Protección Radiológica Ocupacional (GSG-7)

8. Evaluación de la exposición ocupacional

GSG-7, Sección 7 y Apéndice 1

IAEA
International Atomic Energy Agency

Introducción

- Evaluación de la exposición externa
- Evaluación de la exposición interna
- Evaluación de exposición en emergencias
- Contaminación de la piel
- Registros de exposición ocupacional
- Evaluación de la exposición de NORM

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EXTERNA

IAEA

Programa de monitorización

Las dosis recibidas por los trabajadores de la exposición externa se pueden evaluar mediante:

- Programa de monitorización individual
- Suministro de dosímetros personales usados en el trabajador (preferido)
- Los dosímetros pueden ser "activos" o "pasivos"
- Monitoreo del lugar de trabajo y ocupación

Monitorización individual

Por qué se requiere monitorización individual?

- Requisitos reglamentarios
- Demuestra ALARA
- Evaluación y planificación de riesgos
- Datos para investigaciones
- Reaseguro del empleado
- Epidemiología

IAEA

Monitorización individual

- Cuando se realiza una monitorización individual, se debe emitir a cada trabajador un dosímetro personal integrador
  - Trabajadores de categoría A
  - Otros empleados donde las dosis deben mantenerse en revisión (trabajadores de la Categoría B)
  - Empleados involucrados en nuevas tareas
  - Emitido por un servicio de dosimetría aprobado por el organismo regulador
- En muchos casos, un solo dosímetro usado en el tronco es adecuado
  - Campo de radiación no homogéneo?
  - Dosis en las extremidades, la piel o el cristalino del ojo?
- Periodo de uso adecuado

Monitorización del lugar de trabajo

- Los sitios seleccionados para la monitorización del lugar de trabajo deben ser representativos de la ocupación de los trabajadores
- El número de instrumentos de monitorización necesarios depende de la variación de la tasa de dosis con el tiempo y /o el espacio
- La frecuencia del control rutinario del lugar de trabajo depende del factor de ocupación y de los cambios previstos en el entorno de radiación
  - nivel de riesgo, incluido el riesgo de falla de los sistemas de protección o seguridad
  - variabilidad de las tasas de dosis y factores relacionados
  - donde las dosis individuales se evalúan en función de los resultados, la monitorización debe ser continua (monitores instalados)

Selección del sistema de monitoreo

- Selección de dosímetro personal según las condiciones del lugar de trabajo
  - tipo de radiación, energía y distribución direccional
  - rango de dosis esperadas y tasas de dosis
  - condiciones ambientales

Dosímetros personales: activo y pasivo

Activo: dosímetros electrónicos, con visualización / alarma / capacidades en tiempo real

Pasivo: requiere procesamiento para proporcionar cualquier información

IAEA

Dosímetros pasivos

- Dosímetros termoluminiscentes (TLD)
- Luminiscencia ópticamente estimulada (OSL)
- Dosímetros de vidrio fotoluminiscente
- Fílmica

Para neutrones

- Trazos
- Dosímetros Albedo
- Detector de burbujas

IAEA

Dosímetros termoluminiscentes (TLD)

- Gamma, X and beta radiación
- Muchos tipos diferentes de TLD – diferentes fósforos, filtros, cantidad de elementos



IAEA

Dosímetros de extremidad

- La mayoría de los dosímetros están diseñados para evaluar la dosis en todo el cuerpo
- Los dosímetros de extremidad evalúan las dosis a la piel, manos / antebrazos, pies / tobillos o lentes del ojo
- La selección y el uso de dosímetros de extremidades deben optimizarse teniendo en cuenta consideraciones prácticas
  - Posición de uso
  - Requisitos de esterilización?

IAEA

Dosímetros de extremidad





Dosímetros oculares

- Monitoreo de la lente del ojo particularmente relevante para los trabajadores en el sector médico y en las instalaciones nucleares, por ejemplo, radiólogos intervencionistas y desmantelamiento
- Necesidad de evaluar la dosis personal equivalente Hp (3)
- Los dosímetros diseñados específicamente para Hp (3) aún no están ampliamente disponibles
  - La medición de Hp (0.07) o algunas veces Hp (10) puede proporcionar una estimación
- Dónde llevarlo?
- Gafas de protección o lentes pueden reducir la dosis de manera eficiente

OSL / RPL

Luminiscencia ópticamente estimulada, OSL

Radio-fotoluminiscencia, RPL

- Esencialmente lo mismo: utiliza la luz visible como estimulante, en lugar de calorthe same: use visible light as stimulant, instead of heat
- El término "RPL" tiende a reservarse para los métodos que usan vidrio de fosfato

IAEA

Dosímetro Fílmico

- Gamma, X and beta radiación

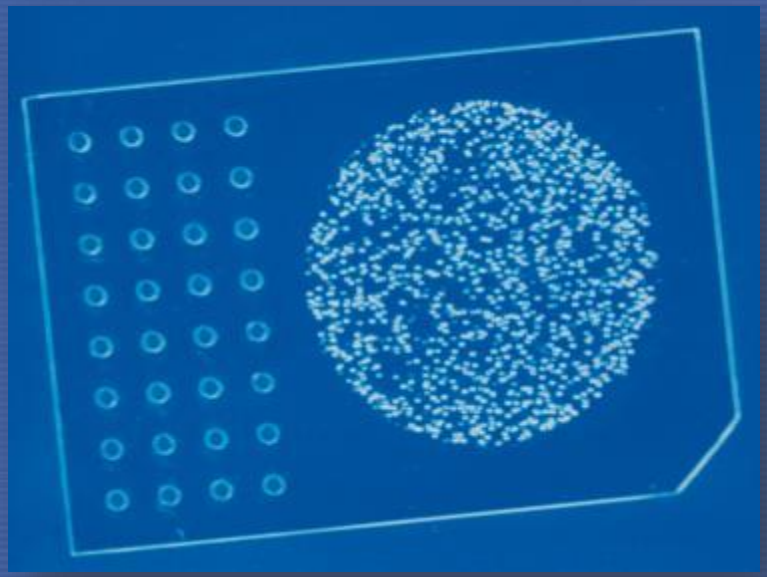




IAEA

Dosímetro para Neutrones (PADC)





IAEA

Dosímetro activo



- Se puede usar para el control diario y el control de la dosis
- La función de alarma puede ser muy útil
- Bajo rendimiento en campos de radiación pulsada



IAEA

Uso de dosímetros

Algunas suposiciones

- Suponer que todo el cuerpo está uniformemente expuesto
- Supongamos que el dosímetro muestra correctamente el campo experimentado por el usuario
- La relación entre las cantidades medibles (por ejemplo, Ka, Φ) y E o HT depende de los modelos

Posición de uso

- En el tronco
- El mejor muestreo para los órganos radiosensibles
- En el pecho (pulmón) o cinturón (gónadas)
- Mano
- Frente?

IAEA

Uso de dosímetros

Medicina Intervencionista: sobre o debajo delantal?

- Usar sobre delantal puede llevar a una sobreestimación excesiva
- Use un dosímetro debajo del delantal (puede hacer una prueba piloto usando uno encima y otro debajo)
- Si hay áreas desprotegidas, p. Ej. Tiroides, use otra

Períodos de uso

- Establecido por la gerencia en consulta con EC o OPR y proveedor de servicios de dosimetría
- Dosis rutinarias: variables o predecibles
- Probabilidad y escala de dosis accidentales
- 2 - 13 semanas (generalmente 1 o 3 meses)

IAEA

Sistemas / instrumentos de monitorización del lugar de trabajo

- Selección del equipo de monitorización debe hacerse en consulta con el OPR y / o los EC adecuados.
- El equipo de monitorización debe ser adecuado para la tarea
- Todos los monitores tienen una respuesta de energía de radiación mínima (en keV). Esto está determinado por el tipo de detector, la carcasa del monitor y otros factores. Un problema particular cuando se monitorean rayos X de baja energía.
- Solo ciertos tipos de monitores pueden detectar radiación beta
- El requisito principal es la monitorización de la tasa de dosis (monitores a escala para microsieverts o mSv por hora, etc.)
- Los dosímetros personales generalmente no son adecuados para el monitoreo en el lugar de trabajo (cantidades de medición diferentes)

IAEA

Problemas prácticos de monitorización

- Campos de radiación mixtos
- Campos de radiación pulsada
- Radiación adventicia
- Rayos de radiación estrechos
- Respuesta direccional (polar)
- Tiempo de respuesta
- Área grande a ser monitoreada
  - concentración

IAEA

Prueba de sistemas de dosimetría personal

Prueba de tipo

- Establecer propiedades genéricas del dosímetro: dependencia de energía y ángulo de respuesta, respuesta a otras radiaciones, etc.
- Prueba completa de tipo antes del primer uso; luego confirme varios aspectos a intervalos, o si el sistema cambia
- Responde la pregunta, ¿cómo se comportará este tipo de dosímetro en cualquier situación particular??

Pruebas de rendimiento

- Vinculación de la calibración de rutina a los estándares nacionales
- Garantiza la comparabilidad entre laboratorios
- Tres tipos de prueba de rendimiento:
  - Prueba ciega, prueba sorpresa, prueba anunciada

Prueba de sistemas de dosimetría personal

Pruebas de rutina

- Prueba precisión y exactitud del sistema de dosimetría; llevado a cabo por servicio de dosimetría
- Se verifican la sensibilidad, la precisión y exactitud de la derivación, generalmente para un solo tipo de radiación y fuente
- Resultados seguidos de cerca

IAEA

Summary

7.93. A summary of the recommended testing programmes for personal dosimetry systems is given in Table 4.

TABLE 4. SUMMARY OF TESTING FOR PERSONAL DOSIMETRY SYSTEMS

	Test performed by	Frequency of testing
Type testing	Manufacturer or authorized type testing organization	Once, typically prior to marketing to end users
Performance testing	Authorized testing organization	Annually
Routine testing	Dosimetry service provider	Monthly
Routine testing (QA tests)	End user or dosimetry service provider	Daily/ every readout day, prior to startup of dosimeter processing

DRAFT

Prueba de instrumentos de monitorización del lugar de trabajo

Prueba de tipo

- El mismo enfoque general que para los sistemas de dosimetría personal
- El IEC ha publicado estándares para la mayoría de los tipos de equipos de monitorización del lugar de trabajo
- Determina el rendimiento radiológico: linealidad, dependencia energética, respuesta angular

Probado antes del primer uso (prueba de pre-uso)

Prueba periódica

- El equipo de monitoreo debe estar sujeto a pruebas periódicas (al menos anuales) y calibración por parte de un proveedor de servicios calificado.
- Controles de fuente más frecuentes, según sea necesario
- llevado a cabo por el usuario final

TABLE 6. SUMMARY OF TESTING FOR WORKPLACE MONITORING INSTRUMENTS

	Test performed by	Frequency of testing
Type testing	Manufacturer or authorized type testing organization	Once, typically prior to marketing to end users
Pre-use testing	Manufacturer, end user or authorized testing organization	Once, prior to placing instrument into service
Periodic testing	End user or authorized testing/ calibration organization	Annually or more frequently, depending on the stability of the instrument and its intended use

Calibration of instruments

IAEA

Calibración

- 7.102. Calibración es la operación que establece una relación entre los valores de cantidad (con incertidumbres de medición) proporcionados por los estándares de medición y las indicaciones correspondientes (con incertidumbres de medición asociadas) y, en un segundo paso, utiliza esta información para establecer una relación para obtener un resultado de medición una indicación.

- 7.103. La calibración no debe confundirse con el ajuste de un sistema de medición, con 'autocalibración' o con verificación.

- 7.104. Para todos los métodos de medición, los instrumentos deben ser calibrados regularmente y esta calibración debe ser trazable a los estándares nacionales reconocidos.

IAEA

Aprobación de servicios de dosimetría

- El organismo regulador es responsable de la autorización o aprobación de los proveedores de servicios para el monitoreo individual y para los servicios de calibración
- Reevaluado después de cualquier cambio significativo
- ASD (evaluación) y ASD (registros)
- Aprobaciones para dosimetría externa e interna
- El propósito de la aprobación es reconocer y verificar que un proveedor de servicios de dosimetría es técnicamente competente, capaz de generar resultados técnicamente válidos y cuenta con sistemas administrativos, técnicos y de gestión adecuados..

IAEA

Interpretación de medidas

Dosimetría personal

- Tiene como objetivo evaluar la dosis efectiva E y la dosis equivalente a los tejidos, HT
- Cantidad de ICRU HP (d) tomada como estimador (d = 10 mm para estimar E, 3 mm para HT para lente de ojo y 0.07 mm para HT para piel / extremidades
- Necesita coeficientes calculados para convertir a partir de cantidades medidas, por ejemplo, Ka, Φ

Monitorización del lugar de trabajo

- El uso de un monitor adecuado junto con los datos de ocupación apropiados proporcionará una estimación adecuada de la dosis efectiva o equivalente

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN INTERNA

IAEA

Programa de Monitorización

Objetivos

- Evaluar las dosis comprometidas y así demostrar el control de la exposición interna
- No 'administrar' dosis internas
- Ayuda no diseño de y operación de nuevas instalaciones
- Proporcionar información después de accidentes

IAEA

Programa de Monitorización

Evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores debido a la ingesta de radionucleidos basada en los resultados del monitoreo individual utilizando uno o más de los siguientes:

a) Medición secuencial de radionucleidos en todo el cuerpo o en órganos específicos, es decir, tiroides
b) Medición de radionucleidos en muestras biológicas, es decir, excreciones
c) Medición de concentraciones de actividad en muestras de aire recogidas utilizando dispositivos personales de muestreo de aire usados por el trabajador

Monitorización de rutina

- El monitoreo de la exposición interna debe llevarse a cabo en un calendario fijo para los trabajadores seleccionados
- Rutinariamente solo para trabajadores empleados en áreas controladas por contaminación y solo cuando haya motivos para sospechar ingestiones significativas
- Otras razones gerenciales

IAEA

ICRP 78

- Manejo de grandes cantidades de materiales gaseosos y volátiles (por ejemplo, tritio)
- Procesamiento de plutonio y otros transuranicos
- Procesamiento de minerales de torio y el uso de compuestos de torio en cantidad
- Molienda y refinación de minerales de uranio de alta calidad
- Procesamiento de uranio natural y enriquecido
- Producción de grandes cantidades de radionucleidos
- Uso médico de grandes cantidades de yodo-131

IAEA

Limitaciones

El monitoreo de la exposición interna tiene ciertas limitaciones que deben considerarse en el diseño del programa de monitoreo

- La incertidumbre sobre el tiempo de la ingesta
- Ingesta anteriores
- Biocinética: ¿cual coeficiente de dosis?
- Inconsistencia entre métodos
- Efecto de los agentes bloqueantes

IAEA

Consideraciones

Para determinar la frecuencia apropiada y el tipo de monitoreo individual, se debe caracterizar el lugar de trabajo

- Considerar radionucleidos en uso
- Forma química y física - tamaño de partícula
  - Tracto respiratorio y comportamiento biocinético en el cuerpo
- Tasa de excreción y rutas
  - Tipo de muestras de excreción necesarias y frecuencia de recolección

Monitorización específica

Monitorización relacionada con tareas

- No es rutina
- Proporciona información sobre una operación particular a corto plazo

Monitorización especial

- Realizado después de una exposición conocida o sospechada, o pérdida de contención
- Situaciones de accidentes
  - Los primeros auxilios médicos urgentes tienen prioridad
  - Pasos tomados para minimizar la exposición inmediata (descontaminación)
  - Evaluación "inmediata" de la ingesta

IAEA

Métodos de medición

- Muestreo de aire
- Mediciones in vivo
- Mediciones de excretas
- Otras muestras biológicas

Los métodos de medición tienen límites de detección que surgen del entorno natural, fluctuaciones estadísticas en las tasas de conteo y factores relacionados con la preparación y el análisis de muestras (normas ISO 11929 y 28218).

IAEA

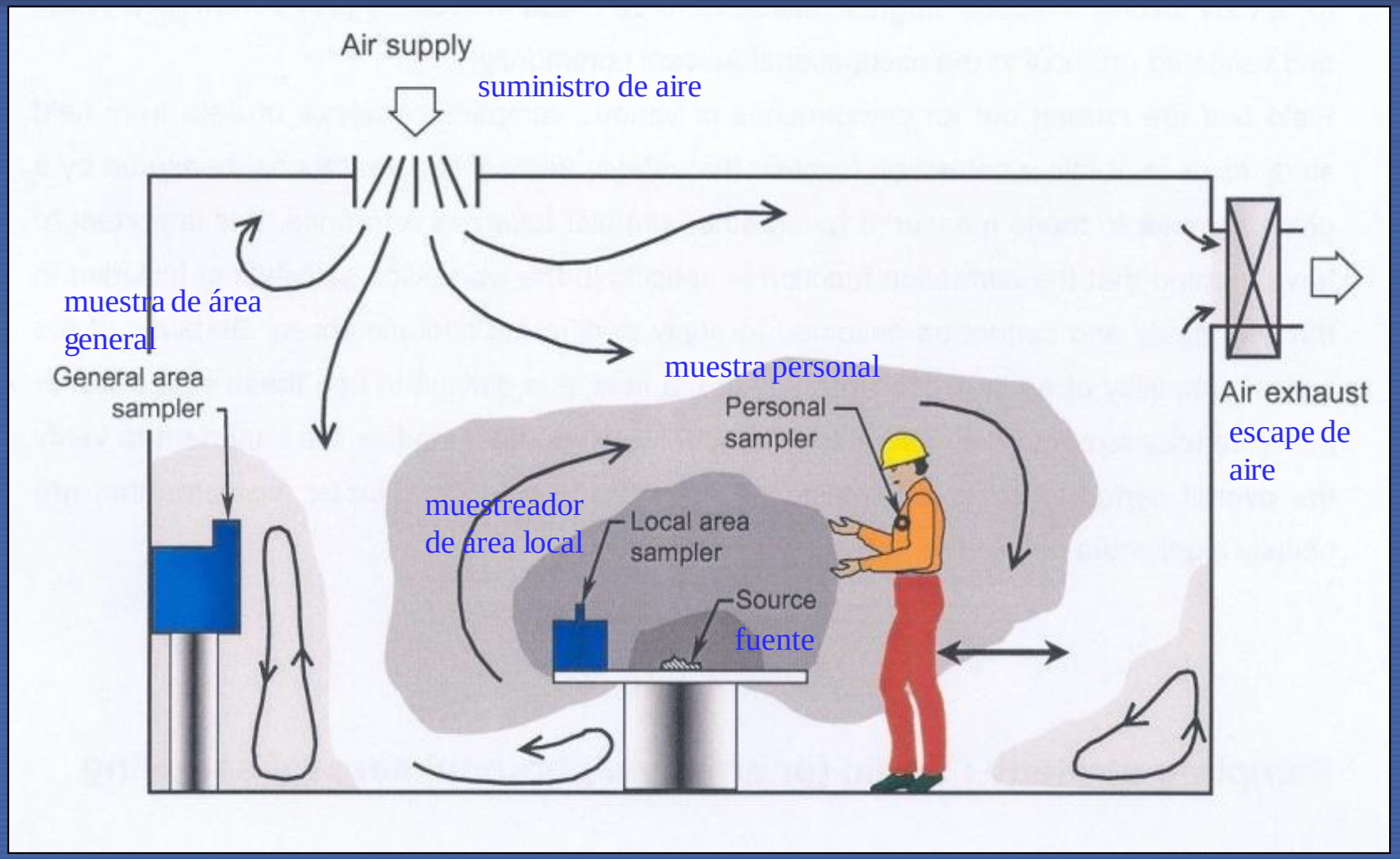
Muestreo de aire

- Mostrador de aire personal (PAS) cuando sea posible
- Mostrador de aire estático (SAS) utilizados en algunas situaciones
- Polvo total inhalable



IAEA

Muestreo de aire



IAEA

Mediciones in vivo

- Evaluación directa de la actividad
- Sólo emisiones de fotones
- Equipo
  - detectores
  - blindaje
  - geometría y calibración
  - monitores de heridas

IAEA

Mediciones in vivo



IAEA

Monitoreo de todo el cuerpo



IAEA

Monitoreo de pulmón



IAEA

Monitoreo de excretas

- Orina
- Excrementos
- La nariz sopla, etc. (secreciones nasales)
- Respiración exhalado

IAEA

Interpretación de mediciones y evaluación de dosis

- La ingesta de radionucleidos y la dosis efectiva comprometida resultante es evaluada a partir de los resultados de las mediciones de monitorización
- Coeficiente de dosis
  - Dosis efectiva que surge de la actividad de la unidad
  - Derivado usando modelos de ingestión e inhalación
  - Los valores dependen de la vía de entrada, la forma química y el tamaño de partículaAir concentrations
  - PAS o SAS (Mostrador de aire personal Mostrador de aire estático)
  - Tiempos de exposición
  - Tasas de respiración
- Exposición a la progenie de radón

IAEA

EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN EN EMERGENCIAS

IAEA

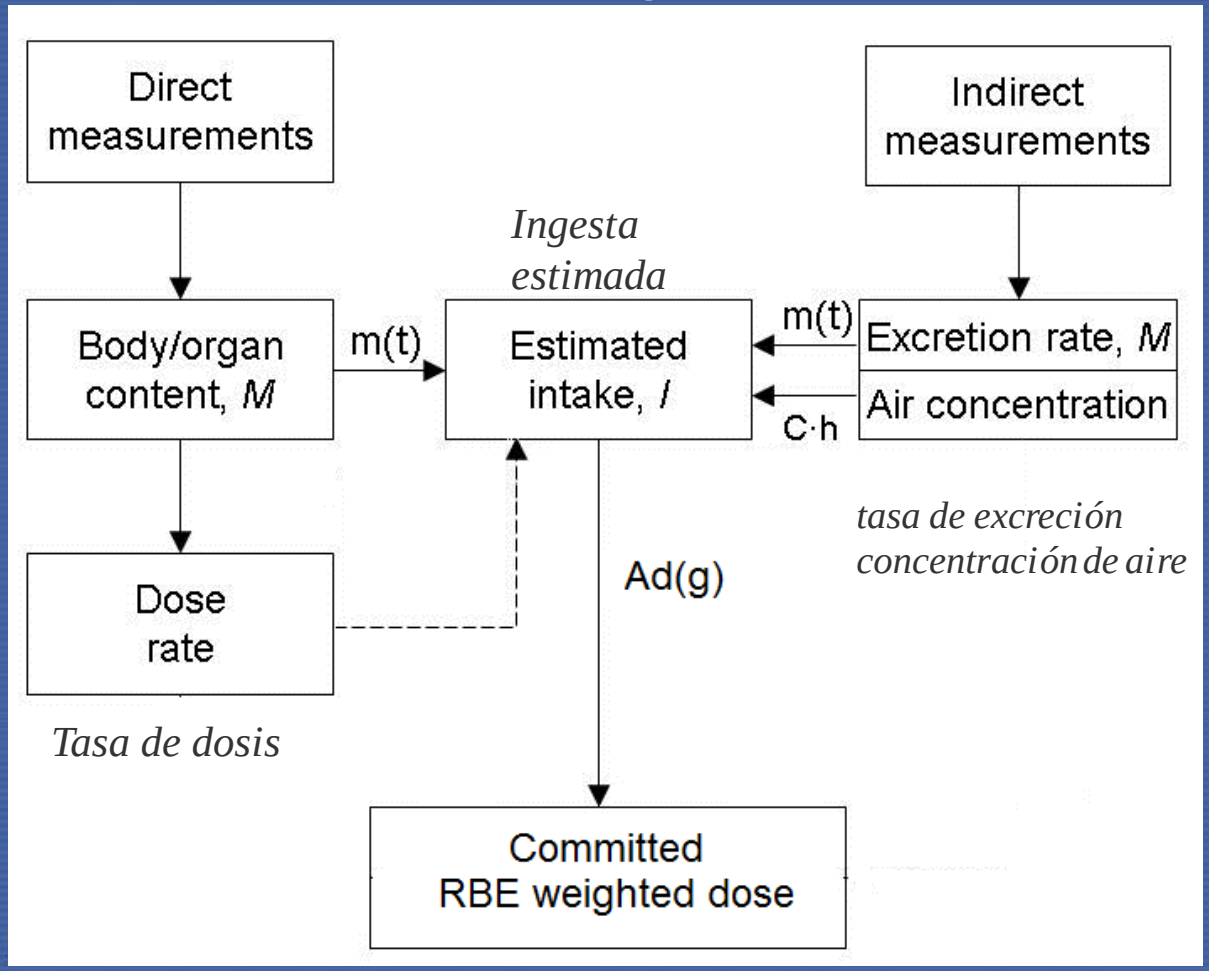
Evaluación de exposición en emergencias

- La evaluación de las exposiciones como resultado de un accidente o incidente puede comenzar utilizando datos de monitores personales y del lugar de trabajo
- La elección del dosímetro personal depende del tipo de radiación y de la información que se necesita para determinar la dosis absorbida ponderada RBE – ADT - para el tejido T
- El uso de dosímetros de advertencia (alarma) (o monitores de tasa de dosis) puede ser efectivo para prevenir exposiciones graves
- Técnicas de dosimetría retrospectiva
  - análisis de aberración cromosómica, resonancia electrónica de espín, modelaje por computadora

IAEA

Evaluación de exposición en emergencias

Marco para la evaluación de dosis internas a partir del monitoreo de mediciones en emergencias



IAEA

CONTAMINACIÓN DE LA PIEL

IAEA

Contaminación de la piel

La contaminación de la piel provoca una exposición externa y una posible exposición interna

- Depende de radionucleido(s), forma química, actividad concentrada.
- Objetivos principales para el monitoreo y la evaluación :
  - Cumplimiento de los límites de dosis, evitación de efectos deterministas
  - Iniciar y / o apoyar exámenes médicos e intervenciones después de una sobreexposición
- Monitorización
  - Contaminación no uniforme
  - Monitoreo de rutina interpretado como una dosis promedio equivalente de más de 100 cm2 (en comparación con el límite derivado, es decir, en Bq / cm2)
  - Para niveles altos de contaminación, la dosis promedió más de 1 cm2 (inexacta)

IAEA

REGISTROS DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

IAEA

Mantenimiento de registros para monitoreo individual

- Registro de exposición ocupacional individual vinculado únicamente al trabajador relevante
- Resultados de evaluaciones de dosis para exposición externa y exposición interna, cuando corresponda, para cada período de monitoreo
- Dosis conceptuales nocionales, dosis estimadas (Que se refiere a la noción, idea o concepto.)
- Registros separados relacionados con el uso de dosímetros de extremidades
- Establecimiento de un registro nacional de dosis
- Registros retenidos durante al menos 30 años después del cese del trabajo y al menos hasta que el trabajador alcance la edad de 75 años.

IAEA

Mantenimiento de registros para el monitoreo del lugar de trabajo

- Importante registrar datos que:
  a) demuestra el cumplimiento de las regulaciones
  b) identifica cambios significativos en el ambiente de trabajo
  c) incluye detalles de inspección de radiación, por ejemplo, fecha, ubicación, niveles de radiación, instrumentos utilizados, etc.
  d) detalla cualquier acción tomada
- Mantener un registro adecuado de calibración de los equipos de monitoreo
- En general, se recomienda un período de retención de 5 años para los registros del monitoreo del lugar de trabajo y de la calibración de los instrumentos de monitoreo del lugar de trabajo.

Occupational Radiation Protection (GSG-7)

Apéndice 1. Exposición de trabajadores a NORM

IAEA
International Atomic Energy Agency

NORM exposiciones…







IAEA

Exposición de trabajadores a NORM

- La única forma confiable de evaluar las exposiciones ocupacionales de NORM es a través de un programa de monitoreo en el lugar de trabajo desarrollado adecuadamente.
- Sin embargo:
  - la radiación gamma externa y el polvo en el aire son las principales vías
  - las dosis dependen de las concentraciones de actividad NORM
  - es posible establecer una indicación amplia de la dosis esperada si se conocen las características del material y la situación laboral
  - para uso durante la evaluación radiológica previa como herramienta de priorización

IAEA

Relación entre Bq/g y mSv/y

MATERIAL	Annual dose (mSv/y gamma and dust) per Bq/g	
	Minimum	Maximum
Bulk quantity: orebody, stockpiles	0.02	0.4
Small quantity: Concentrates, scale, sludge	0.008	0.04
Pb-210 and Po-210	0.0006	0.003

Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials, Safety Reports Series No. 49, IAEA, Vienna (2006).

IAEA

Relación entre Bq/g y mSv/y

TABLE 2. RELATIONSHIP BETWEEN DOSE AND ACTIVITY CONCENTRATION FOR OCCUPATIONAL EXPOSURE TO GAMMA RADIATION AND TO DUST

Pagina 23 de Safety Reports Series No. 49

Category of material	Broad estimate of annual effective dose per unit activity concentration (mSv/a per Bq/g)		Individual radionuclide activity concentration above which the expected dose may exceed 10% of the dose limit (Bq/g)
	Minimum	Maximum	
Large quantity, e.g. orebody, large stockpile	0.02	0.4	5
Small quantity, e.g. mineral concentrate, scale, sludge	0.008	0.04	50
Volatilized: furnace fume and precipitator dust	0.0006	0.003	500[a]

[a] This value refers to the activity concentration in the precipitator dust, with exposure to fume having been accounted for by assuming an equivalent dust loading of 1 mg/m^3 at the same activity concentration (i.e. a concentration of 0.5 Bq/m^3 in fume) and an activity median aerodynamic diameter (AMAD) of 1 μm.

Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials, Safety Reports Series No. 49, IAEA, Vienna (2006).

IAEA

Resumen

- Evaluación de la exposición externa
- Evaluación de la exposición interna
- Evaluación de exposición en emergencias
- Contaminación de la piel
- Registros de exposición ocupacional
- Evaluación de la exposición ao NORM

PREGUNTAS Y DISCUSIÓN

IAEA
International Atomic Energy Agency