

# RADIACIONES IONIZANTES



Clara Guillén

# CONTAMINANTE

Genéricamente hablando es un producto **químico**, una **energía** o un **ser vivo** presente en un medio laboral, que en **cantidad** o **concentración suficiente** pueden alterar la salud de las personas que entran en relación o contacto con él.



# Clasificación de los contaminantes

## ERGONÓMICOS

## QUÍMICOS

- Gases
- Vapores
- Nieblas
- Materia particulada
- Humos
- etc.

## FÍSICOS

- Ruido
- Vibraciones
- Ambiente térmico
- Radiaciones ionizantes
- Radiaciones no ionizantes
- Iluminación

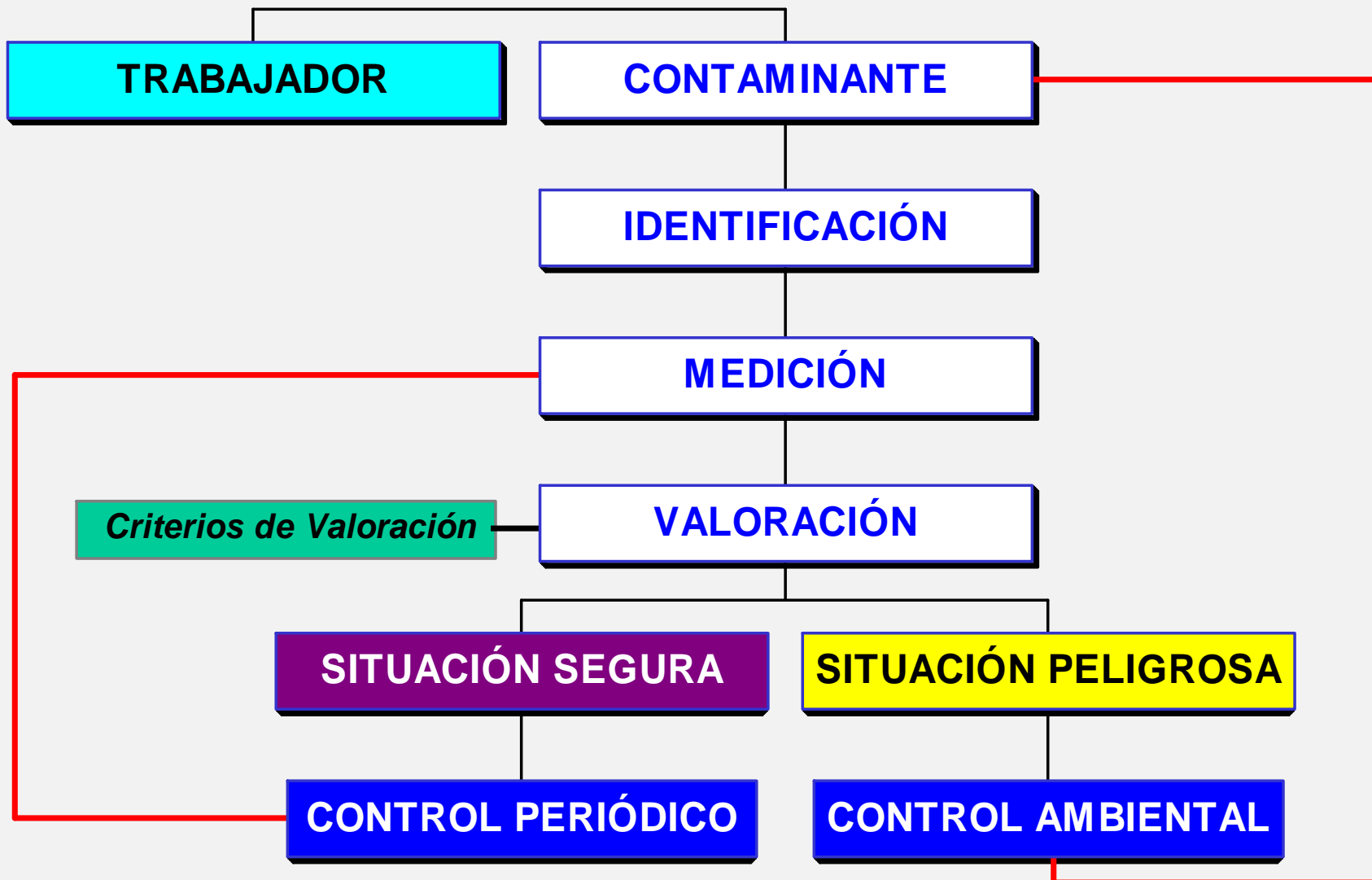
## BIOLÓGICOS

- Microorganismos
- Bacterias
- Hongos





# Esquema de actuación en higiene industrial



# Contaminante físico

Lo constituyen los distintos **estados** o **formas energéticas** (calorífica, mecánica, electromagnética, etc.)

cuya presencia en el **ambiente de trabajo** y debido a sus esenciales diferencias originan **riesgos higiénicos** diferentes entre sí

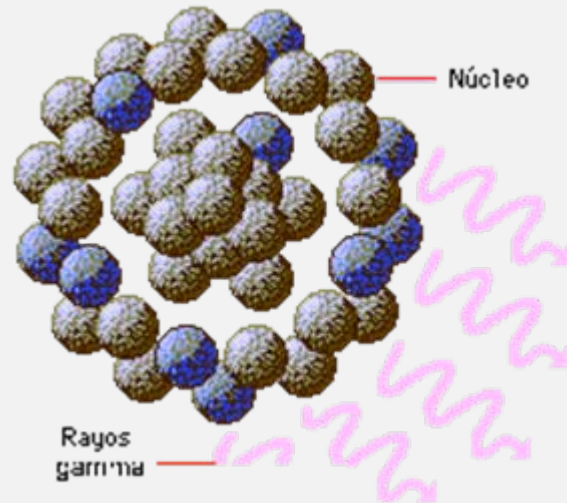
*Ruido, vibraciones, calor, frío, radiaciones ionizantes y no ionizantes, etc.*

# Radiación

Es **toda emisión o transferencia de energía** en forma de ondas electromagnéticas o partículas

## No ionizantes

- Ultravioletas.
- Luz visible.
- Infrarrojos.
- Microondas.
- Radiofrecuencias.
- Láser.

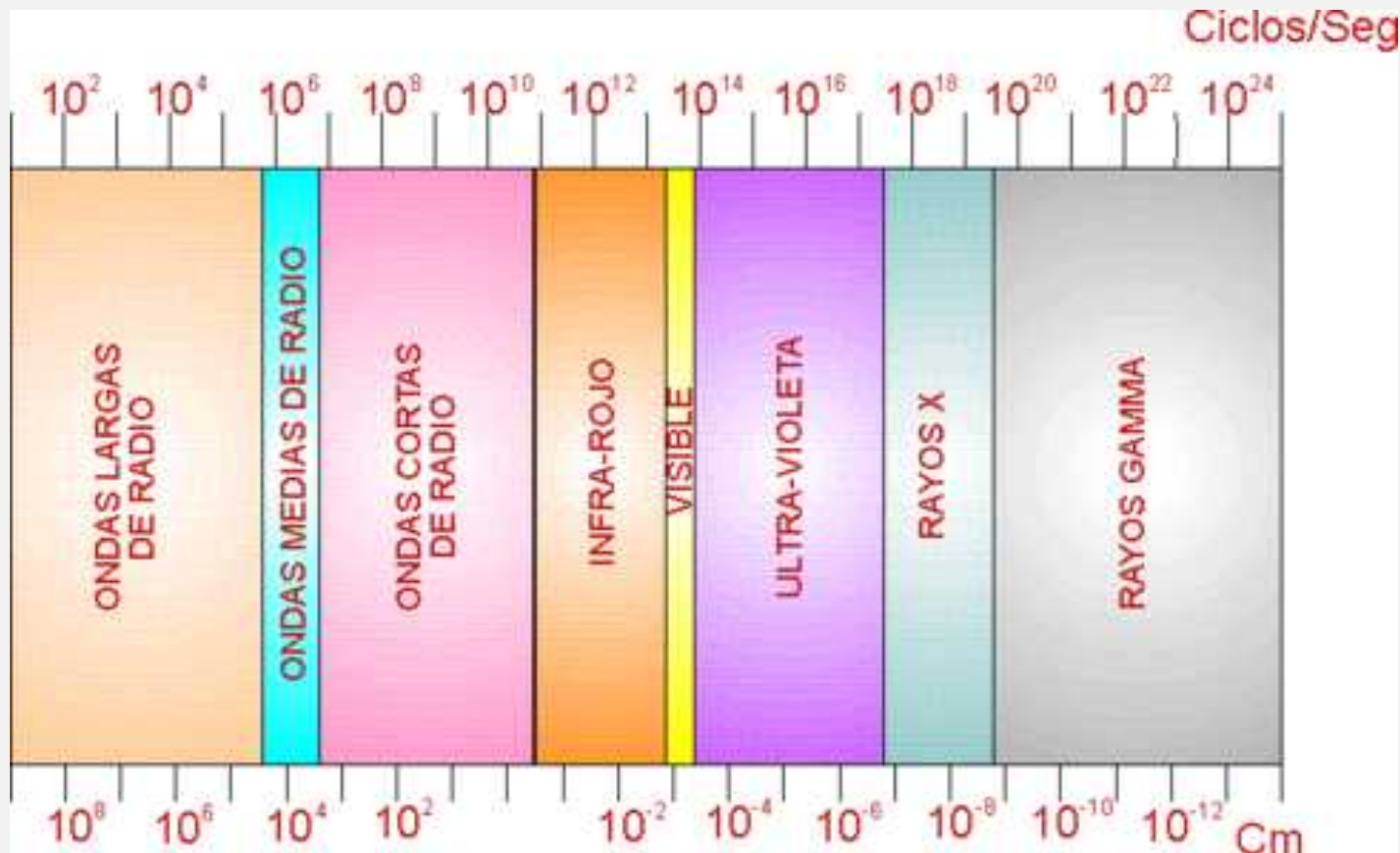


## Ionizantes

- Corpusculares:
  - Rayos  $\alpha$
  - Rayos  $\beta$
  - Protones
  - Neutrones
- Electromagnéticas:
  - Rayos  $\gamma$
  - Rayos X

# Espectro Electromagnético

Es el conjunto de **todas las formas de energía radiante** que existen en el Universo.

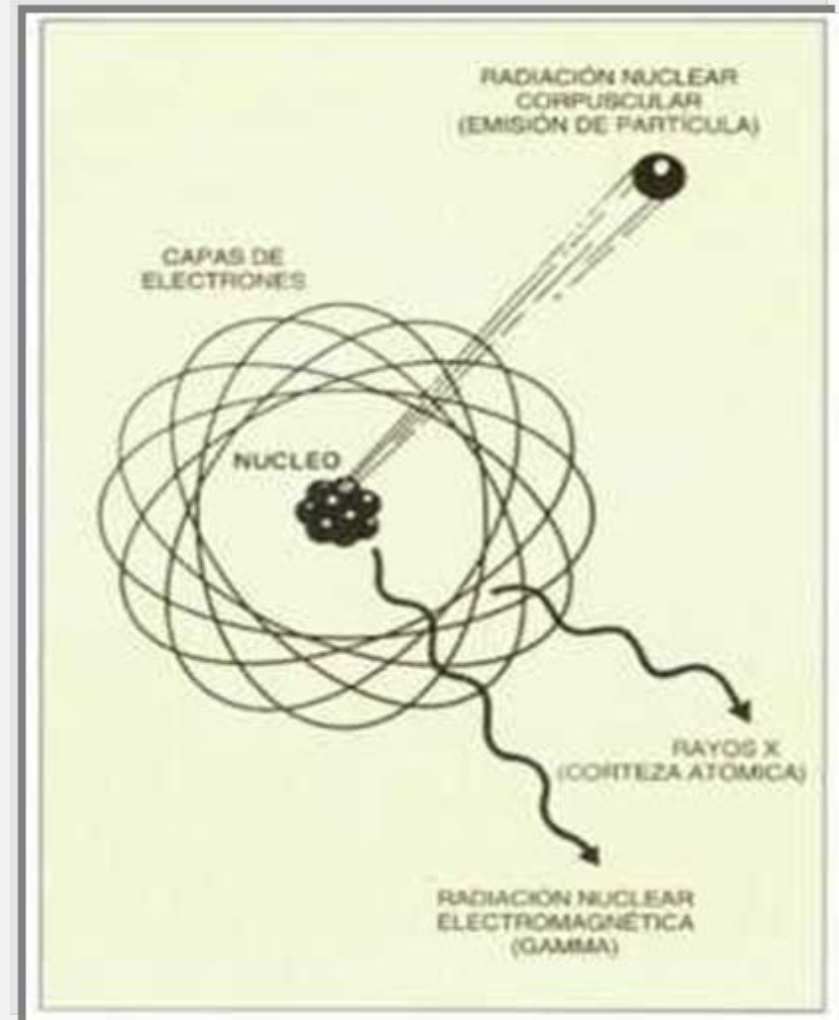




# Radiación ionizante

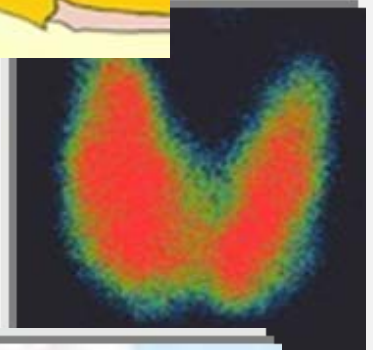
Es cualquier **radiación electromagnética** capaz de producir la **ionización** de manera directa o indirectamente, en su paso a través de la materia.

## Átomo radiactivo



# Procesos industriales generadores de radiaciones ionizantes

- Gammagrafía.
- Radiografía.
- Eliminación de la electricidad estática.
- Producción de energía eléctrica.
- Medicina nuclear.
- Tratamiento de alimentos.
- Detectores de humos.
- Producción de materiales luminiscentes.
- Tratamiento de plagas.
- Etc....



# Aplicaciones de esta radiación ionizante

1. Energía
2. Industria
3. Investigación y docencia
4. Alimentación
5. Medicina
6. Otros

# Uso como ENERGÍA

## a) Centrales y reactores: 7 centrales operativas (9 reactores)

- potencia eléctrica de 7.353 MW
- ≈33% de la demanda eléctrica en España.

Nueve reactores (7 centrales):

Almaraz 1 y 2, Ascó 1 y 2, Cofrentes, Zorita, Garoña, Trillo 1 y Vandellós 2

## b) Instalaciones radiactivas:

- 1ª categoría (1): Irradiación Industrial.
- 2ª categoría (925): comercialización (44), investigación y docencia (80), industria (549), medicina (252).
- 3ª categoría (1296): comercialización (21), investigación y docencia (75), industria (182) y medicina (92).

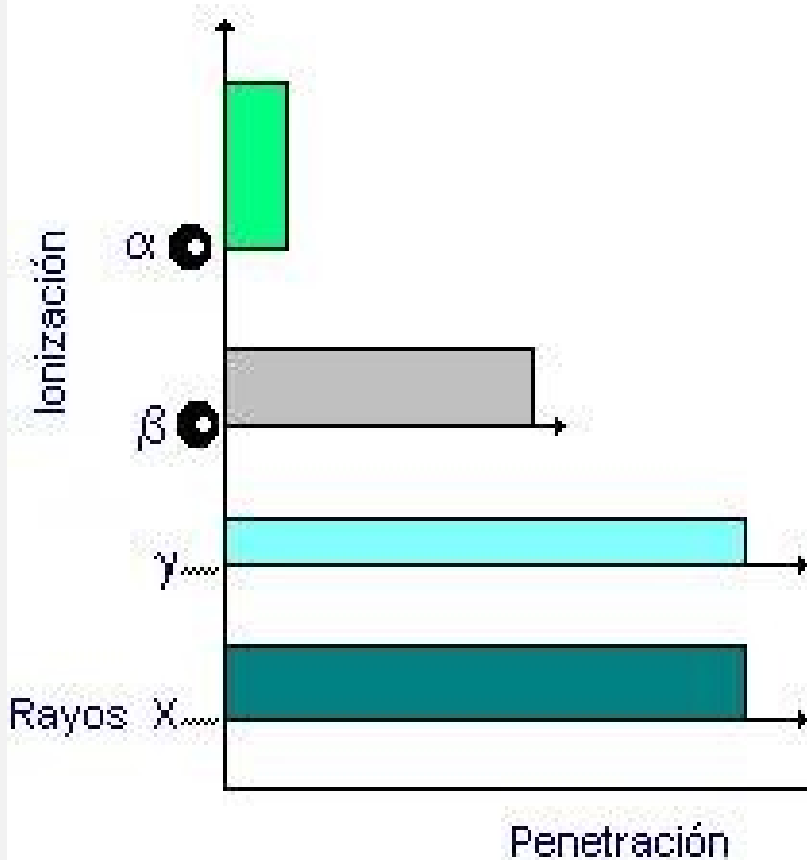
# Uso en MEDICINA

- Diagnóstico:
  - Por imagen:
    - RX convencional y escáner (TAC, TC helicoidal, TACAR)
    - Densitometría
    - Gammagrafías, SPECT y PET
  - Por radioinmunoanálisis (RIA):
    - Mediciones de hormonas, enzimas, virus de la hepatitis, ciertas proteínas del suero, fármacos y variadas sustancias.
- Tratamiento:
  - Radioterapia.
  - Terapia metabólica con isótopos no encapsulados (MN).
- Otros:
  - Radiovacunas para enfermedades parasitarias del ganado.

# Unidades de medida

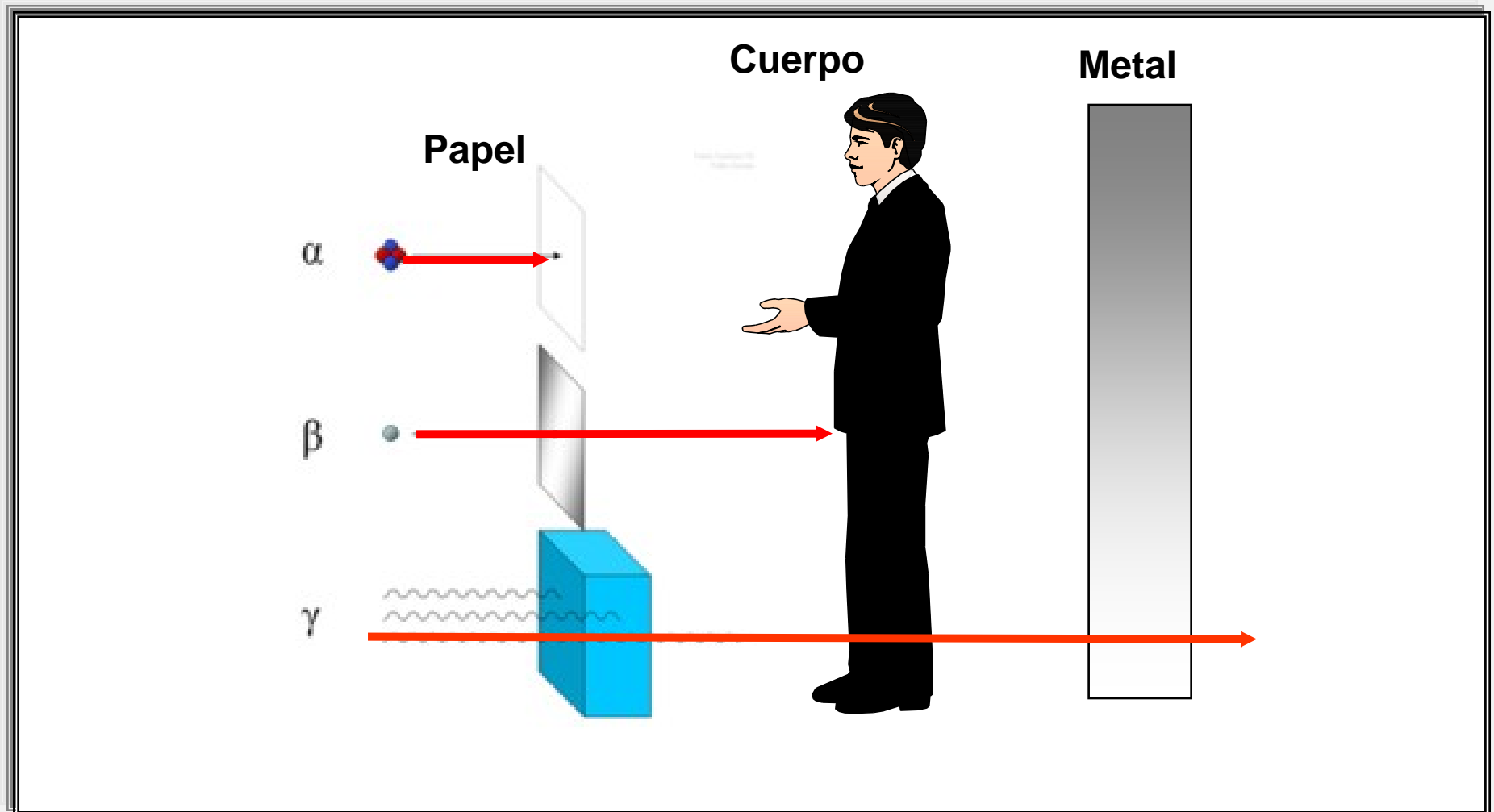
Unidades de Medida	Actual Unidad	Antigua Unidad	Correspondencia
Medida de la actividad de las fuentes radiactivas.	Bequerel (Bq)	Curio (Ci)	$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
Medida de "dosis absorbida".	Gray (Gy)	Rad	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad} = 1 \text{ Julio/Kg}$
Medida de "dosis equivalente" y de "dosis efectiva".	Sievert (Sv)	Rem	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$

# Penetración y nocividad de las radiaciones ionizantes



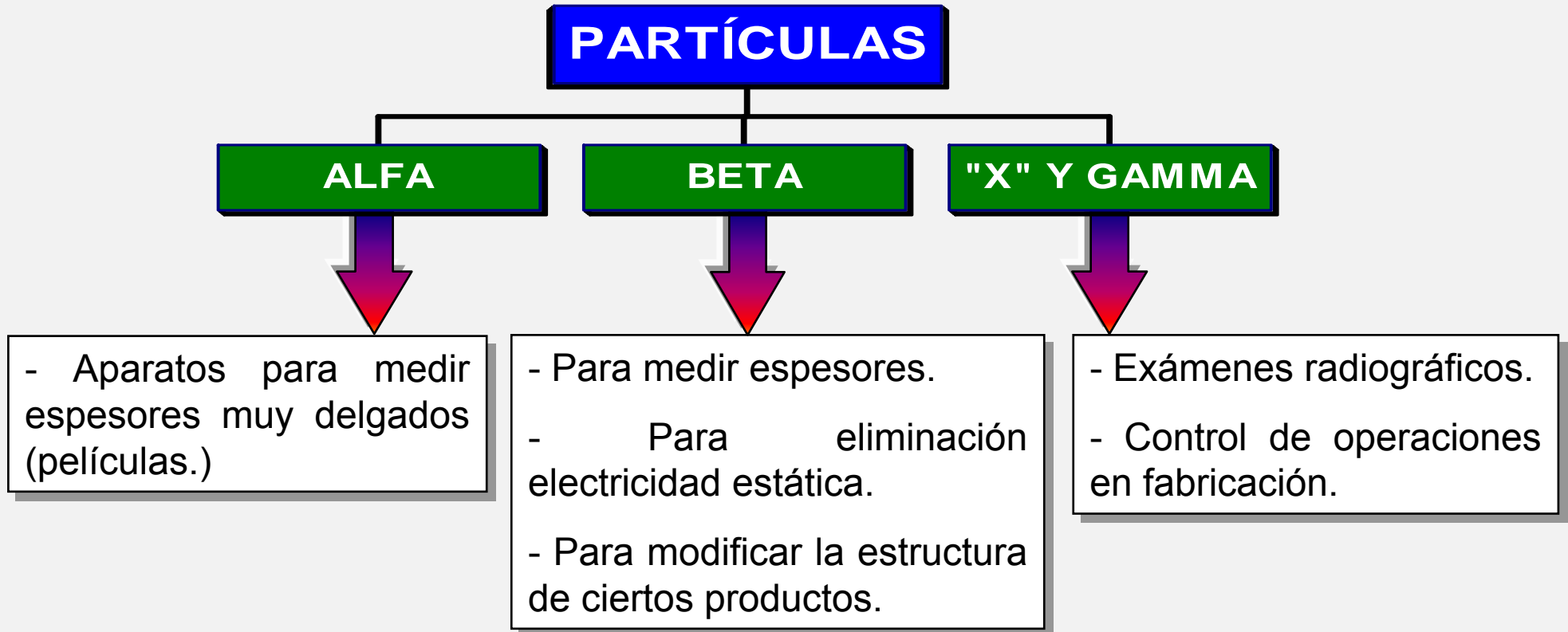
- ● : Corpusculares
- ~ : Electromagnéticas
- Partículas  $\alpha$  : Penetración muy escasa. Ionización alta. Máxima importancia en contaminación.
- Partículas  $\beta$  : Penetración escasa. Mayor importancia en contaminación.
- Radiación  $\gamma$  : Gran penetración. Importancia en irradiación y contaminación.
- Rayos X : Gran penetración. Importancia en irradiación.

# Penetración de las radiaciones ionizantes

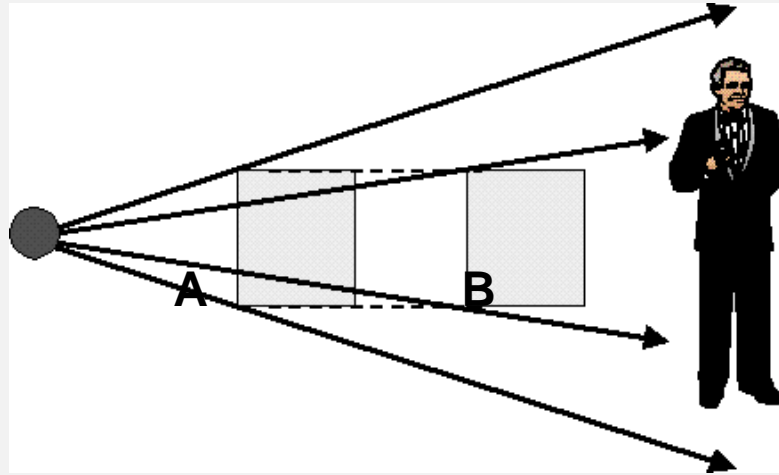




# Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

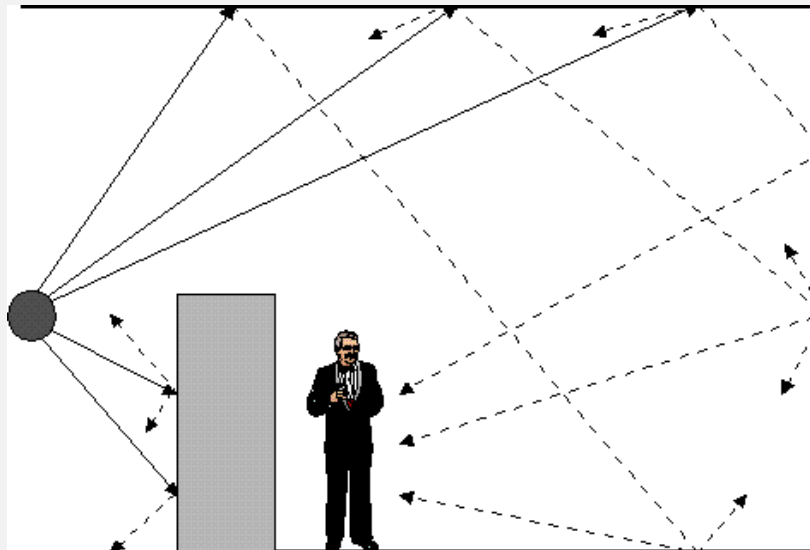


Fuente de radiación



*El mismo blindaje, colocado en A, protege por entero al operador. Trasladado a B, sólo protege parcialmente.*

Fuente de radiación



- Radiación Directa:

- Radiación Difusa:





## ↪ Cámaras o detectores de ionización gaseosa:

- *Geiger-Müller* ( $\beta$ , portátiles).
- *Contadores de centelleo*:
  - $R\gamma$  : espectrómetro de INa(Tl).
  - $\alpha$  y  $\beta$  de alta energía: detectores líquidos
- Ionización gaseosa (gas con boro): detectores de  $n^\circ$

## ↪ Dosímetros personales:

- ☞ De ionización: pequeñas cámaras de ionización o contador Geiger.
- ☞ De película fotográfica: para  $\beta - \gamma$ .
- ☞ De termoluminiscencia: capturan electrones liberados emitiendo luz tras ser calentados. Miden dosis en un tiempo determinado. Respuesta es casi equivalente a la del tejido biológico.

# Equipos de medida: monitores ambientales



Detector de centelleo



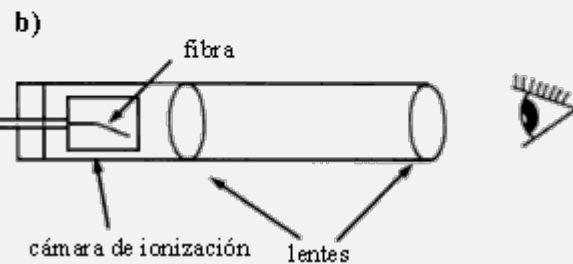
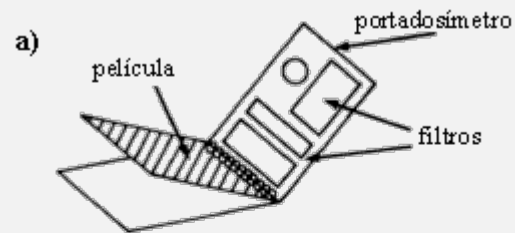
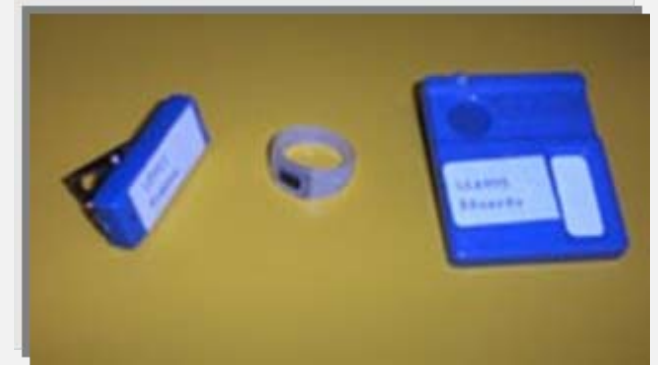
Detector de semiconductor



Detector de  
cámara de ionización



# Equipos de medida: Dosímetros personales



Dosímetro de  
cámara de ionización

Dosímetro de película

# VIGILANCIA DE RADIACIÓN

Ley 31/1995, de 8 de noviembre  
Prevención de Riesgos Laborales

RD 783/2001, de 6 de julio (BOE nº 178, de 26 de julio):  
Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes  
(deroga el anterior RD 53/1992, de 24 de enero)



- Evaluación previa condiciones laborales
- Determina:
  - Riesgo radiológico
  - Clasificación lugares de trabajo por zonas
  - Clasificación de los trabajadores

<b>Posibilidad de exposición</b>	<b>Dosis anual 1-6 mSv</b>	<b>Dosis anual &gt; 6 mSv</b>
Clasificación de trabajadores	Clase B	Clase A
Clasificación de zonas	Vigilada	Controlada
Vigilancia del ambiente de trabajo	Sí Dosimetría de área	Sí Si hay riesgo de contaminación: EPI y detectores de radiación obligatorios
Vigilancia individual	No	Sí Dosimetría personal
Vigilancia específica de la salud	No	Sí Inicial y anual

**Nota: Por debajo de una dosis anual de 1 mSv se considera que no hay exposición**

# Límites de dosis

<b><u>PÚBLICO</u> EN GENERAL</b>	
1952	0.03 rem/sem ( $\pm$ 0.3 mSv/sem)
1958	50 mSv/a
1977	5 mSv/a
2001	<b><u>1 mSv/a</u></b>



# Límites de dosis

<b>PERSONAL <u>PROFESIONALMENTE</u> EXPUESTO</b>	
1925	0,1 dosis eritema/año (equivale a 69 R/año para rayos X moderadamente duros - aproximadamente son 662 mSv/año (Dtejido (rad) = 0,96.X ( R ))
1928	100 R/año (equivale a unos 960 mSv/año)
1934	60 R/año (equivalen a unos 576 mSv/año)
1949	0,3 rem/semana o 15 rem/año (equivale a 3 mSv/semana o 150 mSv/año)
1956	0,1 rem/semana o 5 rem/año (equivale a 1 mSv/semana o <b><u>50 mSv/año</u></b> )
1977	<b><u>50 mSv/año</u></b>
1990	100 mSv en 5 años ( <b><u>± 20 mSv/a</u></b> ): máximo 50 mSv cualquier año

# Límites de dosis

## RD 783/2001

- Dosis efectiva: suma de dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos debido a irradiaciones externas e internas, debe ser:
  - Profesionalmente expuestos  $\approx 20$  mSv/a
  - Aprendices y estudiantes (16-18 a) : 6 mSv/año
  - Personas no expuestas profesionalmente (público, aprendices y estudiantes <16 a): 1 mSv/a

# Criterios ALARMA

- **Justificación.**
  - No se debe adoptar ninguna práctica que entrañe exposición a la radiación, a menos que produzca un beneficio mayor que los daños que cause o pueda causar.
- **Optimización.**
  - Las dosis o riesgos de la radiación deben reducirse al nivel más bajo que pueda alcanzarse. Criterio “ALARA”
- **Limitación.**
  - La exposición de los individuos no debe exceder de los límites de dosis establecidos.

# Radiaciones ionizantes

## LÍMITES REGLAMENTARIOS DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL Para personas clasificadas como trabajadores expuestos

Real Decreto 783/2001, de 6 de Julio,

### Reglamento sobre: “ Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

ÓRGANO	LÍMITE DE DOSIS POR AÑO
<b>Organismo entero</b> (dosímetro de pecho o TLD) (dosimetría de área)	<b>100 mSv (10 rems).</b> - Durante todo periodo de 5 años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de <b>50 msv (5 rems)</b> en cualquier año oficial.
<b>Cristalino</b>	<b>150 mSv (15 rems) año.</b>
<b>Extremidades</b> (manos y antebrazos, pies y tobillos)	<b>500 mSv (50 rem) año.</b>
<b>Para cualquier otro órgano o sistema individual</b>	<b>500 mSv (50 rems) año.</b>

# Radiaciones ionizantes

## LÍMITES REGLAMENTARIOS DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL Para personas clasificadas como trabajadores expuestos

Real Decreto 783/2001, de 6 de Julio,

**Reglamento sobre: “ Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes**

### LÍMITES ESPECIALES DE DOSIS

- Para los miembros al público <b>Cristalino</b> <b>Piel</b>	<b>1 mSv (0,1 rems).- año</b> <b>15 mSv (1,5 rems) año.</b> <b>50 mSv (5 rems) año.</b>
- Para personas en formación y estudiantes con edades comprendidas entre 16 y 18 años. <b>Cristalino</b> <b>Extremidades</b> (manos y antebrazos, pies y tobillos) <b>Para cualquier otro órgano o sistema individual</b>	<b>6 mSv al año.</b> <b>50 mSv (5 rems) año.</b> <b>150 mSv (15 rems) año.</b> <b>150 mSv (15 rems) año.</b>
- Mujeres gestantes (dosis al feto)	<b>1 mSv en embarazo.</b>


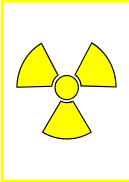
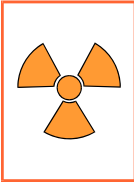
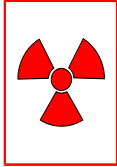
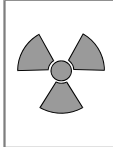
## CLASIFICACIÓN DE LAS PERSONAS PROFESIONALMENTE EXPUESTAS

Los trabajadores se consideraran expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv por año oficial y se clasificaran en dos categorías:

- **Categoría A:** personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, pueden recibir una dosis superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.
- **Categoría B:** personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

*(Real Decreto 783/2001)*

# Definición de Zonas y Señalización (R.D. 783/2001)

ZONA	DEFINICIÓN	SEÑALIZACIÓN
<b>ZONA LIBRE</b>	Es aquella en la que el público, permaneciendo en dicha zona de una manera continuada, no recibirá 1/10 de las "Dosis Equivalentes Máximas Admisibles Anuales" (D.E.M.A)	
<b>ZONA CONTROLADA DE PERMANENCIA LIMITADA</b>	Es aquella zona que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis establecidos para los trabajadores profesionalmente expuestos.	
<b>ZONA CONTROLADA DE PERMANENCIA REGLAMENTADA</b>	Es aquella zona que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis establecidos para los trabajadores profesionalmente expuestos.	
<b>ZONA CONTROLADA DE ACCESO PROHIBIDO.</b>	Es aquella en la que HAY riesgo de recibir en una sola exposición una dosis superior al límite de dosis anual establecido..	
<b>ZONA VIGILADA</b>	Es aquella zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv (0,1 Rems) por año oficial o una dosis equivalente superior a los 1/10 de los límites de dosis equivalente establecidos para los trabajadores profesionalmente expuestos.	

# Zonas instalación radioactiva

- **ZONA VIGILADA**: gris-azulado
  - posibilidad de recibir dosis efectivas  $> 1$  mSv/a oficial o una dosis equivalente  $> 1/10$  (pero  $< 3/10$ ) de límites anuales de dosis equivalente para cristalino, piel y extremidades
- **ZONA CONTROLADA**: verde
  - existe la posibilidad de dosis efectivas  $> 6$  mSv/a oficial o dosis equivalente  $> 3/10$  de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.
  - Subdivisión:
    - **PERMANENCIA LIMITADA** (amarillo): Riesgo de dosis  $>$  límites anuales.
    - **PERMANENCIA REGLAMENTADA** (naranja): Riesgo de dosis  $>$  a los límites en cortos periodos de tiempo.
    - **ACCESO PROHIBIDO** (rojo): Riesgo de dosis  $>$  límites con una única exposición.





# Efectos biológicos de la RI

## ★ No estocásticos: Somáticos ciertos

- Se originan 'lesiones' ante una irradiación concreta (no por azar).
- Dosis umbral: por debajo no hay efecto biológico
- A más dosis, mayor gravedad
- Defectos reparables (al menos parcialmente)
- Espaciar dosis reduce el efecto

## ★ Estocásticos: Probabilísticos

- No umbral.
- $A < \text{dosis} < \text{probabilidad}$  pero no menor gravedad (efecto siempre grave).
- Somáticos (carcinogénesis) y hereditarios (alteraciones genéticas)

## INTERACCIONES BIOLÓGICAS DE LAS RRII: RESPUESTA CELULAR

La interacción con células es una función de **PROBABILIDAD** (azar): puede o no interaccionar.

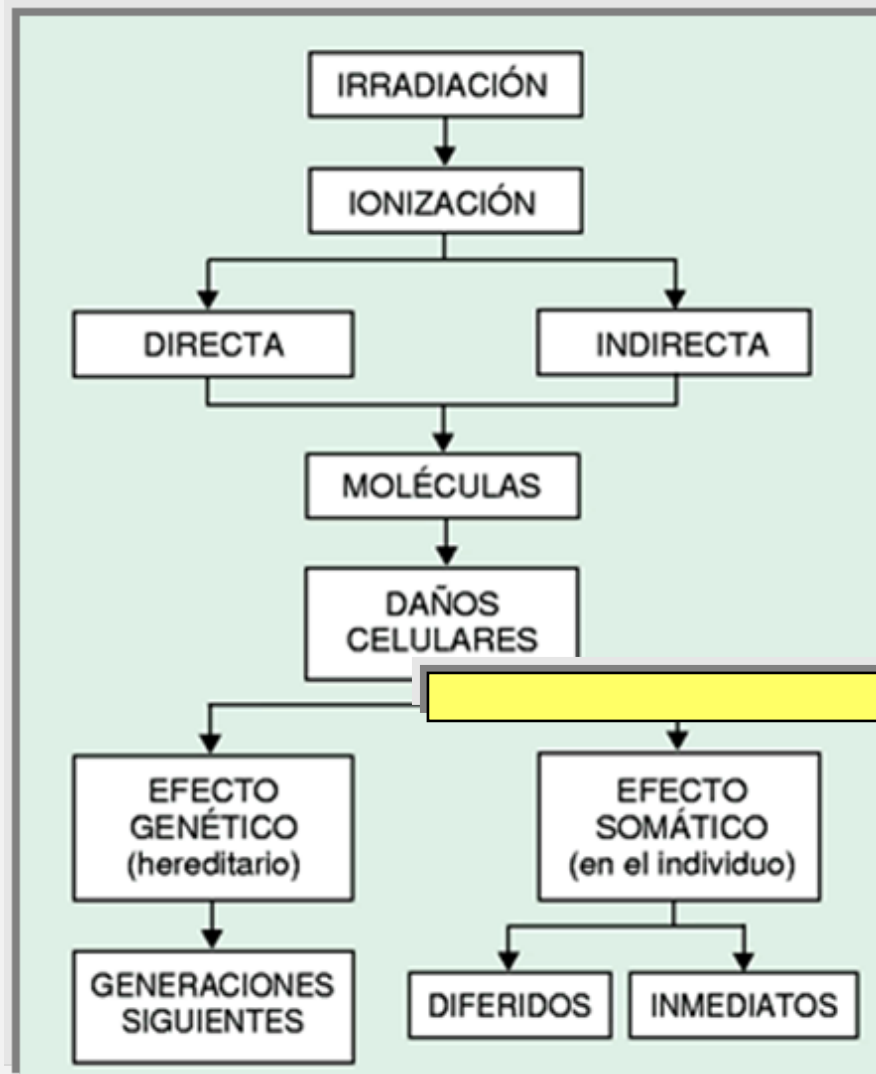
La interacción **NO ES SELECTIVA**: en cualquier parte de la célula al azar.

Los cambios producidos **NO SON ESPECÍFICOS**: indistinguibles de otro tipo de trauma.

La acción de las RRII nunca lleva un beneficio.

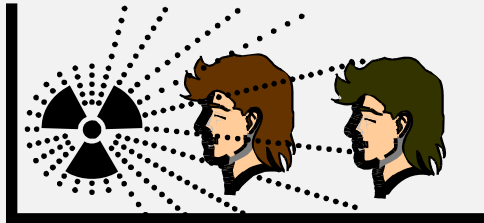
Los cambios biológicos se manifiestan sólo tras un **PERIODO DE LATENCIA**.

# Efectos de las radiaciones

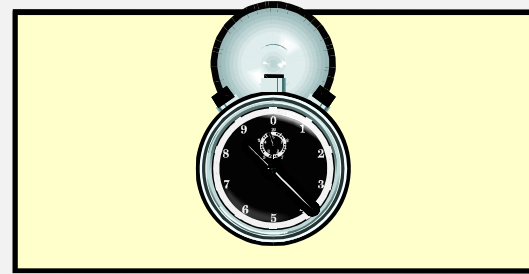


- Piel.
- Aparato digestivo.
- Sistema reproductor.
- Ojos.
- Cardiovascular.
- Huesos y cartílagos.
- Sistema nervioso.
- Etc.

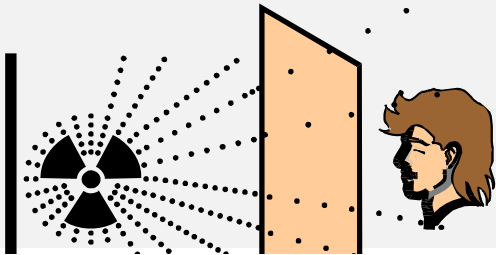
# Protección contra las radiaciones ionizantes



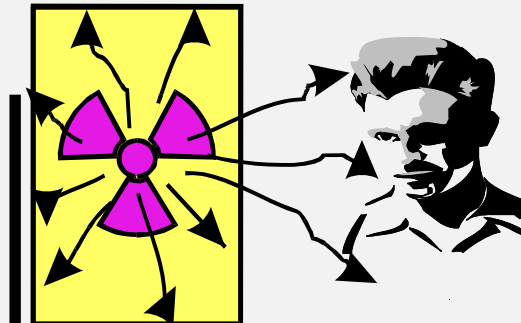
A mayor distancia, menor exposición y dosis.



La dosis es siempre proporcional al tiempo.



Un blindaje adecuado, permite acortar y reducir la dosis.



Cesa el efecto, cuando cesa la exposición.

# Reglamento de protección radiológica

## Título VII, RD 783/2001

Actividades laborales con exposición importante a radiación natural:

1. Inhalación de descendientes del torón, radón y R<sub>y</sub>:
  - Minas subterráneas y cuevas turísticas
  - Balnearios y piscinas cubiertas de aguas subterráneas
  - Túneles y galerías de diferentes tipos
  - Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo
  - Redes de metro o trabajos subterráneos en ciudades
2. Procesos industriales de materiales con radionucleidos naturales:
  - Procesamiento de fosfatos
  - Industrias de extracción de gas y petróleo
  - Industrias de minería y procesamiento de minerales metálicos (Sn, Al, Cu, Zn, Pb...)
  - Industrias de procesamiento de tierras raras
  - Centrales térmicas del carbón
  - Industrias de materias de construcción, canteras y cementeras
  - Manufactura y utilización de compuestos de torio
  - Industrias de pigmentos de dióxido de titanio
3. Manipulación/almacenamiento de material radiactivo o que genere residuos radiactivos con radionúclidos naturales.
4. Radiación cósmica durante operaciones con aeronaves.

Viviendas: Recomendación UE 90/143/EURATOM

# Consejo de Seguridad Nuclear

- Ley 15/1980 (creación)
- Independiente (Congreso)
- Funciones (modificaciones Ley 40/97 y 14/99):
  - 1) Vigilar el medio ambiente: mediciones en tiempo real de radiactividad ambiental con red de estaciones automáticas.
  - 2) Instalaciones: estudio previo, autorización, funcionamiento.
  - 3) Licencias (operador, supervisor).
  - 4) Emergencia nuclear-radiactiva: apoyo técnico.
  - 5) Control de las dosis en expuestos y población general.
  - 6) Investigación.
  - 7) Reglamentación y normativa.

# ENRESA

## Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A

- RD 1522/1984.
- Gestión de residuos radiactivos y desmantelado de instalaciones.
- **Cometidos:**
  - Recogida/transporte/tto/acondicionamiento.
  - Estériles.
  - Almacenamiento RBMA y su gestión a largo plazo.
  - Clausura instalaciones, desmantelamiento y restauración ambiental.
  - Emergencias nucleares (apoyo a Protección Civil).
  - I+D.
  - Información pública, etc.

# Residuos

## ■ España:

- 9 reactores nucleares.
  - 100% RAA
  - 90% RBMA
- De  $\pm 1300$  instalaciones médicas/investigación/industriales,  $\approx 700$  dan residuos.
  - 10 % RBMA: uso industrial (60%), médico (30%) e investigación-docencia (10%).

## 1) Combustible Gastado y RAA:

- Reprocesado vs Almacenado:
  - temporal (piscinas, contenedores).
  - emplazamiento definitivo.





# Residuos (II)

## 2) RBMA:

- 1º tratamiento y acondicionamiento.
- 2º almacenamiento definitivo: EL CABRIL.



**El Cabril**

# CIEMAT

## Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

- Desde 1951 (JEN). Centro de Moncloa: 1954
- CIEMAT: 1986.
- Organismo Público de Investigación en energía, medio ambiente, nuevas tecnologías e investigación básica.
- Proyectos I+D en varios centros en España:
  - EXISTENTES: fusión nuclear; física de partículas/superconductividad; protección Radiológica...
  - NUEVAS: producción H<sub>2</sub>; residuos; simulación numérica; tecnologías Informáticas.
  - MANTENIDAS: seguridad, combustible nuclear, contaminación atmosférica; energías renovables...
- Asesoramiento a las administraciones públicas.
- Colaboraciones en programas de la UE (I+D y tratado EURATOM), con ENRESA y CSN.

# ENUSA

## Empresa Nacional del Uranio

- Abastecer de combustible.
- Acuerdos comerciales, participaciones financieras en sociedades.
- Intercambio de tecnología para ingeniería y fabricación de elementos combustibles.
- Madrid: Sede Social, SS Centrales + centro de ingeniería de combustible
- Instalaciones industriales:
  - Fábrica de elementos combustibles, en Juzbado
  - Centro Mediomambiental de Ciudad Rodrigo



Muchas gracias