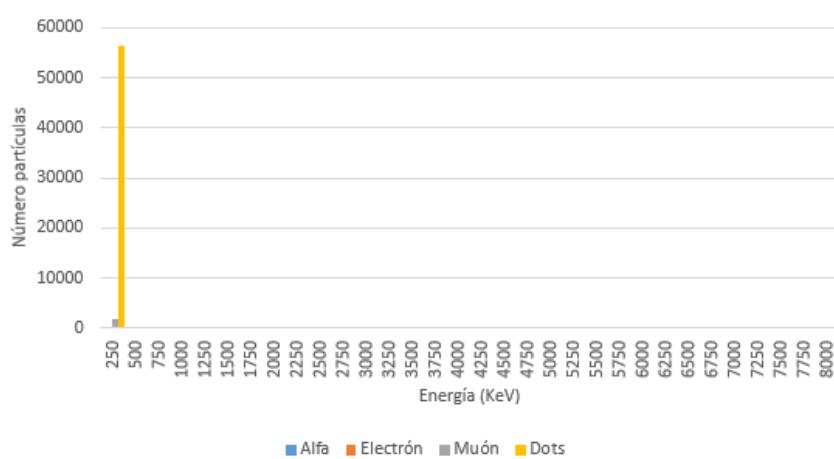
Partículas

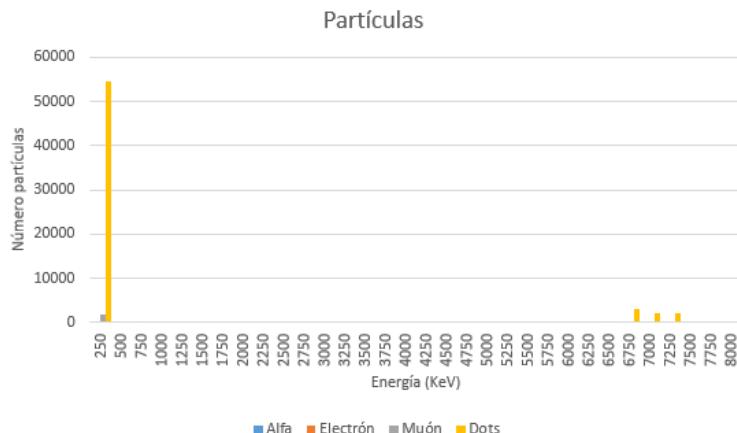


Partículas



Partículas





4. Actividades con fuente alfa (radón)

Para realizar esta medición de gas radón, debemos seguir una serie de pasos para poder llevarla a cabo adecuadamente:

- Supervisión: Las muestras solo deben manipularse bajo la supervisión de un docente o persona responsable.
- Evitar la manipulación innecesaria del detector: Una vez colocado el MiniPIX, no se debe mover ni manipular hasta que se complete la medición. Esto garantiza la estabilidad y precisión del conteo de partículas.
- Tiempo de exposición

El tiempo de exposición del detector debe ajustarse al nivel esperado de radón (en este caso unos 30 minutos, para alcanzar la medición deseada de 1800 imágenes).

- Registro y análisis

Anotar el lugar, fecha, hora, condiciones de ventilación y duración de la medición. Estos datos son importantes para interpretar correctamente los resultados.

4.1 El ^{222}Rn : Fuente radioactiva de partículas alfa

El radón (Rn) es un elemento químico natural, perteneciente a la serie de desintegración del uranio. Su isótopo más relevante desde el punto de vista radiológico es el ^{222}Rn , un gas noble radiactivo que se forma por la desintegración del radio-226 (^{226}Ra), presente en rocas y suelos.

El ^{222}Rn decae emitiendo partículas alfa, generando a su vez una cadena de radionucleidos hijos sólidos que también son emisores alfa (como el polonio-218 y el polonio-214). Esta cascada de desintegraciones es especialmente significativa, ya que la mayoría de la dosis radiológica que recibe el ser humano por exposición a radón se debe a la inhalación de estos productos de decaimiento y a la acción de las partículas alfa sobre el tejido pulmonar.

El radón es incoloro, inodoro e insípido, lo que lo hace difícil de detectar sin instrumentación específica. A pesar de su naturaleza gaseosa, su riesgo principal no está en el gas en sí, sino en sus descendientes sólidos, que pueden adherirse a aerosoles y depositarse en las vías respiratorias.

Aunque es una fuente natural de radiación, su presencia en interiores (como viviendas, escuelas o laboratorios) puede representar un riesgo sanitario significativo si no se controla adecuadamente. Por este motivo, organismos internacionales como la OMS y la ICRP han establecido valores de referencia para su concentración en el aire.

El radón es un emisor puro de partículas alfa. Su carácter gaseoso permite realizar mediciones experimentales en condiciones ambientales reales. Esto lo convierte en una fuente idónea para estudios sobre radiación alfa sin necesidad de emplear fuentes selladas artificiales, siempre que se tomen las precauciones adecuadas en la medición y ventilación de espacios.

El radón-222 (^{222}Rn) es un emisor alfa con una energía de 5.49 MeV y una vida media de 3.82 días. Forma parte de la cadena de desintegración del uranio-238 y da lugar a una serie de radionucleidos que también emiten radiación ionizante, en particular partículas alfa. Esquema de desintegración:

4.2 Determinación de las alfas de la muestra

Como ya vimos, el radón (^{222}Rn) es una fuente natural de radiación alfa, aunque sus productos de decaimiento también pueden emitir beta y gamma. En primer lugar, compararemos los datos obtenidos en una ubicación con concentración de radón apreciable con los de una zona ventilada o con baja actividad. Para ello, colocamos el sensor MiniPIX con las pinzas en una posición horizontal, orientado hacia abajo, a una altura adecuada que le permita estar en contacto cercano con el aire de la sala seleccionada. Realizamos una adquisición continua de 30 minutos para recoger un número significativo de trazas alfa. Posteriormente, podremos comparar estos datos con una medida de referencia tomada en otro entorno de menor exposición.

Material: Detector MiniPIX, base y pinzas de sujeción (sensor descubierto en posición horizontal hacia abajo), cronómetro o temporizador.

Duración de la actividad: 30 minutos.

Modo Suma N.^o de imágenes Tiempo de exposición

Tracking Si 1 1 seg.

4.2 Determinación de partículas alfa en Labfísica-Sinventilar

Se realizó una medición de radiación alfa en un laboratorio de física sin ventilación, con el objetivo de estudiar la presencia de radón en el ambiente y cuantificar la proporción de partículas alfa asociadas a su desintegración. Para ello se utilizó un detector MiniPIX, configurado para adquirir una imagen por segundo, permitiendo registrar eventos individuales de radiación con alta precisión espacial y temporal.

El detector se colocó a una altura media dentro del laboratorio, simulando la exposición habitual a nivel humano. Durante el periodo de adquisición, cada imagen capturada por el MiniPIX fue procesada mediante el software de análisis asociado (como Pixel Pro), el cual permite clasificar las partículas detectadas según su tipo, energía y forma de traza.

Al finalizar el periodo de observación, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Total de partículas alfa detectadas: 51
- Partículas alfa identificadas como producto de la desintegración del radón: 13
- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 25,49 %

Estos datos indican que aproximadamente una cuarta parte de las partículas alfa registradas provienen del radón, lo que revela una presencia significativa de este gas radiactivo en el ambiente cerrado del laboratorio. Esta proporción es coherente con lo esperado en espacios sin ventilación, donde el radón tiende a acumularse debido a su origen natural (emanación del suelo y materiales de construcción) y a la falta de renovación del aire.

4.3 Determinación de partículas alfa en Labfísica-ventilado

Se llevó a cabo una medición de radiación alfa en un laboratorio de física con ventilación activa, con el propósito de comparar los niveles de partículas alfa asociadas al radón respecto a un entorno cerrado. La detección se realizó

mediante un sensor MiniPIX, configurado para registrar una imagen por segundo, permitiendo el seguimiento individualizado de los eventos de radiación.

El dispositivo fue ubicado en una zona representativa del laboratorio, y durante el tiempo de medición se recolectaron imágenes que posteriormente fueron analizadas con software especializado. Dicho análisis permite distinguir entre partículas alfa de distinta procedencia, identificando específicamente aquellas que corresponden a la desintegración del gas radón.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Total de partículas alfa detectadas: 31
- Partículas alfa atribuidas al radón: 2
- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 6,45 %

La baja proporción de partículas alfa provenientes del radón (solo un 6,45 %) indica una presencia muy reducida de este gas en el ambiente, atribuida principalmente a la ventilación eficiente del laboratorio. Este resultado contrasta significativamente con los valores obtenidos en espacios cerrados, donde el radón puede acumularse con mayor facilidad.

La comparación con mediciones previas en el mismo entorno sin ventilación permite evidenciar el impacto directo de la renovación de aire en la disminución de la concentración de radón y, por tanto, en la reducción del riesgo radiológico asociado a su desintegración.

4.4 Determinación de partículas alfa en Salón de Actos

Se efectuó una medición de radiación alfa en el salón de actos del centro, con el fin de evaluar la presencia de radón en un espacio amplio de uso común. La medición fue realizada con el detector MiniPIX, configurado para capturar una imagen por segundo, lo que permite registrar y clasificar trazas individuales de partículas en tiempo real.

El detector fue instalado en una zona representativa del salón, a altura media, y durante la medición se recopilaron imágenes analizadas posteriormente con software especializado. Este software distingue las partículas alfa según su morfología, permitiendo identificar aquellas asociadas específicamente a la desintegración del radón.

Los resultados del experimento fueron los siguientes:

- Total de partículas alfa detectadas: 19
- Partículas alfa provenientes del radón: 4
- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 21,05 %

Estos datos reflejan una presencia moderada de radón en el salón de actos, con un 21,05 % de las partículas alfa registradas atribuibles a su desintegración. Aunque el nivel es inferior al detectado en espacios completamente cerrados (como el laboratorio sin ventilación), es notablemente superior al del laboratorio ventilado, lo cual puede explicarse por la estructura más amplia del salón, una ventilación posiblemente intermitente o limitada, y la mayor acumulación de aire en zonas con poca renovación.

4.5 Determinación de partículas alfa Gimnasio-Sinventilar

Se realizó una medición de partículas alfa en el gimnasio del instituto, con el objetivo de evaluar la concentración de radón en un espacio amplio, con altura considerable y habitualmente bien ventilado debido al tipo de actividad que se desarrolla en él. Para la medición se utilizó un detector MiniPIX, configurado para registrar una imagen por segundo, lo que permite analizar en detalle cada evento de radiación.

El dispositivo fue colocado en una ubicación intermedia del recinto, y durante el tiempo de adquisición, las imágenes captadas fueron analizadas mediante software específico capaz de distinguir entre distintos tipos de partículas, identificando en particular aquellas asociadas al radón por su forma de traza y energía característica.

Los resultados obtenidos fueron:

- Total de partículas alfa detectadas: 25
- Partículas alfa atribuibles al radón: 1

- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 4 %

La bajísima proporción de partículas asociadas al radón (solo un 4 %) indica que el gimnasio presenta muy bajos niveles de acumulación de este gas radiactivo. Este resultado es coherente con las condiciones del lugar: amplitud del espacio, mayor altura del techo y una ventilación frecuente, factores que facilitan la dilución del radón en el aire.

4.6 Determinación de partículas alfa Gimasio-ventilado

Se llevó a cabo una medición de partículas alfa en el gimnasio del instituto con ventilación activa, con el fin de observar el efecto de la ventilación sobre la presencia de radón en un espacio amplio y de uso frecuente. Para ello, se utilizó el detector MiniPIX, configurado para capturar una imagen por segundo, permitiendo un análisis detallado de los eventos de radiación individualizados.

El dispositivo fue situado en una posición intermedia y representativa del gimnasio. Las imágenes obtenidas fueron posteriormente analizadas mediante software especializado que permite identificar no solo la cantidad total de partículas alfa, sino también aquellas específicamente generadas por la desintegración del radón.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Total de partículas alfa detectadas: 16
- Partículas alfa atribuibles al radón: 0
- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 0 %

Este resultado demuestra que en el gimnasio, bajo condiciones de ventilación activa, no se detectó ninguna partícula alfa atribuible al radón, lo cual indica un ambiente prácticamente libre de este gas radiactivo. La ventilación constante, sumada a la gran superficie y volumen del recinto, favorece la dispersión del radón y evita su acumulación.

4.7 Determinación de partículas alfa en Aula tecno-Sinventilar

Se realizó una medición de partículas alfa en el aula de Tecnología, situada en un piso bajo del edificio y sin ventilación activa, con el objetivo de evaluar el impacto de la ubicación y la falta de renovación del aire en la acumulación de radón. Para ello se utilizó un detector MiniPIX, configurado para capturar una imagen por segundo, permitiendo el registro y análisis detallado de los eventos de radiación individual.

El dispositivo fue instalado en una posición representativa del aula, y las imágenes recogidas fueron analizadas mediante software especializado. Este permite clasificar las partículas alfa detectadas y distinguir aquellas que presentan las características propias de la desintegración del gas radón.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Total de partículas alfa detectadas: 104
- Partículas alfa atribuibles al radón: 15
- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 14,42 %

Este resultado revela una presencia significativa de radón en el aula, con un 14,42 % de las partículas alfa asociadas a su desintegración. Aunque no es el valor más alto entre los espacios evaluados, sí representa un riesgo potencial aumentado debido a dos factores combinados:

1. La ubicación subterránea o semisótano, donde el radón tiende a infiltrarse con mayor facilidad desde el suelo.
2. La falta de ventilación, que impide la dispersión natural del gas.

4.8 Determinación de partículas alfa en Aula tecno-Ventilada

Se llevó a cabo una medición de partículas alfa en el aula de Tecnología del instituto, esta vez en condiciones de ventilación activa, con el fin de comparar los efectos de la ventilación en un espacio ubicado en un piso bajo del edificio. Para la detección se utilizó nuevamente el sensor MiniPIX, configurado para registrar una imagen por segundo, permitiendo la detección individualizada de partículas.

El detector se colocó en una ubicación representativa del aula y, tras la adquisición de imágenes, estas fueron

analizadas con software especializado, capaz de distinguir entre partículas alfa genéricas y aquellas asociadas específicamente a la desintegración del radón.

Los resultados obtenidos fueron:

- Total de partículas alfa detectadas: 27
- Partículas alfa atribuibles al radón: 3
- Porcentaje de partículas de radón respecto al total alfa: 11,11 %

Aunque se trata de un valor inferior al registrado en la misma aula sin ventilación, la presencia de un 11,11 % de partículas alfa relacionadas con el radón muestra que, a pesar de ventilarse, el aula continúa siendo vulnerable a la acumulación de radón, probablemente por su ubicación en un piso bajo, donde el gas puede infiltrarse desde el subsuelo.

La comparación con la medición anterior pone de manifiesto que la ventilación ayuda a reducir la concentración de radón, pero no siempre elimina por completo su presencia, especialmente en espacios arquitectónicamente propensos a su acumulación.

Las concentraciones de radón deberían ser más altas en espacios cerrados y sin ventilación. Esto se debe a que el radón, un gas radiactivo de origen natural, tiende a acumularse en lugares cerrados con poca circulación de aire. Además, las partículas alfa son las que tienen una relación directa con el radón, ya que cuando este se desintegra, emite partículas alfa. En espacios sin ventilar se han registrado el doble de partículas alfa en varias pruebas. Sin embargo, en el gimnasio parece haber una cantidad muy similar de partículas, tanto ventilado como sin ventilar, debido a que es un espacio bastante amplio, la concentración de radón es muy baja y, además, el baño tiene algo de ventilación.

Por último, observamos que el aula de Tecnología es un lugar con una gran concentración de radón, ya que se encontraron más de 100 partículas alfa en una sola medición. Al estar cerca del suelo (que es de donde sale el radón), ser un espacio pequeño y no estar ventilado, es el sitio perfecto para que se acumulen altas concentraciones de este gas. Incluso estando ventilado, llegó a alcanzar, en cuanto a partículas alfa, niveles similares a los del laboratorio sin ventilación.

Agradecemos la realización de este proyecto a quienes nos lo han permitido: a la universidad que nos facilitó el uso del MiniPix, herramienta empleada para la medición del radón; a Raquel Vale Rodríguez, por permitir a los estudiantes desarrollar este proyecto y brindarnos su ayuda; y, por último, al equipo directivo por aprobar la realización del mismo.

Agradecimientos

Las concentraciones de radón deberían ser más altas en espacios cerrados y sin ventilación. Esto se debe a que el radón, un gas radiactivo de origen natural, tiende a acumularse en lugares cerrados con poca circulación de aire. Además, las partículas alfa son las que tienen una relación directa con el radón, ya que cuando este se desintegra, emite partículas alfa. En espacios sin ventilar se han registrado el doble de partículas alfa en varias pruebas. Sin embargo, en el gimnasio parece haber una cantidad muy similar de partículas, tanto ventilado como sin ventilar, debido a que es un espacio bastante amplio, la concentración de radón es muy baja y, además, el baño tiene algo de ventilación.

Por último, observamos que el aula de Tecnología es un lugar con una gran concentración de radón, ya que se encontraron más de 100 partículas alfa en una sola medición. Al estar cerca del suelo (que es de donde sale el radón), ser un espacio pequeño y no estar ventilado, es el sitio perfecto para que se acumulen altas concentraciones de este gas. Incluso estando ventilado, llegó a alcanzar, en cuanto a partículas alfa, niveles

similares a los del laboratorio sin ventilación.

Agradecemos la realización de este proyecto a quienes nos lo han permitido: a la universidad que nos facilitó el uso del MiniPix, herramienta empleada para la medición del radón; a Raquel Vale Rodríguez, por permitir a los estudiantes desarrollar este proyecto y brindarnos su ayuda; y, por último, al equipo directivo por aprobar la realización del mismo.

Fuentes

EspazoABALAR – Xunta de Galicia

IGFAE (Instituto Galego de Física de Altas Enerxías) – página de IGFAE

LabsManual PDF de MEDRA (IGFAE)

Informe anual IGFAE 2023 (versión en inglés)