

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

AUTOMATIZACIÓN DE DOSIMETRÍA INTERNA DE ÁREA MEDIANTE LA GEOLOCALIZACIÓN

DANIEL GARCÍA GARCÍA

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS S.A., S.M.E.

JOSE ALBERTO GONZÁLEZ MARTÍNEZ

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS S.A., S.M.E.

AGUSTÍN PÉREZ FONSECA

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS S.A., S.M.E.

El objetivo que persigue este proyecto es la implantación de un sistema para la automatización de los datos de permanencia de los trabajadores en las proximidades de los puntos de muestreo (Static Air Samplers, SAS) en las Zonas con riesgo de contaminación de la Fábrica de Combustibles situado en Juzbado, que, junto con los datos de concentración de actividad radiológica en áreas, permita estimar la dosis interna operacional. En la actualidad esos datos de permanencia los introduce cada trabajador de manera manual a través de una aplicación informática.

INTRODUCCIÓN

En la Fábrica que ENUSA tiene en Juzbado se fabrican los elementos combustibles para las centrales nucleares, la fabricación se divide en dos procesos:

- Proceso cerámico: en el que partiendo de polvo de óxido de uranio se fabrican pastillas y dichas pastillas se introducen en tubos de aleaciones de circonio que una vez cargados, presurizados y sellados reciben el nombre de barras combustible. En esta parte del proceso se manipula el material nuclear en forma dispersable hasta su encapsulamiento en las barras combustible existiendo el riesgo radiológico de contaminación externa e interna y de irradiación.
- Proceso mecánico en el que las barras combustibles son ensambladas formando los elementos combustibles que se envían a las centrales. En esta parte del proceso se manipula el material nuclear encapsulado en las barras combustible existiendo el riesgo radiológico de irradiación externa.

En las áreas donde existe riesgo radiológico de contaminación, existe una red formada por 160 (+19) tomamuestras fijos que permiten muestrear el aire en un puesto de trabajo o área de proceso.

Estos tomamuestras están formados por caudalímetros-portafiltros conectados a un sistema de aspiración con

un caudal de aspiración constante y situados a una altura tal que simulan las condiciones de respiración del trabajador (Figura 1). Estos filtros son recogidos en cada turno de 8h (mañana de 06:00 a 14:00, tarde de 14:00 a 22:00 y noche de 22:00 a 06:00) o cada 24 h y su actividad acumulada medida en el Laboratorio de Protección Radiológica.



Figura 1. Tomamuestras formado por caudalímetros-portafiltros conectados a un sistema de aspiración.

La fórmula aplicada para la estimación de la dosis interna operacional es la siguiente:

$$DI_{\text{operacional}} (\text{mSv}) = \text{Concentración} (\text{Bq/m}^3) \times 1.2 (\text{m}^3/\text{h}) \times T_p (\text{h}) \times (20 \text{ mSv}/2900 \text{ Bq}) \times 10$$

Donde:

- Concentración (Bq/m³): medida de la actividad acumulada en los filtros en el volumen de aire muestreado para el tiempo de muestreo (8 h o 24 h).
- 1,2 m³/h: Tasa de respiración del hombre standard (párrafo 73 de la ICRP 78).
- T_p: tiempo de permanencia del trabajador en el tomamuestras.
- 2900 Bq: LIA de la Instalación (para 20 mSv, según el párrafos 164 de la ICRP 60, 111 de la ICRP 78, 41 de la ICRP 68).
- 20 mSv: límite de dosis para trabajadores expuestos (aplicado para el cálculo del LIA).
- 10: Factor de corrección del aire muestreado respecto al aire respirado por el trabajador (párrafo 76, de la ICRP 78).

En el caso de uso de máscara de protección respiratoria se tendrá en cuenta un factor de protección de 50, que corresponde con el factor de protección para máscaras buconasales (apéndice A de 10 CFR Part 20).

Hasta ahora los datos de tiempos de permanencia en cada tomamuestras (T_p) los introduce cada trabajador de manera manual en una aplicación. El objetivo que persigue este proyecto es la implantación de un sistema basado en la geolocalización para la automatización de los datos de permanencia de los trabajadores en zonas con riesgo de contaminación de la Fábrica de Combustibles que, junto con los datos de concentración de actividad radiológica en áreas, permita estimar la dosis interna operacional.

AUTOMATIZACIÓN DE TIEMPOS DE PERMANENCIA DE LOS TRABAJADORES EN LOS TOMAMUESTRAS

Requisitos del sistema

El sistema debe soportar un número estimado de trabajadores (plantilla y externos) de 300.

El sistema debe ser preciso para:

- cubrir salas con un alto número de tomamuestras distinguiendo permanencias de tomamuestras que en algunos

casos están separados únicamente 1 metro (26 tomamuestras para la sala denominada “rectificado y carga de barras PWR)

- cubrir salas con un número bajo de tomamuestras (1 tomamuestras para la sala denominada como “cuarto de apertura”).
- saber en qué sala se encuentra cada trabajador y así asignarles únicamente permanencias de tomamuestras ubicados en esa sala y no en otra colindante.

El sistema debe estar diseñado para ampliar la red de tomamuestras y/o trabajadores.

El sistema debe ser capaz de distinguir permanencias en operaciones con uso de máscara para que pueda ser aplicado el factor de protección de 50.

El sistema debe ser poco intrusivo con la estructura actual:

- no debe interferir en las operaciones de los trabajadores.
- debe tener en cuenta Zonas ATEX
- no debe interferir con otros sistemas de medida o instrumentación existente en las salas.

El sistema debe integrarse con el sistema informático de fábrica.

Los datos de permanencias generados deben quedar en una base de datos consultable y se integrarán con la base de datos existente (METYDOS) para la estimación de la dosis interna operacional. Previo a la integración con METYDOS el sistema debe ser capaz de agrupar tiempos de permanencia de un trabajador en un tomamuestras por turno de trabajo (mañana de 06:00 a 14:00, tarde de 14:00 a 22:00 y noche de 22:00 a 06:00).

Sistema implantado

Se ha instalado un Sistema de localización de interiores (RTLS) que de manera automática y muy precisa asigne los tiempos de permanencia de los trabajadores en las inmediaciones de los tomamuestras consistente en (Figura 2):

- Instalación de una antena, “Gateways Detector”, junto a cada tomamuestras.
- Asignación a cada trabajador de un discreto dispositivo de geolocalización, “Etiqueta/Baliza” Tag BLE (*Bluetooth Low Energy*) de dimensiones reducidas similares a las de un dosímetro TLD.
- WIFI para que el sistema reporte de manera automática e inalámbrica datos a la red de informática.
- Plataforma web KYROS INDOOR diseñada por ELECNOR



Figura 2.

DEIMOS para cubrir nuestras necesidades que recoge los datos de permanencia y los integre con las bases de datos ya existentes de dosimetría (METYDOS).

El sistema funciona de la siguiente manera, cada trabajador que acceda a salas con riesgo de contaminación portará

una baliza Tag BLE que emite una señal continua de radio. Dicha señal es recogida por los Gateways desplegados junto a cada puesto de tomamuestras de las diferentes salas. Estas señales son decodificadas y transmitidas vía WiFi a la red informática, a través de la cual llegan a la Plataforma de Gestión "Kyros Indoor" desarrollado por la empresa ELEC-NOR DEIMOS (Figura 3).

La Plataforma de Gestión "Kyros Indoor" permite gestionar altas, bajas y edición de los Gateway/Tomamuestras y trabajadores. A la hora de dar de alta un Gateway este va a venir caracterizado por su ubicación en el plano, el área en el que se sitúa y dos umbrales parametrizables, umbral de puesto y umbral de sala, el primero de ellos nos permite definir hasta que valor de señal recibida por el Gateway se considera que Tag BLE podría estar dentro del tomamuestras y el umbral de sala nos permite definir hasta que valor de señal recibida por el Gateway/Tomamuestras se considera que el Tag BLE podría estar fuera del tomamuestras pero dentro de la sala. Estos dos umbrales se parametrizan para cada Gateway de manera que nos aseguramos que cada Tag BLE siempre reporte permanencias a un Gateway/tomamuestras y siempre se asignen permanencias en la sala donde se encuentre el trabajador.

El software que gestiona las permanencias tiene implementado un algoritmo desarrollado específicamente para este

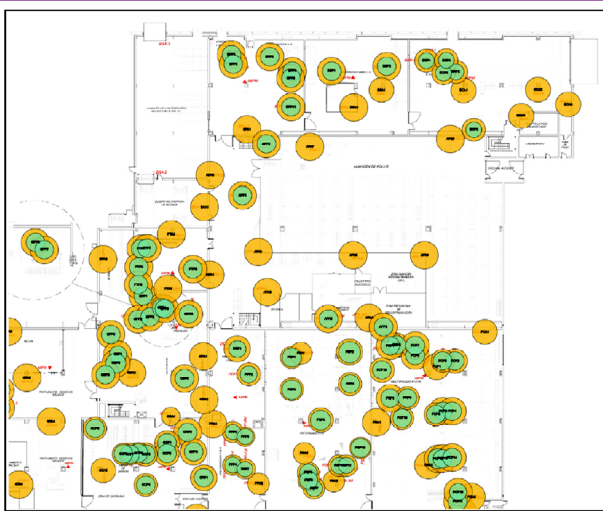


Figura 3. Distribución de Tomamuestras en cota 0.00.

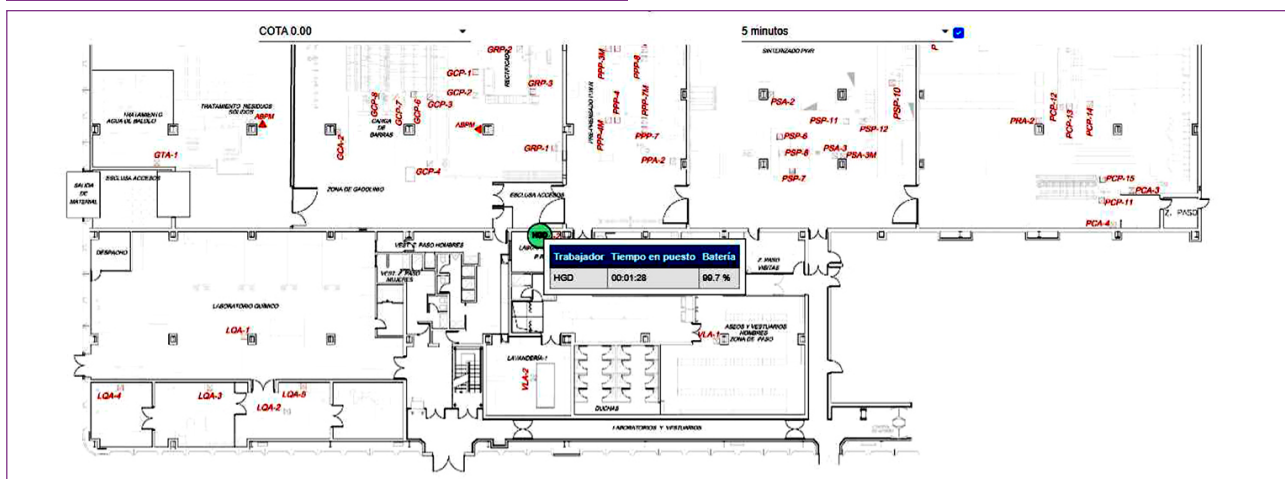


Figura 4. Datos en tiempo real.

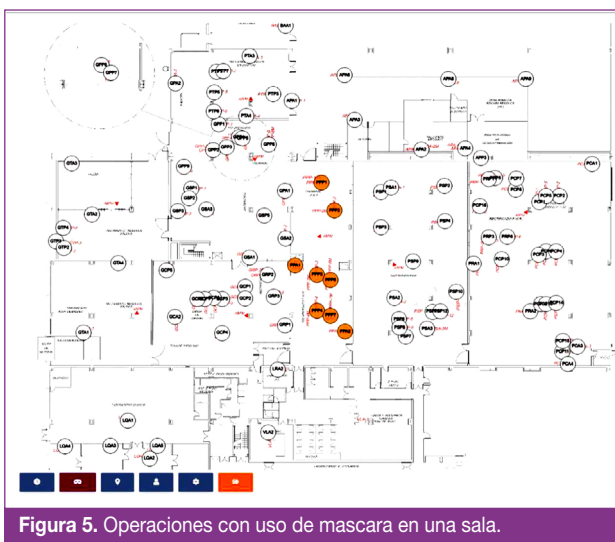


Figura 5. Operaciones con uso de mascarilla en una sala.

proyecto que asegura que se asignan tiempos de permanencia siempre al Gateway/Tomamuestras más cercano para poder discriminar entre Tomamuestras muy próximos entre sí, para ello se mide durante periodos de tiempo cortos, la señal que genera el Tag BLE en cada Gateway/Tomamuestras (en el sentido de aporte de potencia cuando está dentro). Se establece un mapa de calor para cada Tag BLE sobre el punto en el que transmite durante ese breve periodo y asigna el tiempo al Gateway/Tomamuestras que más señal (más próximo) recibe durante ese intervalo.

A la hora de integrar los datos de permanencias con las bases de datos ya existentes de dosimetría (METYDOS) el algoritmo chequea la hora de inicio de una permanencia para asignarla al turno correspondiente (mañana de 06:00 a 14:00, tarde de 14:00 a 22:00 y noche de 22:00 a 06:00). En el caso de permanencias que solapen dos turnos el algoritmo asigna a cada turno el tiempo de permanencia correspondiente.

Además, la plataforma de Gestión “Kyros Indoor” permite ver en tiempo real la posición de los trabajadores con respecto a los Gateway/Tomamuestras (Figura 4).

Para distinguir permanencias en operaciones con uso de máscara, la Plataforma de Gestión “Kyros Indoor” incorpora la opción de indicar tomamuestras de manera individual o sala como conjunto de tomamuestras afectados por el uso de máscara, al seleccionar dichos tomamuestras con uso de máscara, en la parte visual del software vendrán diferenciados del resto por el color en el mapa (Figura 5).

Se ha comprobado que el sistema no interfiere con otros sistemas de medida o instrumentación existente en la salas.

VENTAJAS DEL SISTEMA

Mejora notablemente la exactitud de estos tiempos de permanencia de los trabajadores en los tomamuestras y, por tanto, la dosis interna operacional.

Se elimina el tiempo que dedica cada trabajador en cada turno a introducir los datos manualmente en la aplicación informática.

La Plataforma de Gestión “Kyros Indoor”, además de asignar los tiempos de permanencia, tiene muchas más funcionalidades como por ejemplo visión en tiempo real de los datos del sistema a través de planos, generación de informes y control de uso de máscara de protección respiratoria en operaciones planificadas.

CONCLUSIONES

La implementación de este sistema supondrá que los datos de permanencia de los trabajadores estarán más ajustados a la realidad lo que permitirá una mejora en el análisis de los puestos de trabajo, en el análisis de las posibles incidencias y en la estimación de la dosis interna operacional.

AGRADECIMIENTOS

A ELECENOR DEIMOS por el esfuerzo realizado para adecuar la Plataforma de Gestión “Kyros Indoor” a nuestras necesidades y a nuestros compañeros Antonio Félix Sánchez-Oro, Carlos J. Rollán y Diego A. Hernández por su ayuda en la puesta en operación del sistema.

REFERENCIAS

- ICRP 60. 1990 “Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”
- ICRP 68 “Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers”
- ICRP 78. “Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (preface and glossary missing)”
- Apéndice A de 10 CFR Part 20 “Protection Factors for Respirators” ■