MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

MÓDULO 0: CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

0.1 EFECTOS DE LA RADIACTIVIDAD Y PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EL ÁTOMO (1)

- Unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene su identidad o propiedades.
- Eléctricamente neutros:
  - Núcleo: en él se concentra casi toda la masa del átomo y está cargado positivamente. Está constituido por las siguientes partículas:
    - Protones: partícula unas 1840 veces más pesada que el electrón, con la misma carga que el electrón pero positiva.
    - Neutrones: masa similar al protón pero sin carga eléctrica
  - Corteza: formada por electrones, cuya carga total es igual y de signo contrario al núcleo.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EL ÁTOMO (2)

- PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS:
  - –Número atómico (Z): número de protones del núcleo.
  - –Número másico (A): número de protones más número de neutrones.

  Nº PROTONES + Nº NEUTRONES = Nº NUCLEONES

  Estos números caracterizan un átomo o nucleido: los átomos con mismo número atómico y diferente número de nucleones (número másico) se conocen como ISÓTOPOS.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

ESTABILIDAD NUCLEAR

- Átomos estables: los valores de A y Z no cambian con el tiempo.
- Átomos inestables: los valores de A y Z varían con el tiempo.

  Desintegración: Fenómeno mediante el cual los nucleidos modifican su composición espontáneamente emitiendo partículas o radiación electromagnética hasta que alcancen la estabilidad.

  Constante de desintegración: el proceso de desintegración es aleatorio con una probabilidad λ llamada constante de desintegración.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RADIACTIVIDAD Y ACTIVIDAD (1)

- RADIACTIVIDAD: propiedad que tienen algunos elementos químicos de emitir partículas u ondas electromagnéticas. Es la capacidad de los nucleidos inestables de desintegrarse espontáneamente buscando la estabilidad.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RADIACTIVIDAD Y ACTIVIDAD (2)

- La actividad del material radiactivo se mide por el número de desintegraciones por unidad de tiempo ⇨ Becquerelio (**Bq**): desintegración nuclear por segundo.
- Periodo de semidesintegración: tiempo necesario para que los radionucleidos reduzcan a la mitad su número inicial.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RADIACTIVIDAD Y ACTIVIDAD (3)

- Cada núcleo tiene cierta esperanza de vida, señalada como **vida media** y representada por el símbolo τ.
- La vida media de un nucleido es por lo tanto su esperanza de vida, y es proporcionada por la expresión siguiente: $\tau = 1/\lambda = 1.443\ T_{1/2}$.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RADIACIONES IONIZANTES (1)

- La radiación es la emisión y propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas.
- Está caracterizada por dos parámetros:
  - LONGITUD DE ONDA (λ). Unidad (m)
    - Distancia más corta que separa dos puntos en el mismo estado de oscilación.
  - FRECUENCIA (ν) Unidad (1 ciclo/s = 1 Hz)
    - Número de oscilaciones o ciclos por unidad de tiempo.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

RADIACIONES IONIZANTES (2)

- Las radiaciones más energéticas tienen una longitud de onda muy pequeña, y se llaman Ionizantes porque tienen suficiente energía como para producir iones.
- Cuando las radiaciones ionizantes interaccionan con la materia, transfieren a los átomos toda o parte de su energía, lo que produce **ionización** y/o **excitación.**

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Tipos de radiaciones ionizantes (1)

- PARTÍCULAS α:
  - Formada por dos neutrones y dos protones.
  - Más ionizante y menos penetrante.
  - Solamente dañina si se inhala o ingiere.
- PARTÍCULAS β :
  - Misma masa y carga que el electrón.
  - Menos ionizantes pero más penetrantes que las alfa.

    Un neutrón se transforma en un protón y se emite la partícula β desde el núcleo.

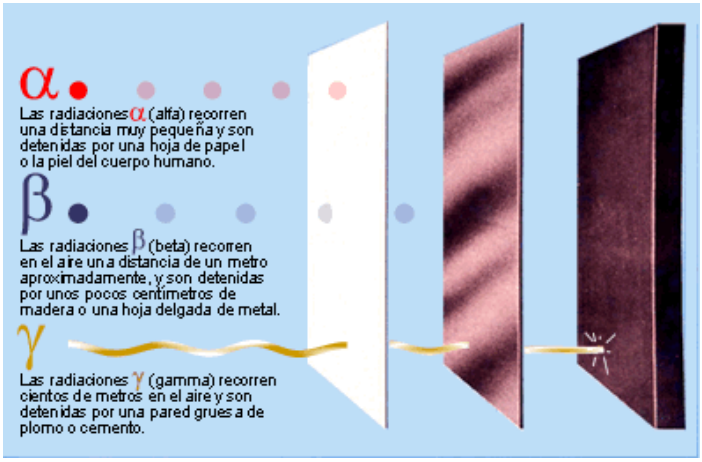
MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Tipos de radiaciones ionizantes(2)

- RADIACIÓN γ:
  - Ondas electromagnéticas formadas por fotones.
  - Alta tasa de penetración en la materia.
  - Muy dañina para los organismos vivos.
- RADIACIÓN NEUTRÓNICA:
  - Radiación corpuscular compuesta por neutrones.
  - Sin carga eléctrica pero con masa.
  - Excitan e ionizan los núcleos generando fuentes secundarias de radiación.
  - Proceso destructivo.
  - Los neutrones pueden ser detenidos con materiales ligeros tales como agua u hormigón, y capturados con Boro.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Blindajes para los diferentes tipos de radiación



MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN (1)

- Proceso y resultado de someter a organismos vivos, personas o materiales a la radiación ionizante.
  - Exposición externa: las fuentes de radiación están situadas fuera del cuerpo.
  - Exposición por la contaminación de la piel: la radiación procede del material depositado en la piel.
  - Exposición interna: la radiación procede de sustancias depositadas en el interior del cuerpo que han sido absorbidas, inhaladas, ingeridas o a través de una herida contaminada.
- La radiación alfa es más dañina en caso de contaminación interna, y en exposición externa es más peligrosa la gamma seguida de la radiación neutrónica.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN (2)

- Hay tres formas en que un organismo vivo absorbe el material radiactivo y sufre, como consecuencia, una irradiación interna:
  - Inhalación de partículas junto con el aire respirado
  - Ingestión de alimentos contaminados
  - Difusión del material a través de la piel o a través de una herida contaminada
- La radiación alfa es la más dañina en caso de contaminación interna, ya que emite toda su energía en un área muy pequeña. Es seguida en importancia por la radiación beta.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EFECTOS BIOLÓGICOS (1)

1. Absorción de la energía por el organismo.
2. Modificación bioquímica de la zona del organismo.
3. Alteración de ciertas moléculas por modificación bioquímica.
4. Modificación de las células constituidas por moléculas afectadas.
5. Modificación del tejido.
6. Alteración del organismo.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EFECTOS BIOLÓGICOS (2)

La severidad de los efectos depende de factores tales como:

- Cantidad de radiación recibida.
- Intensidad de la radiación y manera en que se recibe.
- Naturaleza y energía de la radiación.
- Naturaleza del medio.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EFECTOS BIOLÓGICOS (3)

CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS BIOLÓGICOS:

- Según el lugar afectado:
  - Efectos somáticos.
  - Efectos genéticos.
- Según el tiempo de exposición:
  - Inmediatos.
  - Tardíos.
- Según la probabilidad:
  - Efectos estocásticos o probabilísticos.
  - Efectos deterministas o no probabilísticos.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

EFECTOS BIOLÓGICOS (4)

La posibilidad de daño debido a la radiación se llama **Riesgo de Radiación**. Esta posibilidad (riesgo) aparece cuando la dosis recibida excede un cierto valor umbral (en el caso de efectos deterministas) o aumenta con la cantidad de radiación recibida (en el caso de efectos estocásticos).

Para cuantificar daños y prevenir su ocurrencia (por ejemplo para limitar el riesgo), es necesario establecer la relación entre daño biológico y tipo de radiación que lo produce, y así limitar la dosis de radiación.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (1)

DOSIS ABSORBIDA

Energía depositada por cualquier radiación ionizante por unidad de masa.

S.I: Gray (Gy) 1 Gy = 1 julio / kg

Antigua: rad **1** rad = 100 ergios / g

1 Gy = 100 rad

1 rad = 0,01 Gy = 10 mGy

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (2)

DOSIS EQUIVALENTE (en un órgano o tejido)

La misma dosis absorbida debida a distintos tipos de radiación, no produce el mismo daño biológico

H (Dosis equivalente) = D (Dosis absorbida).w_R

Unidad SI, Dosis equivalente es el ***Sievert, (Sv)***

Unidad tradicional ***rem*** **Relación 1 Sv = 100 rem**

Tipo de radiación	Factores de ponderación (WR)
β y γ	1
Neutrones	5, 10, 20
Protones	5
α y nucleidos pesados	20

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (3)

DOSIS EFECTIVA

Los daños estocásticos varían dependiendo del órgano o tejido irradiado. Para tener en cuenta este efecto se asigna un factor de peso a cada tejido ($w_{T)}$

$$E(Sv)= \Sigma\, w_T * \Sigma\, w_R * D_{TR}$$

Tejido u órgano	Factor de ponderación (WT)
Gónadas	0.20
Colón, pulmones, estómago y medula ósea	0.12
Vejiga, mama, hígado, esófago y tiroides	0.05
Piel y huesos	0.01
Otros	0.05

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (4)

DOSIS COMPROMETIDA

El tejido es irradiado por radionucleidos presentes dentro del cuerpo. La exposición de los tejidos dura tanto como la presencia de la fuente. Se definen los siguientes conceptos:

- Dosis equivalente comprometida
- Dosis efectiva comprometida

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (5)

DOSIS EQUIVALENTE COMPROMETIDA

- Se define como la dosis equivalente a un órgano o tejido que es recibida durante un período t que sigue a la incorporación de material radiactivo hasta la desaparición de la fuente.
- Cuando el periodo τ es desconocido, se consideran 50 años para adultos y 70 años para niños. Se expresa en Sv x unidad de tiempo, generalmente Sv x año.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (6)

DOSIS EFECTIVA COMPROMETIDA

- Es la suma de todas las dosis equivalentes comprometidas para los diferentes tejidos y órganos, resultado de cada incorporación de radionucleidos, compensados con los factores de ponderación de los tejidos.
- Se expresa en las mismas unidades que la dosis equivalente comprometida: Sv x año.

$$E(\tau) = \Sigma W_t * H_t(\tau)$$

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

DOSIS DE RADIACIÓN (7)

DOSIS COLECTIVA

Dosis de radiación recibida por un grupo de personas. Se exprese en Sv x persona.

DOSIS EFECTIVA COLECTIVA (S)

Es la suma de las dosis efectivas individuales (Ei) de los miembros del grupo.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (1)

- Disciplina responsable de proteger a las personas de los efectos perjudiciales producidos por las radiaciones ionizantes.
- Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Es la responsable, a nivel internacional de llevar a cabo el objetivo de la protección radiológica, mediante las recomendaciones que publica periódicamente y que generalmente son incluidas en el marco legal de todos los países con programas nucleares activos.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (2)

Se basa en tres principios fundamentales:

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

LÍMITES DE DOSIS (1)

El propósito de los límites de dosis contenidos en la Directiva Europea, y en España, concretamente en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, es:

- **Prevenir** los efectos biológicos no-estocásticos (**deterministas**).
- **Limitar** a valores aceptables la probabilidad de producir efectos biológicos **estocásticos** sobre el personal profesionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes y miembros del público.

La legislación fija límites de la dosis para:

- trabajadores expuestos
- miembros del público

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

LÍMITES DE DOSIS (2)

	E(mSv/año)	H para cristalino (mSv)	H para piel (mSv)	H en manos, brazos, pies y tobillos (mSv)
Trabajadores expuestos	100 (durante 5 años oficiales consecutivos) 50 (en cualquier año oficial)	150	500	500
Trabajadores expuestos en exposiciones especialmente autorizadas	Los definidos por el CSN para cada caso concreto			
Personal femenino durante embarazo y lactancia	1	-	-	-
Personas en formación y estudiantes (entre 16 y 18 años)	6	50	150	150
Miembros de público	1	15	50	-

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

LÍMITES DE DOSIS (3)

CLASIFICACIÓN DE TRABAJADORES EXPUESTOS:

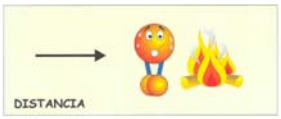
- Categoría A: pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año o una dosis equivalente a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.
- Categoría B: personas las cuales es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año o 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REGLAS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (1)

PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN EXTERNA

•**DISTANCIA**: La intensidad de la radiación disminuye con el cuadrado de la distancia (a 2 m del punto de emisión de radiación llega la cuarta parte de intensidad que a 1 m)



•**TIEMPO**: La dosis recibida es proporcional al tiempo de exposición (al doble de tiempo se recibe el doble de dosis)

•**BLINDAJE**: Al interponer un medio material entre el punto de emisión de radiación y las personas, la radiación es atenuada (absorbida).

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REGLAS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (2)

Para disminuir la exposición de los individuos a la radiactividad pueden realizarse las siguientes acciones:

- Planificar los trabajos, de modo que cada uno sepa cuál es su misión.
- Evitar las pausas e interferencias innecesarias durante el trabajo, en el lugar de la exposición.
- Controlar los tiempos de exposición cuando los niveles de radiación sean altos.
- Entrenar al personal, intentando reproducir las condiciones de trabajo reales.
- Prestar atención a la señalización radiológica (zonas de radiación alta, puntos calientes, lugares de espera o niveles bajos de radiación) y respetar las señales.
- Utilizar las herramientas apropiadas y los métodos del trabajo correctos
- Utilizar blindajes adecuados
- Utilizar dosímetros de lectura directa y respetar cualquier señal de alarma de los mismos.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REGLAS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (3)

Tipos de contaminación radiactiva:

- contaminación superficial: presencia no deseada de sustancias radiactivas en una superficie
- contaminación atmosférica: presencia no deseada de sustancias radiactivas en el aire

Estas sustancias pueden entrar en contacto con personas y depositarse en su piel (contaminación cutánea) o entrar en su cuerpo (contaminación interna).

Vías de incorporación de la contaminación interna:

- Inhalación de aire contaminado
- Ingestión de alimentos contaminados
- Incorporación de sustancias a través de cortes en piel, oídos, ojos, etc.

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REGLAS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (4)

PROTECCIÓN FRENTE A LA CONTAMINACIÓN:

- Preparación apropiada del área de trabajo.
- Selección correcta de los materiales, que deberían estar protegidos con cintas o plásticos para evitar su contaminación.
- Mantener en el área de trabajo solamente las herramientas que van a ser utilizadas.
- Introducir en bolsas de plástico todas las herramientas que se hayan podido contaminar.
- Utilizar ropa de protección y equipos de respiración.
- Tener cuidado al quitarse la ropa y los medios de protección.
- Los trabajadores no deberán beber, fumar, ni tocarse la cara, boca, ojos, etc..
- Utilizar detectores de contaminación superficial

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

REFERENCIAS

- Project PH REG 06.4/97: Training on Off-Site Emergency Management in Central Eastern Europe Course Training Material.
- Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE núm. 178, de 26 de julio.
- Directiva 96/29/Euratom del Consejo de 13 de mayo de 1996 por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes.
- Recomendaciones de 1990 del Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP-60).

MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRTARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE POTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Gracias por vuestra atención

Gracias por vuestra atención