



La Energía Nuclear

IES BELLAVISTA

Conceptos básicos

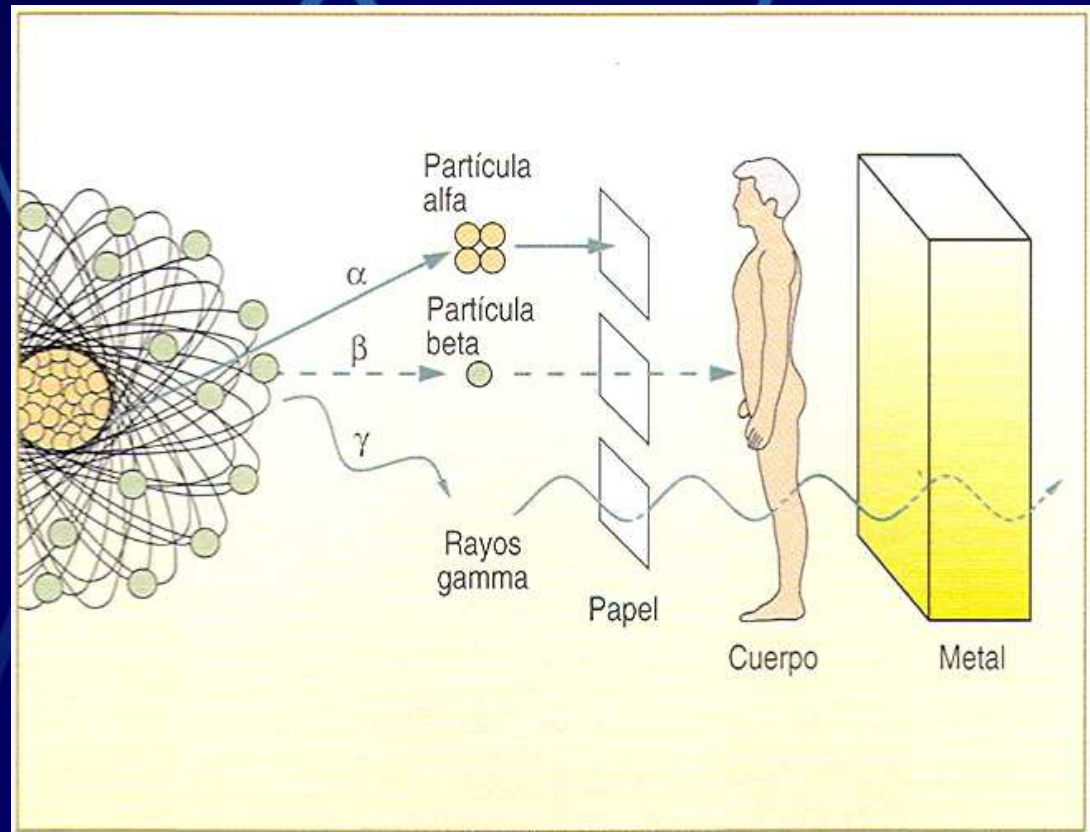
- Número de protones Z , Número de neutrones N ,
- Número atómico: Z
- Número másico: $A = Z + N$
- Designación: ${}^A_Z E$
- Isótopo: átomos con mismo Z y distinto A
- Isómeros nucleares: mismo Z y A . Distintas propiedades.

Radiactividad natural

➤ Emisión espontánea de radiación en los elementos radiactivos (U, Ra, Po).

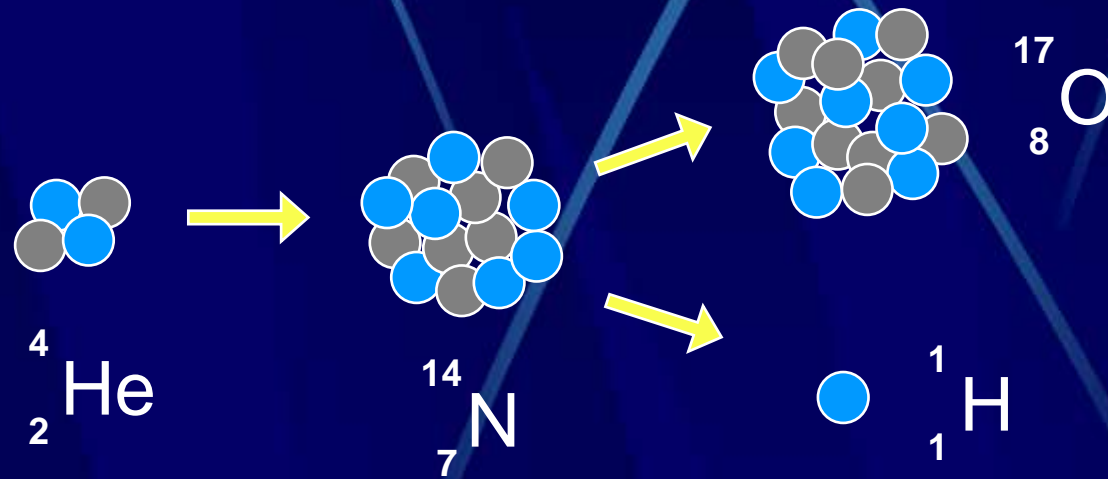
➤ Tipos de radiación

- Radiación alfa
- Radiación beta
- Radiación gamma



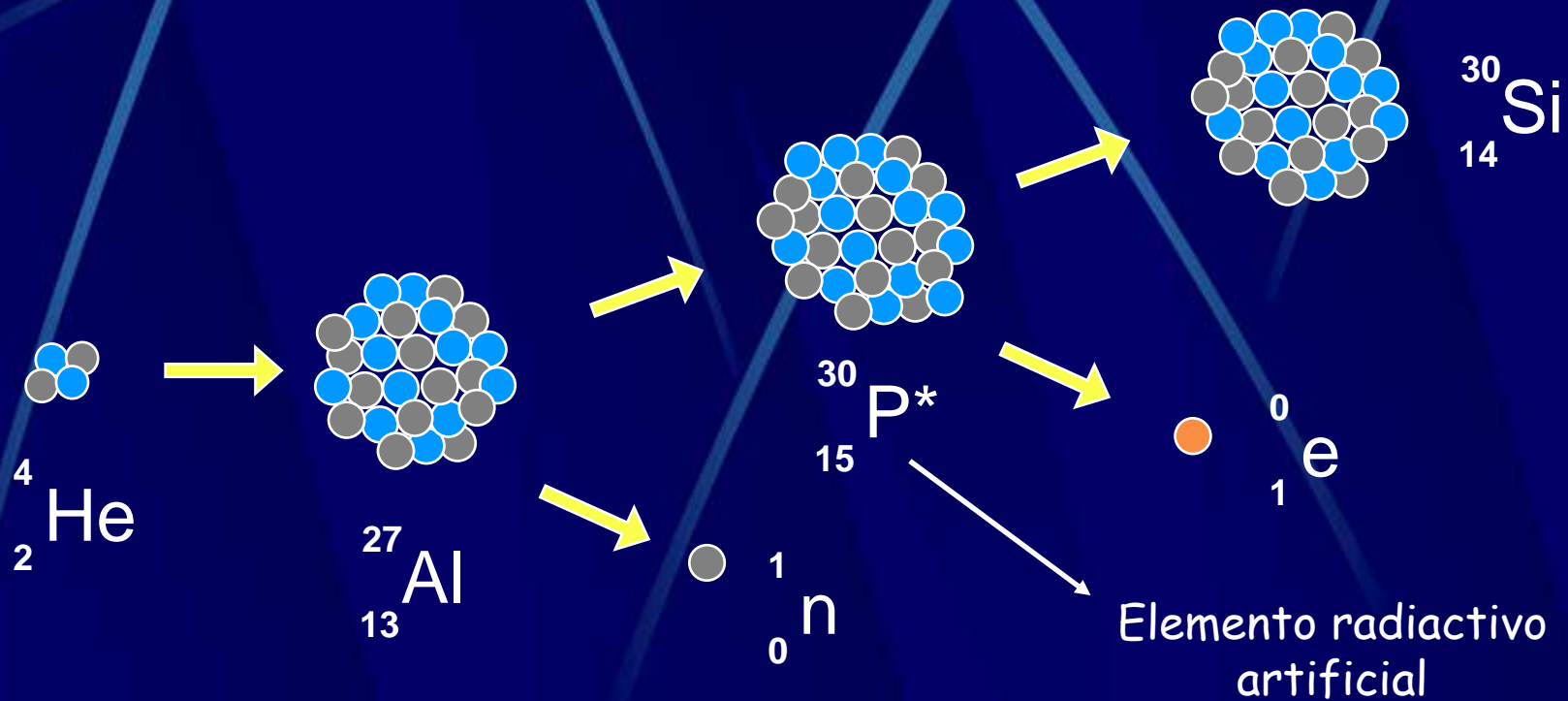
Transmutación artificial

Transformación de elementos por bombardeo con partículas



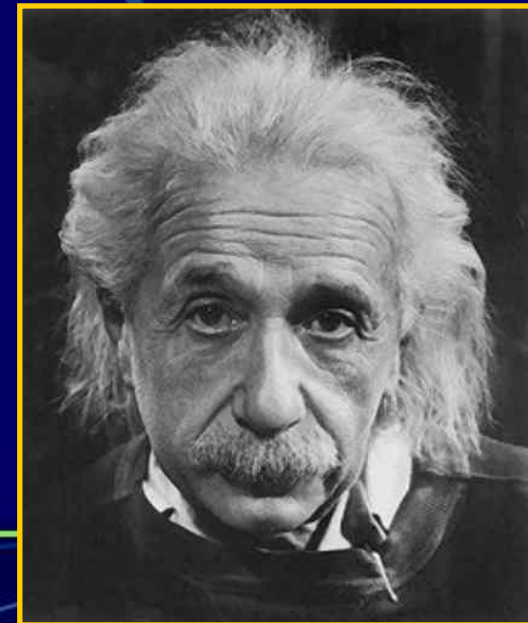
Radiactividad artificial

Obtención de elementos radiactivos mediante bombardeo con partículas



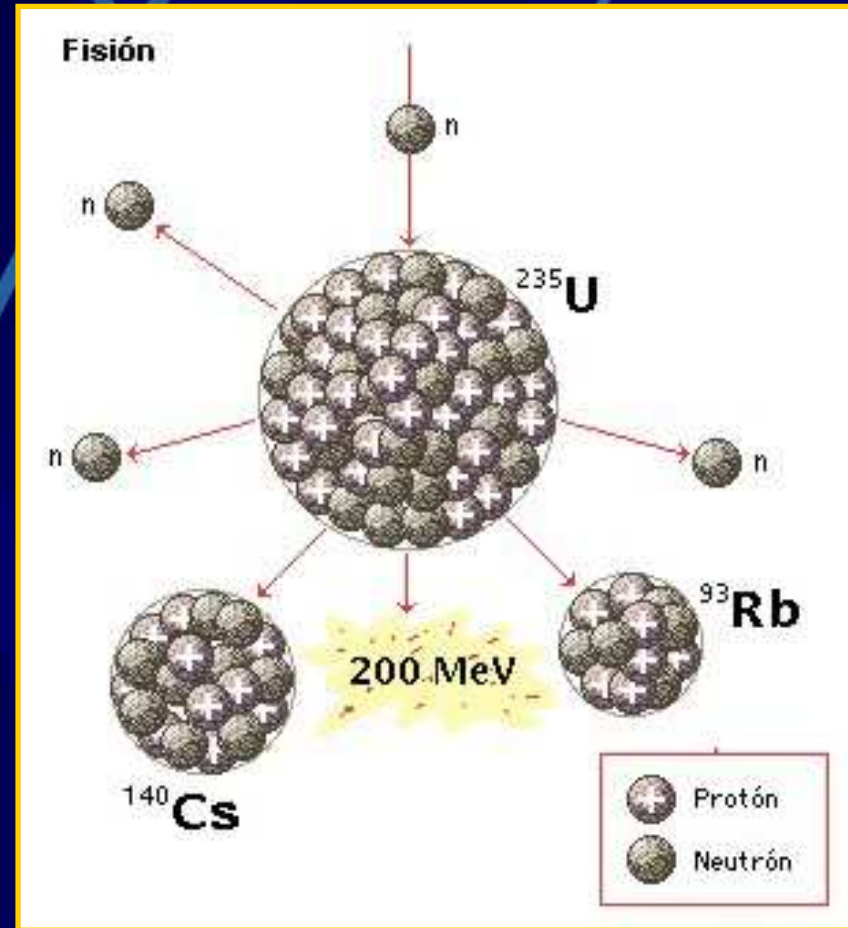
Conservación de la carga y del índice de masa

- En toda reacción nuclear, las sumas de los números atómicos y másicos de los elementos han de ser las mismas en ambos miembros de la ecuación
- En las reacciones nucleares tiene lugar una ligera pérdida de masa que se transforma en energía: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
- Unidades:
 - unidad de masa atómica (u)
 - megaelectronvoltio (MeV)

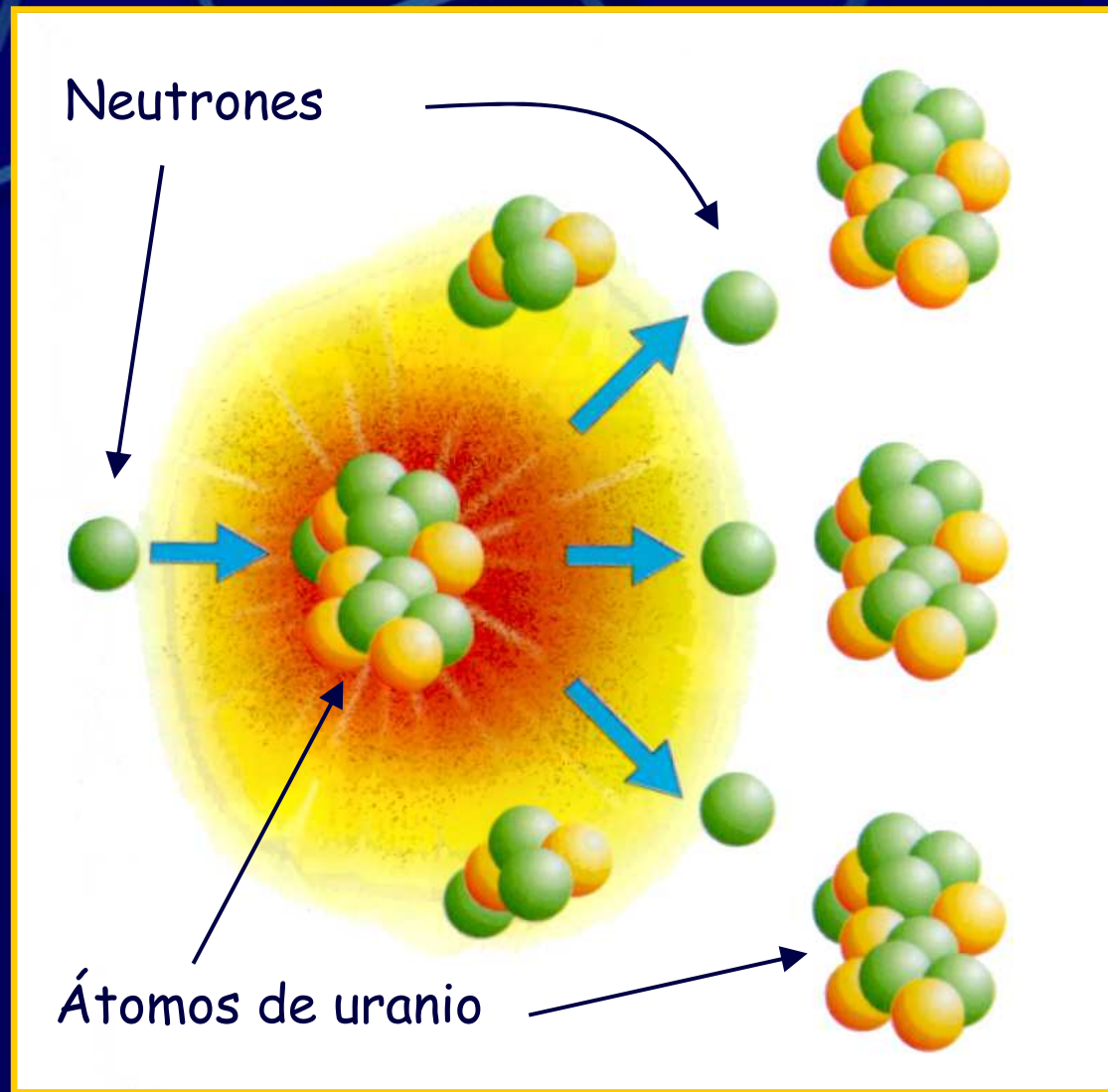


Reacciones de fisión nuclear

- Es la ruptura de núcleos pesados en otros más ligeros con liberación de energía.
- Se produce millones de veces más energía que en la combustión.
- En la reacción se desprenden neutrones que pueden fisionar otros átomos → **Reacción en cadena.**

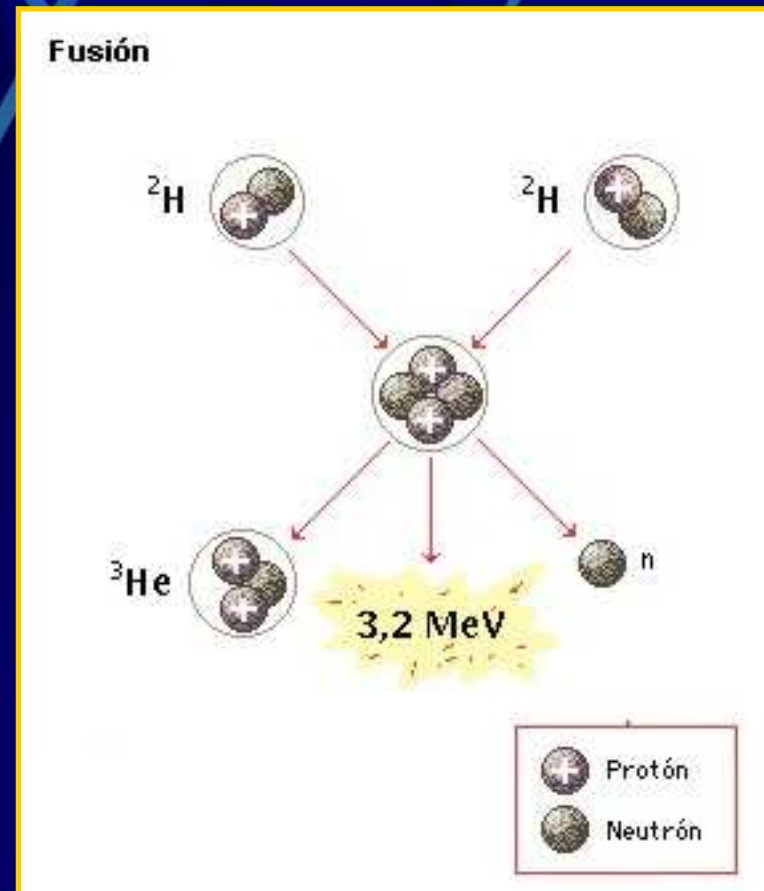


Reacciones de fisión nuclear



Reacciones de fusión nuclear

- Es la unión de núcleos ligeros en otros más pesados con liberación de energía.
- Núcleos con carga eléctrica: hay que vencer enormes fuerzas de repulsión electrostática.
- Se necesitan temperaturas elevadísimas (sobre 10^8 °C)



Consideraciones sobre las reacciones de fisión

- Se pueden producir **reacciones en cadena** gracias a los neutrones desprendidos.
- Hay que frenar los neutrones para que puedan provocar nuevas fisiones. Se usan **moderadores** (agua, grafito,....)
- Para que se produzca la reacción en cadena es necesaria la presencia de una masa mínima denominada **masa crítica**.
- Se utilizan **sustancias absorbentes de neutrones** para controlar el **factor de multiplicación** (k) de la reacción.

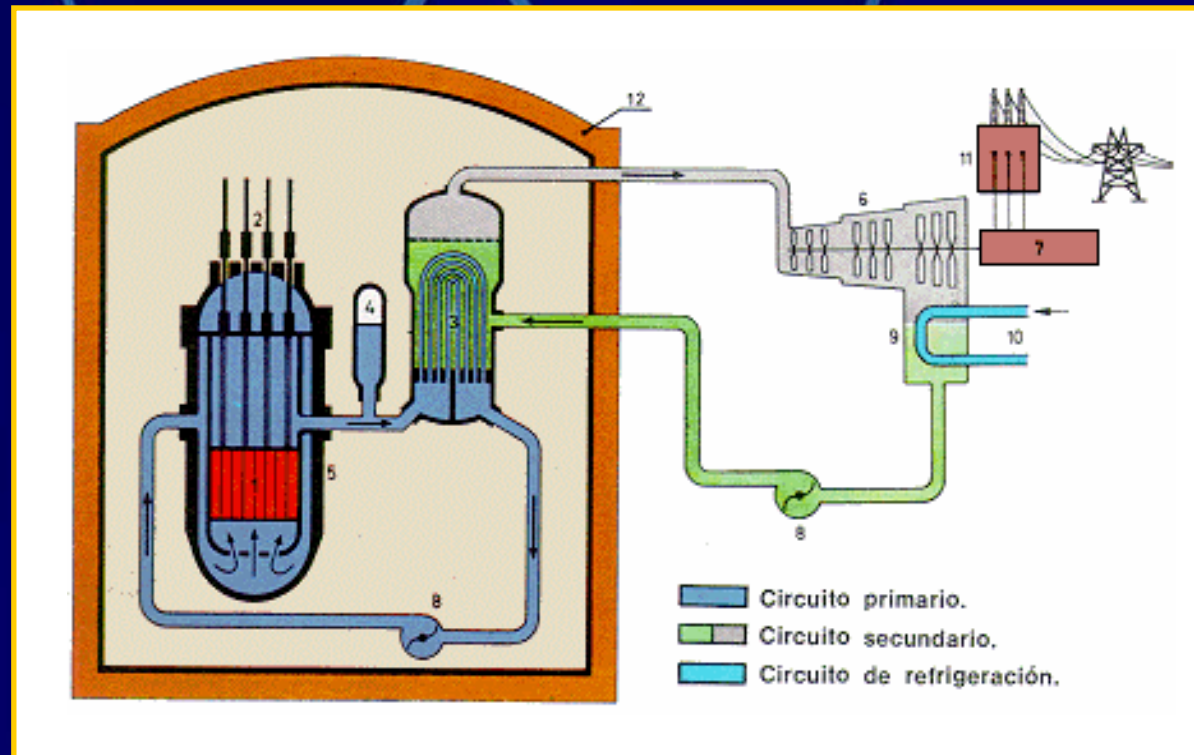
El reactor nuclear

- En el **núcleo del reactor** se sitúa el combustible, el moderador y las barras de control.
- El **combustible** habitual es O_2U^{235} enriquecido en U^{235} .
- Las **barras de control** (absorbentes de neutrones) controlar el factor de multiplicación.
- El calor es evacuado por el **fluido refrigerante** (agua, agua pesada, gas o metal líquido).
- Un **blindaje de hormigón** frena las radiaciones al exterior.

Centrales nucleares

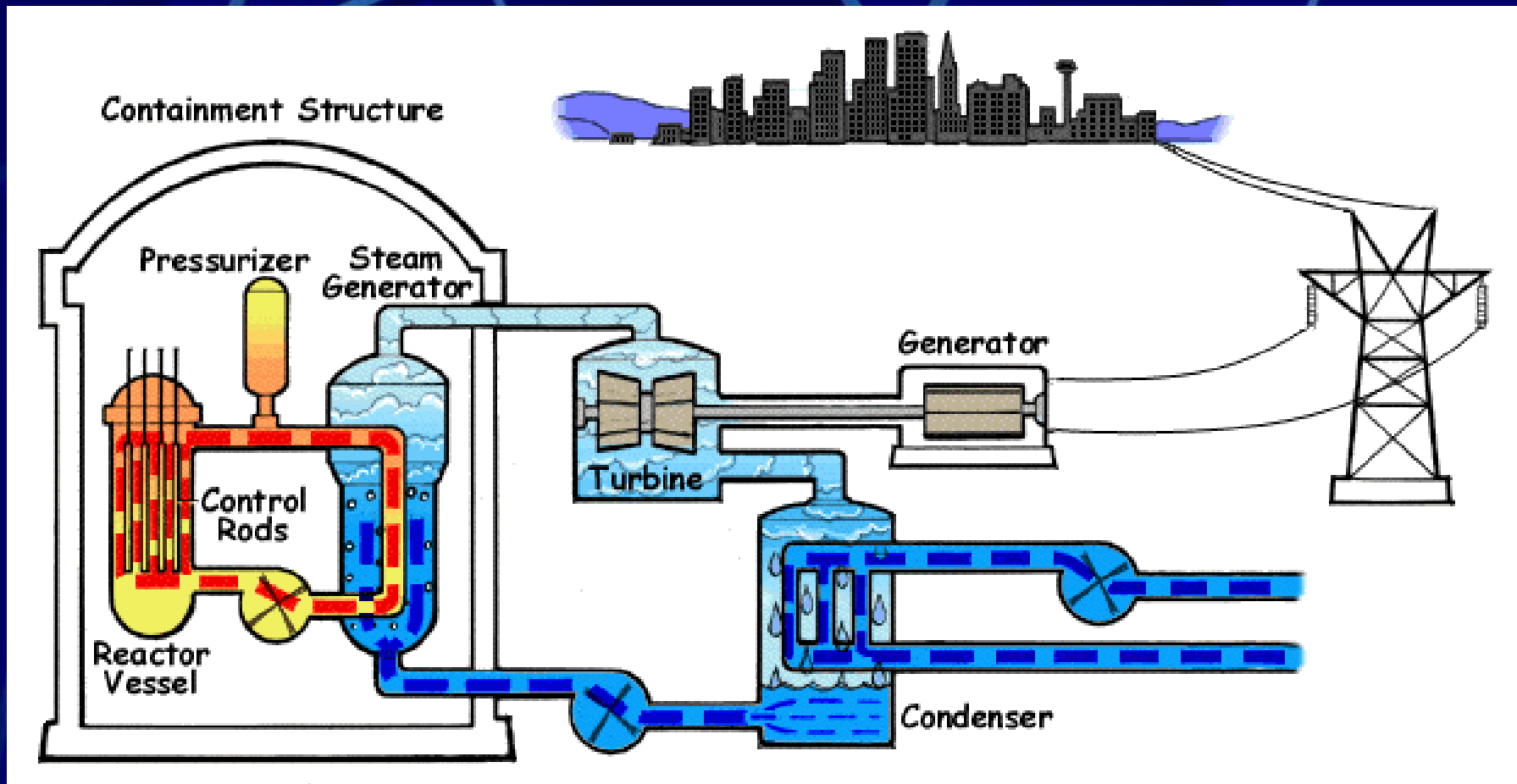
Reactores de agua a presión (PWR)

- El agua de refrigeración está a presión: se mantiene líquida a alta temperatura.
- Hay un generador de vapor.
- El circuito secundario está aislado del núcleo; no es radiactivo.



Centrales nucleares

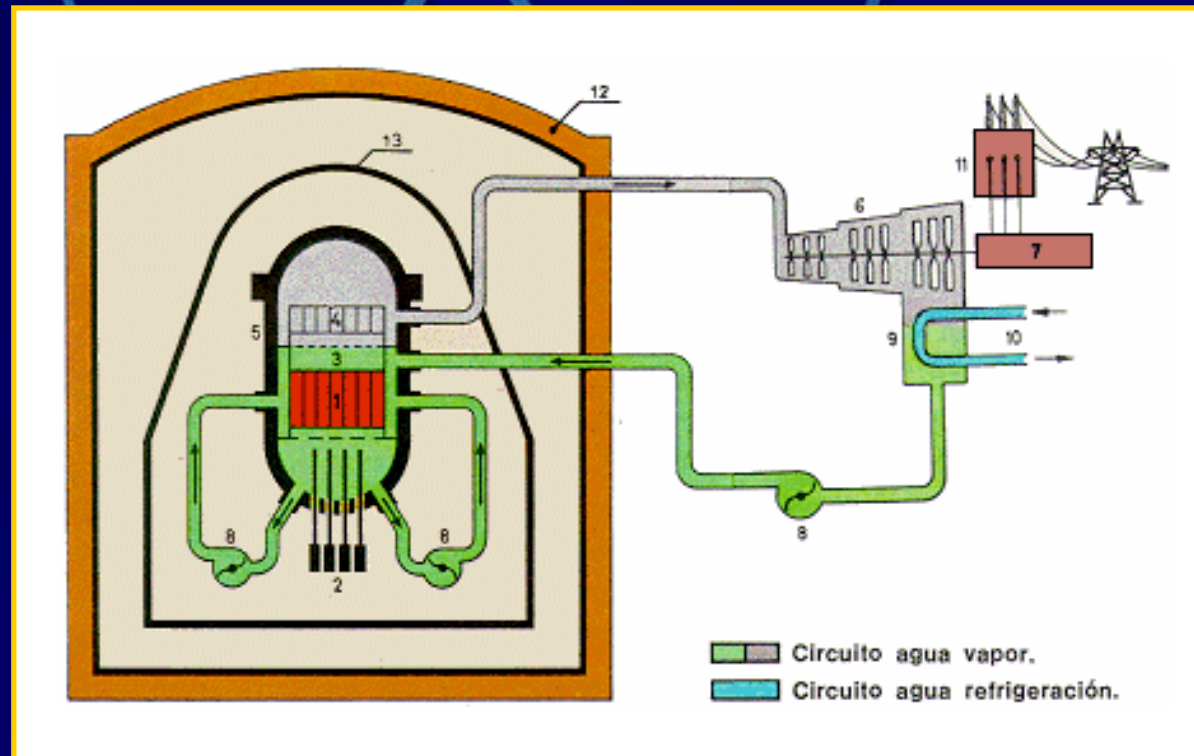
Reactores de agua a presión (PWR)



Centrales nucleares

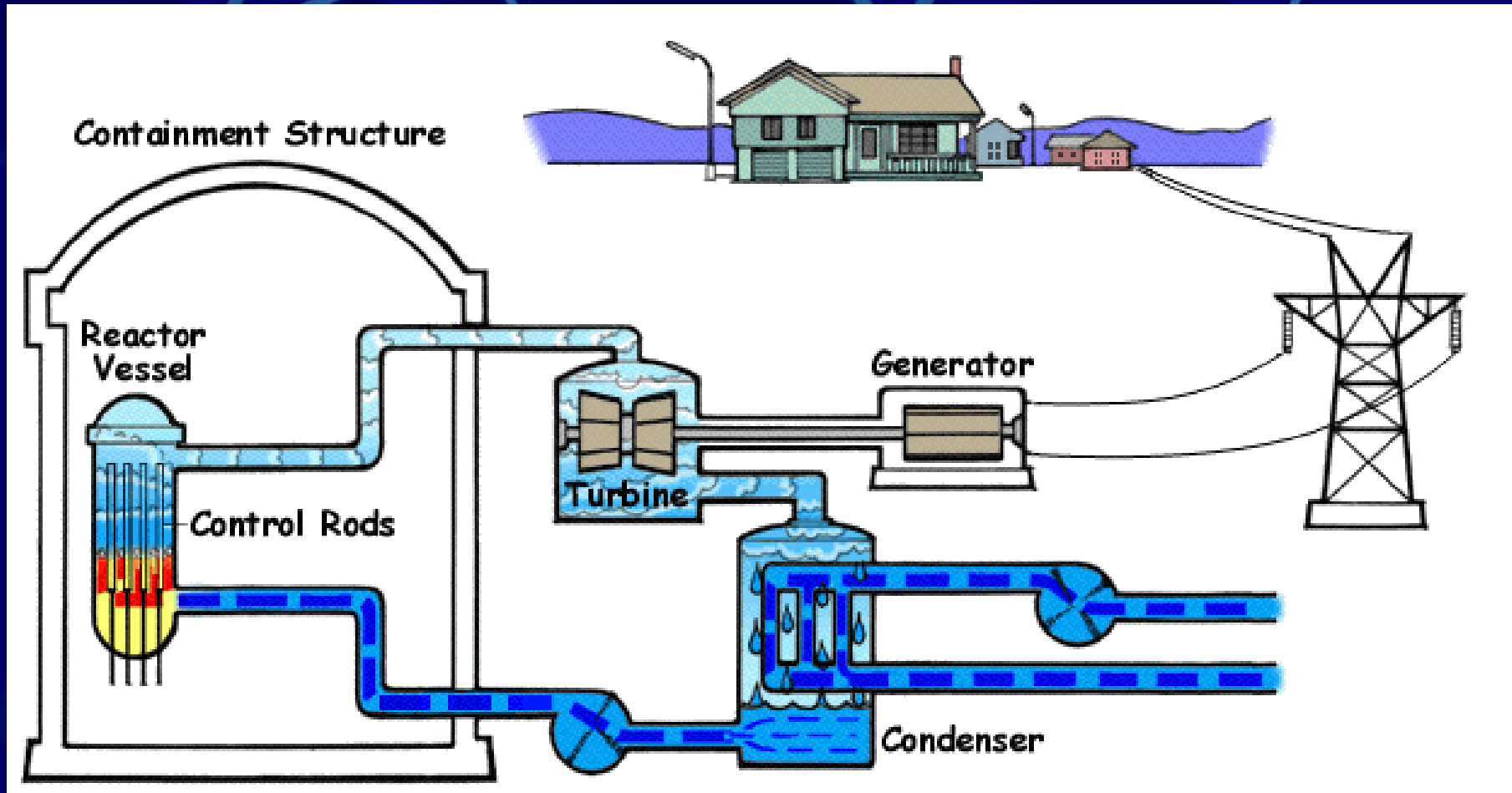
Reactores de agua en ebullición (BWR)

- El agua de refrigeración se convierte en vapor y actúa directamente sobre las turbinas.
- No hay generador de vapor.
- El circuito secundario no está aislado del núcleo; es radiactivo.

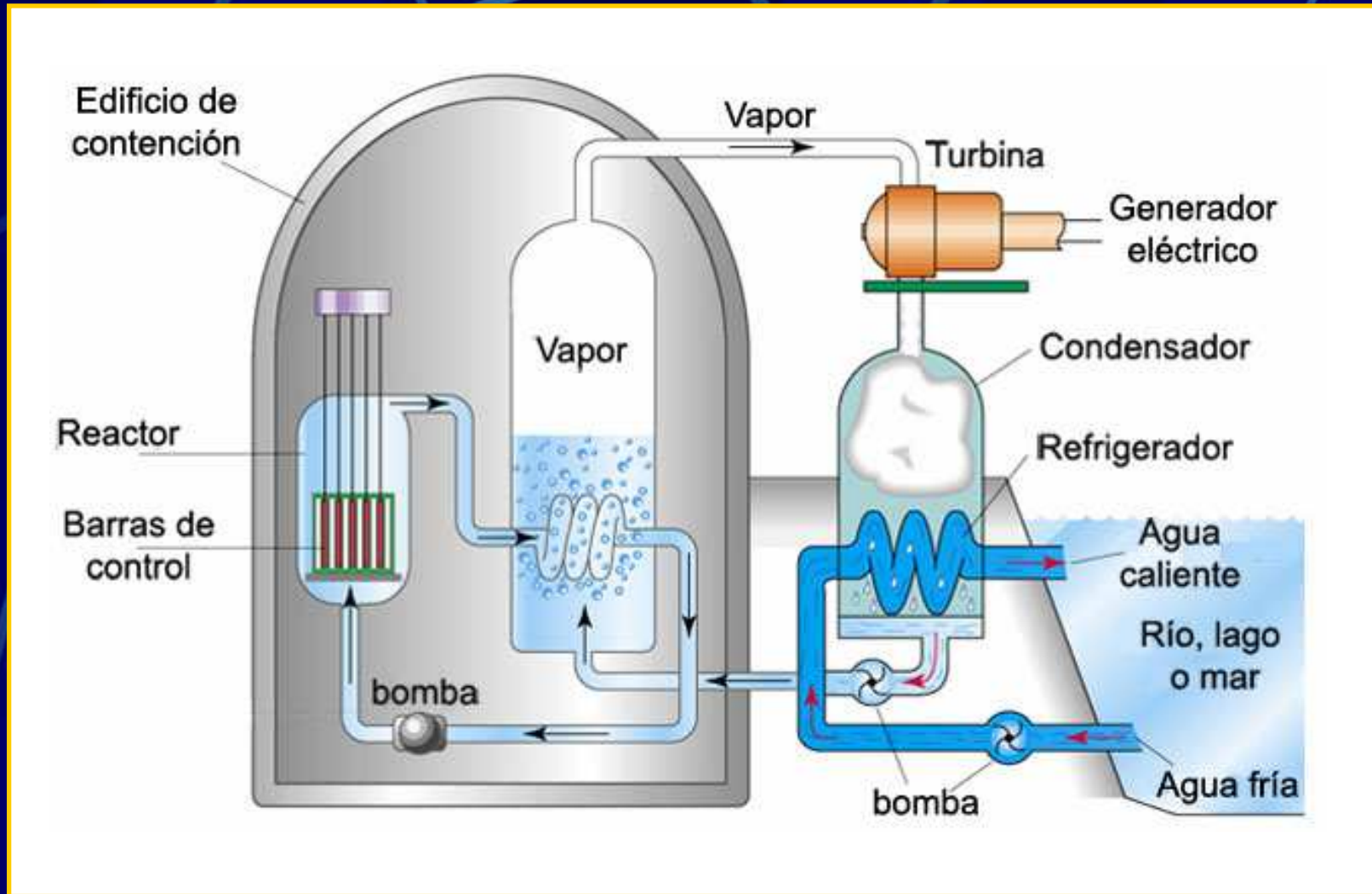


Centrales nucleares

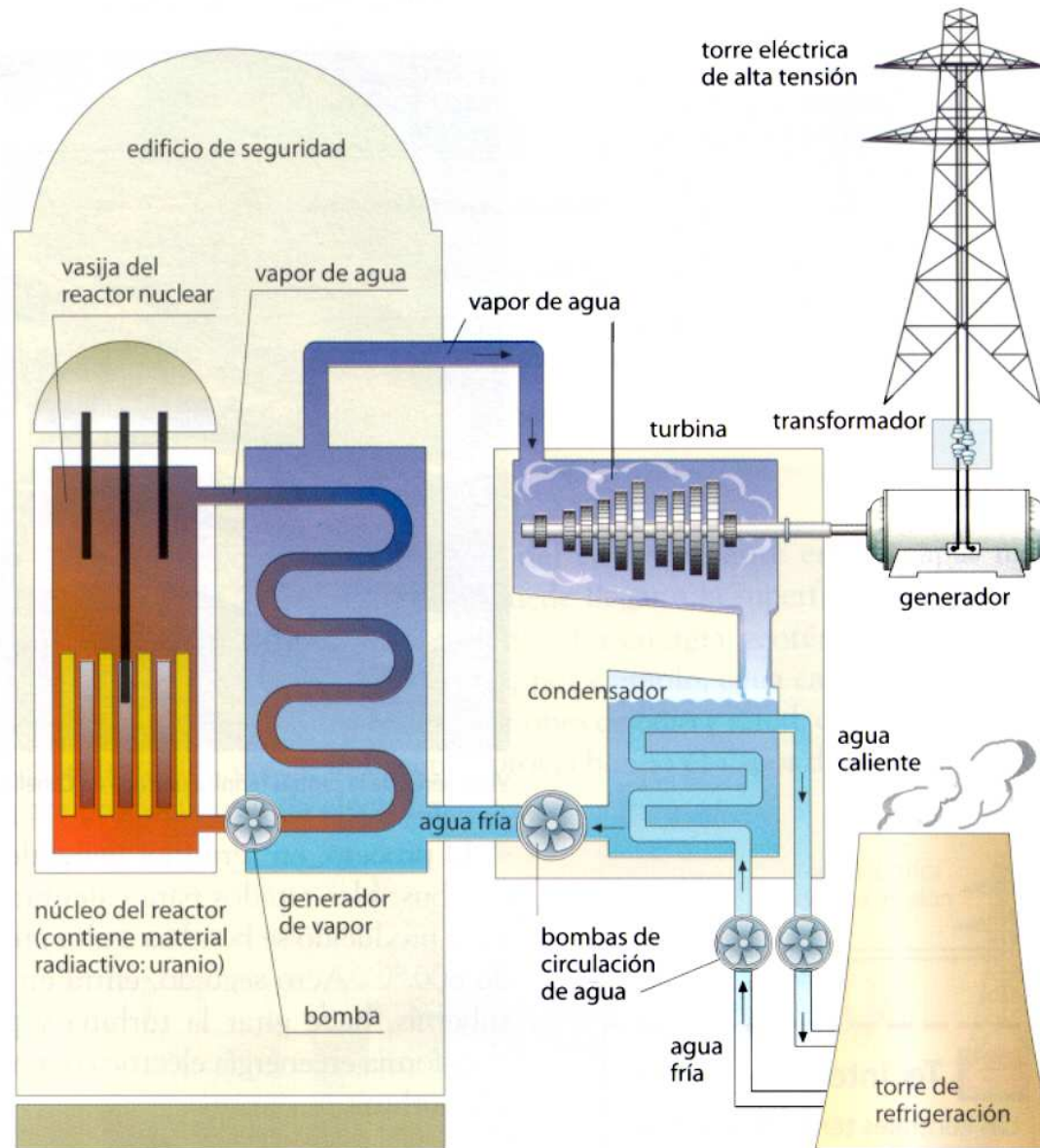
Reactores de agua en ebullición (BWR)



Centrales nucleares



Centrales nucleares



Esquema del funcionamiento de una central nuclear.

Centrales nucleares

Detalle del reactor de Vandellós II



Centrales nucleares

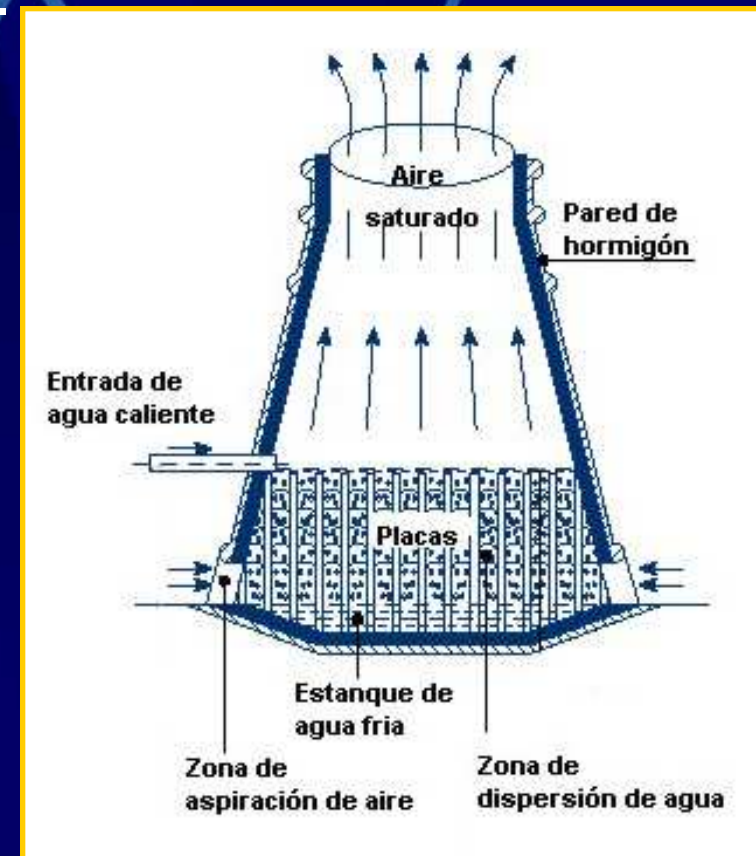
Vista aérea de la central nuclear Vandellós II (Tarragona). 1087 MW



Centrales nucleares

Circuito de refrigeración

- Puede utilizarse un río, lago o mar. Produce calentamiento del agua y, por tanto, impacto ambiental.
- Otra opción son las **torres de refrigeración**.



Centrales nucleares

Central Nuclear
sin torre de refrigeración



Centrales nucleares

Central Nuclear con
torre de refrigeración



Los residuos nucleares

Los residuos nucleares son un grave problema pues siguen siendo **muy contaminantes** incluso durante **miles de años**.

Los residuos de alta radiactividad (combustible gastado) se almacenan inicialmente en las propias centrales, en piscinas de hormigón.

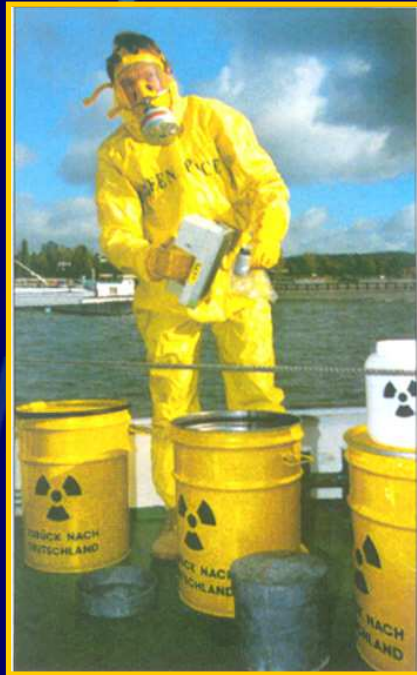
Luego se conducen a fábricas de reprocesamiento, donde se recupera el material no consumido.



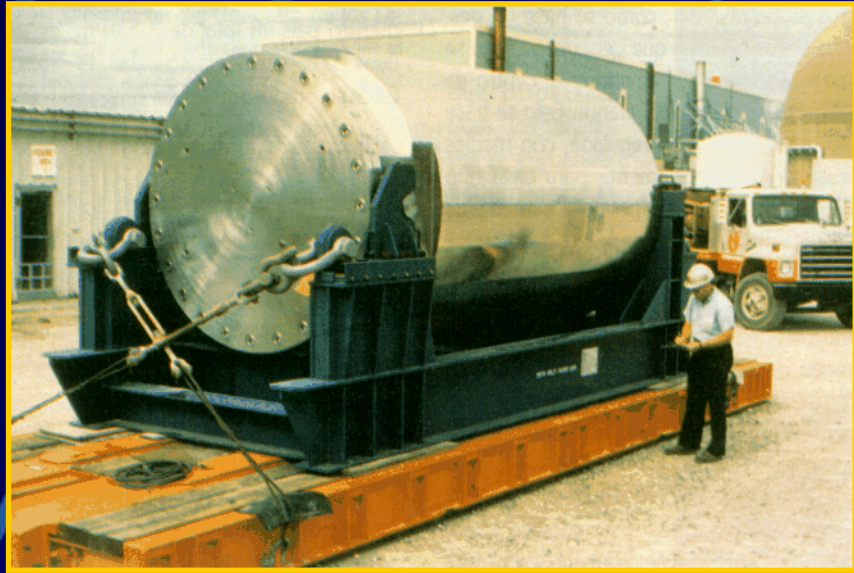
Piscina de la central de Almaraz

Los residuos nucleares

Los residuos de baja y media intensidad (ropa, herramienta, desechos,...) se recubren de hormigón y se introducen en contenedores o bidones.



Finalmente, todos los residuos se depositan en “cementerios nucleares” o se vierten al mar.



Medidas de seguridad

- **Barreras de contención** de la radiactividad: vaina del combustible, paredes de acero del sistema de refrigeración, edificio de contención de hormigón.
- Introducción total de las **barras de control**.
- Inyección de **absorbentes de neutrones** en el refrigerante.
- Sistemas de **refrigeración de emergencia**.
- Refrigeración para **condensación de fugas de vapor** para bajar presión.

Ventajas e inconvenientes

Ventajas

- Alternativa a los escasos combustibles fósiles.
- No tiene efectos contaminantes.

Inconvenientes

- Elevado coste de instalaciones y medidas de seguridad
- Problemas de almacenamiento de residuos activos durante mucho tiempo.
- Gran peligrosidad de las fugas radiactivas y accidentes nucleares.

El riesgo nuclear

En 1986 se produjo en **Chernobil** (Ucrania) el mayor accidente nuclear de la historia. Una explosión en uno de los reactores liberó **200 toneladas de material radiactivo** a la atmósfera. El equivalente a 500 bombas como la de Hiroshima.



El riesgo nuclear



Los **efectos de la radiación** son espeluznantes: cáncer, leucemia, malformaciones congénitas, enfermedades degenerativas,



El riesgo nuclear

Los efectos son prolongados: Entre 1986 y 2000 se produjo un incremento masivo de la incidencia del **cáncer de tiroides** en la zona afectada por el accidente de **Chernobil**, sobre todo en los **niños**.

Grupo de edad	Incidencia del cáncer de tiroides	
	1972-1985	1986-2000
0-18	29	975
19-34	227	1158
35-49	341	2334
50-64	461	2002
65 ó +	404	1035
TOTAL	1472	7504

La energía nuclear de fusión

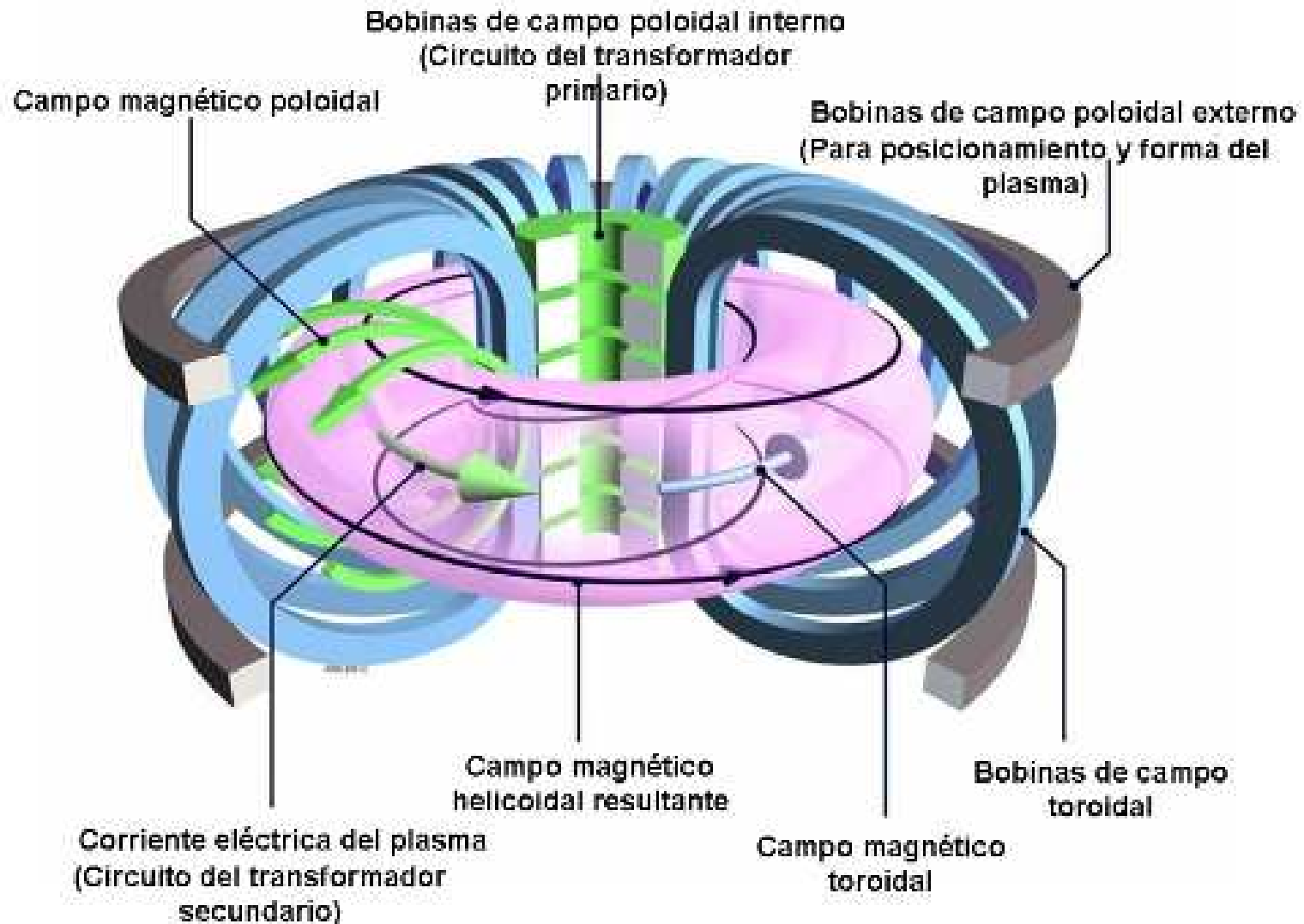
Problemas

- **Calentar** el gas a altísimas temperaturas ($\approx 10^8$ °C).
- **Confinar** el plasma durante el tiempo suficiente.

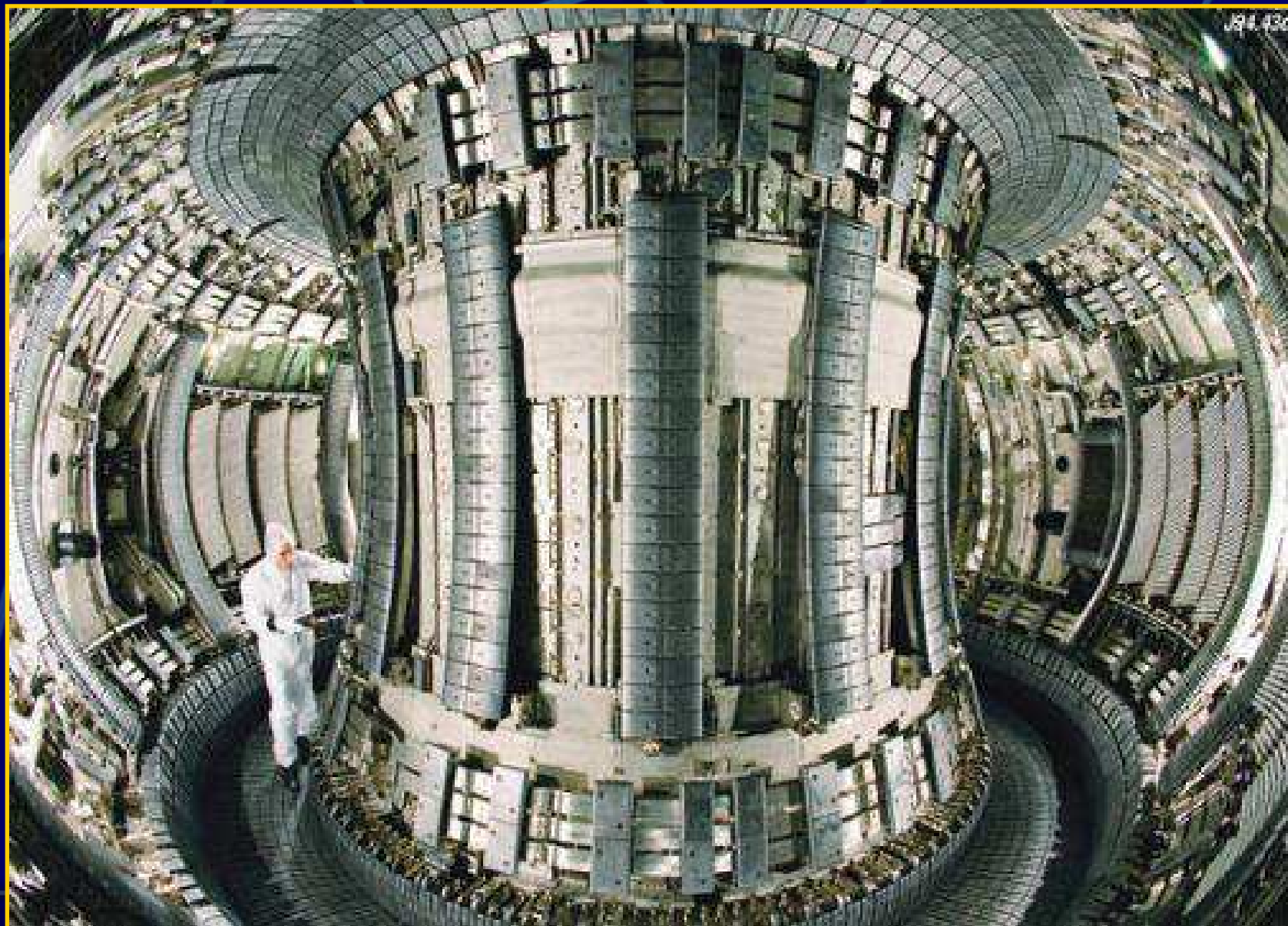
Líneas de investigación

- **Confinamiento magnético de plasma:** se confina mediante campo magnético y se calienta haciendo circular una corriente eléctrica muy intensa por el plasma conductor.
- **Confinamiento inercial:** calentamiento mediante láser de alta potencia.

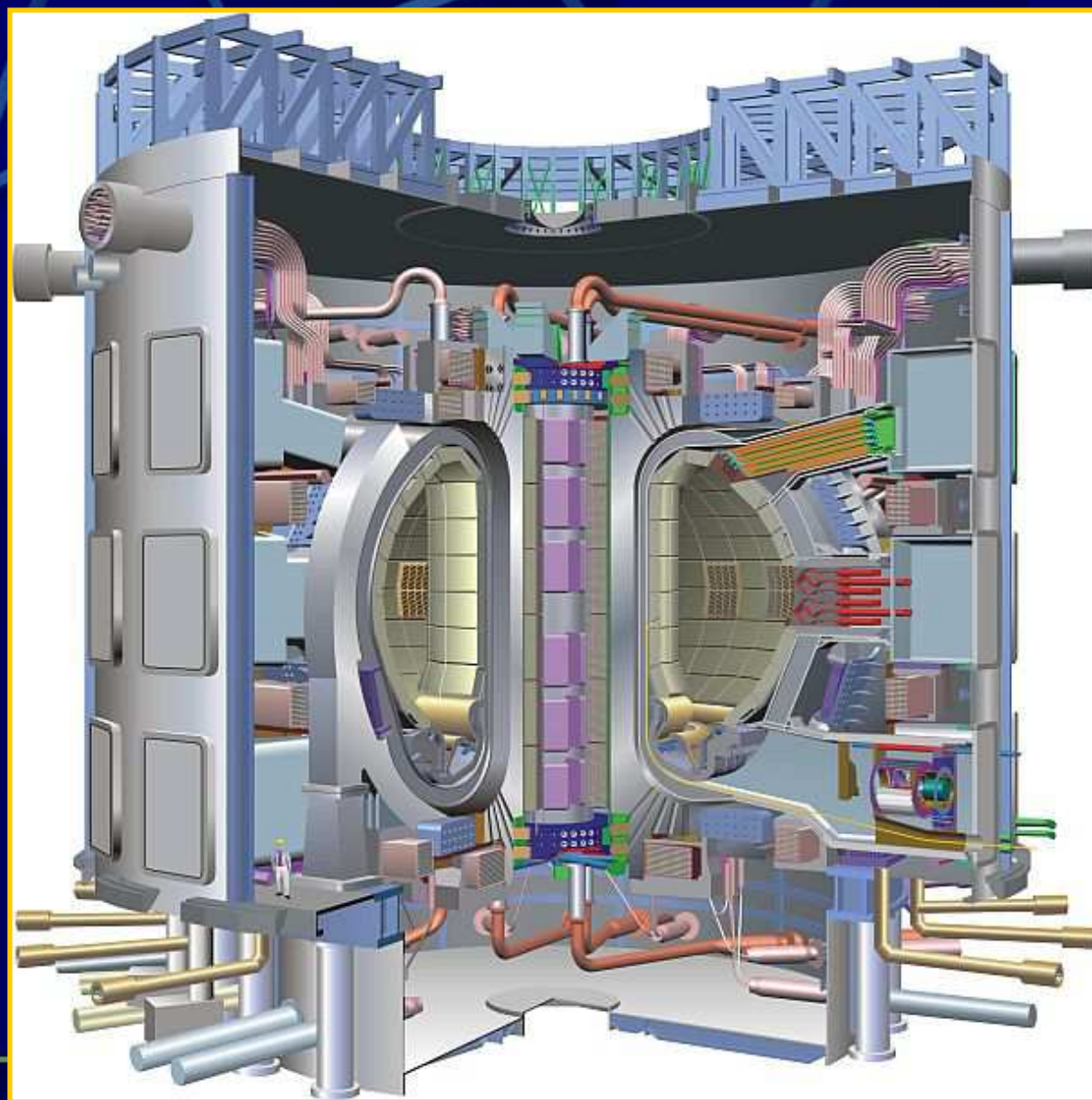
El confinamiento magnético de plasma



El confinamiento magnético de plasma

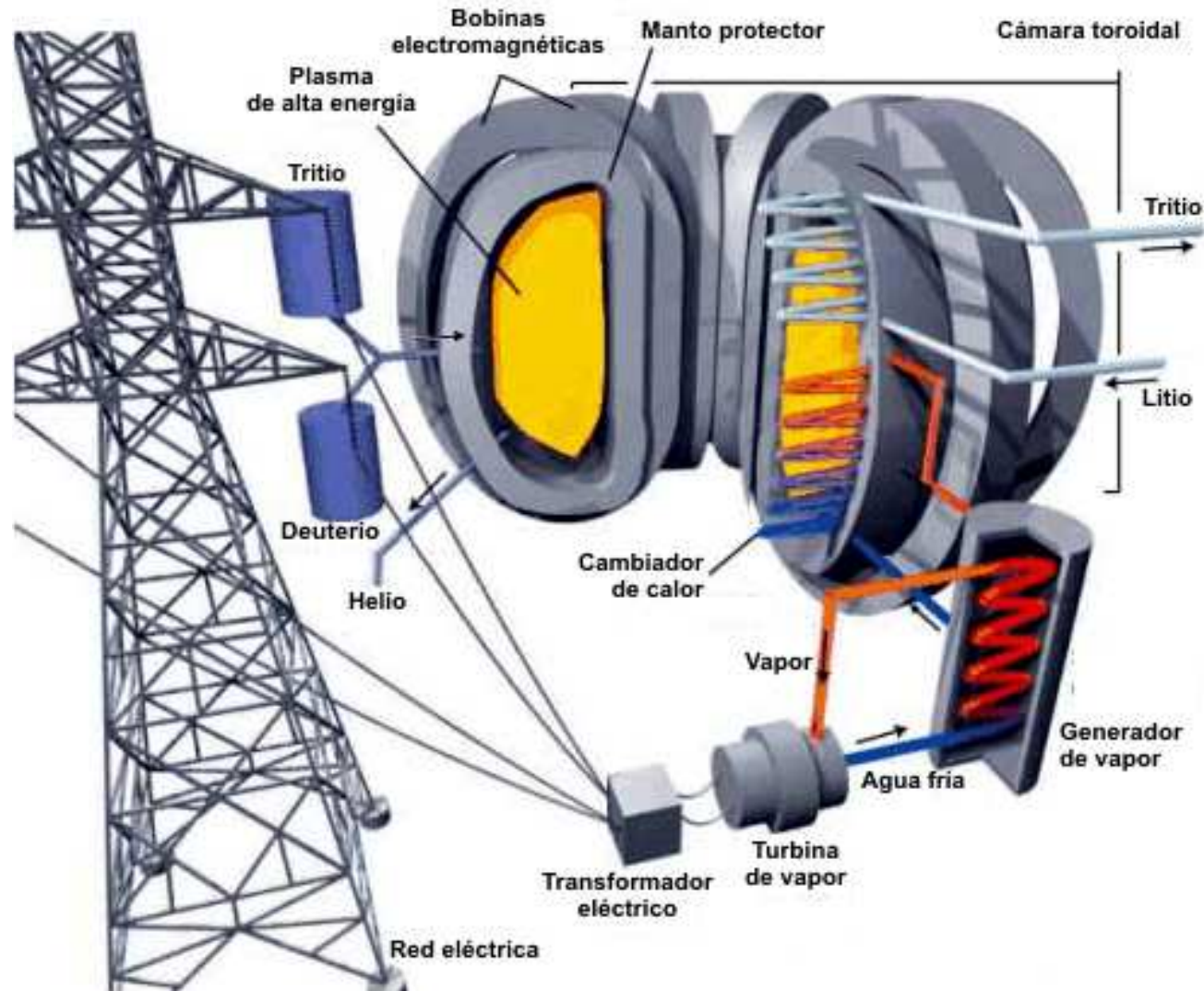


El confinamiento magnético de plasma

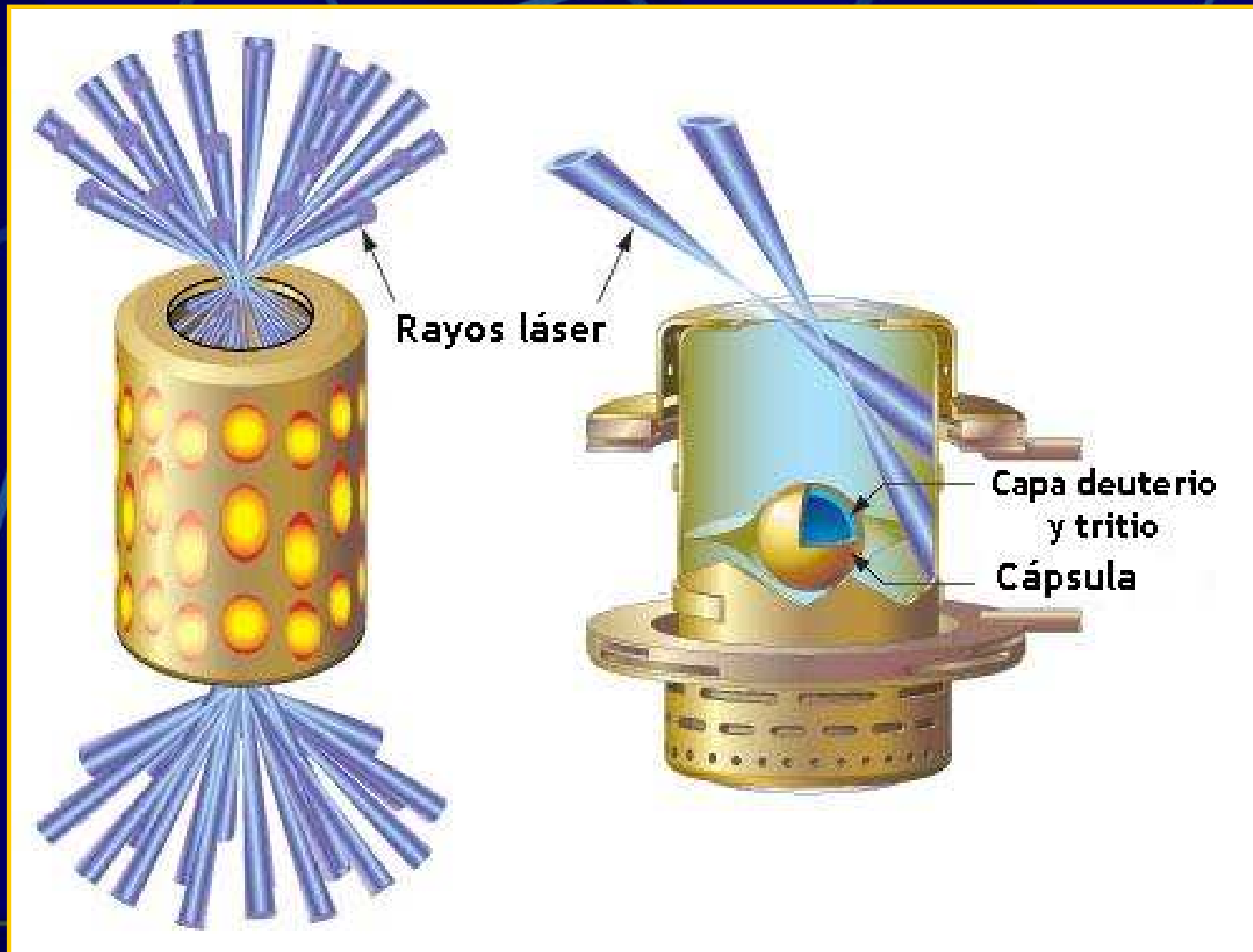


El confinamiento magnético de plasma

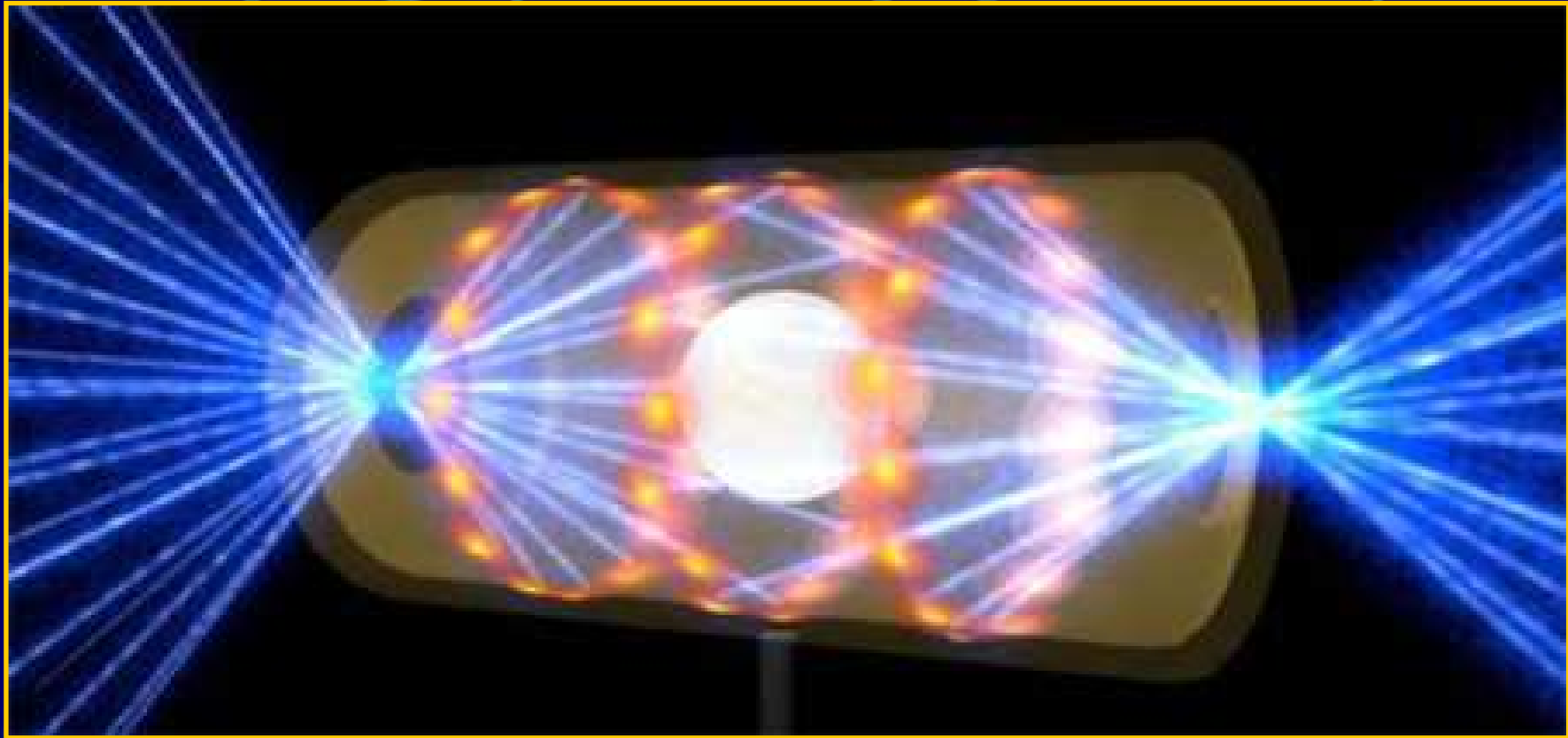
Concepto del reactor de fusión TOKAMAK



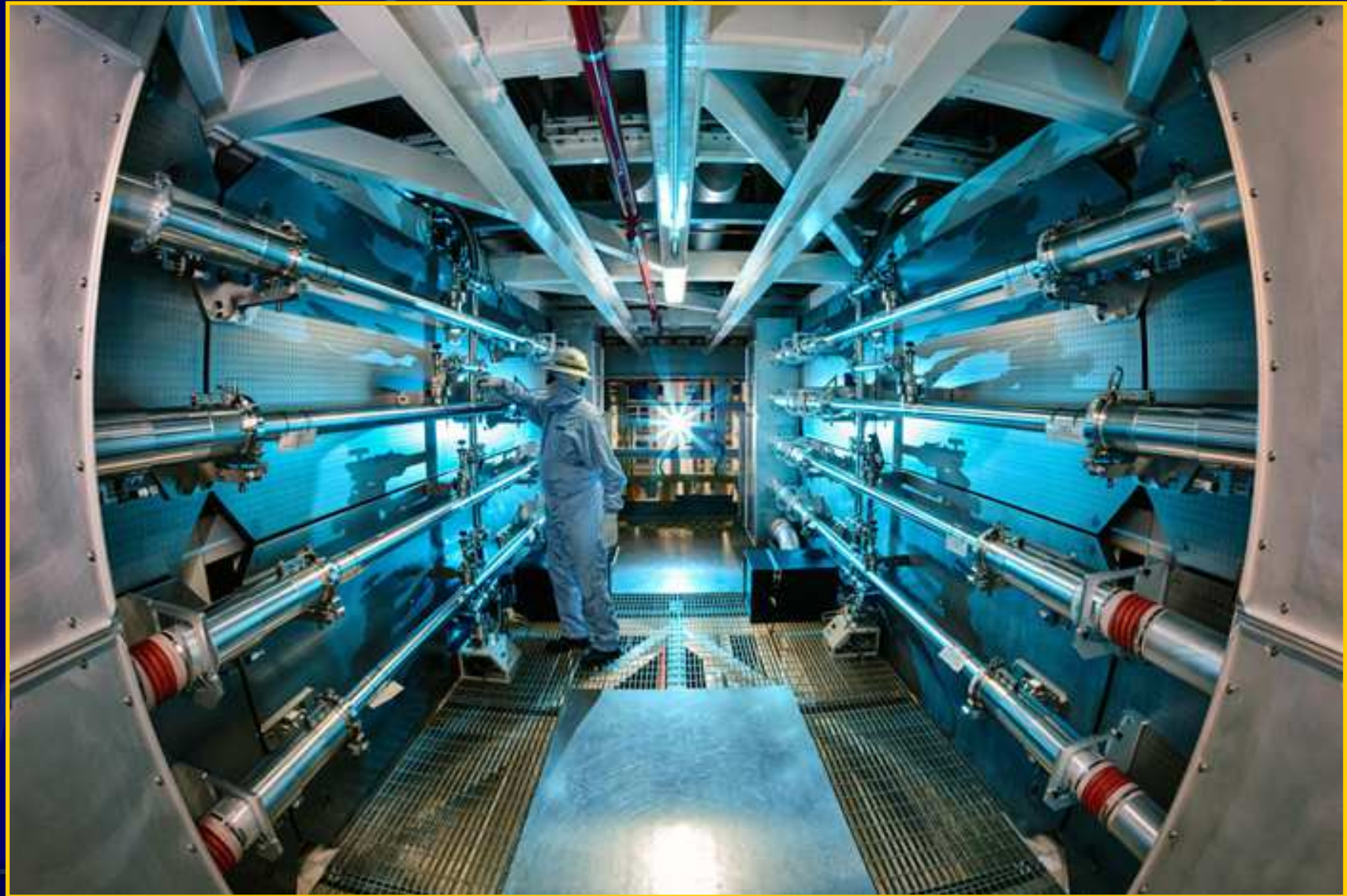
El confinamiento inercial



El confinamiento inercial



El confinamiento inercial



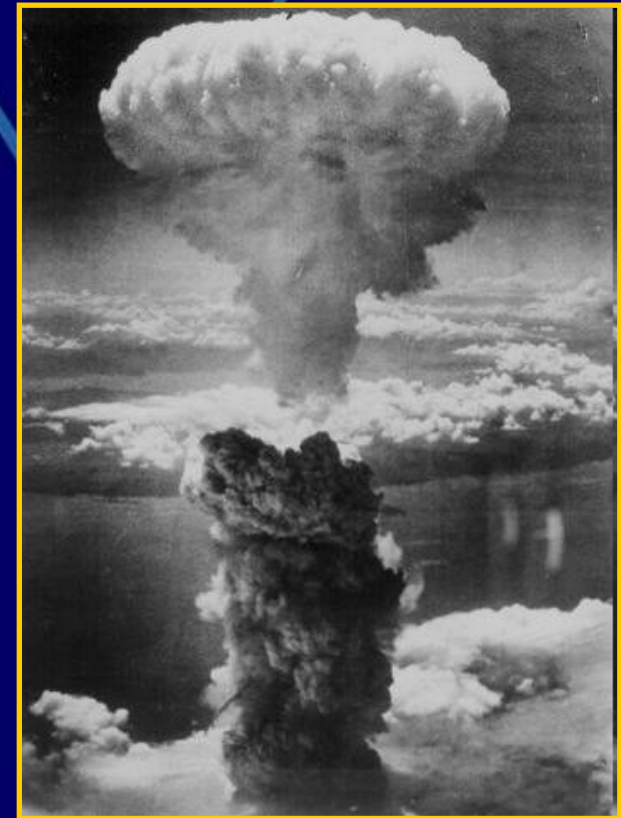
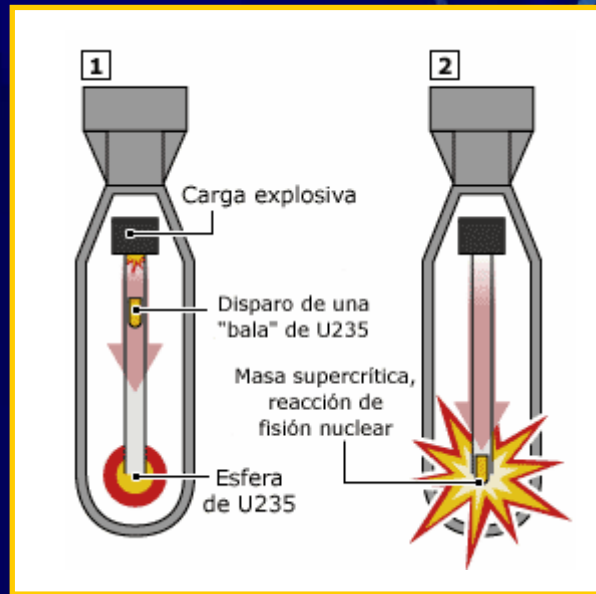
El confinamiento inercial



El uso militar

La bomba atómica

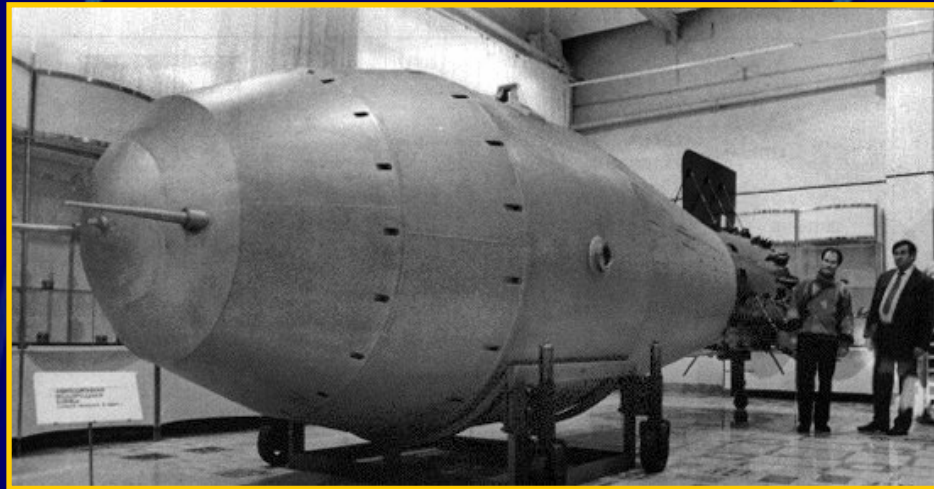
- Reacción en cadena con factor de multiplicación $k > 1$
- No debe alcanzarse la masa crítica antes del impacto.



El uso militar

La bomba de hidrógeno

- Se basa en la fusión de deuterio y tritio.
- La reacción se inicia con una explosión atómica de fisión, para alcanzar la temperatura necesaria.



El uso militar

Efectos de las bombas nucleares

- La potencia explosiva se mide en kilotones y megatones.
- Los efectos son de tres tipos:
 - Efectos de **presión**.
 - Efectos **térmicos**.
 - Efectos **radiactivos** (inmediatos y residuales)

El uso militar

Hiroshima tras la bomba atómica



El uso militar

Víctimas de la bomba atómica



Víctima de los Bombardeos de Hiroshima

La energía nuclear en España

- España sólo tiene 7 reactores nucleares, frente a países similares como Francia con 59 reactores.
- Sólo el 19,5% de la energía eléctrica producida en España es de origen nuclear.
- En 1983 se aprobó la **moratoria nuclear**, que supuso frenar la energía nuclear en España.



La energía nuclear en España

En España tenemos un “cementerio nuclear” para residuos de media y baja actividad (contaminantes como máximo unos 300 años) en **El Cabril** (Córdoba).

