

Guía del profesor

EL CSN

y las RADIACIONES



“GUÍA DEL PROFESOR. EL CSN Y LAS RADIACIONES”

La presencia de la ciencia en la sociedad es un hecho determinante que repercute, necesariamente, en la formación deseable para los ciudadanos. Asimismo, la influencia que la propia sociedad ejerce sobre el devenir de la ciencia es un hecho que vincula las decisiones con la responsabilidad que cada cual tiene desde su posición social.

Saber, estar informado, es un derecho, y bien podría decirse que también es un deber, al que puede accederse por las múltiples vías de comunicación de que actualmente disponemos. Sin duda, que la primera es la escuela. Desde la escuela se inicia al conocimiento sistemático de muchos saberes, al comportamiento social, a la práctica de la crítica, como ejercicio para la deliberación, la adopción de convicciones y la toma de decisiones. El ejercicio responsable de la función docente obliga a maestros y profesores a actualizar sus conocimientos, a adaptar los métodos de enseñanza a los nuevos retos sociales, a buscar recursos que inciten al aprendizaje.

El Instituto Superior de Formación del Profesorado tiene como misión fomentar cuantas acciones puedan contribuir a la formación permanente del profesorado, tanto en lo tocante al co-

nocimiento mismo como a los métodos de enseñanza-aprendizaje. Desde este punto de vista, y en cuanto a la formación científica de la ciudadanía se refiere, se considera imprescindible contar con la participación de científicos y técnicos relacionados con las distintas materias. En este caso me cabe la satisfacción de apoyar esta Guía que para los profesores ha elaborado el Consejo de Seguridad Nuclear, con quien el Instituto viene realizando actividades periódicas de formación y divulgación en los últimos años. Una forma de acercamiento del profesorado a la información, a organismos e instituciones cuyas funciones y responsabilidades deberían ser mejor conocidas.

La guía, al tiempo que facilita al profesor recursos didácticos para trabajar en las aulas, es amena y accesible para el alumno, no sólo en cuanto a los contenidos, sino también en el lenguaje utilizado y en los medios gráficos utilizados para ilustrar los procesos físicos.

Espero que el profesor obtenga una visión amplia sobre las radiaciones y sus aplicaciones, a la vez que conozca la existencia del organismo responsable de la seguridad nuclear y la protección radiológica de trabajadores, público y medio ambiente.

Antonio Moreno González

*Director del Instituto Superior de Formación del Profesorado
Ministerio de Educación y Ciencia*



SUMARIO

La radiación, aun formando parte de nuestra vida cotidiana, es un fenómeno conocido y estudiado desde no hace mucho tiempo. La sociedad hace uso de sus distintas aplicaciones, pero de forma general se desconoce la diferencia entre la radiación como emisión o transferencia de energía y la radiactividad como propiedad de la materia; no se distingue entre la radiación no ionizante y la ionizante o entre radiación natural y artificial. En definitiva, es necesario facilitar cuanto sea posible el conocimiento sobre aquellos aspectos relacionados con los materiales radiactivos y las radiaciones ionizantes. La información, además de un derecho, es el antídoto de la desconfianza.

Desde este punto de vista, el Consejo de Seguridad Nuclear, como autoridad responsable de la Seguridad Nuclear y la Protección Radiológica en España, tiene, entre otras funciones, la de informar a la opinión pública sobre materias de su competencia. Para cumplir con esta responsabilidad anualmente se realizan innumerables actividades de comunicación, información y divulgación focalizadas en los distintos grupos de interés.

No obstante, estas actuaciones, como cualquier otra de alcance social, requieren la implicación de todas las partes con responsabilidad en la materia. En esta ocasión, la guía que ahora se presenta, no hubiera podido realizarse sin la inestimable colaboración prestada por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del Instituto de Formación del Profesorado, cuya implicación

ha sido absoluta para intentar compatibilizar el rigor científico con la accesibilidad de la información para profesores y alumnos.

El objetivo último de este documento es proporcionar al profesorado de enseñanza secundaria una herramienta de trabajo que le facilite la elaboración de material didáctico que complemente la hasta ahora escasa información que los programas contienen en materia de radiaciones ionizantes y sus aplicaciones.

Dividida en cinco capítulos, la guía hace un recorrido por la radiación, sus tipos, los diferentes usos y aplicaciones, los efectos sobre personas y medio ambiente y la forma de garantizar la seguridad. El último capítulo está dedicado a aproximar al lector al Consejo de Seguridad Nuclear y las actividades de servicio público que lleva a cabo.

Su contenido está basado en la información que encuentran los visitantes del Centro de Información del Consejo de Seguridad Nuclear en los distintos módulos interactivos que lo componen. Este Centro de Información es público, permanece abierto durante todo el año y puede recorrerse libremente o de forma guiada.

Por último, el CSN agradece profundamente la colaboración prestada el Instituto de Formación del Profesorado y el apoyo que en ellos hemos encontrado para acceder al colectivo de educadores, en cuyas manos está el sentar unas bases de conocimiento completo, objetivo y riguroso en los hombres y mujeres del mañana.

1. LAS RADIACIONES	4
- LA HUMANIDAD DESCUBRE LAS RADIACIONES	4
- LA VIDA DE LOS ÁTOMOS	6
- RADIACIONES QUE NO SE VEN	8
- MEDIR LA RADIACIÓN	10
2. LA RADIACIÓN NATURAL	12
- SUMERGIDOS EN RADIACIONES	12
- LA NATURALEZA ES RADIATIVA	14
3. LA RADIACIÓN ARTIFICIAL	16
- RADIACIONES A NUESTRO SERVICIO	16
- INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	18
- AGRICULTURA Y GANADERÍA	19
- INDUSTRIA	20
- MEDICINA Y DIAGNÓSTICO: RADIACIONES PARA CURAR	22
- LA ENERGÍA DE FISIÓN: CENTRALES NUCLEARES	24
- EL CICLO DEL COMBUSTIBLE:	
LA TRANSFORMACIÓN DEL URANIO	26
- RESIDUOS RADIATIVOS	28
4. RIESGOS Y SERVIDUMBRES	30
- ¿VIVIMOS PELIGROSAMENTE?	30
- LA RADIATIVIDAD Y LOS SERES VIVOS	31
- RIESGOS Y SERVIDUMBRES DE LA GESTIÓN NUCLEAR	32
- APRENDER DE LA EXPERIENCIA	34
- LA DOSIS DE RADIACIONES	35
5. EL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR	36
- ¿QUÉ ES EL CSN?	36
- ORGANIZACIÓN DEL CSN	37
- LA MISIÓN Y LAS FUNCIONES DEL CSN	38
- SABER MÁS PARA ESTAR MÁS SEGUROS	44
- SIEMPRE ALERTA	45
- INFORMA A LA OPINIÓN PÚBLICA	47

LAS RADIACIONES

1. LA HUMANIDAD DESCUBRE LAS RADIACIONES



Las radiaciones forman parte del Universo desde su origen, pero el hombre no las ha conocido hasta finales del siglo XIX.

Desde el Big Bang, las radiaciones de todo tipo han inundado el espacio interestelar. En la Tierra, la Biosfera lleva 3.500 millones de años sometida a la influencia de la radiación cósmica, procedente del espacio exterior, y también a la que emiten las rocas de la corteza terrestre, las aguas y el aire.

Al comenzar el siglo XX no se sabía casi nada sobre el átomo y su núcleo: hoy conocemos bien sus propiedades, su composición y cómo romperlo para obtener energía. Todos estos descubrimientos han sido obra de distintas personas y en muy pocos años, si bien todo empezó con Demócrito quien ya en el siglo V antes de Cristo sustentó la teoría de que la visión es causada por la proyección de partículas que provienen de los objetos mismos.

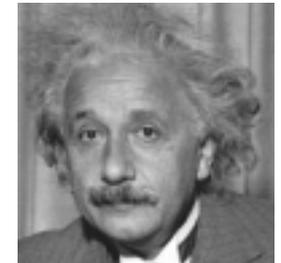
En el siglo XX se realizaron trabajos de investigación sobre el átomo, como los de Bécquerel, el matrimonio Curie, Einstein, Fermi, Duperier, Blas Cabrera, etc.



Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), descubrió los RAYOS X en 1895.



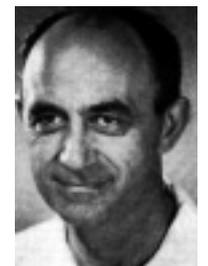
Henri Becquerel (1852-1908), descubrió la RADIATIVIDAD en 1896.



Albert Einstein (1879-1955), establece la TEORÍA DE LA RELATIVIDAD en 1905.



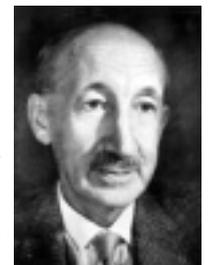
Marie y Pierre Curie descubrieron el polonio y, en 1898, el RADIO, metal mucho más radiactivo que el uranio.



Enrico Fermi (1901-1954), construye la primera PILA DE URANIO en 1942.

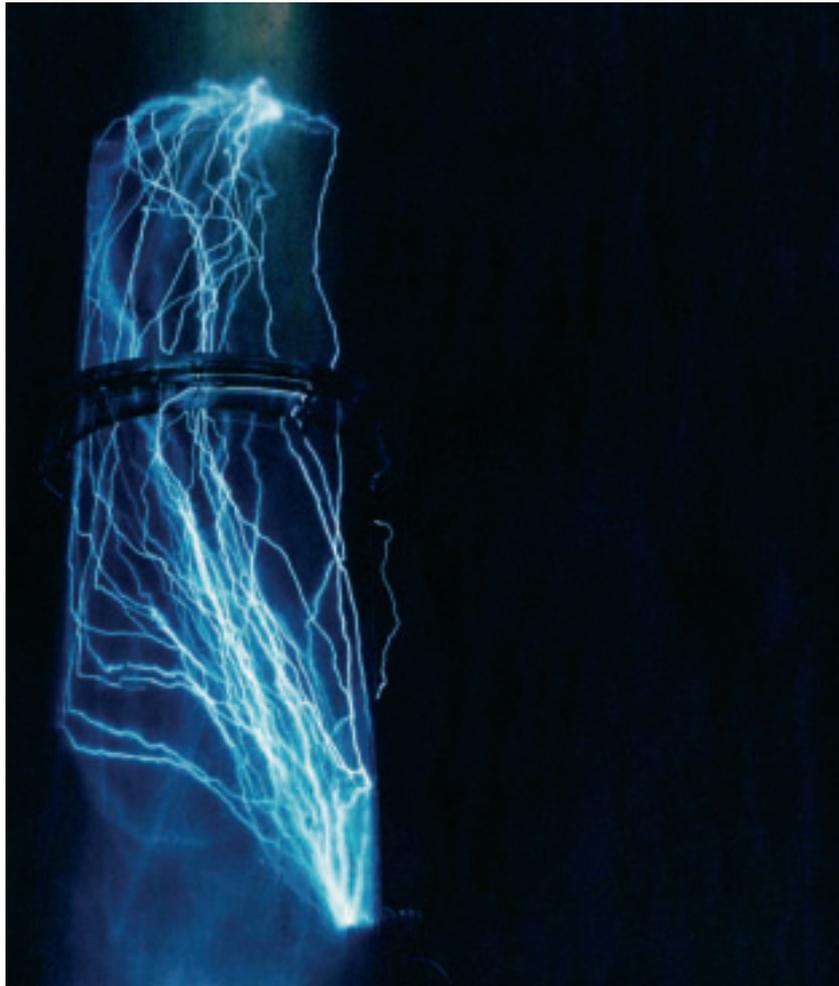


El matrimonio Joliot-Curie prueba experimentalmente, en 1934, la posibilidad de provocar la FISIÓN EN CADENA.



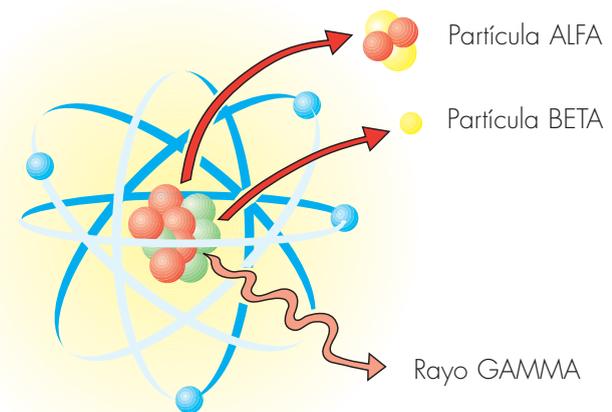
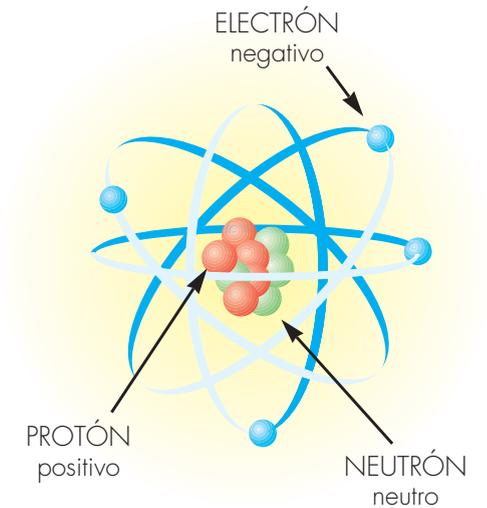
George de Hevesy (1885-1966), fue el primero en estudiar los ISÓTOPOS RADIATIVOS.

2. LA VIDA DE LOS ÁTOMOS



Algunos átomos son inestables y sufren transformaciones espontáneas que van acompañadas de la liberación de energía en forma de radiación.

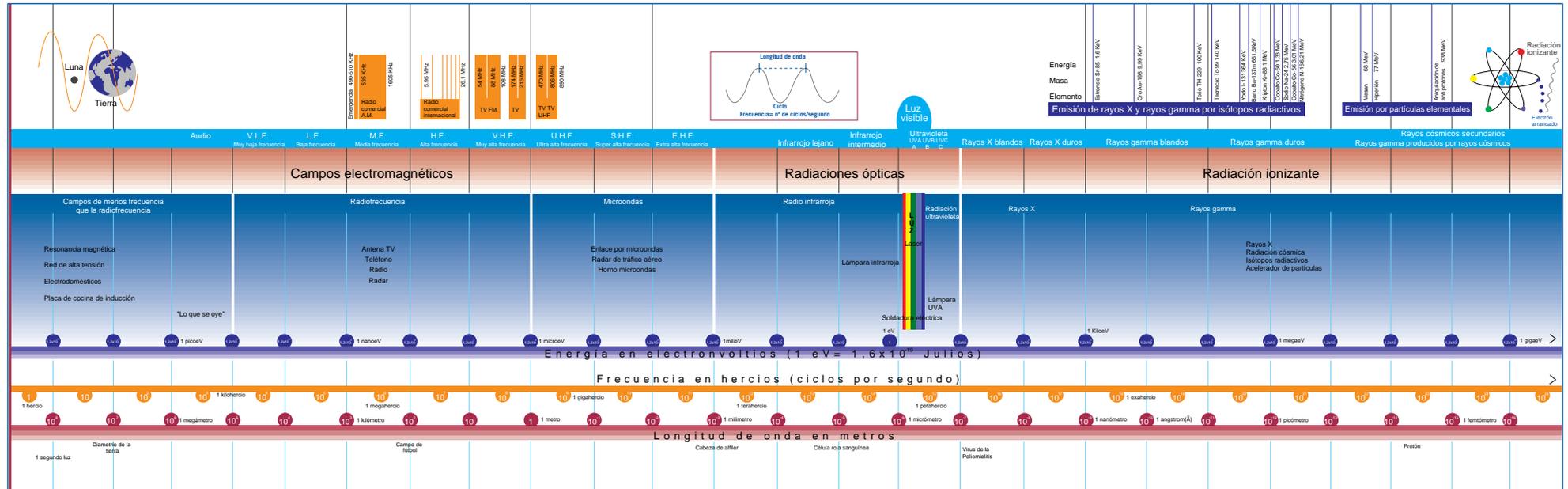
Los átomos poseen un núcleo muy denso, formado por protones y neutrones, rodeado de una nube de electrones, mucho más ligeros. Las fuerzas nucleares mantienen unidos a los protones y neutrones dentro del núcleo; los electrones giran alrededor de él a causa de la fuerza electromagnética.



Algunos núcleos son inestables y acaban desintegrándose por sí solos, emitiendo partículas alfa y beta, y en muy pocas ocasiones radiación gamma, si bien la emisión alfa o beta va normalmente acompañada de radiación gamma. El resultado es un núcleo que puede ser estable o volverse a desintegrar hasta llegar a serlo.

3. RADIACIONES QUE NO SE VEN

La luz visible forma parte de estas radiaciones, pero sólo ocupa una pequeña porción del espectro total. Con una energía inferior, están los infrarrojos -que notamos como calor-, las microondas, y las ondas de televisión y radio. Con una energía superior encontramos los rayos ultravioletas, los rayos X y la radiación gamma.



Espectro de ondas electromagnéticas

En el conjunto de las radiaciones electromagnéticas, la luz visible ocupa sólo una pequeña parte; el resto es invisible.



Las radiaciones electromagnéticas pueden ser más o menos penetrantes. Se propagan, además, mediante unas partículas sin masa, los fotones.

La moderna física cuántica estima que la radiación es a la vez onda y corpúsculo.

Todas las radiaciones forman parte de un mismo conjunto, en el que se distinguen las ionizantes de las no ionizantes:

- Radiaciones ionizantes : Se trata de ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia con la suficiente energía como para producir ionización (creación de partes eléctricamente cargadas, una positiva y una negativa), rompiendo los enlaces atómicos que mantienen a las moléculas unidas en las células.
- Radiaciones no ionizantes : Ondas electromagnéticas de menor frecuencia que las ionizantes, que no tienen la suficiente energía como para romper los enlaces atómicos. Se incluyen la radiación ultravioleta, la visible, la radiación infrarroja, la radiofrecuencia y los campos de microondas, así como los campos eléctricos y magnéticos estáticos.

La existencia de radiaciones no es detectable por nuestros sentidos y sólo con la ayuda de aparatos de muy diversa índole podemos descubrirlas.



4. MEDIR LA RADIACIÓN



La sierra madrileña es uno de los lugares con mayor índice de radiación natural de la Península Ibérica.

Aunque no podemos ver las radiaciones, sí que podemos medir sus variables físicas y detectar sus efectos.

Las partículas que componen los átomos son tan pequeñas que escapan a nuestros sentidos. Los científicos han ideado diversos experimentos que permiten comprobar su existencia y deducir sus propiedades mediante observaciones indirectas pero muy precisas.

Todos esos experimentos se basan en el estudio de los efectos a gran escala que producen las colisiones de las partículas con los átomos y moléculas de la materia.

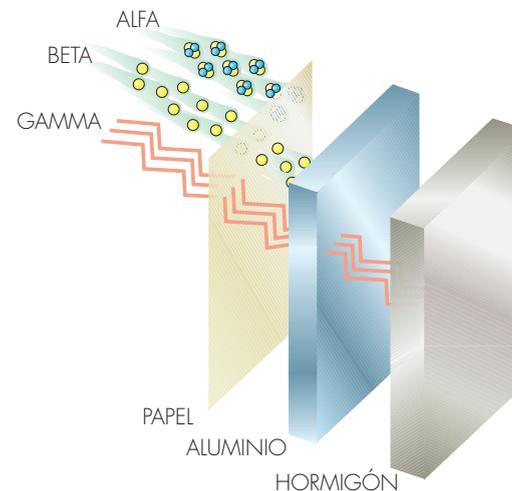


Distintos instrumentos medidores de radiación.

Sabemos que hay radiaciones cuando podemos medir los fenómenos físicos que inducen en los átomos y moléculas de la materia, tanto orgánica como inorgánica. Estos fenómenos dependen de la naturaleza y de la energía de la radiación, cuya intensidad se mide con un contador.



Dosímetro personal.

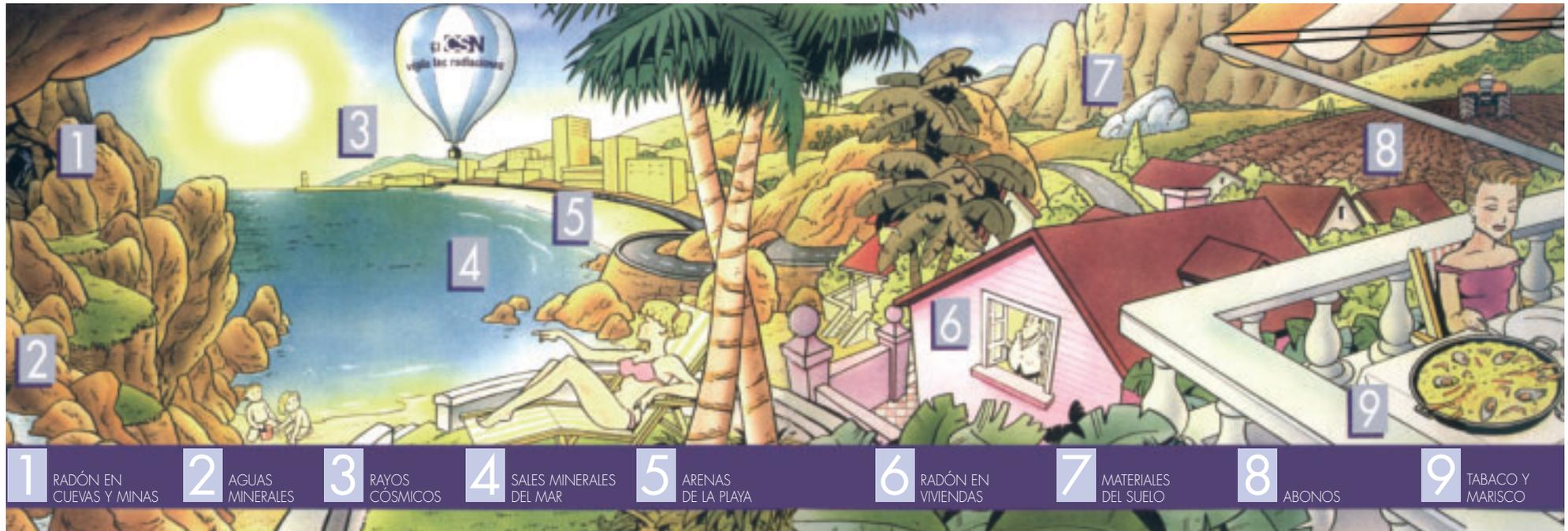


Para determinar el tipo de radiación (alfa, beta o gamma), su energía se mide con analizadores multicanales. Se llama dosis a la radiación que se transmite a la materia por unidad de masa, es decir, a la energía de la radiación que llega a las personas y queda en ellas cuando se refiere a la masa del cuerpo u órgano irradiado, y se mide por medio de dosímetros.

LA RADIACIÓN NATURAL

5. SUMERGIDOS EN RADIACIONES

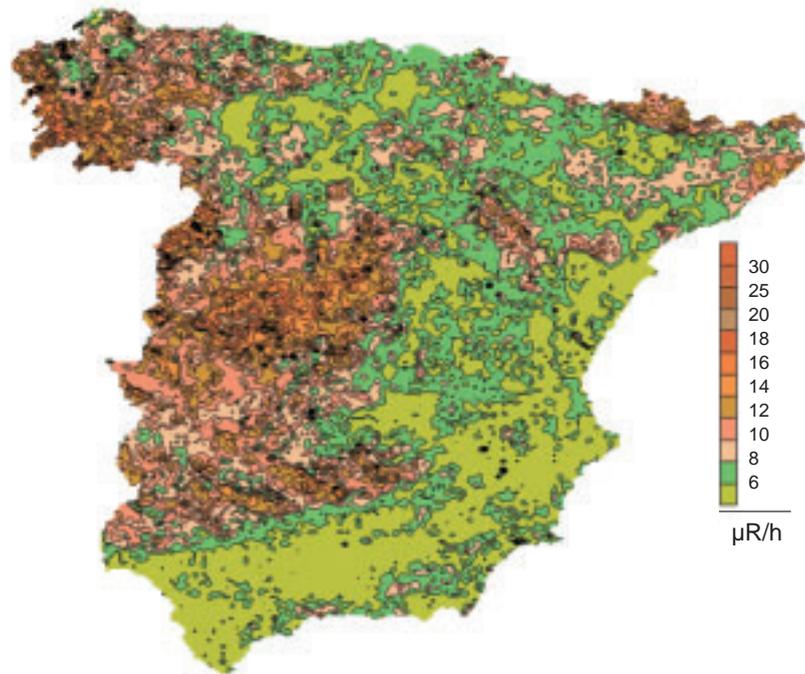
Los materiales radiactivos se dispersan por el suelo, el aire y el agua, y pasan a las plantas y a los animales. Todos los seres vivos tienen en su cuerpo pequeñas cantidades de átomos radiactivos.



Las radiaciones y los materiales radiactivos están presentes en la vida corriente, incluso en nuestro propio cuerpo.

Nuestro cuerpo recibe además radiaciones procedentes de su entorno, tanto natural como artificial. La dosis total recibida depende de la geología del lugar, de su altitud, de la dieta y de muchos otros factores.

6. LA NATURALEZA ES RADIATIVA



Niveles de tasa de exposición a la radiación gamma natural medidas a un metro del suelo correspondiente a la España peninsular.

La mayor parte de la radiación que reciben los seres humanos proviene del Sol y de nuestro propio planeta.

La biosfera terrestre está bañada en un mar de radiaciones que proceden esencialmente de dos fuentes, el espacio exterior y el planeta mismo.

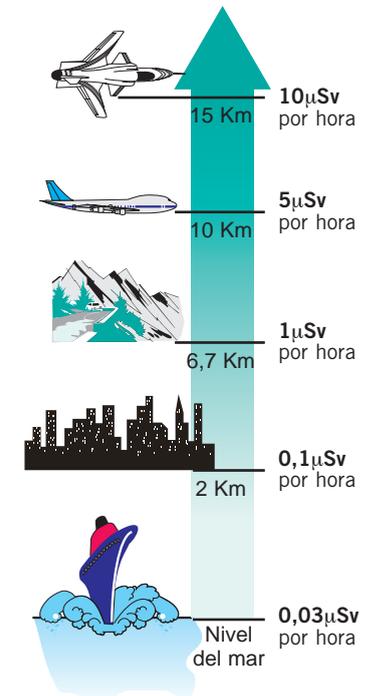
Todo el mundo está expuesto a la radiación natural, y la mayoría de las personas recibe la dosis de radiación más elevada debido a esta causa.

En nuestro planeta, las radiaciones proceden de las desintegraciones de los materiales radiactivos que existen en la corteza terrestre y también en la atmósfera y los océanos. Su intensidad depende del tipo de suelo y rocas de cada lugar.

Las radiaciones cósmicas se generan en las reacciones nucleares que ocurren en el interior del Sol y en las demás estrellas; atraviesan el espacio interestelar desde enormes distancias pero son atenuadas por la atmósfera terrestre, por lo que su intensidad aumenta con la altitud. La dosis media de radiación procedente de los rayos cósmicos es de 0,39 milisievert al año.

Otra causa de radiación natural es el gas radón; gas procedente del uranio que se encuentra de forma natural en la tierra y que recibimos en el interior de las viviendas pues, en el exterior, el radón se dispersa fácilmente en el aire. La dosis media anual es de 1,15 milisievert, aunque puede ser superior dependiendo de las características geológicas del suelo, los materiales de construcción y las condiciones de ventilación de las viviendas.

Por otra parte, todos recibimos continuamente rayos gamma emitidos por los materiales radiactivos naturales existentes en la tierra. La dosis media en España es de 0,48 milisievert.



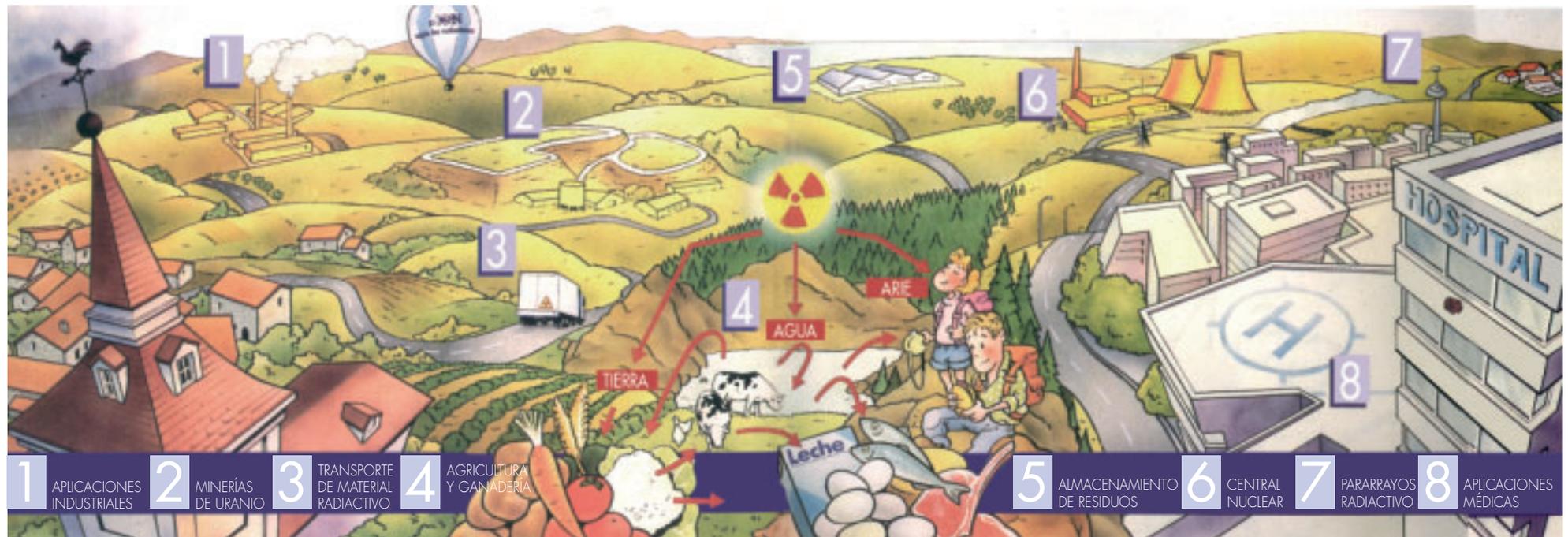
Valores anuales de radiación cósmica a diferentes altitudes.



Dosis promedio anual recibida por una persona que viva en una zona de alto contenido en radón. La dosis anual puede suponer un promedio de 8,4 mSv.

LA RADIACIÓN ARTIFICIAL

7. RADIACIONES A NUESTRO SERVICIO



La ciencia ha sabido utilizar las radiaciones de manera beneficiosa para la Humanidad.

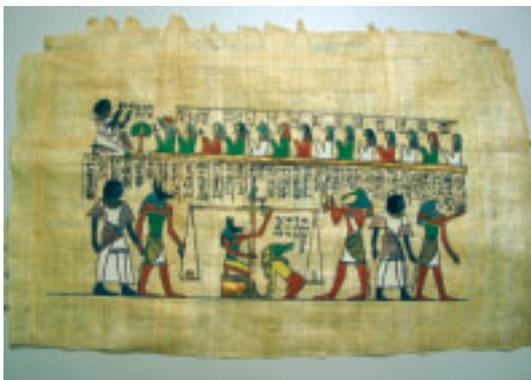
Nos servimos de las radiaciones de muy diversas maneras: Medicina, Investigación científica, Industria, Agricultura, etc.

8. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Gracias al análisis del carbono-14 radiactivo sabemos con precisión la edad de una momia egipcia, de un tejido medieval o de un determinado fósil.

También podemos analizar cómo variaron los climas en el pasado o determinar cómo se formaron los depósitos sedimentarios en el fondo de un lago.



Igualmente podemos analizar obras de arte que han de ser restauradas.

9. AGRICULTURA Y GANADERÍA

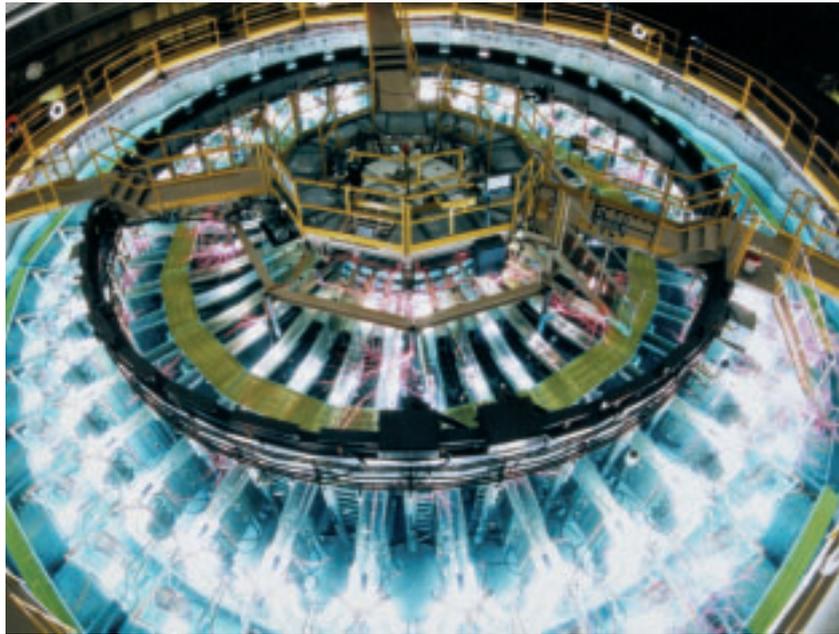


En agricultura y ganadería las radiaciones sirven para contrastar la eficacia de los fertilizantes, preparar vacunas para el ganado, conocer mejor la absorción de agua por las plantas, asegurar la eficiencia del riego y del abastecimiento de agua, luchar contra las plagas y conservar alimentos, esterilizándolos sin dejar ningún rastro radiactivo que entrañe riesgo posterior.

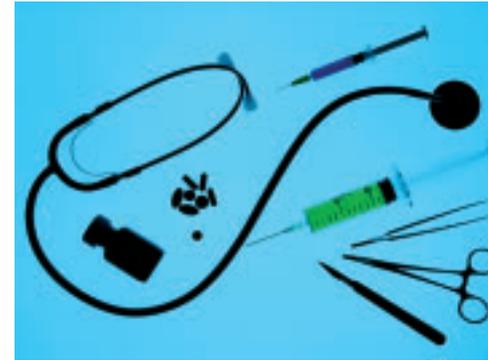
También se utilizan las radiaciones, entre otros muchos campos, en investigaciones biológicas de muy diversa índole, para verificar pérdidas en presas o en tuberías y para prospección geológica. De hecho, los avances en biología molecular hubieran sido inimaginables sin el uso de isótopos radiactivos como trazadores.



10. INDUSTRIA



Las radiaciones conviven con nosotros en numerosas aplicaciones industriales.



Son innumerables las aplicaciones industriales de las radiaciones. Por ejemplo, controlar la elaboración y la calidad de numerosos productos de uso cotidiano, sin alterarlos y sin riesgo alguno para los consumidores.

Con ayuda de las radiaciones medimos con enorme precisión el nivel del contenido de botes de refrescos, botellas de bebidas o bombonas de gas, y también el espesor y la densidad del papel, el cartón o los plásticos. O se radiografían componentes críticos para la seguridad -piezas de aviones o coches, tuberías de gas o combustibles-, con el fin de averiguar si hay en ellos algún defecto. También se esterilizan, por ejemplo, instrumentos quirúrgicos o alimentos y envases para preservarlos y desinfectarlos. E incluso se consigue identificar elementos contaminantes en productos de consumo, o bien se detectan nuevos recursos naturales en sondeos subterráneos. Y también se utilizan para proporcionar energía a las naves espaciales automáticas que viajan lejos del Sol, o en submarinos nucleares.



1.1. MEDICINA Y DIAGNÓSTICO: RADIACIONES PARA CURAR

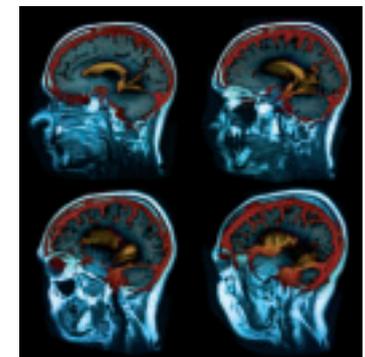
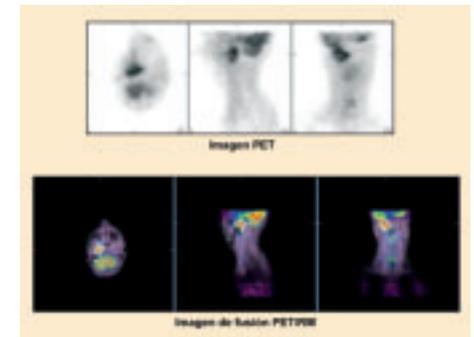
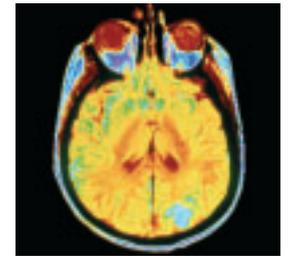


La energía de las radiaciones se utiliza en provecho de la salud.

Las radiaciones han permitido avances espectaculares en el diagnóstico y también en el tratamiento de numerosas enfermedades.



La Medicina lleva ya un siglo utilizando radiaciones para mejorar sus diagnósticos por imagen, desde las radiografías con rayos X hasta los modernos escáneres en tres dimensiones (TAC, PET, etc.) o los trazadores radiactivos para obtener gammagrafías o efectuar análisis clínicos.



También se ha generalizado el uso de radiaciones ionizantes para destruir células malignas o para el tratamiento del dolor.

12. LA ENERGÍA DE FISIÓN: CENTRALES NUCLEARES

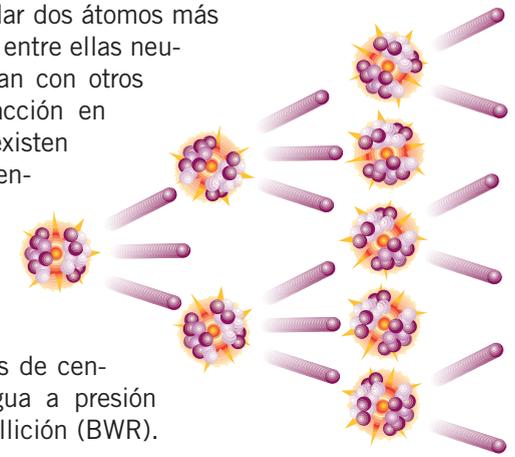


**Ya lo dijo Albert Einstein: $E=mc^2$.
Esta ecuación es la base de la energía nuclear.**

En el núcleo del reactor de una central nuclear, los átomos pesados de uranio o plutonio se fisionan (se rompen) cuando son bombardeados con neutrones. Los átomos y partículas resultantes tienen una masa ligeramente menor que antes de la fisión; ese "defecto de masa" se ha convertido en energía aprovechable, calor que convierte agua en vapor para mover las turbinas que generan electricidad.

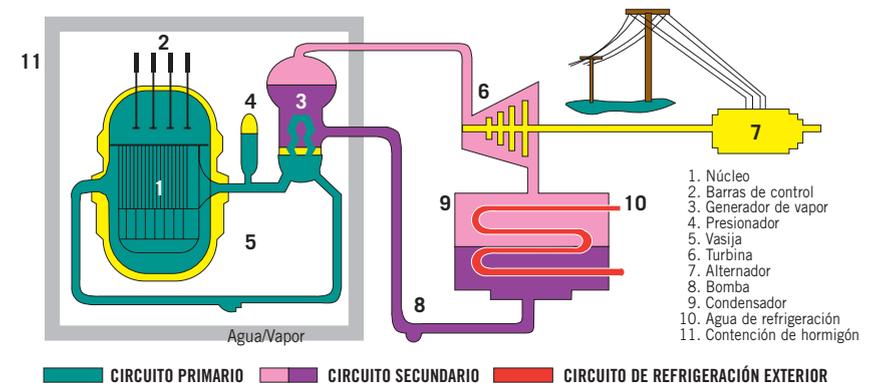
Las reacciones de fisión liberan radiación, cuya energía puede transformarse en calor, que a su vez se puede utilizar para producir energía eléctrica.

Tras el choque, suelen quedar dos átomos más ligeros y algunas partículas, entre ellas neutrones que, a su vez, chocan con otros núcleos pesados; es la reacción en cadena. Para controlarla existen sistemas que permiten aumentar o disminuir el número de neutrones libres, y que pueden incluso detener la reacción.

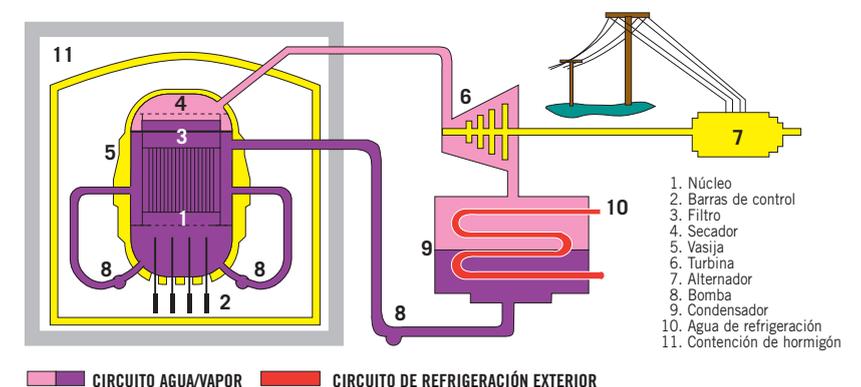


En España existen dos tipos de centrales nucleares: las de agua a presión (PWR) y las de agua en ebullición (BWR).

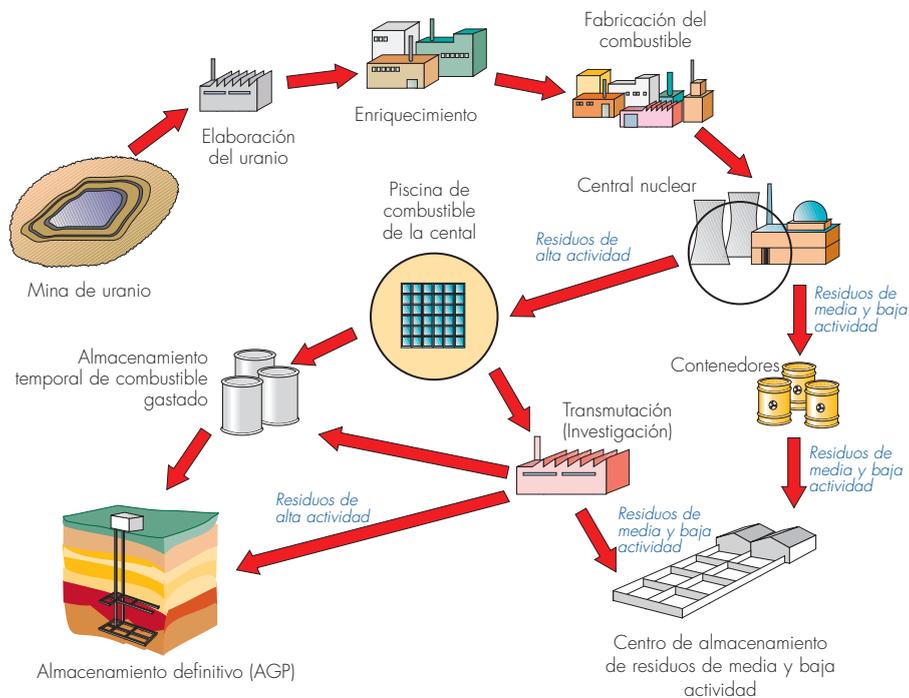
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL NUCLEAR (PWR)



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL NUCLEAR (BWR)



1.3. EL CICLO DEL COMBUSTIBLE: LA TRANSFORMACIÓN DEL URANIO



El ciclo del uranio, desde la mina hasta la central nuclear que produce electricidad y el almacén de residuos, es gestionado por la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA) y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA).

Aunque no se quema sino que se fisiona, el uranio que se utiliza en la industria es conocido como “combustible”. Desde que sale de la mina hasta que llega a las centrales nucleares en forma de pequeñas pastillas dentro de los elementos combustibles, el uranio pasa por numerosos procesos de transformación.



Fábrica de combustible de Juzbado (Salamanca).

En España, ENUSA cuenta con la Fábrica de Juzbado (Salamanca) para tratar mineral de uranio y convertirlo en combustible para las centrales nucleares.

1.4. RESIDUOS RADIATIVOS



La gestión de los residuos radiactivos es responsabilidad de la empresa pública ENRESA.

Los distintos residuos radiactivos que se generan en las centrales nucleares, en los hospitales, en los centros de investigación y en la industria en general se clasifican en dos grandes grupos:

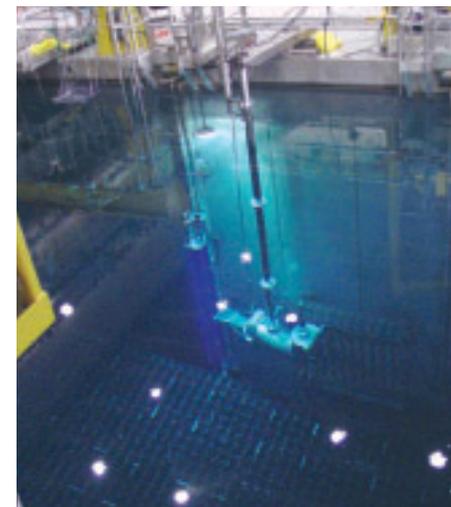
- *De baja y media actividad.* Escasamente peligrosos y con un periodo de vida de aproximadamente 30 años, agrupan materiales desechables como guantes, uniformes, radiografías y demás material de uso hospitalario, chatarra contaminada, material contaminado en incidentes, desmantelamiento de instalaciones y materiales de centrales que no sean de alta actividad.
- *De alta actividad.* Más peligrosos y con una vida media muy larga. Son los elementos combustibles de las centrales nucleares una vez utilizados para producir electricidad.

Los residuos radiactivos generados durante el funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas y en las operaciones de desmantelamiento son clasificados y almacenados.



Los residuos de baja y media actividad se guardan en el Centro de almacenamiento de El Cabril (Córdoba), en condiciones seguras. En menos de tres siglos se convertirán en residuos convencionales con valores inocuos de radiactividad.

Almacén de residuos de baja y media actividad de El Cabril (Córdoba).

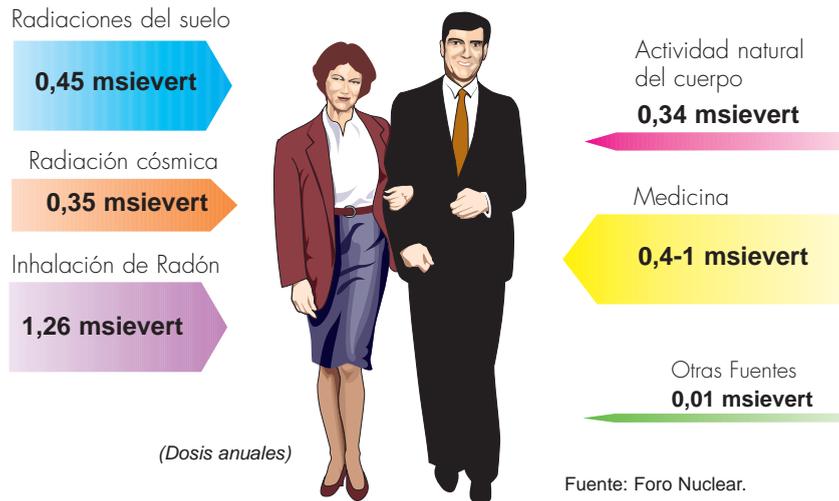


Piscina del reactor de la central nuclear de Cofrentes (Valencia).

Los de alta actividad se almacenan, provisionalmente, en las centrales nucleares (piscina, ATI) que los generan; más adelante, el Parlamento y el Gobierno tomarán una decisión definitiva sobre ellos, cumpliendo los criterios de seguridad que establece el Consejo de Seguridad Nuclear.

RIESGOS Y SERVIDUMBRES

1.5. ¿VIVIMOS PELIGROSAMENTE?



El ser humano recibe radiaciones a lo largo de toda su vida. Estas pueden tener un origen natural o bien pueden estar causadas por él mismo. La dosis que como promedio recibe una persona por causas naturales es de 2,41 milisievert al año.

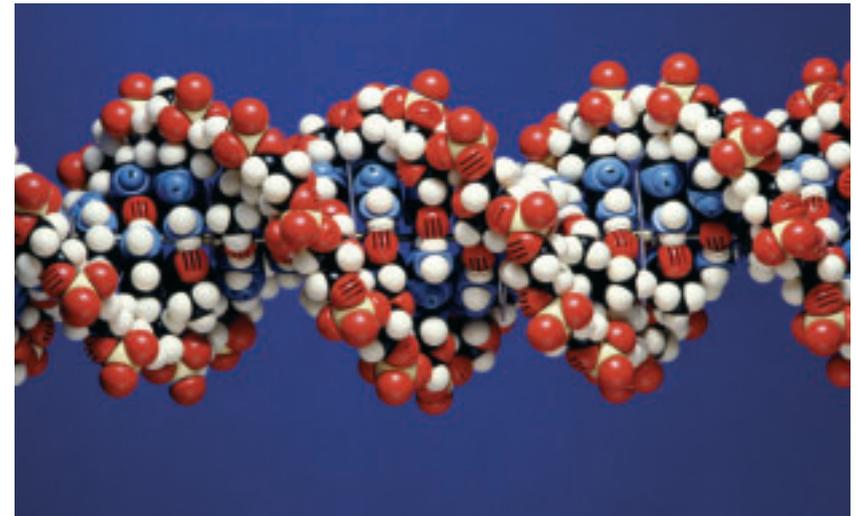
Cuando vamos a hacer algo, es conveniente sopesar el riesgo que implica y el beneficio que esperamos obtener.

Cualquier pregunta que comience con: “¿Es peligroso...?” puede ser contestada siempre con: “¡depende!”. Incluso beber agua potable tiene algún riesgo; por ejemplo, atragantarnos y morir asfixiados, aunque esto sea altamente improbable.

Por eso, para analizar el riesgo asociado a nuestras vidas debemos considerar, por una parte, la probabilidad de sufrir algún daño personal o material y, por otra, la cuantía de dicho daño.

La percepción del riesgo varía mucho: algunos son muy prudentes, otros excesivamente osados. Pero siempre deberemos analizar, valorar y, en su caso, reducir el riesgo de nuestras actividades, individuales o colectivas, hasta valores mínimos y, en todo caso, socialmente aceptables.

1.6. LA RADIOACTIVIDAD Y LOS SERES VIVOS



Las radiaciones ionizantes inducen cambios físico-químicos en las células que pueden provocar su muerte o alterar su estructura.

Cuando el material genético resulta afectado se puede producir la transmisión incompleta o incorrecta de la información genética, lo que conduciría a un desarrollo celular anormal y a la producción de tumores o mutaciones.

Según la cantidad y el tipo de radiación y los tejidos, órganos o sistemas afectados, los efectos pueden ser inmediatos o retardados.

Estos efectos son también utilizados en radioterapia para destruir células cancerosas.

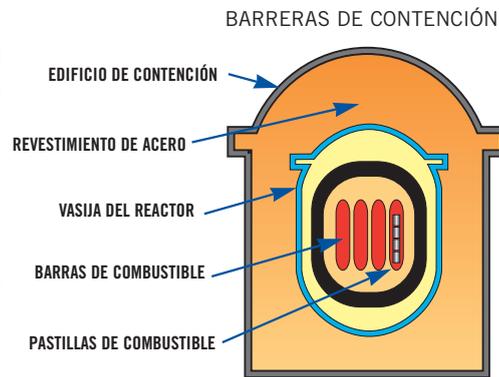
La información de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes es revisado periódicamente por el Comité de las Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones atómicas (UNSCEAR).

17. RIESGOS Y SERVIDUMBRES DE LA GESTIÓN NUCLEAR

El uso de la energía nuclear, y especialmente en la producción de energía eléctrica, implica servidumbres que requieren atención especial y permanente.

La reacción en cadena necesaria para extraer energía de la fisión del uranio puede producirse a un ritmo vertiginoso, liberando mucha energía que puede llegar a deteriorar el reactor. El primer objetivo de la seguridad nuclear es evitar que se produzca esa circunstancia.

En la reacción de fisión se forman, como consecuencia de la partición de los núcleos de Uranio-235, nuevos productos denominados *productos de fisión* que son inestables y se desintegran emitiendo gran cantidad de radiaciones ionizantes, estos *productos de fisión* son un desecho que conocemos como residuo radiactivo.



Uno de los objetivos de la seguridad nuclear es evitar que esos productos escapen, y la protección radiológica consiste en proteger a las personas y al medio ambiente de los daños que esas radiaciones pudieran ocasionar.

El objetivo más importante en el diseño de una central nuclear es asegurar que todas las radiaciones e isótopos radiactivos se mantienen confinados.

El escape de materiales radiactivos se evita mediante el empleo de barreras de seguridad múltiples; cada una de las cuales contiene a las anteriores. Así, antes de que un material radiactivo se vierta accidentalmente al exterior ha de superar las sucesivas barreras de contención, que son:

- La vaina que envuelve las pastillas combustibles.
- El circuito primario o barrera de presión.
- El edificio de contención.

En el diseño de centrales nucleares se aplica el criterio de *defensa en profundidad* basado en el establecimiento de niveles o escalones de seguridad referidos tanto al diseño y la construcción como a la explotación comercial.

El Consejo de Seguridad Nuclear es el organismo responsable de que se cumplan los principios de seguridad nuclear y protección radiológica de las instalaciones, en todas y cada una de las etapas de vida de las mismas (diseño, construcción, pruebas, operación, desmantelamiento y clausura), así como la evaluación de la seguridad de los transportes de materiales radiactivos.

La regulación del transporte se incluye dentro de las reglamentaciones generales que se aplican a las mercancías peligrosas. Existe una reglamentación específica para cada modo de transporte: carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo. Además, la reglamentación española se basa directamente en la de ámbito internacional.



Transporte terrestre.



Transporte marítimo.



Transporte ferroviario.

18. APRENDER DE LA EXPERIENCIA



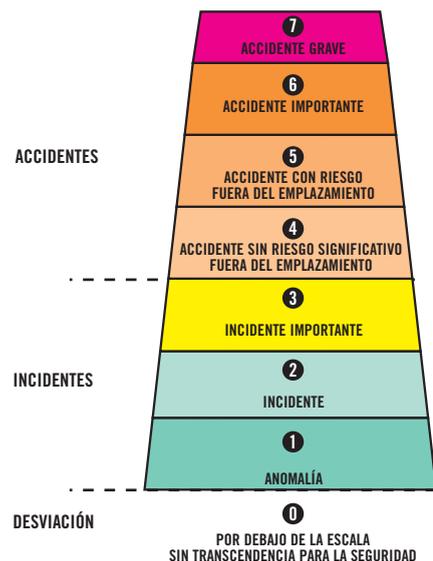
Simulacro de actuación en emergencias.

De la operación normal y de los accidentes, siempre posibles por bajo que sea el riesgo de que ocurran, se aprende cómo obtener una seguridad cada vez mayor.

El estudio tanto de los accidentes nucleares como de la operación normal, desde el más grave (Chernobil) hasta los incidentes menores,

permite obtener conclusiones que ayudan a mejorar la seguridad de las instalaciones en el diseño previo, en su funcionamiento y en la planificación de la respuesta más efectiva ante una emergencia.

ESCALA INTERNACIONAL DE SUCESOS NUCLEARES (INES)

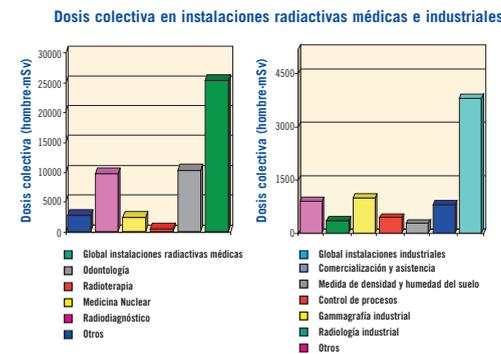


La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) ha sido concebida para facilitar la comunicación de los incidentes y accidentes operativos entre los expertos nucleares, los medios informativos y el público en general.

19. LA DOSIS DE RADIACIONES

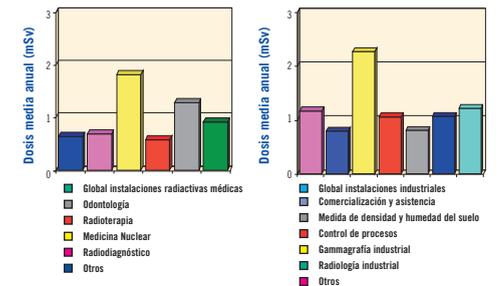
Los usos médicos son la principal fuente de exposición a radiaciones artificiales en nuestra vida diaria.

DISTRIBUCIÓN DE DOSIS DE LOS TRABAJADORES. AÑO 2003



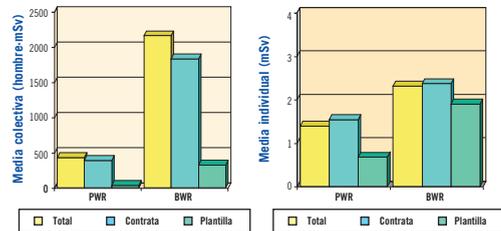
Además de las radiaciones de origen natural, los seres humanos recibimos también radiaciones de origen artificial. La principal fuente la constituyen las aplicaciones sanitarias: tratamientos, diagnósticos, etc.

Dosis individual en instalaciones radiactivas médicas e industriales



Algunas personas reciben dosis de radiaciones muy elevadas debido al tipo de trabajo que realizan. Pero la mayoría de la población recibe una dosis de radiación artificial inferior a la de radiación natural.

Dosis colectiva e individual media en las centrales nucleares españolas



Para una cantidad dada de radiación, el daño producido en los tejidos por los distintos tipos de radiación es diferente y, además, algunos órganos son más sensibles que otros a la radiación por lo que para calcular la dosis efectiva, cada órgano o tejido tiene una contribución al daño total de la persona que no está en proporción directa con el volumen de ese órgano con respecto al conjunto del cuerpo humano.

En los seres humanos no existe evidencia de efectos secundarios si se reciben cantidades de radiación inferiores a 100mSv al año.

EL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

20. ¿QUÉ ES EL CSN?



El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el único organismo español con competencias en seguridad nuclear y protección radiológica. Creado en 1980 es independiente de la Administración Central del Estado.

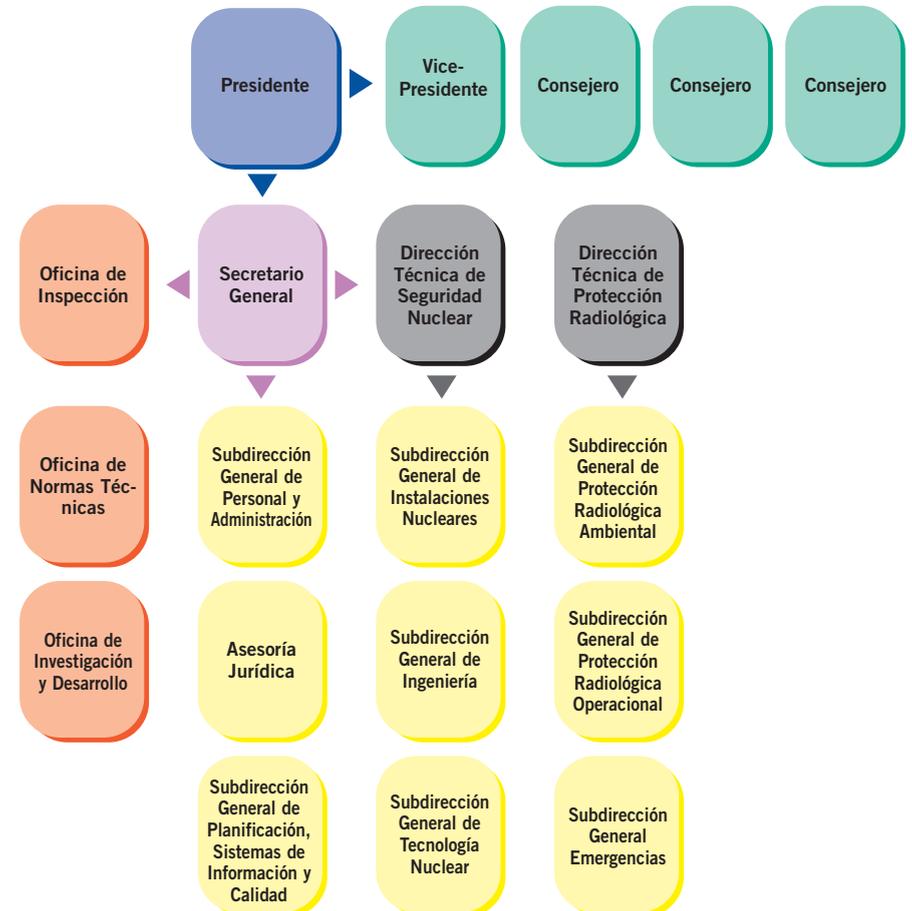
La Misión del CSN es proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, consiguiendo que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por los titulares de forma segura, y estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen.

El Consejo de Seguridad Nuclear informa de sus actividades al Congreso de los Diputados y al Senado y realiza propuestas de actuación a la Administración.

21. ORGANIZACIÓN DEL CSN

El Consejo de Seguridad Nuclear es un órgano colegiado, integrado por cinco miembros (presidente, vicepresidente y tres consejeros), propuestos por el Gobierno y refrendados por el Congreso de los Diputados. En total, el CSN cuenta con una plantilla de más de 446 trabajadores, con un 62 por 100 de personal técnico de alta cualificación, especializados en seguridad nuclear y protección radiológica.

ORGANIGRAMA DEL CSN



22. LA MISIÓN Y LAS FUNCIONES DEL CSN

La Misión del Consejo de Seguridad Nuclear es proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, consiguiendo que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por los titulares de forma segura, y estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen.

PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES

- **Controla las dosis recibidas por el personal que trabaja en centrales nucleares e instalaciones radiactivas.** El Consejo emite los carnets radiológicos necesarios para los trabajadores. Los datos se almacenan periódicamente en el Banco Dosimétrico Nacional, para controlar que ningún trabajador reciba dosis superiores a los límites establecidos.
- **Verifica la implantación práctica del principio ALARA** por el que las dosis recibidas por los trabajadores profesionalmente expuestos a radiaciones ionizantes deben mantenerse tan bajas como razonablemente sea posible y siempre por debajo de los límites de dosis establecidos en dicha legislación.



Esto requiere prestar una especial atención a todas las medidas de protección radiológica encaminadas a la prevención de la exposición a radiaciones que se basan en:

- La evaluación (previa a su puesta en práctica) del riesgo radiológico asociado a toda actividad que implique el uso de radiaciones ionizantes.
- La clasificación radiológica de los trabajadores involucrados en función del riesgo radiológico inherente al trabajo a desarrollar como parte de esa actividad.
- La clasificación radiológica de los lugares de trabajo en función de los niveles de radiación y de contaminación previsibles como consecuencia de esa actividad.
- La aplicación de normas y medidas de control adecuadas a las distintas categorías de trabajadores profesionalmente expuestos y a los distintos lugares de trabajo.

Todo trabajador, antes de comenzar a trabajar con radiaciones ionizantes, debe someterse a un reconocimiento médico y obtener un certificado de "apto médico para realizar trabajos con radiaciones ionizantes", y renovarlo cada año.

- **Autoriza servicios de dosimetría personal y servicios y unidades técnicas de protección radiológica.** El control radiológico de los trabajadores se lleva a cabo mediante sistemas de detección de tipo pasivo (dosímetros) cuya lectura es realizada por entidades o instituciones expresamente autorizadas y controladas por el CSN que establece, además, los requisitos técnicos y administrativos que deben satisfacer aquellas entidades que quieran disponer de una autorización oficial como servicios de dosimetría personal.



- **Gestiona el Registro de Empresas Externas y el carné Radiológico.** Las empresas externas (o empresas de contrata), están obligadas a presentar una declaración de sus actividades y a documentar ante el Registro de Empresas Externas cualquier modificación que se produjese de los datos iniciales contenidas en este Registro. También han de asignar a cada trabajador el documento de seguimiento radiológico (carné radiológico) garantizando su actualización y proporcionar a sus trabajadores la información y la formación relati-

vas a la protección radiológica exigidas en la ejecución de su trabajo. El carné radiológico es un documento público, personal e intransferible, destinado fundamentalmente a aquellos trabajadores que desarrollan su actividad laboral en más de una instalación nuclear o radiactiva, en el que se recoge información en relación con:

- Las dosis (oficiales y operacionales) recibidas por el trabajador.
 - La acreditación de la aptitud médica del trabajador, para una actividad laboral en presencia de radiaciones ionizantes.
 - La formación básica y específica en protección radiológica impartida al trabajador.
 - Las empresas e instalaciones en que se desarrolla la actividad laboral del trabajador.
- **Licencia de personal.** La legislación española requiere que la formación de las personas encargadas de dirigir y operar las instalaciones nucleares y radiactivas obtengan una licencia concedida por el Consejo de Seguridad Nuclear. Para la obtención de los distintos tipos de licencias (de operador o supervisor según sus responsabilidades) que otorga el CSN se requiere tener conocimientos suficientes en materia de seguridad y protección radiológica en general, así como un grado de conocimiento adecuado sobre funcionamiento, normas y procedimientos de actuación, riesgos existentes y medidas de protección de las instalaciones específicas en que van a realizar su actividad. También deben demostrar que no tienen ningún impedimento médico para trabajar en presencia de radiaciones ionizantes, por lo que deben presentar un certificado de aptitud emitido por un servicio médico especializado autorizado por la autoridad sanitaria competente.

PROTECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Existen tres formas fundamentales de protegernos de las radiaciones:

- Interponiendo obstáculos entre ellas y nosotros.
- Alejándonos de la fuente que las produce.
- Reduciendo el tiempo de exposición.

En 1997 la ICRP (*Internacional Comisión on Radiological Protection*) establece un sistema de protección radiológica basado en tres principios básicos: justificación, optimización y limitación de dosis. El objetivo principal de este sistema es asegurar que no se adopte ninguna práctica a menos que su introducción produzca un beneficio neto y positivo, que todas las exposiciones necesarias se mantengan tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta los factores

económicos y sociales, y que las dosis recibidas por los individuos no excedan ciertos límites establecidos.

La Comunidad Europea estableció las normas básicas para la protección sanitaria contra los riesgos que se derivan de las radiaciones ionizantes que fueron adoptadas por la legislación española en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes actualmente en vigor.

Una adecuada contribución de barreras de protección y una distancia suficiente permiten manipular con seguridad objetos radiactivos. Para reducir al máximo la exposición a las radiaciones, los operadores efectúan distintos entrenamientos antes de pasar a realizar sus tareas en zonas radiactivas.

El Consejo de Seguridad Nuclear mantiene un estricto programa de vigilancia tanto de las instalaciones nucleares como de las radiactivas y las dedicadas a usos médicos, industriales o de investigación. Mediante este control se garantiza que su funcionamiento se ajuste a los criterios de seguridad.

El CSN puede proponer, en cualquier momento, la paralización de la operación de estas instalaciones por criterios de seguridad pues la protección de las personas es más importante que cualquier otra consideración.

PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La protección radiológica ambiental tiene por objeto reducir el riesgo debido a la presencia de radiactividad en el medio ambiente. La radiactividad ambiental tiene su origen fundamentalmente en la propia naturaleza, aunque en las últimas décadas se ha visto incrementada por las actividades humanas. Entre éstas destacan las pruebas nucleares atmosféricas realizadas en los años cincuenta y sesenta, los vertidos controlados de las instalaciones nucleares y radiactivas, y algunos accidentes.



Mediciones en el exterior de las centrales nucleares.

Entre las misiones encomendadas al CSN se encuentra la de supervisar las medidas de protección radiológica del público y del medio ambiente, así como controlar y vigilar:

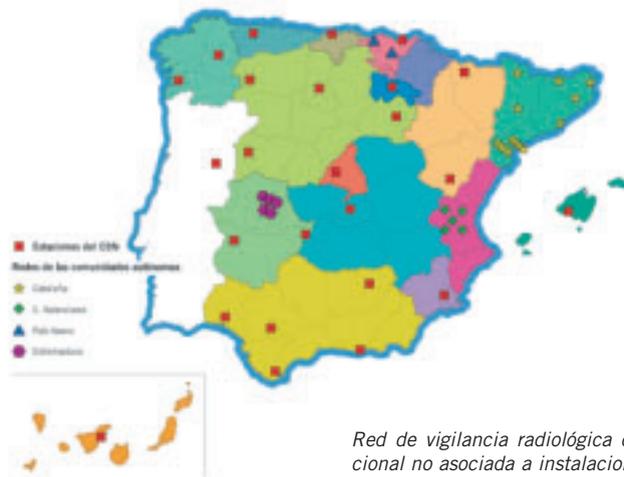
- Las descargas de materiales radiactivos al exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas y su incidencia particular o acumulativa en su zona de influencia; y estimar su impacto radiológico.
- La calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional, en cumplimiento de las obligaciones internacionales y colaborar con las autoridades competentes en los aspectos de vigilancia radiológica ambiental.

El CSN dispone de sus propios programas de vigilancia radiológica ambiental, y regula y supervisa las actividades de protección radiológica ambiental que se llevan a cabo en las instalaciones.

Para vigilar la calidad radiológica del medio ambiente, el CSN mide de manera continua y en tiempo real la radiactividad ambiental, mediante una Red de Estaciones Automáticas (REA) repartidas por toda España. Además, cuenta con otra red de muestreo que analiza la atmósfera, el medio terrestre y las aguas de ríos y mares.

El CSN exige a los operadores de las centrales que mantengan planes de vigilancia radiológica ambiental. Estos resultados se contrastan con programas independientes.

Con el fin de efectuar un seguimiento de la dispersión en el medio ambiente de los vertidos que realizan de modo controlado las instalaciones



Red de vigilancia radiológica de ámbito nacional no asociada a instalaciones (Revira)

y para conocer y vigilar la calidad radiológica de todo el territorio nacional, se ha establecido en España un sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental que permite:

- Verificar el cumplimiento de los requisitos fijados en las autorizaciones de las instalaciones.
- Detectar la presencia y vigilar la evolución de elementos radiactivos tanto de origen natural como artificial y de los niveles de radiación ambiental.
- Determinar las causas de posibles incrementos de los niveles radiactivos en el medio ambiente.
- Estimar el riesgo radiológico potencial para la población.
- Establecer, en su caso, precauciones y medidas correctoras.

Este sistema está integrado por las siguientes redes de vigilancia:

- Red de vigilancia radiológica en el entorno de las centrales nucleares e instalaciones del ciclo del combustible nuclear.
- Red de vigilancia radiológica de ámbito nacional no asociada a instalaciones (Revira).

El CSN establece los requisitos que han de cumplir los programas de vigilancia radiológica ambiental que deben desarrollar los titulares en el entorno de las instalaciones y verifica su cumplimiento mediante la evaluación de los programas y de sus resultados; realiza inspecciones periódicas y establece programas de control independientes, bien de modo directo o mediante encomiendas a las comunidades autónomas.

OTRAS FUNCIONES

Una de sus funciones que engloba a todas las áreas que marca su misión es la de proponer reglamentación y normativa.

El CSN propone al Gobierno las reglamentaciones necesarias en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Se trata de generar la normativa que se considere conveniente, además de adecuar la legislación nacional a la internacional, especialmente a la derivada de las directivas de la Unión Europea.

Además, el CSN tiene capacidad para dictar por iniciativa propia normas de obligado cumplimiento sin que requiera la aprobación posterior de cualquier otro poder o administración. Esta facultad se refiere especialmente a instrucciones y circulares de carácter técnico, ya que las guías de seguridad son documentos recomendatorios.

23. SABER MÁS PARA ESTAR MÁS SEGUROS

La formación tiene una especial importancia en una organización con las características del CSN debido a los cambios tecnológicos, de organización y procedimientos que se producen en las áreas que competen a su actividad y desarrollo, por lo que cada año el CSN elabora un programa de actividades formativas.

Además el Consejo de Seguridad Nuclear mantiene relaciones internacionales con otros organismos similares mediante la participación activa en grupos de trabajo en el seno de organismos internacionales y acuerdos, protocolos o convenios con organismos de competencias similares. El CSN realiza un importante intercambio de conocimientos y



El CSN sigue investigando y aprendiendo: nunca se sabe bastante.

experiencias en temas como la seguridad nuclear, la protección radiológica y la gestión de los residuos radiactivos. La investigación y desarrollo (I+D) en todas las áreas relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica son actividades que el CSN promueve, supervisa y financia para incrementar la capacidad científica de sus técnicos, ya que el control de la seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas españolas, así como las propuestas de dictamen técnico elaboradas por el CSN, exigen una cualificación y experiencia profesional de primera línea. Las líneas de investigación, en las que el CSN basa sus actuaciones, son básicas como soporte científico y técnico para el posterior análisis y toma de decisiones.

La seguridad se basa en el conocimiento y en la capacidad tecnológica. La investigación es la herramienta más eficaz para ayudarnos a mejorar ambos aspectos: para aprender hay que estudiar, analizar e investigar.

24. SIEMPRE ALERTA

El Consejo de Seguridad Nuclear tiene asignadas funciones relacionadas con el control de los Planes de Emergencia Interiores (PEI) de las instalaciones, con la preparación de los Planes de Emergencia Exteriores (PEE) y con la gestión de determinadas actuaciones en caso de producirse una situación de este tipo. Entre éstas se encuentra la coordinación de las medidas de apoyo y respuesta a las situaciones de emergencia, en todos los aspectos relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica, con la colaboración de los diversos organismos y empresas públicas o privadas.

En caso de que se produzca una situación de emergencia, tiene asignadas funciones específicas:

- Evaluación técnica de la situación.
- Estimación de las consecuencias radiológicas.
- Actuaciones en el lugar del accidente (medida y evaluación de los niveles de radiación y contaminación).

Para realizar estas funciones el CSN cuenta con una Sala de Emergencias (SALEM) que está atendida por técnicos especializados. Esta sala constituye el centro neurálgico del CSN en la respuesta a situaciones de emergencia.



Vista parcial de la SALEM.

La Salem constituye un servicio atendido permanentemente (365 días al año) por personal cualificado al que se puede unir el personal experto, de otras unidades especializadas del Consejo, que se requiera en función de las circunstancias. La Salem está sometida a un proceso continuo de actualización y mejora para incorporar las tecnologías y los medios más adecuados en cada momento.

Un sofisticado sistema de comunicación mantiene informados a los técnicos de la SALEM de lo que ocurre en las instalaciones nucleares y radiactivas. Allí se reciben también los datos que cada diez minutos recogen las estaciones de la Red de vigilancia radiológica ambiental (REVIRA), los de las redes autonómicas asociadas y los de la red RAR (Red de Alerta a la Radiactividad) de Protección Civil.



Estación medidora.

25. INFORMA A LA OPINIÓN PÚBLICA

El CSN tiene la obligación de informar a la opinión pública sobre sus funciones en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica.

La importancia actual de las repercusiones en la vida cotidiana de las radiaciones ionizantes y de sus usos médicos, industriales, de investigación, energéticos, agroalimentarios y domésticos, así como de los usos más recientes o de próximas tecnologías, hacen necesario un alto grado de transparencia y objetividad a la hora de difundir las actividades que desarrolla el CSN.

El Consejo utiliza todos los medios disponibles para realizar las actuaciones en materia de comunicación que acerquen a la población la información necesaria sobre el cumplimiento de sus funciones y sobre la marcha de los asuntos de su competencia. Estas actuaciones se pueden concretar en las siguientes:

- Mantener informada a la población sobre el proceso regulador que desarrolla el CSN en sus ámbitos de responsabilidad.
- Incrementar la confianza y la credibilidad del público en el CSN como responsable de velar por la seguridad nuclear y la protección radiológica en España.
- Analizar y responder a las necesidades informativas de la población, mediante un acercamiento a la sociedad que proporcione al CSN un mayor conocimiento sobre la misma.
- Establecer y reforzar los mecanismos necesarios para acercar la información a los ciudadanos, a través de foros que permitan la información directa, sin depender de intermediarios.



Estos objetivos se desarrollan a través de las distintas áreas de trabajo que desde Comunicación desarrolla el CSN:

- **Servicio de información a los medios de comunicación y a ciudadanos particulares.** El CSN desarrolla actividades informativas en relación con los medios de comunicación nacionales e internacionales de todos los ámbitos geográficos o temáticos, así como de diferente periodicidad. Emite notas de prensa ante acontecimientos puntuales y mantiene líneas telefónicas de atención permanente. Este servicio de requerimiento de información se presta también a cualquier ciudadano que se dirija al CSN (comunicaciones@csn.es).



Centro de información del CSN.



- **Centro de información.** En un espacio anexo al edificio del CSN, el centro de información dispone de las más modernas tecnologías para proporcionar diariamente una primera visión general de los ámbitos de actuación del Consejo a diferentes colectivos en visitas guiadas o a visitas individuales sin guía (centroinformación@csn.es).
- **Actividad editorial.** El “Plan Anual de Publicaciones” contiene referencias técnicas y divulgativas, así como publicaciones con diferente periodicidad que se ofrecen a la población o a diferentes organizaciones de forma gratuita (peticiones@csn.es).
- **Página web.** Disponible en la dirección de Internet www.csn.es, proporciona información, a través de diferentes enlaces, tanto de interés general sobre sus características y responsabilidades o el desarrollo de su actividad, como de cuestiones de actualidad.
- **El CSN organiza diferentes conferencias** de expertos y promueve la participación de su personal en las mismas, así como en los diferentes congresos, seminarios y exposiciones relativos a su actividad.