

# RADIACIONES IONIZANTES

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES



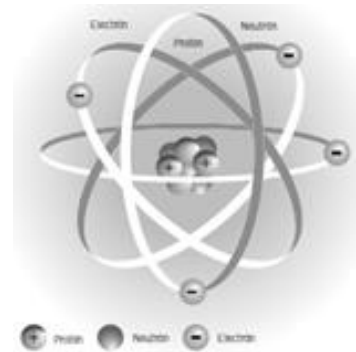
### Radiación y radiactividad

La radiación consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. La propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas se denomina radiación electromagnética. Además de la luz del sol, son radiaciones electromagnéticas las señales de radar, las ondas de radio o televisión, las microondas, los rayos X, la radiación gamma de origen nuclear o los rayos cósmicos. A diferencia de las ondas mecánicas, como el sonido –que necesita un medio material para propagarse–, las ondas electromagnéticas no lo necesitan, pueden propagarse a través del vacío también.

Toda la materia está formada por átomos. Cada átomo tiene un núcleo alrededor del cual se encuentran los electrones girando en determinadas órbitas. El núcleo contiene protones y neutrones.

Se denominan **radiaciones no ionizantes** a las radiaciones electromagnéticas menos energéticas, que no tienen la suficiente energía como para arrancar electrones de los átomos, como por ejemplo: la radiofrecuencia, las microondas, la radiación infrarroja, la luz visible y la radiación ultravioleta.

En cambio, las **radiaciones ionizantes** tienen la suficiente energía como para arrancar electrones de los átomos, convirtiendo a estos últimos en **iones**. Entre las radiaciones ionizantes están los rayos X, los rayos gamma –las dos son radiaciones electromagnéticas– y las radiaciones corpusculares, que transportan haces de partículas (alfa, beta y neutrones). Estas radiaciones ionizantes no son perceptibles por los sentidos.



Por otra parte, los núcleos de ciertos átomos, llamados radionucleidos, son inestables y se transforman en otros núcleos más estables. Durante estas transformaciones (llamadas desintegraciones) se produce la emisión de **partículas alfa o beta o radiación electromagnética gamma**, hasta que los nuevos átomos producidos encuentran su estabilidad. Este fenómeno se conoce con el nombre de **radiactividad**.

Los **rayos X** tienen su origen en la corteza de los átomos (la capa de electrones que rodea los núcleos), como consecuencia de una reordenación de los electrones en las órbitas de la corteza, resultado de interacciones con origen en el exterior o en el interior del átomo.

La **radiación de neutrones**, salvo alguna excepción, se produce de manera artificial a partir de las llamadas reacciones nucleares, como las que se producen en las centrales nucleares.

### Radiactividad natural

Los seres vivos han estado siempre expuestos a fuentes naturales de radiaciones ionizantes. Se las denomina radiaciones de fondo o naturales.

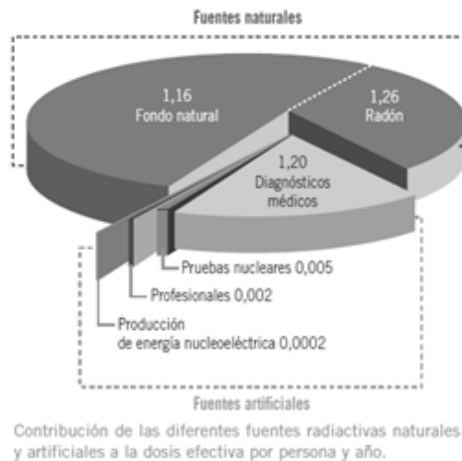
Parte de la radiación de fondo de la tierra procede del espacio y se conoce como **radiación cósmica**. La atmósfera, actuando como filtro natural, evita que la mayor parte de esta radiación alcance la superficie terrestre.

La radiación procedente del suelo es denominada radiación terrestre. Depende de la concentración de los radionucleidos en la corteza terrestre. Otras fuentes naturales de sustancias radiactivas se encuentran presentes en el aire, los alimentos y en el agua de bebida y son incorporadas al interior del organismo con la dieta y la respiración, dando lugar a la conocida como exposición interna.

## RADIACIONES IONIZANTES

Una de las fuentes más importantes de radiactividad natural es el **radón**, gas noble procedente de la desintegración del radio, y este a su vez del uranio, que forman parte de la composición natural de los suelos y aguas terrestres. El radón debido a su naturaleza gaseosa emana del suelo y de los materiales de construcción pudiendo acumularse en el interior de edificios y cuevas. Pueden producirse exposiciones importantes cuando los terrenos sobre los que se asientan los edificios tienen concentraciones elevadas de estos radionucleidos y las condiciones de ventilación no son las adecuadas. En el exterior, este gas no presenta riesgo ya que se dispersa.

Un 80% de la dosis media anual que recibe la población europea proviene de la radiación natural.



### Fuentes radiactivas

Se utilizan fuentes radiactivas en medicina, industria, agricultura, investigación, enseñanza y en algunas aplicaciones militares. Pueden estar encerradas en una envoltura metálica que impide que se produzca dispersión del material radiactivo, y entonces se llaman encapsuladas. Otras fuentes radiactivas de uso común en los laboratorios se presentan en forma líquida, no encapsulada y por lo tanto pueden producir contaminación si no se trabaja adecuadamente.

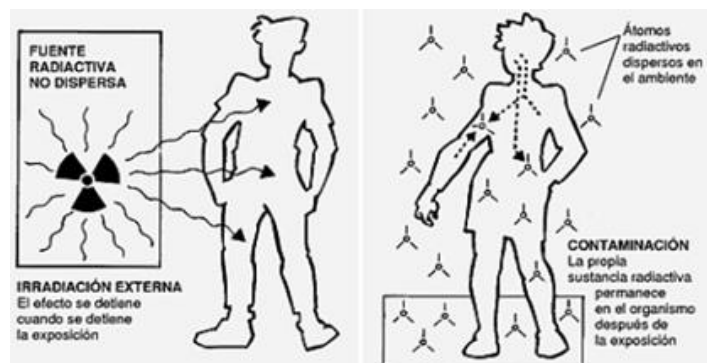


### Irradiación externa y contaminación radiactiva

Existe riesgo de irradiación externa cuando la persona sólo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la utilización o manipulación de fuentes encapsuladas.

La contaminación radiactiva hace referencia a la presencia indeseable de sustancias radiactivas en una materia, una superficie, un medio cualquiera o una persona. En el caso particular del organismo humano, esta contaminación puede ser externa o cutánea, cuando se ha depositado en la superficie exterior, o interna cuando los radionucleidos han penetrado en el organismo por cualquier vía (inhalación, ingestión, percutánea, etc.).

La contaminación da origen a una irradiación, por lo que un individuo contaminado continuará siendo irradiado en tanto no cese la contaminación, y él mismo puede actuar como fuente de contaminación o irradiación de otras personas. La contaminación externa es fácilmente eliminable mediante lavado de la superficie contaminada, mientras que en la contaminación interna, la persona sigue estando expuesta a la radiación hasta que se eliminen los radionucleidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de los mismos.



# RADIACIONES IONIZANTES

## Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

### ➤ Medicina

- Radiodiagnóstico: procedimientos de exploración y visualización de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano mediante la utilización de rayos X. Las técnicas de radiodiagnóstico son la radiografía convencional, la fluoroscopia, la radiología digital, la tomografía axial computerizada (TAC) y la radiología intervencionista diagnóstica y terapéutica.
- Radioterapia: destrucción de células y tejidos tumorales mediante la radiación.
- Medicina nuclear: permite la obtención de imágenes diagnósticas utilizando radiotrazadores, que es una molécula marcada con un radionucleido. Los equipos utilizados para ello son la gammacámara, la tomogammacámara (SPECT) y el tomógrafo por emisión de positrones (PET).
- Radioinmunoanálisis: es una técnica analítica utilizada para medir la cantidad y concentración de numerosas sustancias (hormonas, fármacos, etc.) en muestras biológicas obtenidas, previamente, del paciente.

### ➤ Industria

- Instalaciones industriales para el control de procesos. Se utilizan fuentes encapsuladas para, entre otras actividades, la medida de espesores y densidades, la medida de niveles en depósitos, la medida del grado de humedad en materiales, el control de la lubricación y desgaste de las partes móviles en máquinas y la detección de fugas canalizaciones.
- Gammagrafía industrial. Se utiliza muy a menudo para verificar las uniones de soldadura en tubos.
- Instalaciones de radiografía industrial. Se utilizan equipos generadores de rayos X móviles o fijos.

### ➤ Sector agroalimentario

- Determinación de la eficacia en la absorción de los abonos por las plantas y optimizar la fijación biológica del nitrógeno.
- Optimización de los recursos hídricos.
- Desarrollo de variedades de cultivo con propiedades ventajosas para la agricultura mediante la inducción de mutaciones empleando técnicas de irradiación.
- Lucha contra plagas de insectos.
- Determinación del valor nutritivo y la absorción de los alimentos para el ganado.

### ➤ Investigación y docencia

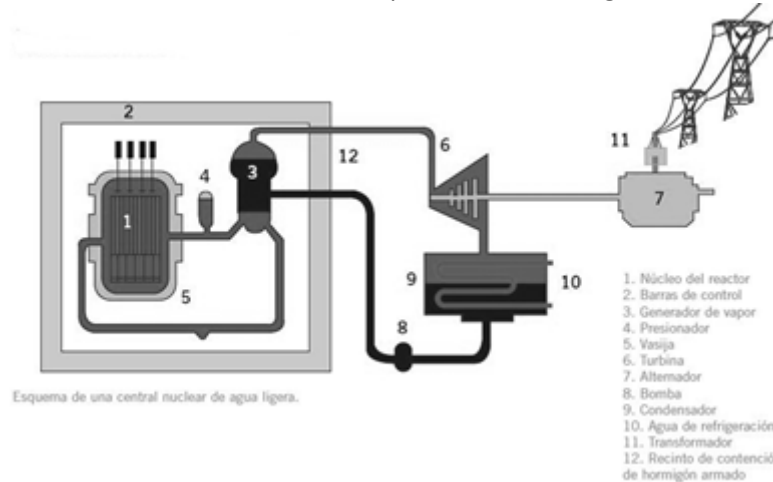
- Análisis bioquímicos “in vivo” o “in vitro” con marcadores radiactivos, para la detección, identificación y cuantificación de macromoléculas.

### ➤ Otras aplicaciones

- Equipos de rayos X para inspección en aeropuertos, edificios oficiales o privados para el control de accesos, así como para la inspección de equipajes, bultos diversos y detección de explosivos en efectos postales.
- Detectores de humo.
- Esterilización de materiales en la industria farmacéutica y alimentaria.
- Eliminación de electricidad estática en la industria textil, de materiales plásticos, papel, vidrio, etc.
- Producción de materiales luminiscentes para la señalización.
- Datación con radiocarbono.
- Densímetros, miden la densidad en suelos, capas asfálticas, capas granulares y losas de cemento hidráulico.

## RADIACIONES IONIZANTES

- Producción de energía eléctrica. En las centrales nucleares se realizan procesos de fisión nuclear de manera controlada. Con el calor producido se calienta agua para producir vapor que mueve una turbina, la cual a su vez acciona un alternador produciendo energía eléctrica.



### ➤ Otras exposiciones

- Recuperación y reciclado de chatarras. la posible presencia inadvertida de materiales radiactivos en las chatarras que estas industrias utilizan como materia prima, así como su eventual fundición, puede dar lugar a la contaminación de las personas, el medio ambiente, las instalaciones industriales y los productos resultantes.
- Soldadura TIG: se utilizan electrodos de tungsteno que en algunos casos pueden contener entre un 1 y un 4% de dióxido de torio radiactivo.

### Efectos de las radiaciones ionizantes

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes están ocasionados por el daño infringido a las células como consecuencia de la interacción de la radiación con la materia. El daño, puede ocasionar muerte o modificación celular, lo que a su vez, puede afectar el normal funcionamiento de los diferentes órganos o tejidos.

Los llamados **efectos inmediatos (deterministas)** solo se producen por encima de un valor determinado de dosis de radiación recibida y su gravedad aumenta con la dosis, existiendo efectos agudos y efectos tardíos:

- Efectos agudos: aplasia medular, radiodermatitis exudativa, alopecia, esterilidad transitoria o definitiva.
- Efectos tardíos, sobrevienen de forma retardada después de la irradiación: cataratas, radiodermatitis crónicas y malformaciones fetales.

Los **efectos retardados (estocásticos)** pueden aparecer o no de manera aleatoria y la probabilidad de su aparición, crece con la dosis de radiación recibida:

- Enfermedades hereditarias.
- Tumores radioinducidos: epiteloma espinocelular cutáneo, osteosarcoma, leucemia, cáncer primitivo de pulmón (ligados al radón, sobre todo en exposiciones de trabajos de minería).

# RADIACIONES IONIZANTES

## Personas especialmente sensibles

A este respecto el Reglamento de Protección Sanitaria Contra Radiaciones Ionizantes establece lo siguiente:

- No podrán asignarse a los menores de dieciocho años, tareas que pudieran convertirlos en trabajadores expuestos.
- Las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis equivalente al feto sea tan baja como sea razonablemente posible, siendo improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo. No se le asignarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación radiactiva. En tales supuestos deberá garantizarse una vigilancia adecuada de la posible contaminación radiactiva de su organismo.
- Es imprescindible que la trabajadora expuesta gestante, en cuanto tenga conocimiento de su embarazo, lo comunique al encargado de la protección radiológica del centro en el que trabaja.

## Protección radiológica

Sus principios básicos son:

- **Justificación.** La utilización de fuentes de radiación, el aumento de una exposición existente, o el incremento del riesgo potencial de exposición, deben producir suficiente beneficio individual o social como para compensar el daño que puedan causar.
- **Optimización de la protección.** Al asumir la hipótesis de que cualquier dosis de radiación puede producir un efecto sobre la salud, estamos obligados a que la probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían mantenerse tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Es el llamado **principio ALARA** por sus siglas en inglés: "As Low As Reasonably Achievable".
- **Aplicación de límites de dosis.** La dosis total de cualquier individuo no debería exceder los límites establecidos en la legislación. La unidad de dosis es el sievert, cuyo símbolo es Sv. La dosis absorbida es la energía suministrada por la radiación a un tejido biológico. A partir de ella se definen:
  - Dosis equivalente: dosis absorbida corregida por el distinto daño que producen distinto tipo de radiaciones (alfa, beta, gamma, rayos X y neutrones).
  - Dosis efectiva ("dosis"): dosis equivalente corregida por la diferente sensibilidad al daño de los distintos órganos y tejidos.

Los límites de dosis establecidos por el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSCRI):

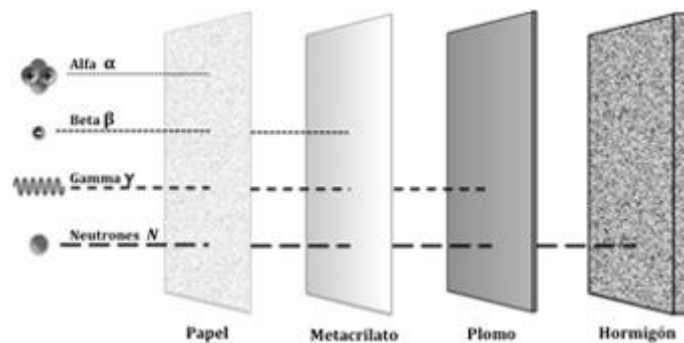
Límites de dosis para trabajadores expuestos	
Dosis efectiva	100 mSv / 5 años (máximo 50 mSv / año)
Dosis equivalente en el cristalino	150 mSv / año
Dosis equivalente en la piel y extremidades	500 mSv / año
Límites especiales	
Trabajadora expuesta embarazada	1 mSv / embarazo
Personas en formación y estudiantes	6 mSv / año

## Medidas básicas de protección radiológica

- **Supervisión de las prácticas:** Toda instalación nuclear, radiactiva o radiológica debe cumplir unos requisitos técnicos que aseguren la protección radiológica de los trabajadores que operen en ella. Estos requisitos se recogen en el Real Decreto 1836/1999, Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas y en el Real Decreto 1085/2009, Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

## RADIACIONES IONIZANTES

- **Distancia:** Debe ser la máxima posible respecto de la fuente emisora de radiación. La dosis disminuye de acuerdo con la ley del inverso del cuadrado de la distancia.
- **Tiempo de exposición:** Debe ser el menor posible. La dosis es directamente proporcional al tiempo de exposición.
- **Eliminación de la contaminación superficial:** en las superficies y la ropa de trabajo, protecciones, instrumentos, herramientas, mobiliario, paramentos y el propio cuerpo de las personas.
- **Blindaje:** interponer una barrera entre la fuente y el trabajador, constituida por un material que sea capaz de atenuar suficientemente la radiación. La clase de blindaje empleado depende del tipo de partículas o radiaciones de que se trate:



- **Contención:** Consiste en el manejo de los materiales de radiactividad elevada en recintos herméticos, dotados de ventilación controlada y blindados. Las operaciones se dirigen a distancia por medio de manipuladores (pinzas, guantes) y la observación se lleva a cabo a través de ventanas blindadas o por métodos de visión indirecta. Son utilizados en las industrias nucleares y en las de producción de radiofármacos, así como en los hospitales para manejar éstos últimos. Estas instalaciones se denominan “celdas calientes”, del inglés “hot cells”.
- **Identificación de zonas de trabajo con exposición a radiación:** La clasificación de las zonas de trabajo en función de las dosis anuales previstas y el riesgo de una contaminación o exposición potencial es la siguiente:
  - **Zona vigilada:** es un área sometida a una adecuada vigilancia a efectos de protección contra las radiaciones ionizantes. Estas zonas son aquellas en las que, no siendo zonas controladas, existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv/año (límite del público) e inferiores a 6 mSv/año, o dosis equivalentes superiores a 1/10 de los límites para el cristalino, piel y extremidades.
  - **Zona controlada:** es un área sometida a regulación especial a efectos de protección contra las radiaciones ionizantes. Las áreas controladas con frecuencia, aunque no necesariamente, están dentro de áreas vigiladas. Las zonas controladas son aquellas en la que:
    - Exista la posibilidad de superar los 6 mSv/año para la dosis efectiva o dosis equivalentes superiores a 3/10 de los límites para el cristalino, piel y extremidades, o
    - Sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

# RADIACIONES IONIZANTES

Las zonas controladas se pueden subdividir a su vez en:

**Zonas de permanencia limitada**, cuando existe riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales establecidos

**Zonas de permanencia reglamentada**, cuando se puede recibir, en una única exposición, dosis superiores a los límites reglamentarios en cortos periodos de tiempo.

**Zonas de acceso prohibido**, cuando se puede recibir, en una única exposición, dosis superiores a los límites reglamentarios.



▪ Equipos de protección individual contra la radiación ionizante:

- **Protección de las manos:** Guantes de protección contra radiaciones ionizantes y contaminación radiactiva. Los guantes de protección contra contaminación radiactiva particulada y contra irradiación externa deben llevar los siguientes pictogramas respectivamente.



- **Protección del cuerpo frente a la contaminación radiactiva:** ropa de protección no ventilada (norma EN 1073-1) y ventilada (norma EN 1073-2), que protegen al usuario contra la contaminación por partículas radiactivas.



- **Dispositivos de protección contra la radiación X de diagnóstico médico:** prendas de protección para la protección de las personas contra la radiación X de hasta 150 kV, durante exploraciones radiológicas y procedimientos de intervención. Cubre las prendas de protección, principalmente para la protección del operador, tales como chalecos, faldas, delantales frontales o completos, collares protectores de tiroides, protectores para hombro, guantes y manoplas de protección.



- Equipos de protección personal para los ojos:



- Pantallas fijas y móviles, cortinas y otros dispositivos barrera de protección frente a la radiación X:

