

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1982

MONITOREO CONTINUO DE AEROSOLLES ALFA CON CABEZALES
REMOTOS DE MUESTREO

Roberto Rojkind (*), Rina Lombardi ('), Jorge Berlingeri(*)

(') Departamento Combustibles Nucleares - Proyecto Tecnología del Pu.

(*) INVAP S.E.

1. Resumen

Se describe el diseño y construcción de un equipo monitor de aerosoles alfa con cabezales remotos de muestreo para detección de Pu, bajo especificaciones de normas militares "standard" de compatibilidad electromagnética, de humedad y temperatura, y de vibración. Conforme a ellas se logra minimización de fallas, sensibilidad elevada y rechazo a la interferencia electromagnética por parte de la electrónica del cabezal, condiciones rigurosas de estanqueidad, economía de espacio y operatibilidad.

2. Generalidades

2.1 Función del equipo

El equipo monitor de aerosoles de plutonio en aire está destinado a la detección rápida y segura de dichos aerosoles dentro de las instalaciones de una planta nuclear y en los sistemas de ventilación de la misma, proveyendo un sistema integral de monitoreo y registro de contaminaciones atmosféricas en catorce puntos de control distribuidos sobre distancias de hasta cien metros del panel de control y comando. El equipo funciona en instalaciones con atmósfera ventilada y filtrada con filtros HEPA.

2.2 Descripción del problema

Desde el punto de vista de la protección radiológica del personal que trabaja en una instalación nuclear que opera con plutonio y desde la perspectiva del control del sistema de ventilación y filtrado de aire de la misma, es imprescindible contar con un sis

tema de monitoraje que provea a los siguientes aspectos del problema:

- medición continua de la actividad alfa en puntos predeterminados de la instalación, que sean representativos del aire respirado por los trabajadores en cajas de guantes y del estado de filtración del aire previo a su extracción hacia el exterior de la instalación.
- detección rápida y segura de una contaminación en los puntos de control y accionamiento de alarmas de seguridad.

En cualquier caso siempre se debe tener en cuenta el efecto de apantallamiento de la emisión de las partículas alfa de los productos de decaimiento de Radón, cuyos gases escapan de la corteza terrestre hacia la atmósfera y decaen para formar productos de desintegración. Estos últimos se fijan a núcleos sólidos de condensación de las partículas de polvo del medio ambiente.

La medición del espectro de emisión alfa de la actividad recolectada de papeles de filtro, es un método eficaz de discriminación entre el Plutonio y las hijas del Radón. Teniendo en cuenta que sobre un papel de filtro se fijan el Plutonio y las hijas del Radón, se produce una superposición de los picos de emisión alfa del Pu^{239} (5,15 Mev), Po^{218} (6,00 Mev) denominado $R_{\alpha A}$ y Po^{214} (7,69 Mev) denominado $R_{\alpha C'}$. Dicha superposición se debe a la degradación que sufren las partículas alfa al atravesar el espacio de aire que media entre el papel de filtro y el detector semiconductor utilizado para medirla.

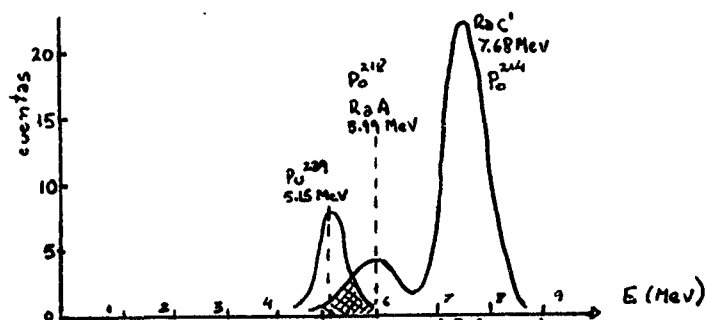
3. Funcionamiento del equipo

3.1 Principio de funcionamiento

Se toma un caudal de aire de muestreo de aproximadamente $6\text{m}^3/\text{hora}$ y se detecta la emisión alfa de la actividad depositada sobre un filtro de fibra de vidrio marca Whatman GF/A o similar. Como detector se utiliza un semiconductor de superficie de oro sobre silicio tipo n, y la separación entre filtro y detector es de menos 4 mm. Esta separación es la mínima necesaria para asegurar una correcta circulación de aire sin velocidades excesivas o turbulencias, y para evitar una excesiva degradación en energías del espectro de emisión alfa de la actividad recolectada. Es nece-

sario reducir al máximo esa degradación, a fin de facilitar la discriminación en energías entre el Pu^{239} y los emisores naturales Po^{218} y Po^{214} .

Los picos de emisión alfa no poseen una forma gaussiana sino que presentan un telón importante de menor energía que las esperadas:



Los detectores semiconductores utilizados poseen resoluciones del orden de los 50 Kev para partículas alfa de unos 5 Mev, suficiente para discriminar Pu^{239} de su más cercano emisor: Po^{218} a 850 Kev, aún teniendo en cuenta el telón de menores energías. El detector entrega pulsos de carga a un preamplificador de bajo ruido; el cual a través de una realimentación capacitiva sobre un amplificador operacional, entrega a su salida pulsos de altura directamente proporcional a las energías de las partículas alfa incidentes sobre el detector e independientes de las fluctuaciones de capacidad del mismo. Estos pulsos son amplificados, conformados para mejorar la relación señal-ruido, y luego discriminados en un monocanal de ventana ajustable. El nivel del discriminador superior (DS) del monocanal, se ajusta en algo más de 5m15 Mev, a fin de tomar la mayor estadística posible del pico de emisión del Pu^{239} , rechazando al mismo tiempo la mayor parte posible del telón de bajas energías del Po^{218} y Po^{214} . El nivel discriminador inferior (DI) se ubica en los 2,5 Mev, a fin de rechazar la posible contribución del ruido electrónico de bajas energías. Los pulsos aceptados provenientes del monocanal cargan un integrador de elevada constante de tiempo, el cual entrega una tensión de continua de salida directamente proporcional a la frecuencia media de incidencia de partículas alfa sobre el detector. Dicha tensión se registra y compara continuamente con una referencia indicativa de un nivel de seguridad fijado por el usuario del equipo, superado el cual se acciona un sistema de alarmas.

3.2 Sensibilidad

Al recolectar aerosoles conteniento productos de decaimiento del Radón, la actividad acumulada sobre el filtro crece hasta un nivel de equilibrio en el que las velocidades de deposición de nuevos aerosoles y de decaimiento alfa son iguales. Parte del espectro de emisión alfa de esta actividad natural de equilibrio cae dentro del rango de aceptación del monocal de discriminación; y debe sumarse continuamente a la contribución de la actividad del Pu^{239} . Es esa contribución del fondo alfa natural presente en los papeles de filtro, la que define la sensibilidad del equipo de monitoraje de aerosoles de plutonio en aire.

Trabajando con un caudal de recolección de $6\text{ m}^3/\text{hora}$, con filtros de 100% de eficiencia para recolección de aerosoles de 1 o menos de diámetro y con detectores de barrera de superficie de 20% de eficiencia de detección de partículas alfa, el equipo provee una salida de $8,8 \times 10^{-2}$ pulsos por segundo (pps) al cabo de una hora de muestreo de aire, conteniendo una concentración de $2 \times 10^{-12} \text{ Ci/cm}^3$ de Pu^{239} .

Comparativamente, una vez alcanzado el nivel de actividad natural de equilibrio en unos treinta minutos, en una instalación nuclear con sistemas de ventilación por aire, filtrados con filtros HEPA, el equipo mide los siguientes contajes típicos: - en la zona de trabajo con plutonio 0,3 a 0,7 pps; - corriente abajo de los filtros de extracción del sistema de ventilación $1,4 \times 10^{-2}$ pps. Por lo tanto el equipo es capaz de detectar la presencia de una concentración de $2 \times 10^{-12} \text{ Ci/cm}^3$ en el aire de los sistemas de ventilación corriente abajo de los filtros de extracción, en unos 10 minutos, lo cual se manifiesta como un apartamiento del 100% por sobre el contaje típico de fondo, debido a los emisores naturales. Dentro de las áreas de trabajo con plutonio el nivel de actividad natural es fluctuante, debido a la continua generación de aerosoles; allí el equipo es capaz de detectar en aproximadamente 4 a 8 horas una concentración en aire de $2 \times 10^{-12} \text{ Ci/cm}^3$ de Pu^{239} soluble, lo que equivale al límite operativo derivado ocupacional para Pu^{239} soluble.

Concentraciones crecientes de plutonio provocan respuestas tanto más rápidas, cuanto más rápidamente crezca la actividad recolectada en los filtros de equipo. El equipo posee cuatro rangos de lectura de 10^{-1} , 10^0 , 10^1 , y 10^2 pps, lo que permite medir sobre

los papeles de filtros una actividad acumulada de 14 pCi, 140 pCi, 1,4 nCi y 14,0 nCi respectivamente.

3.3 Sistemas de alarmas por alto nivel

El equipo posee catorce cabezales de muestreo de aire cada uno con sus correspondientes rangos de integración. Cada rango de integración de cada cabezal posee un ajuste del nivel de comparación para el disparo de una alarma de alto nivel cuando la lectura del cabezal supera dicho nivel fijado. Esta señal de alto nivel acciona indicadores visuales y sonoros sobre el panel frontal de comando del equipo de monitoraje, para el uso del personal en operaciones con caja de guantes acciona un panel indicador de alarmas para ser instalado dentro de la zona de trabajo y finalmente provee una señal de alto nivel para el sistema de lógica de alarmas descrito a continuación. Alarmas de accionamiento diferido: ocho de los catorce cabezales de muestreo conforman un sistema la lógica de uno cualquiera de ocho posibles (uno de ocho). Una señal de alto nivel proveniente de cualquiera de los referidos ocho cabezales dispara un retardo electrónico de hasta 30 minutos a partir de los cuales provee una señal de alarma general de seguridad para uso del puesto de mando de toda la instalación nuclear. Los seis restantes cabezales conforman dos lógicas independientes reforzadas, de dos cualesquiera por lo menos de tres posibles (dos de tres). Por lo menos dos señales de alto nivel de las tres posibles de este sistema disparan un retardo de hasta 30 minutos, a partir de los cuales se provee otra señal de alarma general de seguridad correspondiente a estas lógicas. En forma paralela al disparo de los antedichos retardos electrónicos, se dispara un retardo de reserva con un intervalo de tiempo mayor que el de todos los antedichos. Esto provee un sistema de seguridad frente a fallas en el retardo o temporizado de las alarmas generales de seguridad por alto nivel. Todo lo dicho provee un cabal conocimiento del estado de las alarmas de alto nivel tanto desde el panel frontal de comando, como desde el interior de la zona de trabajo, así como desde el puesto de mando de la instalación.

De esta manera las lógicas dos de tres proveen un sistema de seguridad en uso corriente por su elevada confiabilidad, si los tres cabezales funcionan en igualdad de condiciones y en la misma ubicación del conducto de ventilación bajo control. Los retardos electrónicos descartan las posibles causas de alarmas de alto nivel, cuyas duraciones resulten menores que el intervalo de tiempo elegido para el retardo.

4. Descripción electrónica y mecánica del equipo

4.1 Presentación del Conjunto

El equipo está compuesto de un chasis NIM (Nuclear Instrument Modules) que contiene siete módulos NIM tamaño simple de control central de cabezales, un módulo NIM tamaño doble de generación de pulsos de calibración, un módulo NIM tamaño doble de lógicas de alarmas y un módulo NIM tamaño simple de propósitos generales. Este módulo contiene una plaqueta de comunicación tipo serie para la transferencia de información hacia un minicomputador destinado a la generación de archivos históricos. Sobre el panel posterior del chasis NIM se encuentran varios conectores con destino al registro de niveles de actividad leídos, al accionamiento de alarmas diversas, alimentación de baterías y al interconexión con catorce cabezales de muestreo de aire. El equipo se alimenta de una batería de elementos alcalinos de NiCd, cargada permanentemente a flote; ello asegura una autonomía de 24 horas de funcionamiento de un equipo completo en caso de corte del suministro de alimentación de 220 Volt al cargador de baterías. La alimentación de baterías se distribuye a los diversos módulos y a los cabezales, efectuándose allí la regulación a la tensión de trabajo requerida. El equipo cumple especificaciones estrictas de compatibilidad electromagnética, vibración y temperatura; no debe instalarse en ambientes agresivos por presencia de ácidos.

4.2 Cabezales de muestreo de aire

Los catorce cabezales de muestreo de aire se conectan al chasis NIM. El control de cada cabezal se realiza desde el panel frontal del correspondiente módulo de control central del cabezal. Los cabezales N° 1 al N°8 inclusive conforman la lógica uno de ocho.

Los cabezales N°9, 11 y 13 y los N°10, 12 y 14 conforman en ese orden las dos lógicas independientes, dos de tres A y dos de tres B.

Distribuidos de esa manera, la salida de servicio de un módulo de control central de cabezales correspondiente a una de estas dos lógicas, no afecta el funcionamiento de las mismas.

4.3 Mecánica del cabezal

El cabezal se presenta como un cilindro metá-

lico de aluminio. Las aberturas de admisión de aire se encuentran en uno de sus extremos, en el extremo opuesto se halla el conector de interconexión eléctrica y la boquilla para el sistema de succión de aire. En su parte central se encuentra una abertura para la introducción del portafiltros. Posee además un sistema de soporte y fijación y para el caso de instalación en circuitos cerrados de circulación de aire, el cabezal posee una brida con cierre hermético sobre el extremo de admisión de aire.

El diseño del cabezal tiene las siguientes características:

- fácil acceso a las piezas mecánicas para su inspección o reemplazo.
- mínimo tamaño y peso, elevada rigidez mecánica y fácil montaje en una caja de guantes.
- mínimo de movimiento para el cambio rutinario de papeles de filtro y elevada confiabilidad del cierre hermético del mismo.
- gran sección eficaz de las aberturas de admisión de aire y circulación de aire directa sin codos o estrangulamientos.
- adecuado espesor y diseño del blindaje, así como del interconexiónado y filtraje de la alimentación a fin de cumplimentar la norma MIL-STD-461/2 de compatibilidad electromagnética. Contactos de oro sobre el detector semiconductor.
- rápido acceso a la electrónica del cabezal, mantenimiento de cada plaqueta impresora, sin desconectar el resto, y reemplazo rápido y seguro del detector semiconductor.

4.4 Electrónica del cabezal

El cabezal contiene cuatro plaquetas de circuito impreso:

Preamplificador: Es un amplificador de tensión de muy alta ganancia al lazo abierto, lo cual, agregado a la alta impedancia de entrada, hace que la carga que atraviesa la zona de vaciamiento del detector y que está generada por la radiación proveniente del papel de filtro frente al detector, pase totalmente al capacitor de realimentación y se genera a la salida del amplificador, pulsos cuya frecuencia de repetición corresponde a la intensidad de irradiación emitida.

Amplificador conformador: Consiste en un diferenciador-integrador con el objeto de mejorar la relación señal-ruido.

Monocanal de ventana ajustable: Consiste en dos circuitos integrados y componentes asociados que conforman un discriminador de altura de pulsos de entrada. Ambos integrados están realimentados a través de una constante RC que hace que los mismos actúen como monoestables ante una señal a la entrada, dando cada uno un pulso de duración constante. En cada uno de ellos un potenciómetro fija el nivel de comparación, correspondiendo un integrado al nivel superior de ventana y el otro al nivel inferior.

Integrador de pulsos: Consiste esencialmente de un circuito bomba y un integrador. El capacitor del integrador llega a una carga de equilibrio proporcional a la corriente entregada por el circuito bomba y a la frecuencia de pulsos del amplificador.

5. Especificaciones sobre compatibilidad electromagnética y temperatura.

Este equipo cumple las especificaciones abajo listadas, sin sufrir degradación o mal funcionamiento que afecten la seguridad de la operación de la instalación nuclear en que esté instalado.

5.1 Compatibilidad electromagnética

Las especificaciones que cumple el equipo se rigen por la norma MIL-STD-461 A y sus revisiones hasta la fecha del 6 de marzo de 1973 inclusive. Está clasificado como equipo Clase ID: equipos eléctricos o electrónicos cuya degradación por interferencia internamente generada o por susceptibilidad a campos externos, puede poner en peligro la seguridad o el buen éxito de la operación de una instalación nuclear. Por lo tanto le son aplicables las exigencias determinadas por los métodos de susceptibilidad conducida CS01, CS02 y CS06 de la antedicha norma; así como las exigencias de susceptibilidad eadiada de los métodos RS01, RS02 y RS03.

Los ensayos de compatibilidad electromagnética fueron realizados sobre un original de este equipo en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

5.2 Temperatura

Se cumplen las especificaciones de la norma MIL-STD-810C y sus versiones hasta el 10 de marzo de 1975 inclusive. Las especificaciones de bajas tempe-

raturas fijadas fueron de -20°C de límite inferior para almacenamiento del equipo y de 0°C como mínimo para operación normal del mismo. Se aplicaron las exigencias determinadas por el método de ensayo 502.1 Procedimiento I de la norma MIL-STD-810C.

En altas temperaturas se fijó un límite superior de $+70^{\circ}\text{C}$ para almacenamiento y de $+50^{\circ}\text{C}$ para operación normal del equipo, y resultaron de aplicabilidad las exigencias del método 501.1 Procedimiento I y II de la misma norma.