



Centro de
Especializaciones
Noeder



Florida
Global
University

Diplomado de Especialización

SUPERVISOR DE TRABAJOS DE ALTO RIESGO

CICLO REGULAR

MÓDULO VIII



**TRABAJOS CON FUENTES
RADIATIVAS**

Mg. Ing. Jorge Arzapalo Barrera



TRABAJO CON FUENTES RADIOACTIVAS



ING. JORGE LUIS ARZAPALO B.



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

INTRODUCCIÓN



Los trabajos con fuentes radiactivas exigen una estricta Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para proteger al Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) de las radiaciones ionizantes y riesgos asociados. La normativa se basa en tres principios fundamentales: tiempo, distancia y blindaje.

1. **Tiempo:** Reducir al mínimo indispensable la duración de la exposición a la fuente de radiación.
2. **Distancia:** Alejarse lo más posible de la fuente. A mayor distancia, el nivel de radiación disminuye drásticamente.
3. **Blindaje:** Utilizar barreras físicas (como delantales plomados, paredes de plomo o vidrio) para bloquear o disminuir la radiación.



TIEMPO: tener contacto con otras personas el menor tiempo posible.



DISTANCIA: mantén la mayor distancia física posible con las personas.



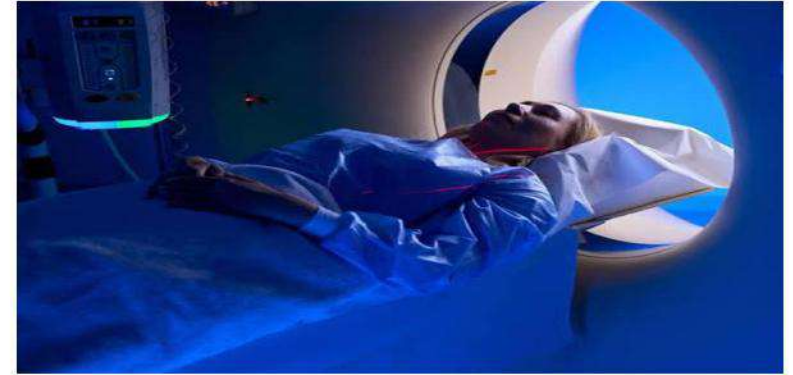
BLINDAJE: cuando estés con otras personas, usa siempre cubrebocas. Si puedes, usa careta o goggles y procura que tus encuentros sean en lugares abiertos y al aire libre.



TRABAJO CON FUENTES RADIOACTIVAS

SECTORES Y TRABAJOS DE ALTO RIESGO

-  Las fuentes radiactivas se utilizan y manipulan en diversos rubros, requiriendo protocolos específicos:
- ✓ **Sector Médico:** Técnicos en radiología, operadores de medicina nuclear y oncología radioterápica.
 - ✓ **Industria y Minería:** Operarios de gammagrafía industrial (para soldaduras), medidores de nivel/densidad estática en plantas y perforaciones mineras.
 - ✓ **Transporte y Logística:** Personal encargado del movimiento y despacho de material radiactivo certificado.





TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

MEDIDAS PREVENTIVAS ESENCIALES

Para mitigar la exposición y cumplir con las normas de seguridad:

-  **Dosimetría:** *Todo trabajador debe portar dosímetros personales (ej. tipo anillo o de solapa) para medir la dosis de radiación acumulada.*
-  **Equipos de Protección:** *Uso de indumentaria plomada (delantales, cuellos tiroides, gafas) para procedimientos médicos y blindajes.*
-  **Monitoreo y Calibración:** *Los equipos emisores y zonas de trabajo deben ser evaluados periódicamente con detectores de radiación calibrados.*
-  **Señalización y Delimitación:** *Instalación de barreras físicas y señales universales de riesgo radiológico para restringir el acceso.*
-  **Licenciamiento:** *Solo personal autorizado y con licencia individual vigente (avalada por la autoridad nuclear nacional) puede manipular las fuentes.*



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

NORMAS INTERNACIONALES

Las Normas Internacionales de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para fuentes radiactivas establecen un marco global obligatorio basado en la justificación del uso, la optimización de la protección (principio ALARA) y la limitación de dosis. Exigen control de equipos, dosimetría personal y planes de emergencia.

MARCO INSTITUCIONAL GLOBAL

 **Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA):** Publica las Normas de Seguridad del OIEA (NBS), que son el estándar mundial de facto para la protección radiológica y la seguridad física de las fuentes.

 **Organización Internacional del Trabajo (OIT):** Impulsa el Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores (Convenio C155), integrando la protección contra riesgos físicos (como la radiación) a los sistemas de gestión de SST.



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

NORMAS INTERNACIONALES

ESTÁNDARES TÉCNICOS (ISO)

-  **ISO 2919:** Establece los requisitos de diseño, construcción y clasificación para fuentes radiactivas selladas.
-  **ISO 150 20553:** Regula el monitoreo y la evaluación temprana de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) a riesgos de contaminación interna con material radiactivo.
-  **ISO 11137:** Directriz de procesos para la esterilización por radiación y uso seguro de fuentes en dispositivos médicos.



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

NORMAS INTERNACIONALES

REQUISITOS OPERATIVOS Y DE CONTROL

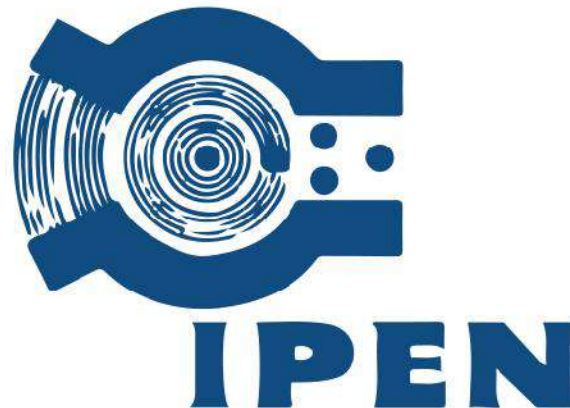
-  **Dosimetría Personal:** Es obligatorio el uso de dosímetros individuales (ej. termoluminiscentes) que midan la dosis externa. Deben leerse con una periodicidad no mayor a un mes.
-  **Plan de Emergencia:** Las áreas de trabajo deben contar con manuales de actuación frente a fugas, derrames (en fuentes no encapsuladas) o exposiciones accidentales.
-  **Clasificación de Zonas:** El espacio de trabajo debe estar señalizado, restringido y categorizado según el riesgo y la tasa de dosis esperada.



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

Aplicación Local en Perú

-  *En Perú, estas normativas internacionales se aplican a través de los lineamientos dictados por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN):*
-  *El IPEN emite las licencias y acreditaciones obligatorias para la manipulación, transporte y mantenimiento de fuentes radiactivas.*
-  *Para los trabajos de gammagrafía industrial o uso de irradiadores, se deben cumplir las Resoluciones de Presidencia del IPEN (como la Norma de Seguridad SF.001.2011).*





TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

PRINCIPIO ALARA



El ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible) es un principio de seguridad radiológica que se estableció para minimizar las dosis de radiación y la liberación de materiales radiactivos al medio ambiente.



El principio ALARA se considera el estándar de referencia para la protección radiológica, ya que puede reducir el riesgo para los trabajadores expuestos profesionalmente, como los técnicos de radio.



El ALARA también es un requisito reglamentario para los programas de protección radiológica.



A practicing radiologist in the USA receives an annual average X-ray dose of

3.2 mSv.

Según este estudio, un radiólogo en ejercicio en los EE. UU. recibe una dosis media anual de rayos X de 3,2 mSv.



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

PRINCIPIO ALARA



Cualquier cantidad de exposición a la radiación aumenta los efectos negativos para la salud, ya que la radiación puede dañar el ADN de nuestras células.



Radiación en dosis altas puede causar cáncer e incluso provocar la muerte.



Los bebés, los niños pequeños, las mujeres embarazadas, los ancianos y las personas con sistemas inmunitarios comprometidos son más vulnerable a estos efectos en la salud en comparación con los adultos sanos.

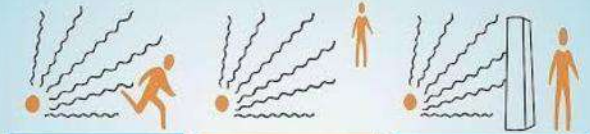


El principio de seguridad radiológica de ALARA es importante, ya que puede ayudar a prevenir tanto la exposición innecesaria como la sobreexposición a la radiación ionizante.

Lo más bajo que razonablemente sea posible

ALARA

Principio minimizando la exposición a la radiación



Menos tiempo
cerca de la fuente
menos radiación
recibida

Mayor distancia de
la fuente; menos
radiación recibida

Detrás del blindaje de la
fuente, menos radiación
recibida

Reducir
tiempo

Aumentar
distancia

Aumentar
blindaje



TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

3 PRINCIPIOS CARDINALES DE ALARA



Son principios que pueden minimizar o incluso prevenir la exposición innecesaria a la radiación cuando se trabaja con o cerca de la radiación:

1. Hora



Si trabaja cerca de una fuente radiactiva, debe tratar de limitar la cantidad de tiempo que pasa cerca de ella.



Termine la tarea lo antes posible para evitar pasar más tiempo del necesario cerca de la fuente.



Evite quedarse en entornos peligrosos, como áreas contaminadas y áreas con radiactividad en el aire.





TRABAJOS CON FUENTES RADIOACTIVAS

3 PRINCIPIOS CARDINALES DE ALARA

2. Distancia



Cuanto más lejos esté de la fuente radioactiva, mejor.



Al mantener una distancia segura de las fuentes de rayos X, en última instancia, disminuyes la dosis.



Maximice la distancia y evite coger una fuente fuerte con las manos.

3. Blindaje



El blindaje es otra medida de protección contra la radiación.



Coloque algo entre usted y la fuente de radiación para minimizar su exposición.



Ten en cuenta que el blindaje más eficaz depende del tipo de radiación que emita la fuente.



Algunos ejemplos incluyen blindajes de hormigón, plomo y plásticos especiales.





FUENTES RADIOACTIVAS

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 radiación propagada en forma de ondas electromagnéticas (Rayos X, Rayos UV, etc.) se llama **radiación electromagnética**, mientras que la **radiación corpuscular** es la radiación transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α , neutrones, etc.) que se mueven a gran velocidad en un medio o el vacío, con apreciable transporte de energía.
-  Si la radiación transporta energía suficiente como para provocar ionización en el medio que atraviesa, se dice que es una **radiación ionizante**. En caso contrario se habla de **radiación no ionizante** (extrae los electrones de sus átomos)
-  El carácter ionizante o no ionizante de la radiación es independiente de su naturaleza corpuscular u ondulatoria.



FUENTES RADIOACTIVAS

RADIACIÓN

-  La energía puede ser liberada, principalmente, *en forma de rayos alfa* (núcleos de helio), *beta* (electrones o positrones) *o gamma* (energía electromagnética).
-  En general son radioactivas las sustancias que presentan un *exceso de protones o neutrones*.
-  Cuando el número de neutrones no es igual que el número de protones se hace más difícil que la fuerza nuclear pueda mantenerlos unidos.
-  Eventualmente el desequilibrio se corrige mediante la liberación del exceso de neutrones o protones, en forma de partículas α que son realmente núcleos de Helio, partículas β que pueden ser electrones o positrones. Estas emisiones llevan a dos tipos de radiactividad:



FUENTES RADIOACTIVAS

RADIACIÓN



Son radiaciones ionizantes los Rayos X, Rayos γ , y Partículas α , entre otros. Por otro lado, radiaciones como los Rayos UV y las ondas de radio, TV o de telefonía móvil, son algunos ejemplos de radiaciones no ionizantes.

APLICACIÓN

Salud: algunos procedimientos médicos existen gracias a la radiación; por ejemplo, diversos tratamientos contra el cáncer y algunos métodos de diagnóstico por la imagen.

Energía: la radiación nos permite producir electricidad, por ejemplo, mediante la energía solar y la energía nuclear.



Medio ambiente y cambio climático: la radiación puede emplearse para depurar aguas residuales o para crear nuevas variedades de plantas resistentes al cambio climático.

Ciencia e industria: mediante técnicas nucleares que se basan en la radiación, los científicos pueden examinar objetos antiguos o fabricar materiales con características superiores que se usan, por ejemplo, en la industria automotriz.



FUENTES RADIOACTIVAS

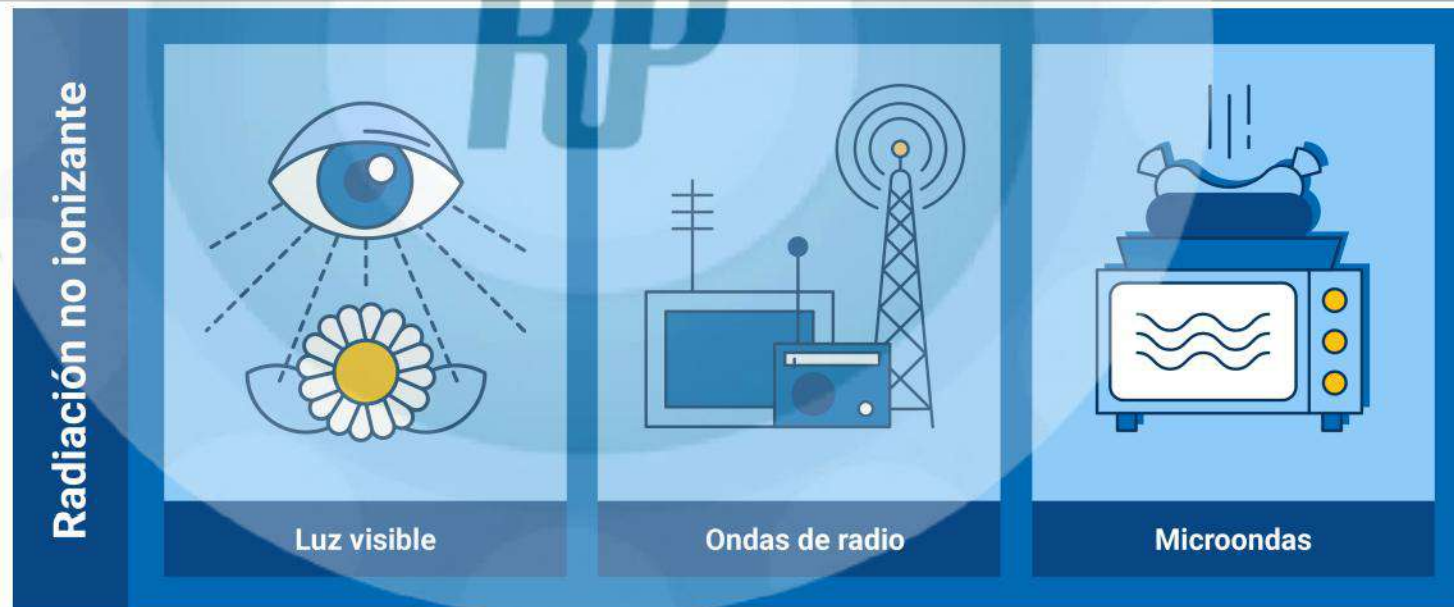
RADIACIÓN NO IONIZANTE



Es un tipo de radiación de menor intensidad, cuya energía no es suficiente para arrancar electrones de los átomos o moléculas que componen la materia o los seres vivos.



No presenta riesgos para la salud de la mayoría de la población. Sin embargo, los trabajadores que se exponen habitualmente pueden necesitar medidas especiales para protegerse, por ejemplo, del calor.





FUENTES RADIOACTIVAS

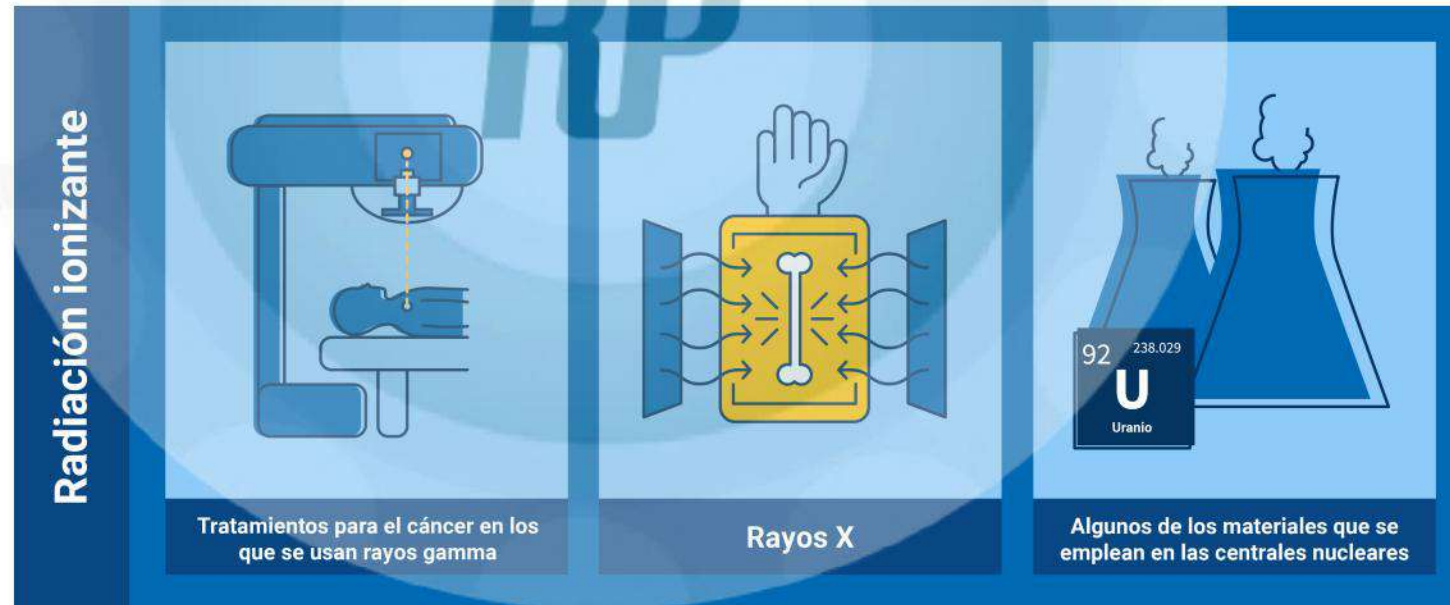
RADIACIÓN IONIZANTE



Es un tipo de radiación con una energía capaz de arrancar electrones de los átomos o moléculas.

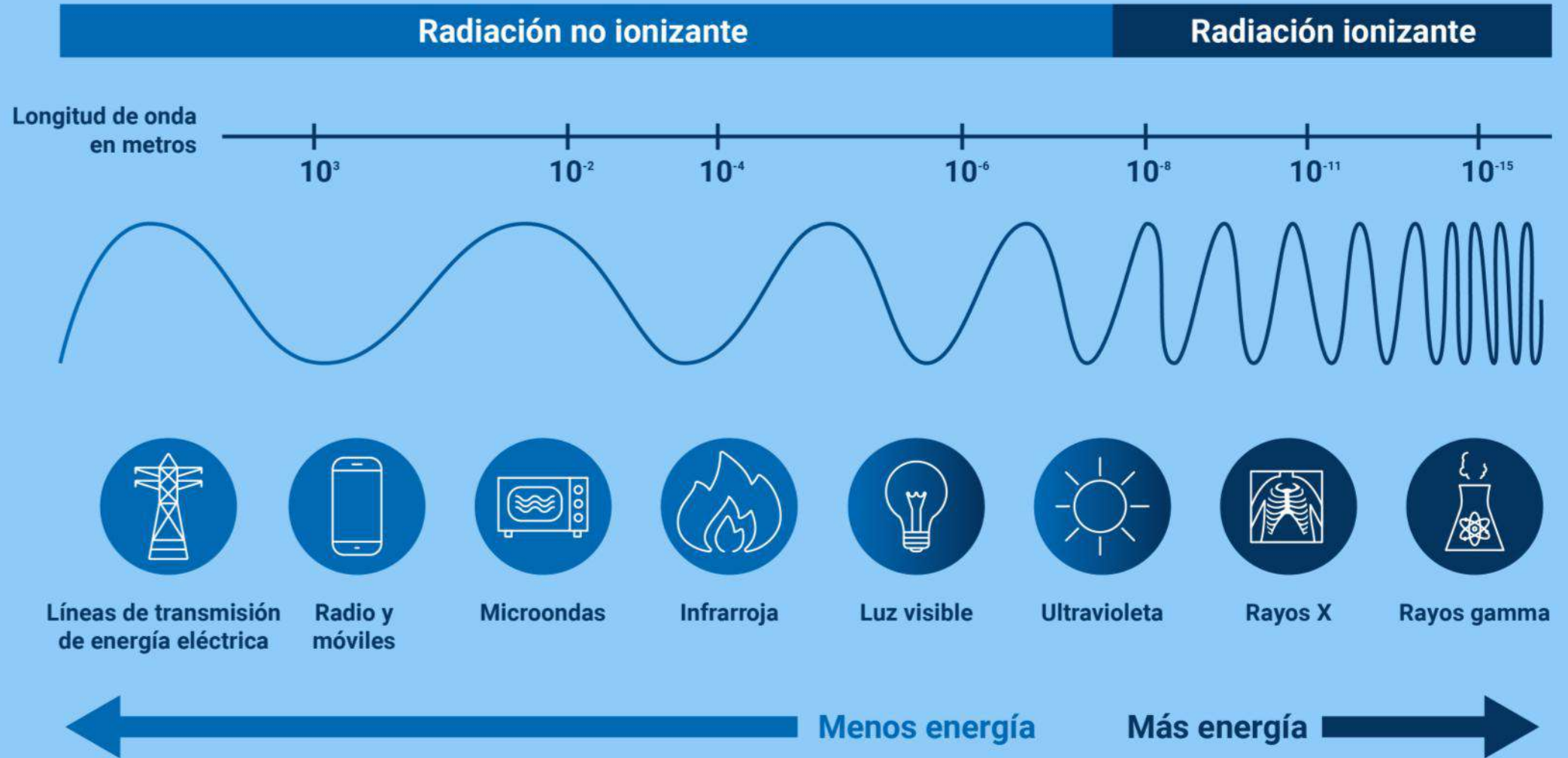


A dosis elevadas, puede dañar las células o los órganos de nuestros cuerpos o, incluso, ser letal. Pero, si se la emplea correctamente a dosis adecuadas y con las debidas medidas de protección, tiene muchos usos positivos (producción de energía, la investigación, diagnóstico y tratamiento enfermedades, como el cáncer).





FUENTES RADIOACTIVAS





FUENTES RADIOACTIVAS

TIPOS DE RADIOACTIVIDAD

RADIATIVIDAD NATURAL

 En 1896 *Becquerel* descubrió que ciertas sales de uranio emitían radiaciones espontáneamente, al observar que velaban las placas fotográficas envueltas en papel negro.

 El matrimonio *Curie*, encontró otras sustancias como el torio, polonio y radio. La intensidad de la radiación emitida era proporcional a la cantidad de uranio presente, por lo que dedujo que se origina en el núcleo de los átomos radiactivos.

 *Rutherford* en 1911, quien demostró que las radiaciones emitidas por las sales de uranio eran capaces de ionizar el aire y de producir la descarga de cuerpos cargados eléctricamente.

 En 1932 *James Chadwick* descubrió la existencia del neutrón que *Wolfgang Pauli* había predicho en 1930, e inmediatamente después *Enrico Fermi* descubrió que ciertas radiaciones emitidas en fenómenos no muy comunes de desintegración eran en realidad neutrones.



FUENTES RADIOACTIVAS

TIPOS DE RADIOACTIVIDAD

RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

-  Se produce la *radiactividad inducida* cuando *se bombardean* ciertos núcleos estables con partículas apropiadas.
-  Si la energía de estas partículas tiene un valor adecuado penetran dentro del núcleo bombardeado y forman un nuevo núcleo que, en caso de ser inestable, se desintegra después radiactivamente.
-  Fue *descubierta* por los esposos *Jean Frédéric Joliot-Curie e Irène Joliot-Curie*, bombardeando núcleos de boro y aluminio con partículas alfa. Observaron que las sustancias bombardeadas emitían radiaciones después de retirar el cuerpo radiactivo emisor de las partículas de bombardeo.



FUENTES RADIOACTIVAS

TIPOS DE RADIACIÓN

PARTÍCULA ALFA

-  Las partículas o rayos alfa (α) son *núcleos completamente ionizados de Helio-4 (4He)*. Es decir, sin su envoltura de electrones correspondiente.
-  Estos núcleos están *formados por dos protones y dos neutrones*. Al carecer de electrones, su carga eléctrica es positiva, de $+2q_e$ de carga, mientras que su masa es de 4 uma.
-  Se generan habitualmente en reacciones nucleares o desintegración radiactiva de otros núclidos que se transmutan en elementos más ligeros mediante la emisión de dichas partículas.



FUENTES RADIOACTIVAS

TIPOS DE RADIACIÓN

PARTÍCULA BETA

-  *Una partícula beta es un electrón que sale despedido de un suceso radiactivo.*
-  *Por la ley de Fajans, si un átomo emite una partícula beta, su carga eléctrica aumenta en una unidad positiva y el número de masa no varía. Ello es debido a que la masa del electrón es despreciable frente a la masa total del átomo.*
-  *En cambio, al ser emitida una carga negativa, el átomo queda con una carga positiva más, para compensar el total de la carga eléctrica, con lo cual el número de electrones disminuye.*
-  *Este proceso es debido a la desintegración de un neutrón en un protón y un electrón (desintegración beta).*



FUENTES RADIOACTIVAS

TIPOS DE RADIACIÓN

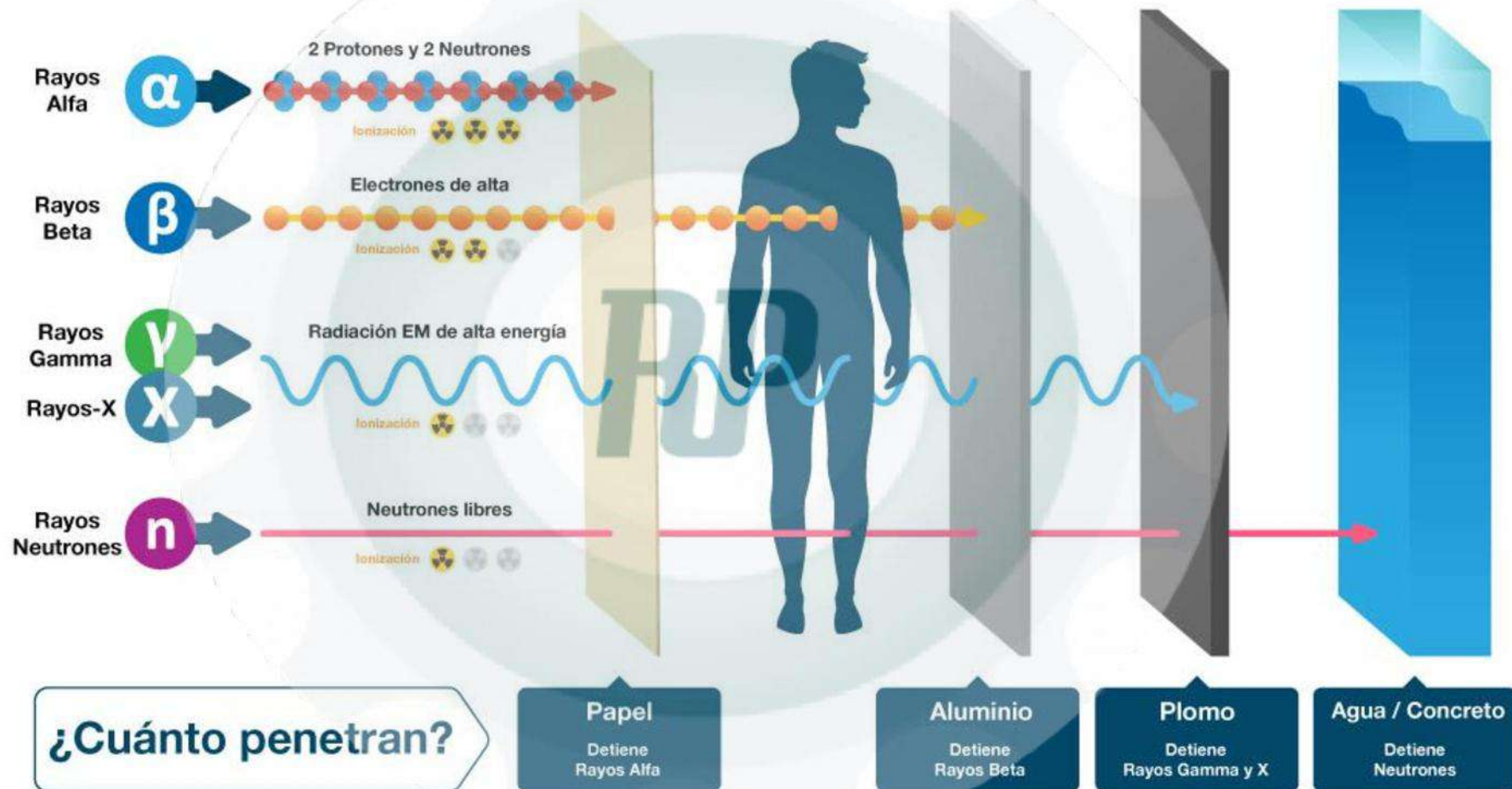
RAYOS GAMMA

-  La radiación gamma es producida por fotones, de elementos radioactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.
-  Este tipo de radiación de tal magnitud también es producida en fenómenos astrofísicos de gran violencia.
-  Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. Dada su alta energía pueden causar grave daño al núcleo de las células, por lo que son usados para esterilizar equipos médicos y alimentos.
-  La energía de este tipo de radiación se mide en megaelectronvoltios (MeV). Un Mev corresponde a fotones gamma de longitudes de onda inferiores a 10^{-11} m o frecuencias superiores a 10^{19} Hz.



FUENTES RADIOACTIVAS

TIPOS DE RADIACIÓN





FUENTES RADIOACTIVAS

PRINCIPIOS PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

PRINCIPIOS PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Justificación



“Cualquier decisión que altere la situación de exposición a radiación debería producir más beneficio que daño”

Optimización (ALARA)



La magnitud de las dosis deben mantenerse tan reducidas como sea posible

Limitación de Dosis



“La exposición de individuos debe estar sujeta a una limitación en las dosis o mecanismo de control de riesgo”

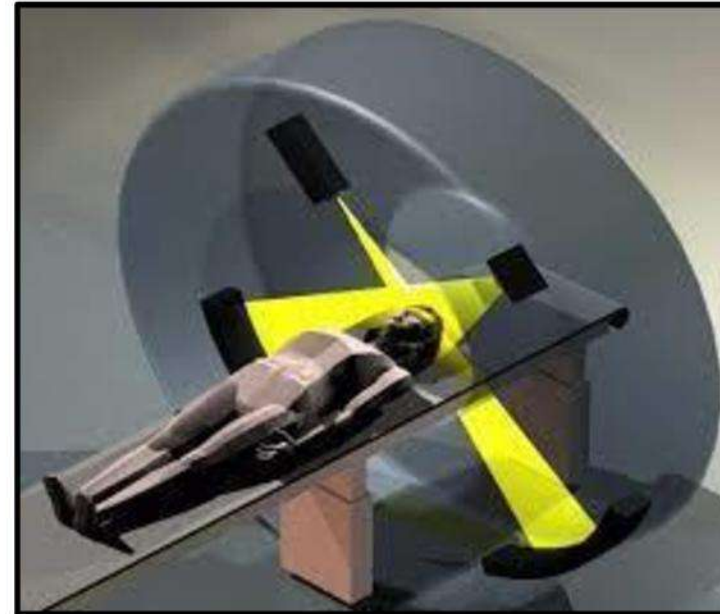
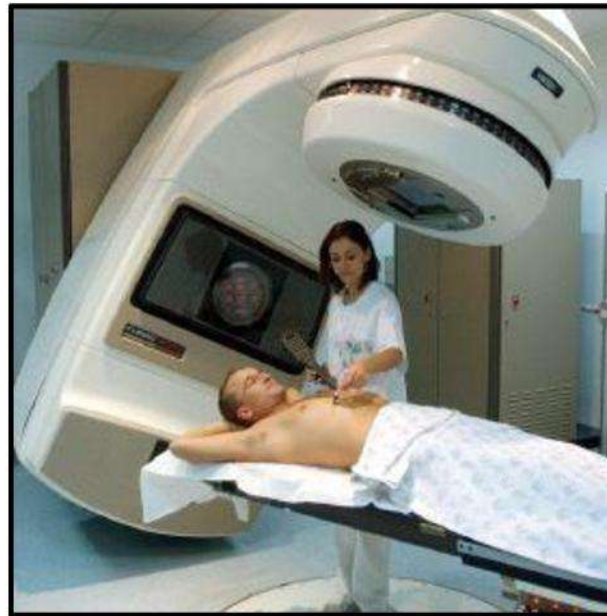


FUENTES RADIOACTIVAS

PRINCIPIOS PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

JUSTIFICACIÓN

“Cualquier decisión que altere la situación de exposición a radiación debería producir más beneficio que daño”



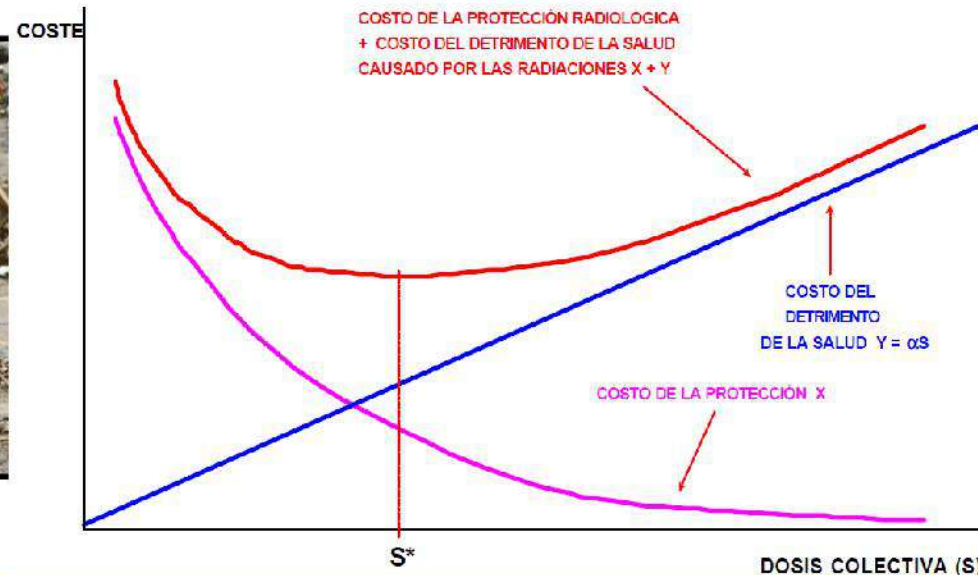


FUENTES RADIOACTIVAS

PRINCIPIOS PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OPTIMIZACIÓN

ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

“La magnitud de las dosis individuales, el número de individuos expuestos y la probabilidad de que se originen exposiciones distintas a las normalmente previstas, deben mantenerse tan reducidas como sea posible alcanzar teniendo en cuenta los factores económicos y sociales aplicables.”





FUENTES RADIOACTIVAS

PRINCIPIOS PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

LIMITACIÓN DE DOSIS

“La exposición de individuos que se produzca como resultado de una determinada práctica debe estar sujeta a una limitación en las dosis; o si se trata de exposiciones potenciales, a algún mecanismo de control de riesgo,”



Órgano Expuesto	Límites de Dosis [mSv-año]
Cuerpo entero, gónadas, médula ósea	50
Cristalino	300
Cualquier otro órgano de forma individual	500



FUENTES RADIOACTIVAS

SEÑALIZACIÓN

- Debe emplearse exclusivamente para el riesgo al que se refiere. Hay que respetar siempre la señalización y nunca ser indiferente a ella.
- El TRISECTOR es el símbolo internacional de la radiactividad, indica la presencia real o potencial de radiaciones ionizantes.
- Los colores utilizados están normados y no deben ser modificados.





FUENTES RADIOACTIVAS

SEÑALIZACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOACTIVO

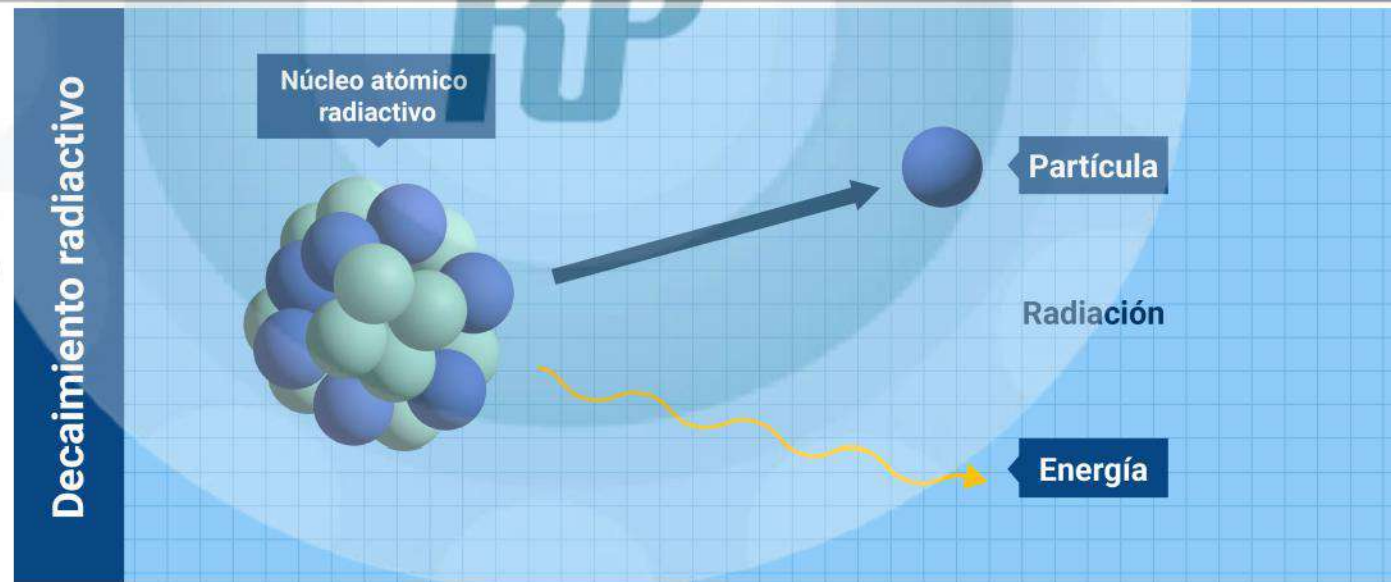




FUENTES RADIOACTIVAS

DECAIMIENTO RADIOACTIVO

-  La mayoría de los átomos en la Tierra son estables, debido a una composición equilibrada y estable de partículas (neutrones y protones) en su centro (o núcleo).
-  En algunos tipos de átomos inestables, la composición del número de protones y neutrones en el núcleo no es la adecuada para mantener las partículas juntas.
-  Dichos **átomos inestables** “átomos radiactivos” **decaen** cuando emiten energía en forma de radiación ionizante (partículas alfa, beta, rayos gamma o neutrones).
-  Si utilizamos esta energía de manera segura, podemos obtener buenos resultados.

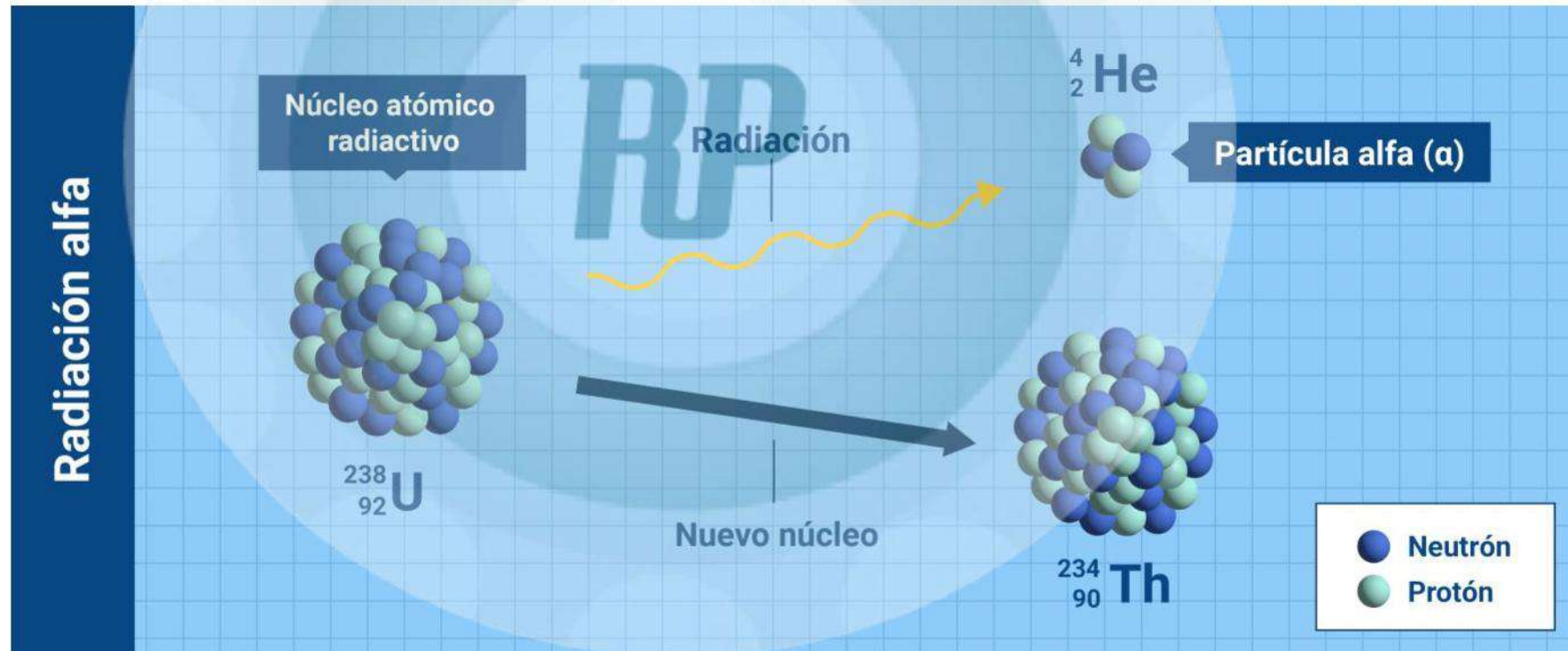




FUENTES RADIOACTIVAS

DECAIMIENTO RADIOACTIVO “ α ”

- En la radiación alfa, los núcleos liberan partículas pesadas con carga positiva para hacerse más estables. Estas partículas no pueden penetrar nuestra piel y causar daño. Muchas veces basta con utilizar una simple hoja de papel para detener su paso.*
- Sin embargo, si ingerimos o inhalamos un material que emite partículas alfa, nuestros tejidos internos pueden quedar expuestos directamente a este tipo de radiación y, en ese caso, ponemos en riesgo nuestra salud.*



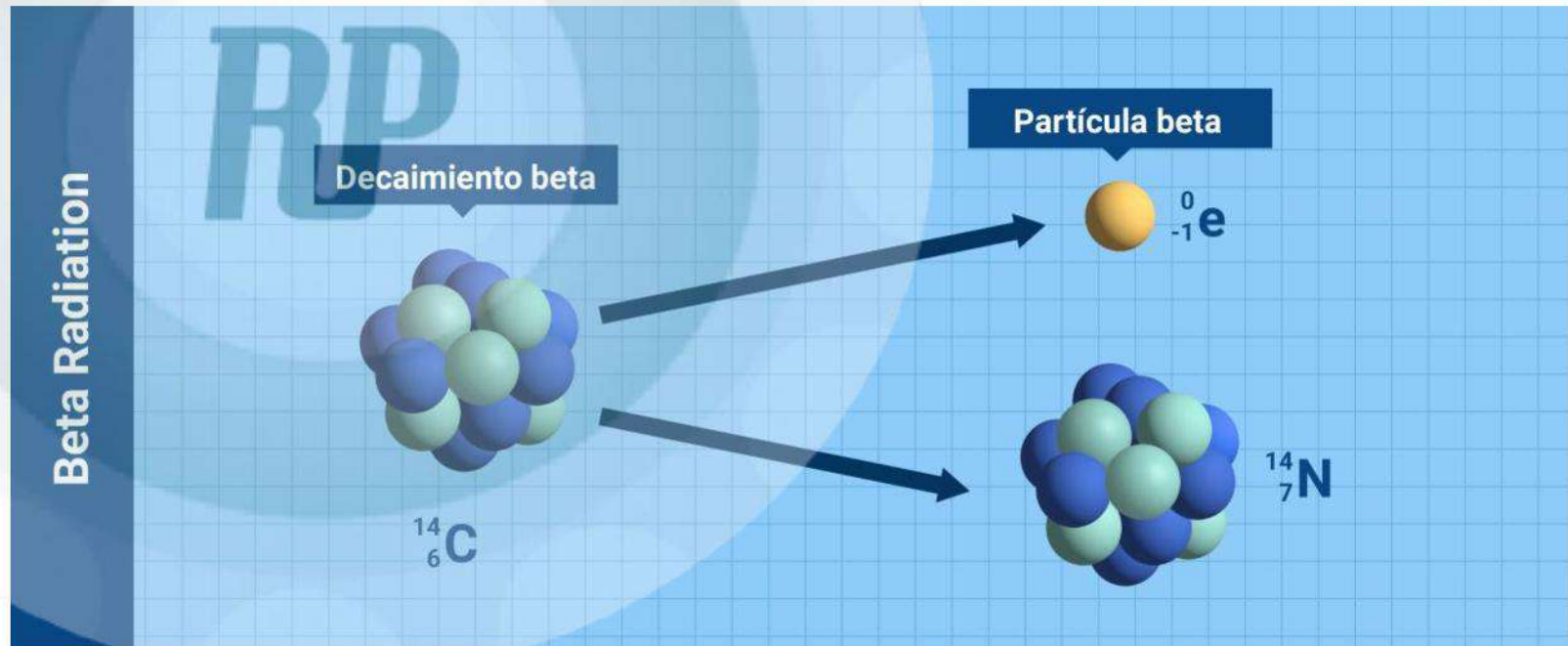


FUENTES RADIOACTIVAS

DECAIMIENTO RADIOACTIVO “ β ”

- En la **radiación beta**, los núcleos liberan partículas más pequeñas (electrones), más penetrantes que las partículas alfa y que pueden atravesar, entre otras cosas, 1 o 2 centímetros de agua, en función de su energía.
- Por lo general, podríamos detener el paso de la radiación beta con **una lámina de aluminio** de unos cuantos milímetros de espesor.
- Entre los átomos inestables que emiten radiación beta se encuentran el **hidrógeno 3 (tritio)** y el **carbono 14**.

- El **tritio** se utiliza, por ejemplo, en las luces que indican las salidas de emergencia en entornos oscuros (la radiación beta proveniente del tritio hace brillar un componente de fósforo sin necesidad de electricidad).
- El **carbono 14** se utiliza, entre otras cosas, para datar objetos antiguos.



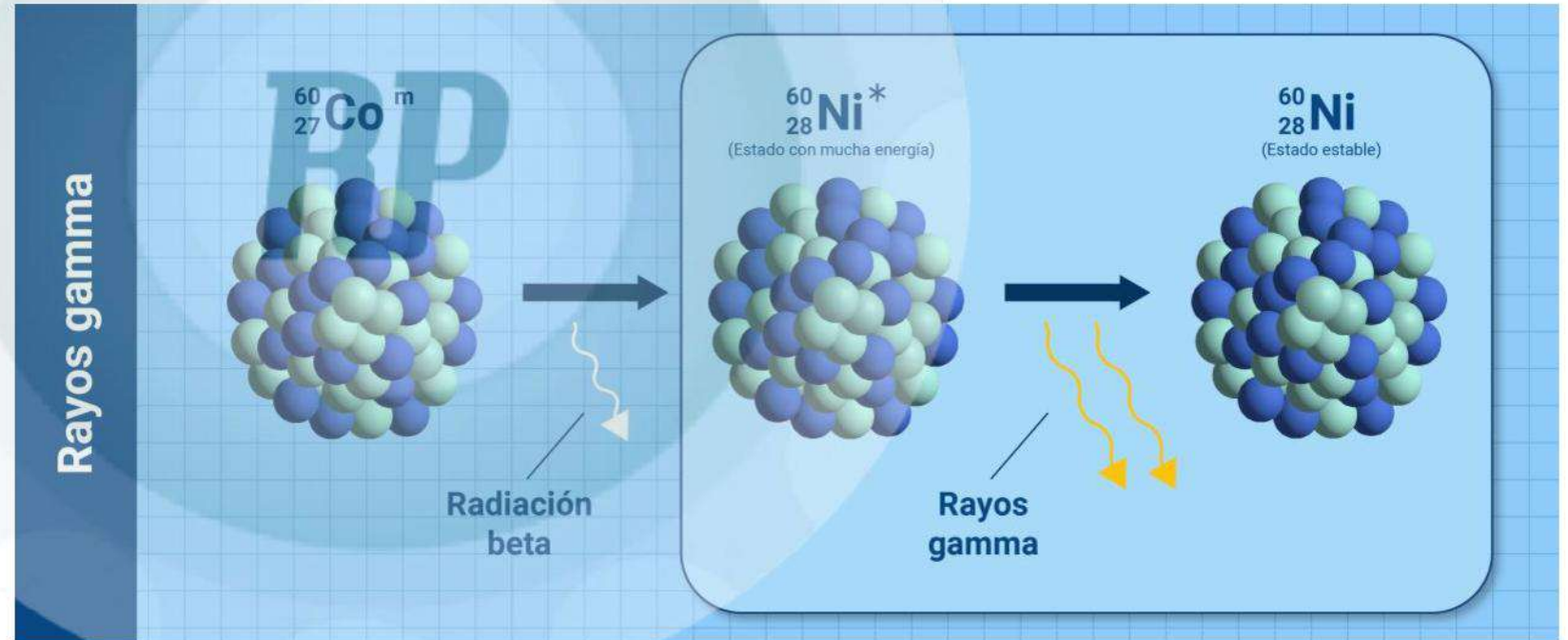


FUENTES RADIOACTIVAS

DECAIMIENTO RADIOACTIVO “ γ ”

- Los rayos gamma, que tienen varias aplicaciones, como el tratamiento del cáncer, son un tipo de radiación electromagnética, similar a los rayos X.
- Algunos tipos de rayos gamma atraviesan el cuerpo humano sin causar daño, pero, en otras ocasiones estos rayos son absorbidos por el organismo y pueden ser perjudiciales.

- La intensidad de los rayos gamma puede reducirse a valores que entrañen menos riesgos mediante el uso de paredes gruesas de hormigón o plomo.
- Ese es el motivo por el cual las salas de radioterapia de los hospitales, en las que se trata a los pacientes con cáncer, tienen paredes tan gruesas.





FUENTES RADIOACTIVAS

RADIOSENSIBILIDAD

LEY DE LA RADIOSENSIBILIDAD

-  *Bergonie y Tribandeu:* Los tejidos y órganos más sensibles a las radiaciones son los menos diferenciados y los que exhiben alta actividad reproductiva. Como ejemplo, tenemos:
-  *Tejidos altamente radiosensibles:* Epitelio intestinal, órganos reproductivos (ovarios, testículos), médula ósea, glándula tiroides.
-  *Tejidos medianamente radiosensibles:* tejido conectivo.
-  *Tejidos poco radiosensibles:* neuronas, hueso.



FUENTES RADIOACTIVAS

EFFECTO FOTOELÉCTRICO

DEFINICIÓN

-  Se describe cuando un fotón gamma interactúa con un electrón atómico y le transfiere su energía, expulsando a dicho electrón del átomo.
-  La energía cinética del fotoelectrón resultante es igual a la energía del fotón gamma incidente menos la energía de enlace del electrón.
-  El efecto fotoeléctrico es el mecanismo de transferencia de energía dominante para rayos x y fotones de rayos gamma

APLICACIONES

-  Intervienen en procesos como el control de productos industriales, las transmisiones por fax, los tubos de televisión o los amplificadores de imágenes.
-  Entre las más conocidas aplicaciones estan, las células fotoeléctricas usadas para la detección de presencia y los equipos fotovoltaicos de los paneles de energía solar.



FUENTES RADIOACTIVAS

EFFECTO COMPTON

- La potencia de los rayos gamma los hace útiles en la esterilización de equipamiento médico.
- Se suelen utilizar para matar bacterias e insectos en productos alimentarios tales como carne, huevos y vegetales, con el fin de mantener su frescura.
- Debido a la capacidad de penetrar en los tejidos, los rayos gamma o los rayos X tienen un amplio espectro de usos médicos, como la realización de tomografías y radioterapias.
- Como forma de radiación ionizante, tienen la habilidad de provocar cambios moleculares, pudiendo tener efectos cancerígenos si el ADN es afectado.
- A pesar de las propiedades cancerígenas, los rayos gamma también se utilizan para el tratamiento de ciertos tipos de cáncer.
- Los rayos son emitidos desde distintos ángulos para focalizar la radiación en el tumor a la vez que se minimiza el daño a los tejidos de alrededor.

¡Gracias!



**Centro de
Especializaciones
Noeder**

Conéctate con nuestra comunidad

