

## ENERGIA NUCLEAR

### USOS CIVILES DE LA ENERGÍA NUCLEAR. LAS CENTRALES NUCLEARES

#### LOS DISTINTOS USOS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

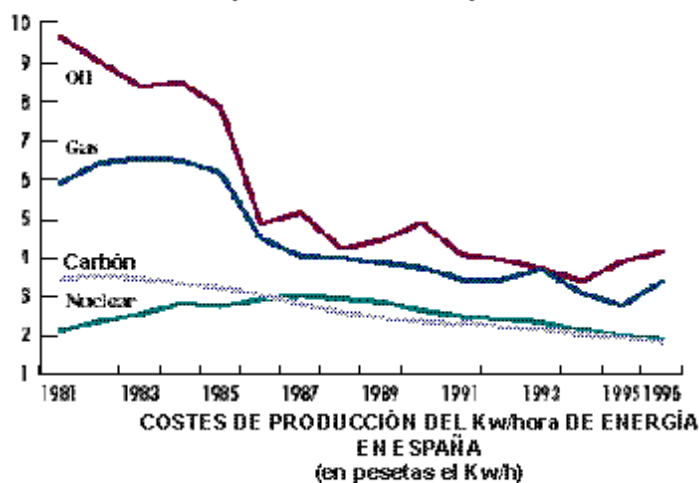
(INCLUYE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS CENTRALES ESPAÑOLAS DURANTE 1.998 y 1999)

Afortunadamente los usos más extendidos de la energía nuclear son los civiles, tanto para producir la electricidad que utilizamos en nuestras casas y en la industria, como para usos médicos y de investigación.

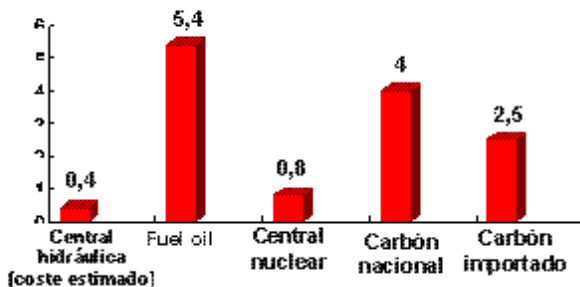
Desde los Rayos X hasta las últimas aplicaciones, la energía nuclear, al margen de las controversias que crea, nos ayuda cada día en los aspectos más desconocidos de la labor humana. Veamos los usos más conocidos:

– Producción de electricidad.– El uso más conocido es la generación de energía eléctrica en las centrales nucleares. El proceso se puede ver en el apartado "PRODUCCION DE ELECTRICIDAD", más abajo. La fisión –como en general la utilización de otros combustibles– genera calor que calienta agua para producir vapor, el cual mueve unas turbinas y éstas unos generadores eléctricos que producen la electricidad. En las centrales nucleares se controla la reacción de fisión –la emisión de neutrones– para que el reactor no explote, mediante elementos de control, como pueden ser barras de boro, que absorbe dichos neutrones.

#### COSTES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA (1996 EN EE.UU)



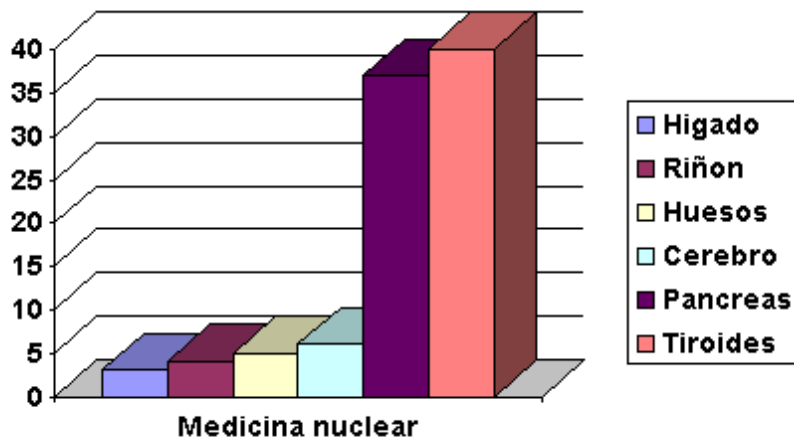
COSTES DE PRODUCCIÓN DEL Kw/hora DE ENERGÍA  
EN ESPAÑA  
(en pesetas el Kw/h)



– Rayos X.– Llamados así por desconocerse –en su momento– su origen. Se trata de fotones de energía (como los rayos gamma), por lo que no son partículas, sino ondas electromagnéticas. Su principal uso es en la realización de las radiografías gracias a su poder de atravesar unos cuerpos –tejidos blandos– y no otros –ej. huesos, metal... – dependiendo de la potencia que se le dé, según su uso. Así, se pueden localizar fisuras o

roturas de hueso, o incluso cuerpos extraños en el organismo. Por ser peligrosos se limita la exposición a los mismos durante mucho tiempo. Los propios profesionales médicos están protegidos con elementos de plomo y tienen limitado el tiempo de exposición.

**DOSIS MEDIA RECIBIDA POR UN PACIENTE SOMETIDO A DIFERENTES PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO CON ISÓTOPOS RADIATIVOS (EN MILISIEVERT)**

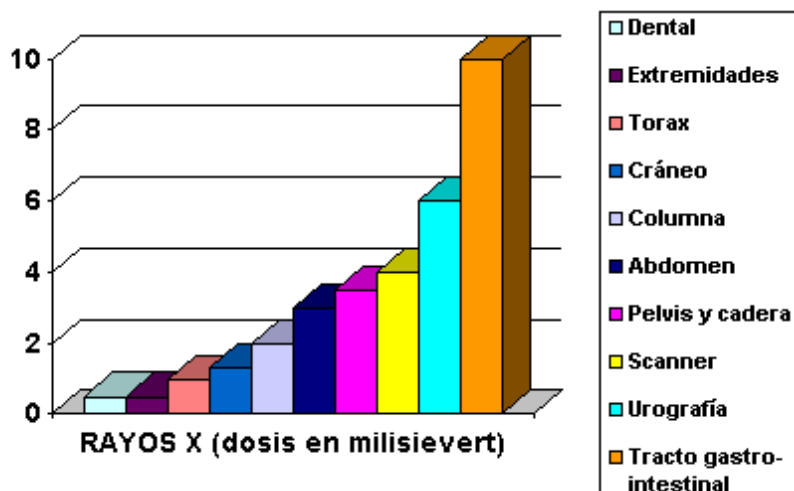


La dosis media para fines diagnósticos en un país desarrollado se encuentra en 1 miliSievert (mSv) por año/habitante, aunque puede llegar a 100 mSv. La dosis recibida por una persona en una misma exploración puede no ser idéntica a la que recibe otra, dependiendo de diversos factores. La dosis también varía en función de la prueba de que se trate.

La dosis media por usos médicos por cada persona en un país de Nivel Sanitario I (como España) es de 1,05 mSv, de los que 1 mSv se recibe de pruebas con Rayos X y 0,05 mSv por medicina nuclear.

Otro uso de los Rayos X es en el campo de la construcción. Con ellos se comprueban las soldaduras en las obras de construcción de edificios, buques, etc...

**DOSIS MEDIA RECIBIDA POR UN PACIENTE SOMETIDO A DIFERENTES PRUEBAS CON RAYOS X**



– Datación con Carbono 14.– Casi todos hemos oído hablar de la prueba del Carbono 14, que es un isótopo del Carbono –la base de la vida en la Tierra– que permite fechar restos arqueológicos. La famosa Sábana Santa de Turín (donde según la tradición cristiana fue envuelto Jesucristo) fue fechada con Carbono 14. Restos antropológicos, geológicos, el hombre de las nieves (encontrado en los Alpes, entre Italia y Suiza), etc. también han sido sometidos a esta prueba, que da sus mejores resultados cuando se trata de restos de varios miles de años y cuando no es tan importante encontrar la fecha exacta sino la época a grandes rasgos.

– Radioterapia.– Para el tratamiento del cáncer se aplica la radioterapia a través de rayos X, gamma y rayos ionizantes.

## **LAS CENTRALES NUCLEARES**

### **FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL NUCLEAR DE PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD**

Para explicar el funcionamiento de una central nuclear nos vamos a fijar en la central de Trillo, y concretamente en los pasos descritos en la página web de la misma <http://www.cntrillo.es>.

Antes de comenzar, conviene decir que en España Existen 7 centrales nucleares y nueve reactores (dos de aquellas disponen de sendos reactores). También es importante destacar que 1/3 de la energía eléctrica que se consume en nuestro país proviene de esas centrales nucleares, lo cual demuestra la importancia que ésta tiene y las dificultades económicas de sustituir un fuente tan destacada de recursos energéticos.

### **LA GENERACIÓN DE CALOR. EL COMBUSTIBLE**

Muchos de los procesos de producción de energía eléctrica se basan en el movimiento de generadores eléctricos por la acción del vapor de agua a presión. Tanto a través de la fisión como de la fusión, así como en las centrales térmicas –entre otras instalaciones–, se aprovecha el calor generado para mover un generador de corriente eléctrica.

En el caso concreto de las centrales nucleares el calor lo produce la fisión del Uranio.

La Central Nuclear Trillo 1 concretamente carga en su reactor anualmente 92 toneladas de óxido de uranio enriquecido con U-235, en una proporción media de aproximadamente el 3,9 por ciento.

Este combustible se presenta en forma de pastillas cilíndricas de 9,1 mm de diámetro, apiladas en unos tubos o vainas de aleación metálica de zircaloy de algo más de 4 metros de longitud y 10,7 mm de diámetro. La vainas, a su vez, se agrupan en haces de 236 unidades (16 x 16), denominados "elementos combustibles". En la vasija del reactor se alojan un total de 177 de estos elementos.



La recarga del reactor se realiza de forma periódica, sustituyéndose un cuarto de los elementos combustibles.

Comparativamente, un día de producción de esta central equivale al consumo de 34.000 barriles de petróleo en una central de fuel de la misma potencia y 6.850 toneladas diarias de carbón en una térmica convencional.

## **LA GENERACIÓN DE VAPOR**

### *EL CIRCUITO PRIMARIO*

El circuito primario es estanco y está formado por la vasija que contiene el núcleo, el presionador y tres lazos. Cada uno de éstos incorpora un generador de vapor y una bomba principal.

El agua desmineralizada que circula por su interior toma el calor producido en el reactor por la fisión nuclear y lo transporta hasta el generador de vapor. En él, un segundo flujo de agua, independiente del primero, absorbe el calor a través de su contacto exterior con las tuberías por las que circula el agua desmineralizada del circuito primario. Por fin, dicho fluido retorna a la vasija del reactor tras ser impulsado por las bombas principales.

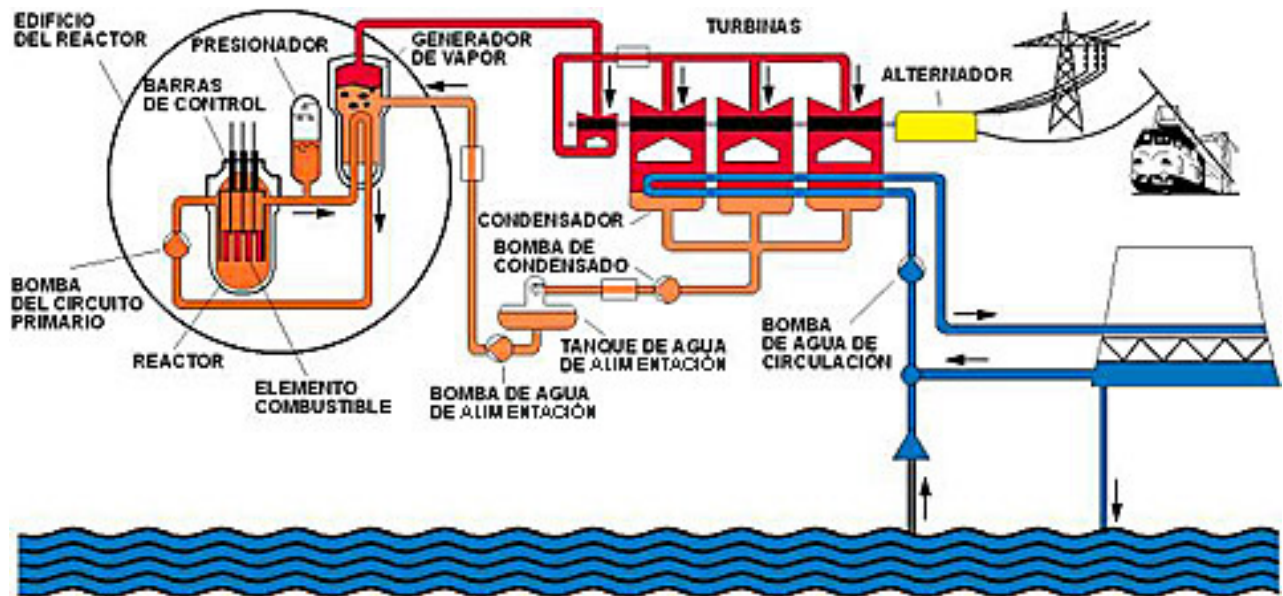
El reactor y su circuito de refrigeración están contenidos dentro de un recinto hermético y estanco, llamado "Contención", consistente en una estructura esférica de acero de 53 metros de diámetro, construida mediante chapas de acero soldadas de 40 mm de espesor medio y que se soporta en una estructura de hormigón en forma de cáliz que se apoya sobre la losa de cimentación de 3,5 m. de espesor. La Contención está ubicada en el interior de un segundo edificio, también de hormigón y cuyas paredes exteriores tienen un espesor de 60 cm, llamado edificio del Anillo del Reactor. Este tiene forma cilíndrica y está rematado por una cúpula semiesférica, que sirve de blindaje biológico. Alberga parte de los sistemas de salvaguardia.

El funcionamiento del circuito primario se complementa con la presencia de una serie de sistemas auxiliares que aseguran el control de volumen, la purificación y desgasificación del refrigerante, el control químico, el tratamiento de residuos líquidos, gaseosos y sólidos, así como otras diferentes funciones necesarias para su correcta operación.

## **LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD**

### *EL CIRCUITO SECUNDARIO*

El diseño y el funcionamiento de los equipos de este sistema son similares a los existentes en las demás centrales de tipo térmico convencional. En el circuito secundario, el vapor producido en los generadores se conduce al foco frío o condensador, a través de la turbina que transforma la energía térmica (calor) en energía mecánica. La rotación de la turbina acciona directamente el alternador de la central y produce energía eléctrica. El vapor de agua que sale de la turbina pasa a estado líquido en el condensador, retornando, mediante el



concurso de las bombas de condensado y de agua de alimentación, al generador de vapor para reiniciar el ciclo. En esta fase se incorporan varios procesos de precalentamiento para optimizar el rendimiento termodinámico. Asimismo, se dispone de un depósito de agua de alimentación para mejorar la disponibilidad del sistema.

Existe, además, una conducción directa (by-pass) que conduce el agua desde la entrada a la turbina de alta presión y hasta el condensador. Permite, cuando se desconecta el turbogruppo de la red eléctrica exterior, conducir el vapor para su condensación, en tanto se reduce la producción de calor en el reactor.

Unidos a la turbina por un mismo eje se encuentran el alternador y la excitatriz. La tensión de generación es de 27 kilovoltios y se eleva a 400 kV, siendo la potencia activa de 1.066 megavatios y la frecuencia 50 hertzios.

El condensador de doble cuerpo incorpora 68.000 tubos de titanio de 22 milímetros de diámetro y 0,7 milímetros de espesor, por cuyo interior circula el agua exterior de un tercer circuito, denominado sistema de agua de circulación.

La central dispone de dos parques de transformación, uno de 400 kilovoltios, para distribución de la energía generada por la central, y otro de 132 kilovoltios, para su alimentación auxiliar.

## **EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

### *EL SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACIÓN*

Mediante un caudal de agua de 44.600 Kg/s aportado por un tercer circuito semiabierto, denominado "sistema de circulación", se realiza la refrigeración del condensador. Este sistema consta de dos torres de refrigeración de tiro natural, un canal de recogida del agua y las correspondientes bombas de impulsión para la refrigeración del condensador y elevación del agua a las torres.

El caudal de agua evaporado por las torres es restituido a partir de la toma de agua en un azud de captación situado en el río Tajo.

## **EL ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS** (Con información del Consejo de Seguridad Nuclear)

Los residuos que provienen de las centrales nucleares españolas son almacenados en la instalación nuclear de almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de Sierra Albarrana, situada en la finca "El Cabril", término municipal de Hornachuelos (Córdoba). Este centro es propiedad de ENRESA.

En la finca de El Cabril y durante los años cincuenta, hubo una explotación de mineral de uranio. En 1961 se inició el uso de las antiguas minas como almacén de residuos radiactivos de media y baja actividad, y en 1985 entraron en operación tres módulos de almacenamiento temporal en superficie, a los cuales ENRESA trasladó los residuos inicialmente almacenados en las minas.

En el año 1989 se autorizó a ENRESA la construcción de la nueva instalación de almacenamiento, cuya operación se inició en 1992.

La instalación de almacenamiento propiamente dicha está constituida por dos plataformas con un total de veintiocho celdas.

Esta instalación cuenta con un nuevo Permiso de Explotación del 8 de Octubre de 1996, con una vigencia de cinco años.

La instalación dispone de 4 licencias de supervisor, 10 licencias de operador, 3 títulos de Jefe de Servicio de Protección Radiológica y 2 acreditaciones para uso de instalaciones de radiodiagnóstico.

Durante el segundo semestre de 1998 se han efectuado 4 inspecciones del Consejo de Seguridad Nuclear, y se ha llevado a cabo un simulacro de emergencia el 7 de mayo de ese mismo año.

Por lo que respecta a los residuos radiactivos, durante este periodo se han recibido en la instalación 4.389 bidones (4.169 procedentes de instalaciones nucleares y 248 de instalaciones radiactivas) y 1.049 unidades de contención procedentes de instalaciones nucleares y radiactivas

Los niveles de radiación ambiental han sido similares a los obtenidos en períodos anteriores, no detectándose influencias de las actividades de la instalación en el medio ambiente que le rodea. Los vertidos gaseosos han representado una pequeña fracción de los límites autorizados. No se han producido vertidos radiactivos líquidos. Las dosis debidas tanto a exposición externa como interna han sido, asimismo, notablemente inferiores a los límites autorizados.

## **EL TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS**

(Con información del Consejo de Seguridad Nuclear)

Los transportes nucleares que se realizan en España consisten básicamente en:

- Los envíos de residuos radiactivos de baja y media actividad, procedentes de las instalaciones nucleares y radiactivas, hasta el almacenamiento de El Cabril (Córdoba),
- La recepción desde países que enriquecen óxido de uranio para la fábrica de Juzbado, y desde aquí a las centrales nucleares que lo demandan, tanto españolas como extranjeras.

Cada año se hacen alrededor de 150 transportes de sustancias nucleares, todos ellos de acuerdo a la legislación vigente.

Durante el segundo semestre de 1998 se emitieron 5 informes para la autorización de transporte de material radiactivo y 6 para la aprobación o convalidación de bultos.

El total de bultos homologados o convalidados en España asciende a un total de 29.

## OBRAS DEL NUEVO ALMACÉN DE RESIDUOS NUCLEARES

Ya han comenzado las obras de construcción del nuevo almacén de residuos nucleares de la central de Trillo, que se pondrá en funcionamiento en el año 2002, cuando esté lleno el actual.

El nuevo depósito tendrá 57'6 metros de largo por 40'3 de ancho, y será creado para guardar únicamente los residuos de esta central. Su coste aproximado se eleva a unos 3000 millones de pesetas.

## NUEVO PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL

Protección civil prepara un plan para poder avisar telefónicamente a los vecinos residentes a menos de 10 Km. de una central nuclear en caso de fuga radiactiva. El proyecto afecta a unos 10.000 abonados telefónicos y se espera que la población afectada esté avisada tarde un máximo de media hora.

## NUEVA ARCILLA AISLANTE PARA DEPÓSITOS DE RESIDUOS NUCLEARES

Científicos españoles han descubierto una arcilla que permite mantener los residuos nucleares depositados de manera mucho más segura y a más largo plazo. Depósitos diseñados utilizando este nuevo material ya se están construyendo en centroeuropa.

## PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS CENTRALES ESPAÑOLAS DURANTE 1999

Las centrales nucleares españolas produjeron durante el año 1.998 un total de 59.002 Gigawatios/hora (Gw/h) de electricidad y en 1.999 un total de 58.852 GW/h. Esta cantidad supone aproximadamente un 30% de la producción total de electricidad en España. Téngase en cuenta que una familia media de 4 miembros consume 18 Kw/h al día. Las centrales nucleares españolas disponen de una potencia total de 7.749 Megawatios eléctricos, conforme al siguiente esquema:

NOMBRE CENTRAL	PROVINCIA	POTENCIA	ANTIGUEDAD
Ascó I	Tarragona	979	1.984
Ascó II	Tarragona	1.014,8	1.986
Almaraz I	Badajoz	973,3	1.983
Almaraz II	Cáceres	982,6	1.984
Trillo	Guadalajara	1.066	1.988
Vandellós II	Tarragona	1.081,7	1.988
Sta. María de Garoña	Burgos	466	1.971
Cofrentes	Valencia	1.025,4	1.985
Zorita	Guadalajara	160	1969

## ENERGÍA NUCLEAR

### I.- INTRODUCCION

#### ENERGIA NUCLEAR. CONCEPTOS BASICOS

Encontrar recursos energéticos casi inagotables, baratos y no contaminantes ha sido un afán del hombre casi desde el primer momento. Los combustibles tradicionales (carbón, petróleo, gas...) resultan caros, contaminan

y son escasos.

El gran salto cuantitativo lo dio el descubrimiento, hacia 1938–1939, de que la fisión, esto es, la separación del núcleo de un átomo en otros elementos, liberaba gran cantidad de energía. Desgraciadamente esta energía, a pesar de su rendimiento, es también altamente peligrosa –recuérdese que uno de sus primeros usos fue el militar en Hiroshima y Nagasaki. Ténganse en cuenta también los desastres de Chernobil y las fugas más recientes en Japón y Corea del Sur, aparte de las que no se dan a conocer–.

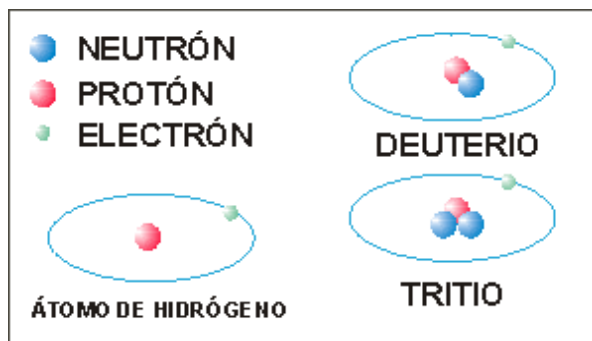
La alternativa de futuro es la fusión nuclear. Pero antes de continuar conviene aclarar algunos conceptos fundamentales. La energía nuclear debe su nombre a que se basa en el poder de los núcleos de los átomos, por lo que debemos definir qué es un átomo, lo cual no resulta del todo fácil. Como aproximación baste decir que es la partícula más pequeña de un elemento químico que entra en combinación para formar dicho elemento.

En física nuclear se estudian las llamadas partículas fundamentales, esto es, las que forman parte de todos los átomos, y que según su número en éstos darán los distintos tipos de átomos. Las partículas más conocidas y las necesarias a los efectos de este trabajo son el electrón, el protón y el neutrón.

Un átomo está compuesto por un núcleo, formado por neutrones (no siempre) y protones –llamados conjuntamente nucleones–. Estos con carga eléctrica positiva y aquellos neutra; a su vez, el átomo consta de una envoltura electrónica a base de electrones, de carga eléctrica negativa. En la naturaleza todos los átomos son eléctricamente neutros, teniendo igual número de protones que de electrones.

### Otros conceptos:

- **Número atómico Z.**– Es el número de protones que componen el núcleo del átomo. Así, el Hidrógeno (símbolo H), que es el átomo utilizado en la fusión nuclear, tiene un número  $Z=1$ , pues solamente dispone de un protón en su núcleo. De hecho, el hidrógeno es el elemento químico más sencillo –y a la vez más abundante en la naturaleza–.
- **Masa atómica A.** Es la suma de protones y neutrones. También se llama número másico. Considerando N al número de neutrones de un átomo, tenemos que  $A=Z+N$ .
- **Peso atómico.** Es el peso del átomo, tomando como unidad la duodécima parte del peso del átomo de Carbono (C). Así, el Hidrógeno pesa aproximadamente 1 y el Carbono 12.
- **Isótopo.** Un mismo tipo de átomo puede tener en su núcleo distinto número de neutrones. A cada variedad se le llama isótopo. Así, como se ve en el gráfico de abajo, el hidrógeno tiene tres isótopos diferentes: isótopo hidrógeno, isótopo deuterio e isótopo tritio. Estos dos últimos son los utilizados en la fusión nuclear.



### Diferencia entre fisión y fusión.

Por la fisión nuclear, un núcleo pesado como el Uranio 235, es dividido generalmente en dos núcleos más ligeros debido a la colisión de un neutrón (recordemos que un átomo se compone básicamente de electrones, protones y neutrones). Como el neutrón no tiene carga eléctrica atraviesa fácilmente el núcleo del Uranio. Al dividirse éste, libera más neutrones, que colisionan con otros átomos de Uranio creando la conocida reacción en cadena, de gran poder radioactivo y energético. Esta reacción se produce a un ritmo muy acelerado en las bombas nucleares, pero es controlado para usos pacíficos.

Por contra, la fusión consiste en la unión de dos núcleos ligeros (Litio y Deuterio) en uno más pesado (Helio) –aunque la suma de su masa es menor que la masa de los nucleos reaccionantes, pues esa pérdida se ha convertido en energía–, obteniéndose del orden de 4 veces más energía que en la fisión. Dicha energía se produce en virtud de la famosa Teoría de la Relatividad formulada por Albert Einstein,  $E=mc^2$  (Energía = masa por el cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío), ya que aquella ni se crea ni se destruye, sino que se transforma. Hemos transformado masa en energía.

### **La radiactividad.–**

El descubrimiento de la radiactividad se debe al físico francés Henri Becquerel, al comprobar casualmente en 1896 cómo quedaba impresa una placa fotográfica en la que se habían colocado cristales de uranio y potasio, aun sin la intervención de la luz solar.

La radiactividad supone que las sustancias llamadas radiactivas emiten espontáneamente radiaciones capaces de atravesar la materia, impresionar placas fotográficas o producir ionización o fluorescencia.

### **La Radiación nuclear.**

Los procesos nucleares emiten tres clases de radiaciones:

– Partículas Alfa.– Son núcleos de átomos de helio, compuestos por 2 neutrones y 2 protones. Tienen carga eléctrica positiva y se desvían poco al pasar a través de un campo electromagnético.

Cuando un núcleo radiactivo emite una partícula alfa, su número atómico  $Z$  disminuye en 2 unidades, y su número másico (masa) en 4 unidades. El nuevo núcleo corresponde a otro elemento químico.

Por ejemplo, cuando un núcleo de Uranio 238 ( $Z=92$ ) emite una partícula alfa, el núcleo residual es Torio 234 ( $Z=90$ ).

– Partículas Beta.– Son electrones de alta velocidad, que se desvían fácilmente ante un campo electromagnético.

Cuando un núcleo emite una partícula beta su número atómico aumenta en 1 unidad, pero el número másico aumenta 2 unidades. Así, cuando Th 234 ( $Z=90$ ) emite una partícula beta, resulta Th 235 ( $Z=92$ ).

– Rayos Gamma.– Son fotones de gran energía. No se trata de partículas, sino de ondas electromagnéticas, como los rayos X o la luz, pero su energía es mucho mayor que ésta al tener una longitud de onda mucho menor.

### **Poder de penetración de la radiación.–**

Las partículas y rayos definidos tienen diferente poder de penetración en la materia. Así, y tomando como referencia una plancha de aluminio, tenemos:

– Partículas Alfa: 0,0005 cm. de espesor. Son absorbidos por una hoja de papel, que no logran atravesar.

– Partículas Beta: 0,05 cm. de espesor.

– Rayos Gamma: 8 cm. de espesor. Son los más peligrosos en toda reacción nuclear.

### **Actividad de una muestra radiactiva.–**

Es el número de desintegraciones por segundo que en ella se producen, y es proporcional al número de átomos radiactivos que contenga. Esto nos lleva a la *Ley de decrecimiento exponencial* de la actividad de una muestra radiactiva, o dicho de otro modo, el tiempo que cada elemento radiactivo tarda en perder la mitad de su radiactividad (semivida).

Por ello, cuando se dice, por ejemplo, que el torio 238 tiene una semivida de 24'1 días, nos están diciendo que tarda ese tiempo en perder la mitad de su radiactividad.

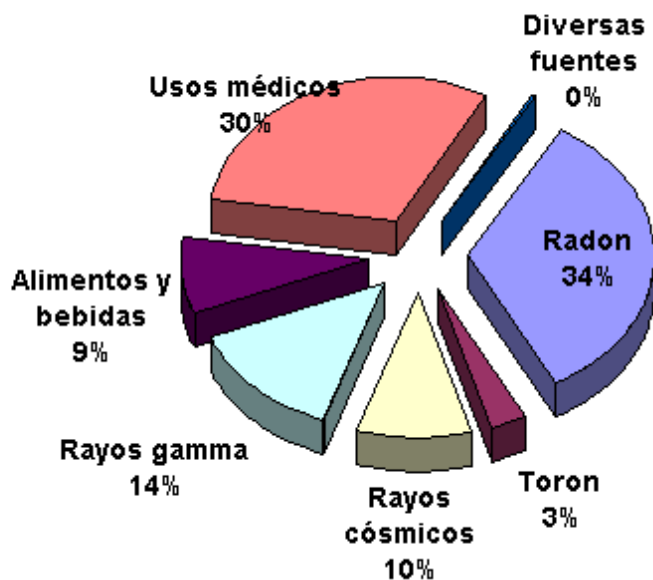
ENERGIA NUCLEAR.

LA RADIACIÓN NATURAL

(Con información del Consejo de Seguridad Nuclear)

Las principales fuentes de emisión de radiación son las pruebas y las centrales nucleares, y en menor medida, las pruebas médicas. Sin embargo, éstas no son las únicas fuentes de emisión de radiaciones que podemos encontrarnos, también existe la llamada **RADIACIÓN NATURAL**. Gran cantidad de elementos de la naturaleza y de productos que utilizamos cotidianamente emiten radiactividad.

### DOSIS MEDIA RECIBIDA EN UN AÑO POR UNA PERSONA EN ESPAÑA



**RAYOS CÓSMICOS.**– Podemos hablar de una radiación que nos llega del espacio en forma de Rayos Cósmicos. Se puede hacer bien poco para evitarlos, ya que atraviesan casi todos los materiales (incluso entran en nuestras casas). La dosis media que una persona recibe al año por esta radiación es de 0,25 miliSievert (mSv) –sepa qué es un Sievert–, aunque puede oscilar entre 0,2 y 0,3 mSv. Una persona puede recibir 100.000 rayos de neutrones y 400.000 rayos secundarios a la hora. Por su parte, una persona que viaje habitualmente en avión realizando vuelos transoceánicos estará más expuesta a estos rayos, ya que su poder aumenta con la altura (10 mSv. a 15 Km. de altitud).

**RADÓN.**– EL gas radón procede del uranio que se encuentra en la tierra de forma natural. La dosis media que en España se recibe por este gas se encuentra en 1,2 mSv., pudiéndose alcanzar hasta 40 mSv. en alguna zonas de la Península Ibérica.

Esta dosis se recibe principalmente en el interior de los edificios, ya que se concentra más que en el exterior, donde se dispersa con mayor facilidad.

**RAYOS GAMMA.**– La tierra y los edificios emiten esta radiación, la más dañina. Todos recibimos continuamente estas ondas electromagnéticas de alto poder. La tierra tiene radiactividad natural, y puesto que gran cantidad de los productos y materiales que utilizamos en nuestra vida cotidiana procede de ella, también aquellos emiten rayos gamma, en el exterior y en el interior de los edificios.

La dosis media por año que una persona recibe en España por estos rayos es de 0,45 mSv., pudiendo llegar a 1 mSv. en ciertas zonas. La zona occidental de la Península está más expuesta, al igual que al radón; la parte de Galicia en especial.

Alrededor de 30.000 átomos emisores de rayos alfa, beta y algunos gamma se desintegran cada hora en nuestros pulmones, procedentes del aire que respiramos. Por su parte, somos atravesados por más de 200 millones de rayos gamma a la hora procedentes del suelo y de los edificios.

**ALIMENTOS Y BEBIDAS.**– Nuestros alimentos e, incluso, nuestro cuerpo, tienen radiactividad natural. El potasio 40 en concreto es la fuente principal de radiación interna (debida al material radiactivo introducido en nuestro cuerpo a través, fundamentalmente, de los alimentos).

La dosis media anual que una persona recibe por este concepto es de 0,3 mSv., de los cuales 0,18 mSv. proceden del potasio 40. El rango en que varía esta radiación por alimentos está entre 0,1 y 1 mSv. Es muy difícil eliminar esta radiación.

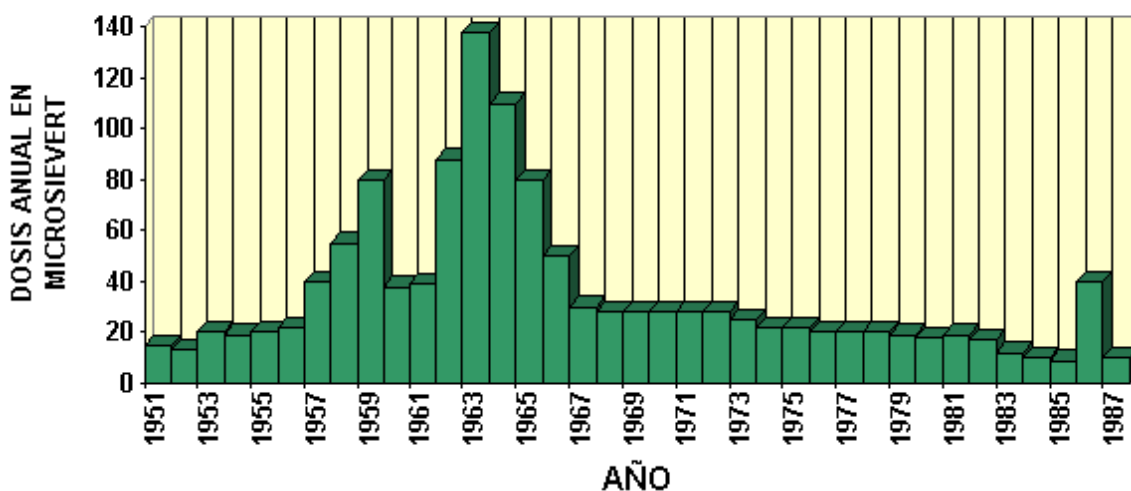
El *marisco* es el alimento que más radiación natural concentra, de tal manera que una persona que habitualmente coma muchos mejillones, ostras, chirlas y caracoles marinos, puede recibir hasta un 50% más radiación por alimentación que la media de la población.

Aproximadamente 15 millones de átomos de potasio 40 y 7.000 átomos de uranio natural se desintegran en nuestro interior cada hora.

**LLUVIA RADIATIVA.**– La radiactividad liberada en la atmósfera, principalmente de pruebas nucleares, se deposita poco a poco sobre la superficie de la tierra a través de la conocida como lluvia radiactiva. La dosis media recibida por la población por esta causa ha pasado de valores altos en las décadas de los 50–70 (hasta 0,08–014 mSv.) a los valores actuales, del orden de 5 microSievert, aunque en algunos lugares alcanza los 10 microsievert.

Como puede observarse en la gráfica, el aumento de radiactividad de 1.986 se debe al accidente de la central de Chernobil.

## DOSIS ANUAL PROMEDIO POR LLUVIA RADIOACTIVA



### LÍMITES ANUALES DE DOSIS DE RADIOACTIVIDAD

Los límites anuales de dosis radiológica fijados por la Unión Europea que una persona puede absorber son, para los trabajadores profesionalmente expuestos (los que habitualmente están sometidos a radiaciones ionizantes) de 20 miliSievert (100 mSv. de promedio en 5 años). Para la población en general el límite está en 5 mSv.