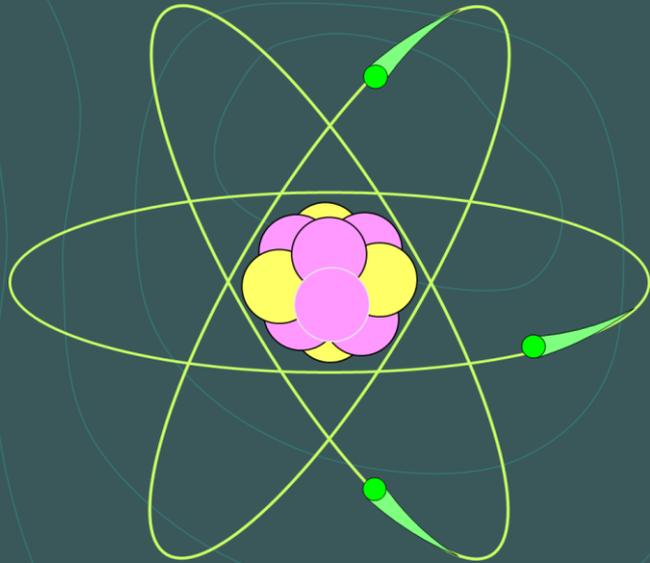


# Industrias y Servicios I

## Industria Nuclear



Ing. Pablo DE SIMONE  
Industrias y Servicios I  
19/SET/2022.-



# Descripción de la Materia Prima

# Materia Prima - Uranio

- El Uranio es un elemento químico metálico plateado-grisáceo de la serie de los actínidos, su símbolo químico es U y su número atómico es 92.
- En la naturaleza se presenta en muy bajas concentraciones (unas pocas ppm) en rocas, tierras, agua y los seres vivos.
- El uranio natural está formado por tres tipos de isótopos: uranio-238 ( $^{238}\text{U}$ ), uranio-235 ( $^{235}\text{U}$ ) y uranio-234 ( $^{234}\text{U}$ ). De cada gramo de uranio natural el 99,284 % de la masa es uranio-238, el 0,711% uranio-235,1 y 0,0085% uranio-234.

# Materia Prima - Uranio

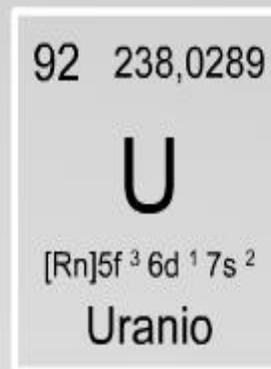
- El Uranio-235 se distingue por ser el único elemento que se encuentra en la naturaleza que es un isótopo fisible.
- El U235 se utiliza como combustible en centrales nucleares y en algunos diseños de armamento nuclear.
- Para producir combustible, el uranio natural es separado en dos porciones. La porción combustible tiene más  $^{235}\text{U}$  que lo normal, (uranio enriquecido), mientras que la porción sobrante, con menos  $^{235}\text{U}$  que lo normal, (uranio empobrecido).
- El uranio natural, enriquecido o empobrecido es químicamente idéntico. El empobrecido es el menos radiactivo y el enriquecido el más radiactivo.



# Descripción del Proceso

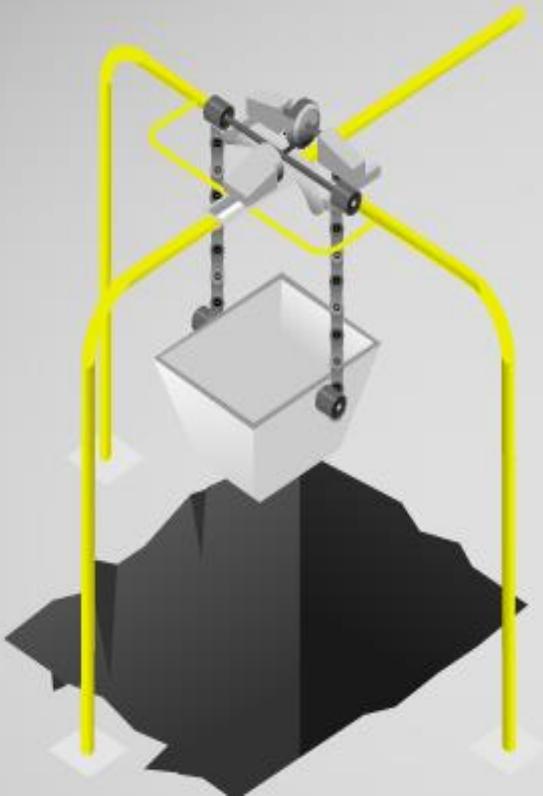
Hay 150 clases de minerales que contienen uranio. El más rico es la PECHBLENDA. La primera fase comienza en la extracción en yacimientos abiertos o subterráneos.

El uranio natural –el elemento químico más pesado que se encuentra sobre la Tierra– está compuesto por tres isótopos:



U-238	99,285%
U-235	0,71 %
U-234	0,0005%

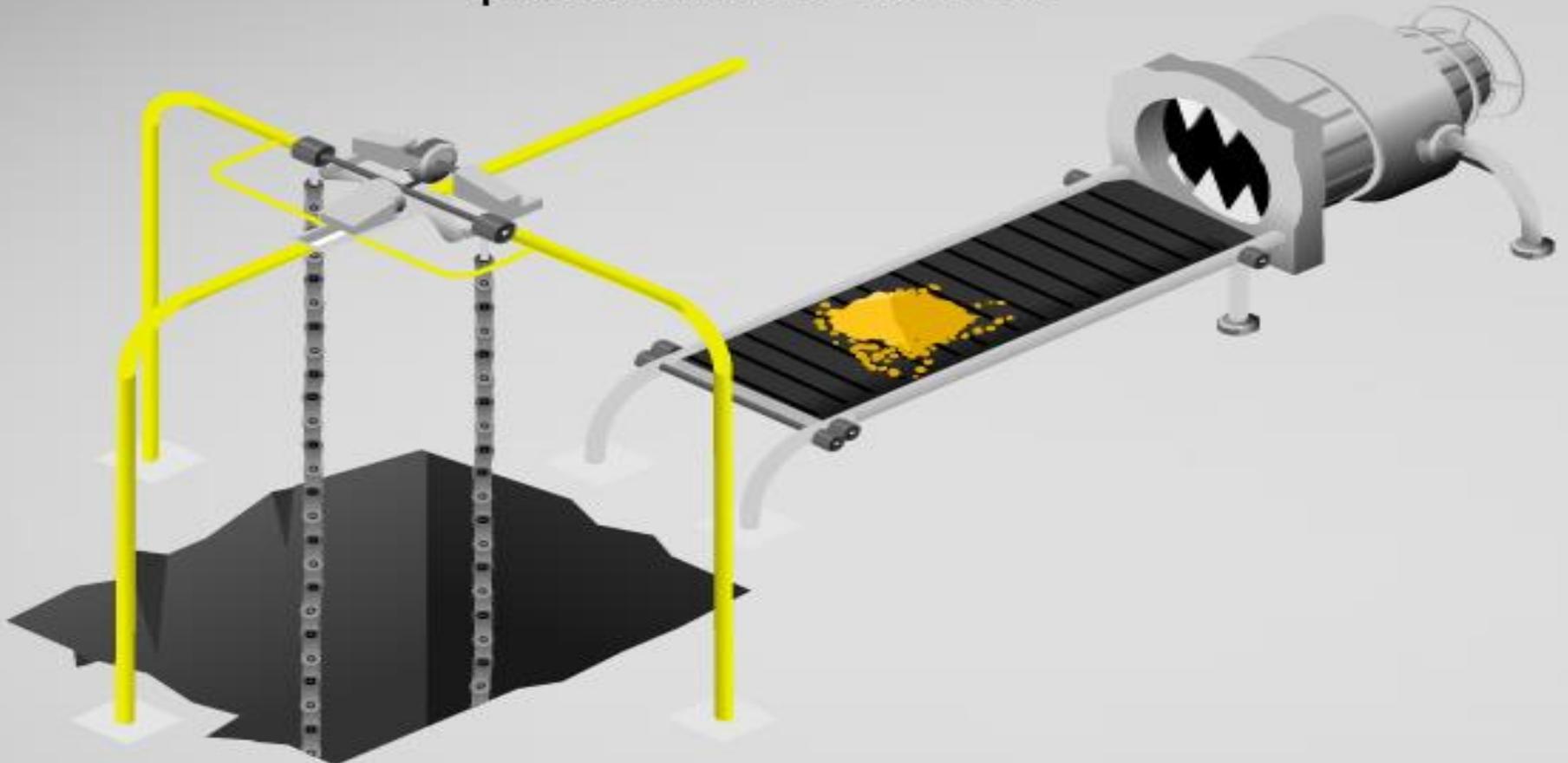
En los yacimientos, la concentración sobrepasa los 10 kg de uranio por tonelada de mineral extraído



La separación se realiza en fábricas cercanas a las minas.

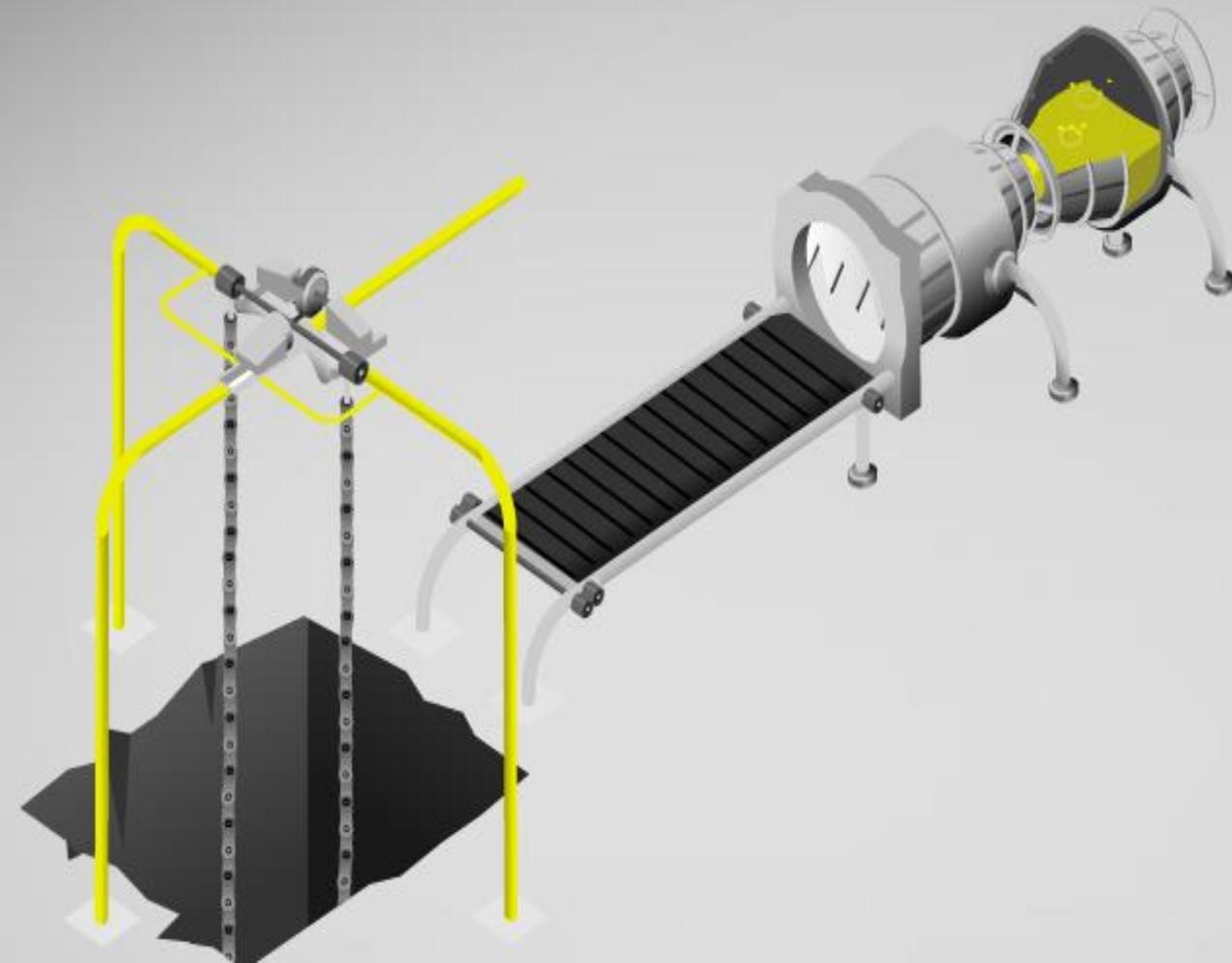
De 45 -50.000 tn de mineral se consiguen  
170 tn de óxido de uranio ( $U_3O_8$ )

Se tritura en una fábrica cercana  
al yacimiento hasta conseguir  
partículas de 20 mm.



La separación se realiza en fábricas cercanas a las minas.

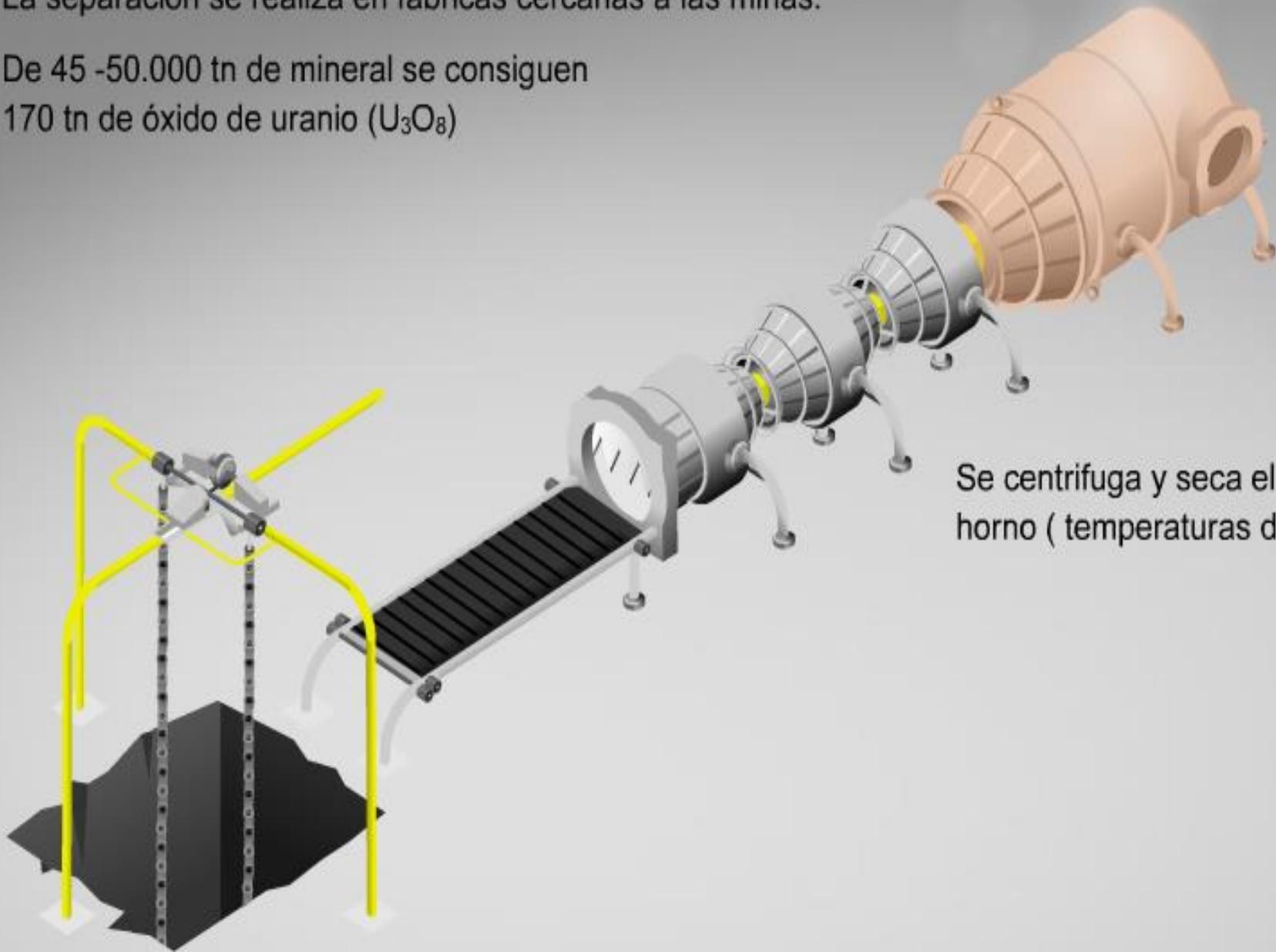
De 45 -50.000 tn de mineral se consiguen  
170 tn de óxido de uranio ( $U_3O_8$ )



Se tamiza con soluciones de ácido sulfúrico para separar el óxido de uranio del resto del mineral.

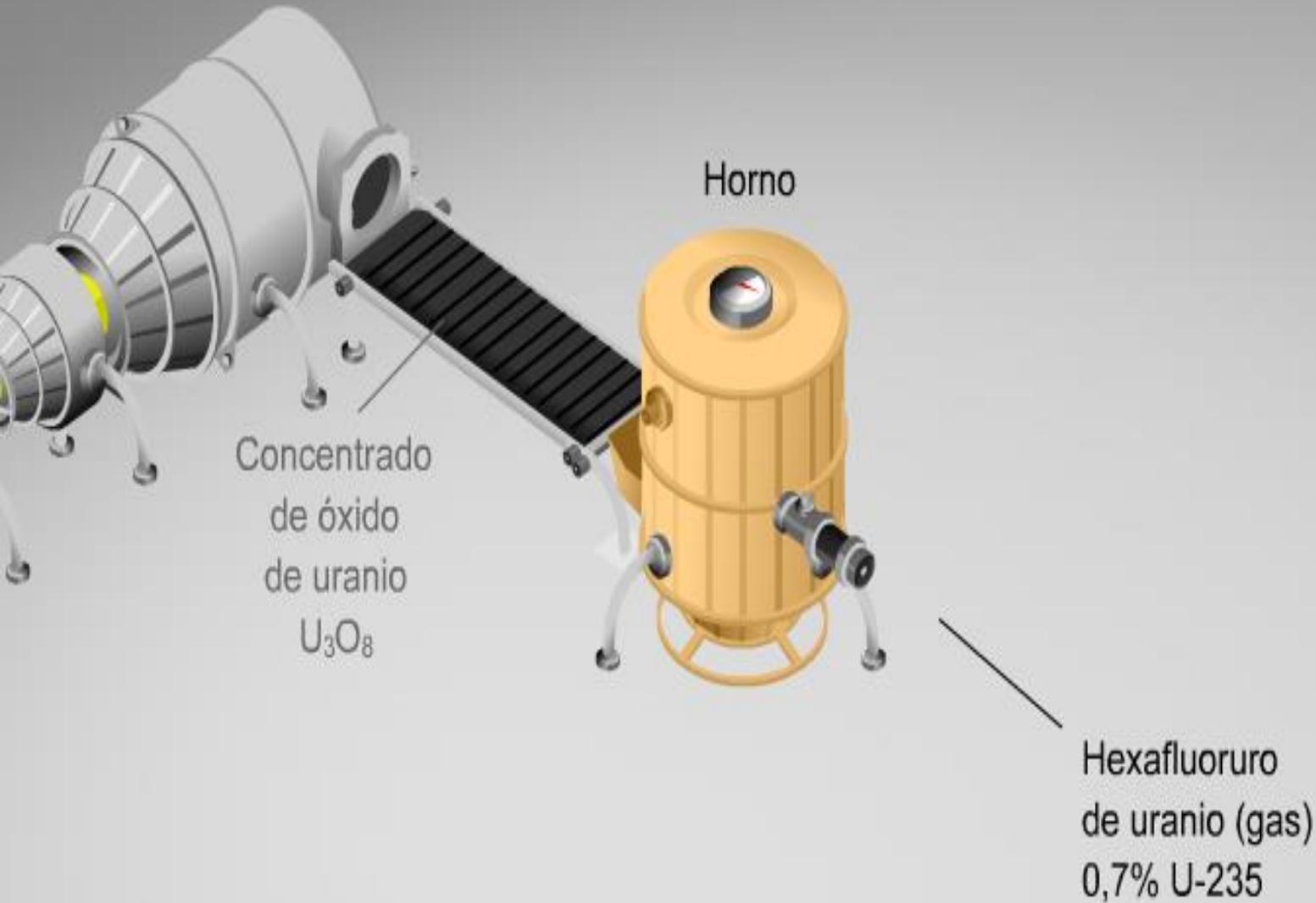
La separación se realiza en fábricas cercanas a las minas.

De 45 -50.000 tn de mineral se consiguen  
170 tn de óxido de uranio ( $U_3O_8$ )

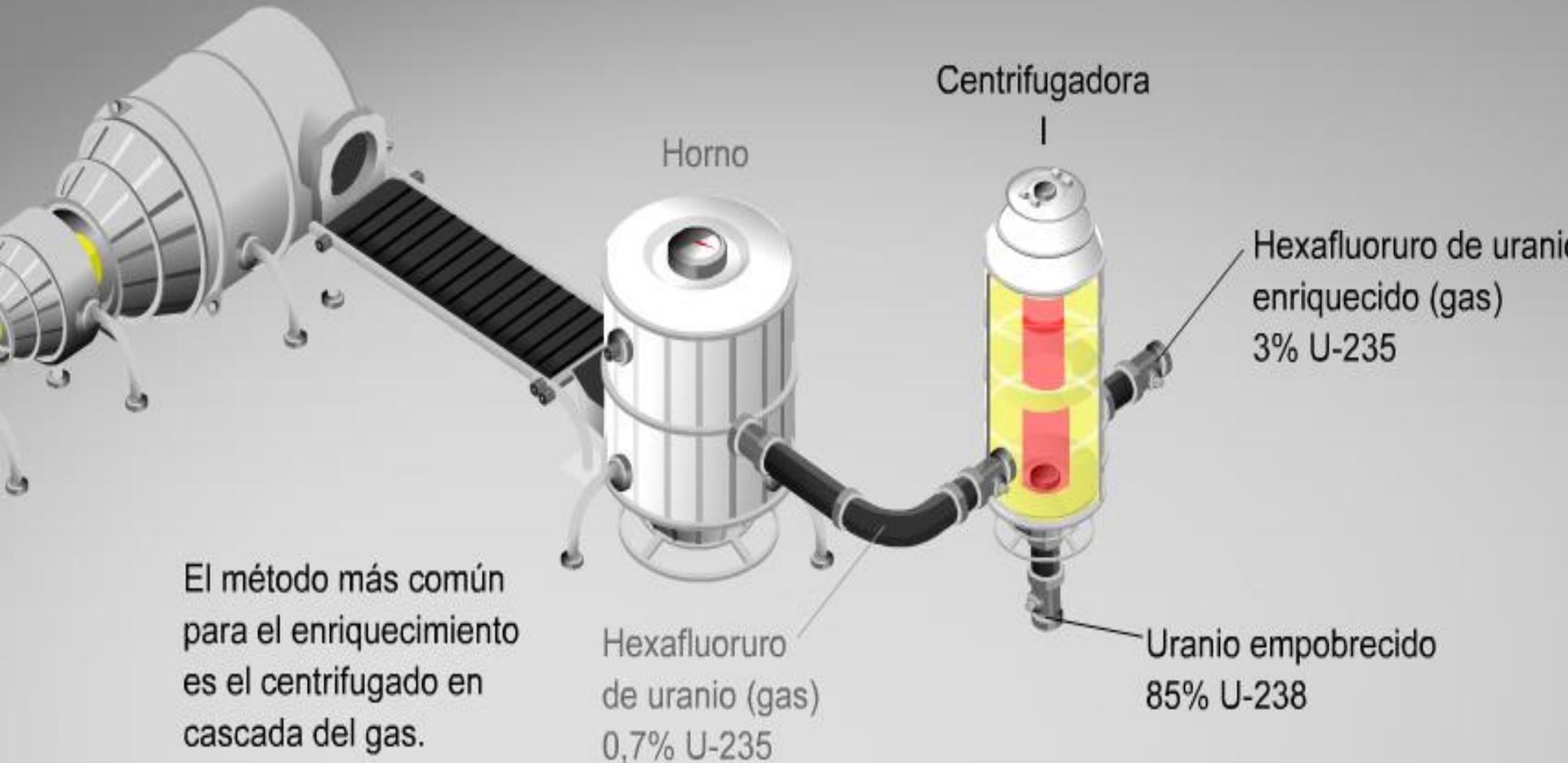


Se centrifuga y seca el uranio en un  
horno ( temperaturas de 700 °c).

CONVERSIÓN: el concentrado de uranio se purifica y se transforma en un gas, hexafluoruro de uranio, corrosivo y reactivo. De 170 tn de óxido de uranio se consiguen 24 tn de uranio en forma gaseosa.



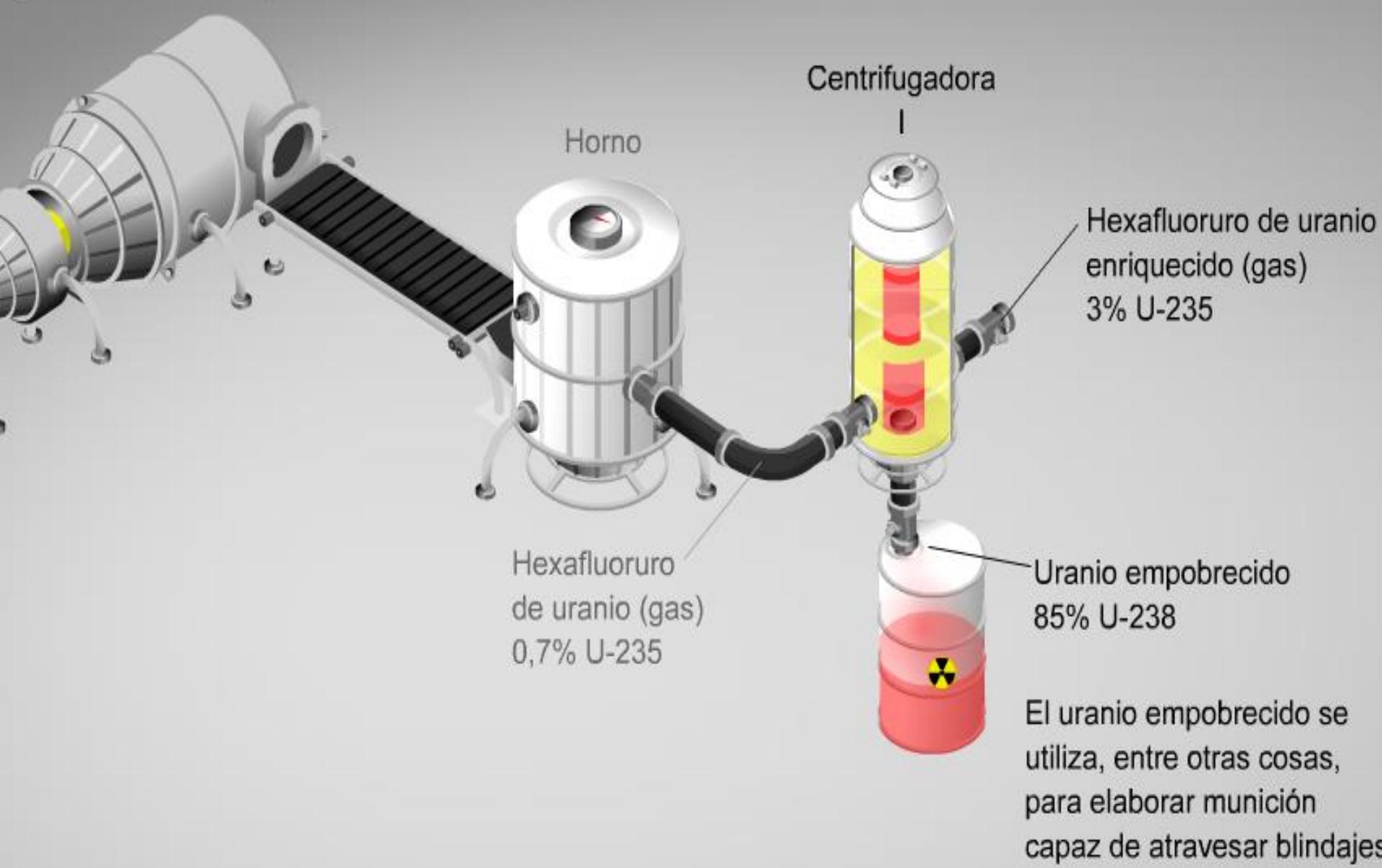
**ENRIQUECIMIENTO:** Se aumenta la proporción de U-235 del 0,71% al 33%.  
Este isótopo es el que interesa para el proceso de fisión en el reactor nuclear.



El método más común para el enriquecimiento es el centrifugado en cascada del gas.

El gas es girado a altas velocidades dentro de la cámara, consiguiendo que se separe el isótopo 238 del 235 y se precipite hacia la parte inferior de la cámara.

ENRIQUECIMIENTO: El uranio enriquecido pasa sucesivamente por varias centrifugadoras hasta alcanzar los valores deseados.

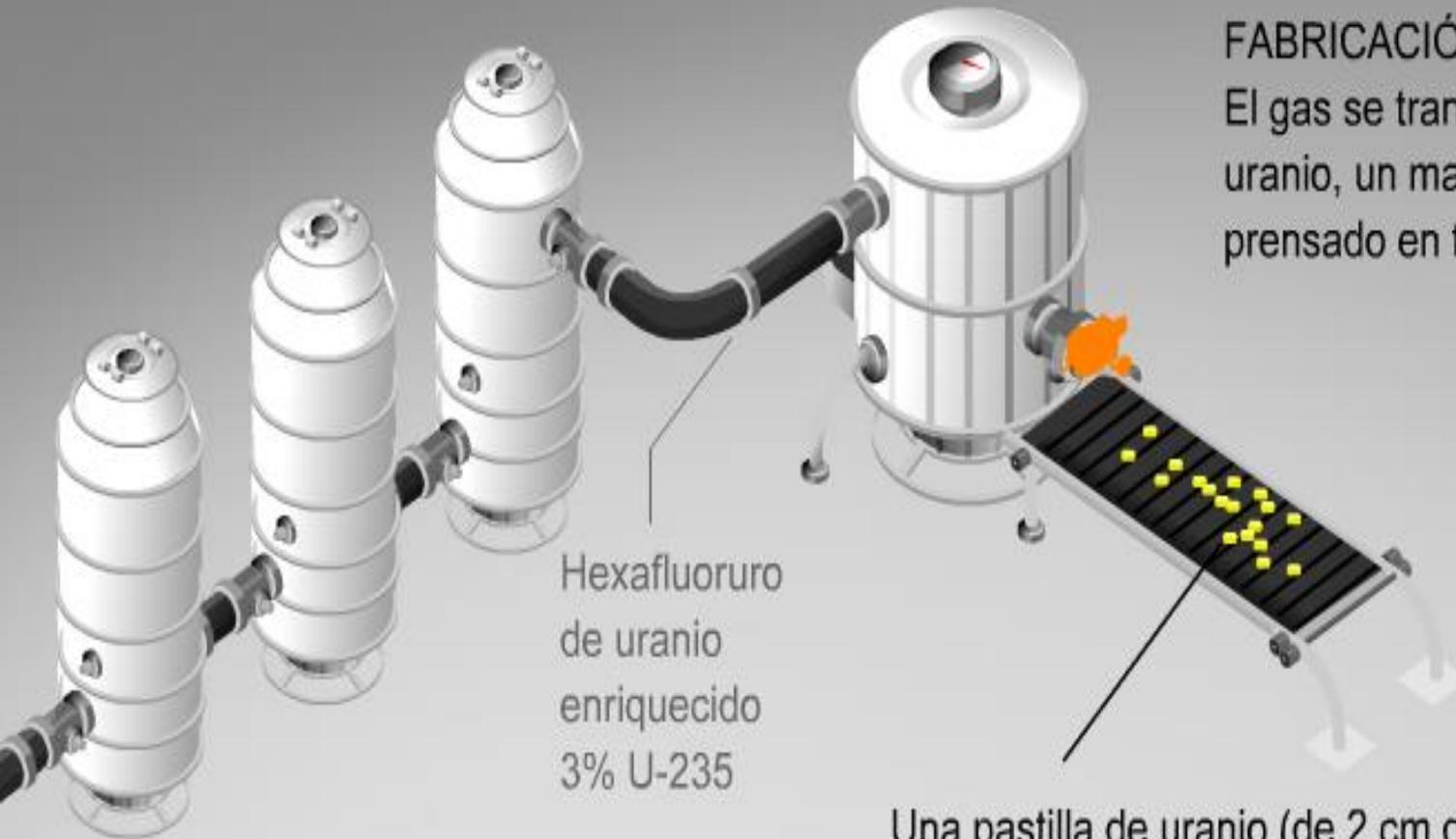


El uranio empobrecido se utiliza, entre otras cosas, para elaborar munición capaz de atravesar blindajes

Horno

## FABRICACIÓN DEL COMBUSTIBLE

El gas se transforma en óxido de uranio, un material cerámico que es prensado en forma de pastillas.



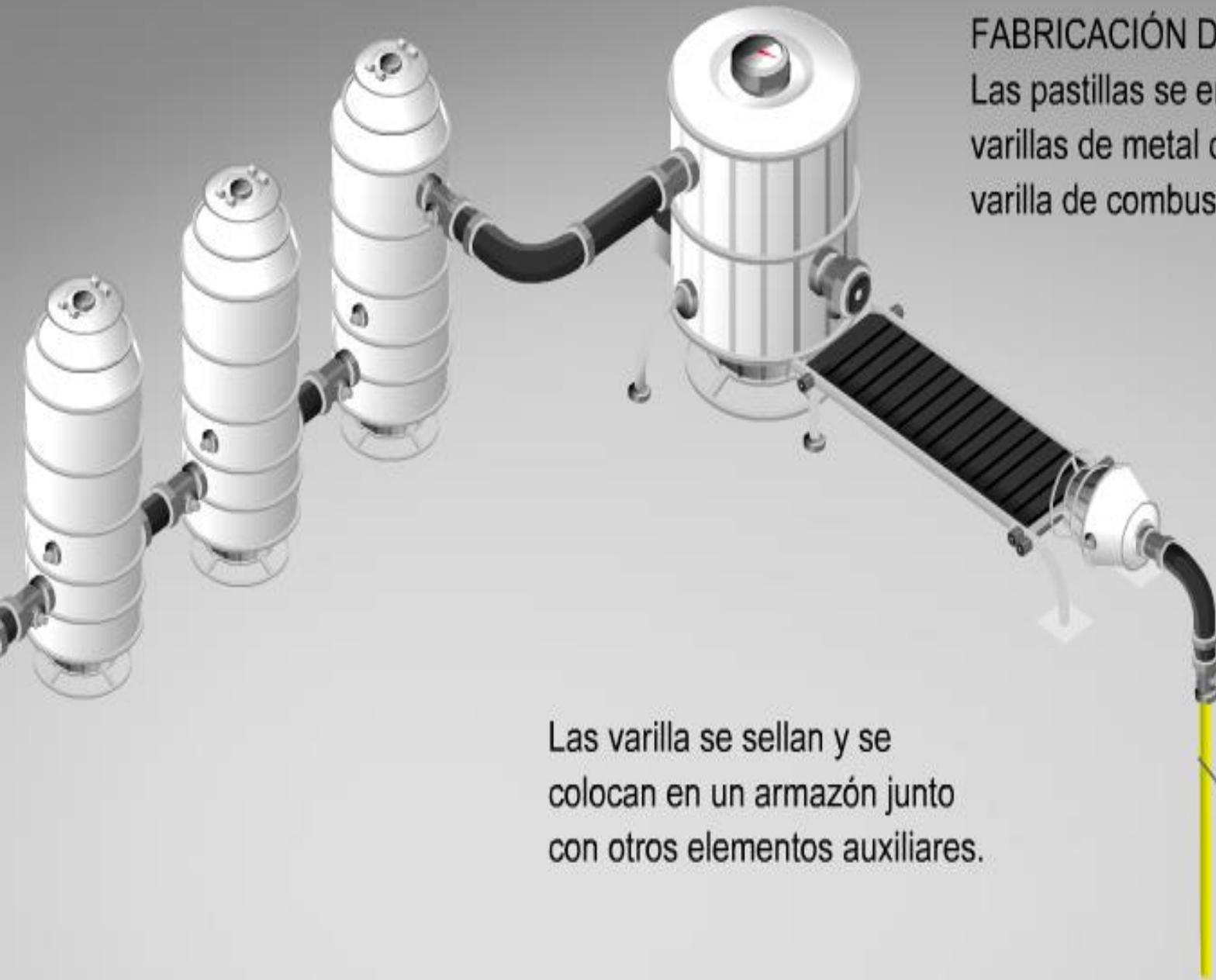
Hexafluoruro  
de uranio  
enriquecido  
3% U-235

Una pastilla de uranio (de 2 cm de alto x 1,5 cm de diámetro) generará una energía equivalente a la obtenida por la combustión de 810 kg de carbón, 565 litros de petróleo o 480 metros cúbicos de gas.



## FABRICACIÓN DEL COMBUSTIBLE

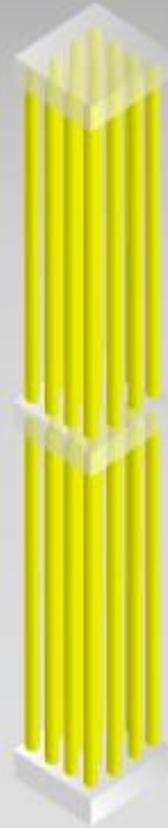
Las pastillas se encapsulan en unas varillas de metal constituyendo una varilla de combustible de zircaloy.



Las varilla se sellan y se colocan en un armazón junto con otros elementos auxiliares.

Varilla de combustible

GENERACIÓN DE ENERGÍA: Los elementos de combustible se introducen en el núcleo del reactor nuclear y "se queman" de modo que el uranio U-235 sufre la reacción de fisión.



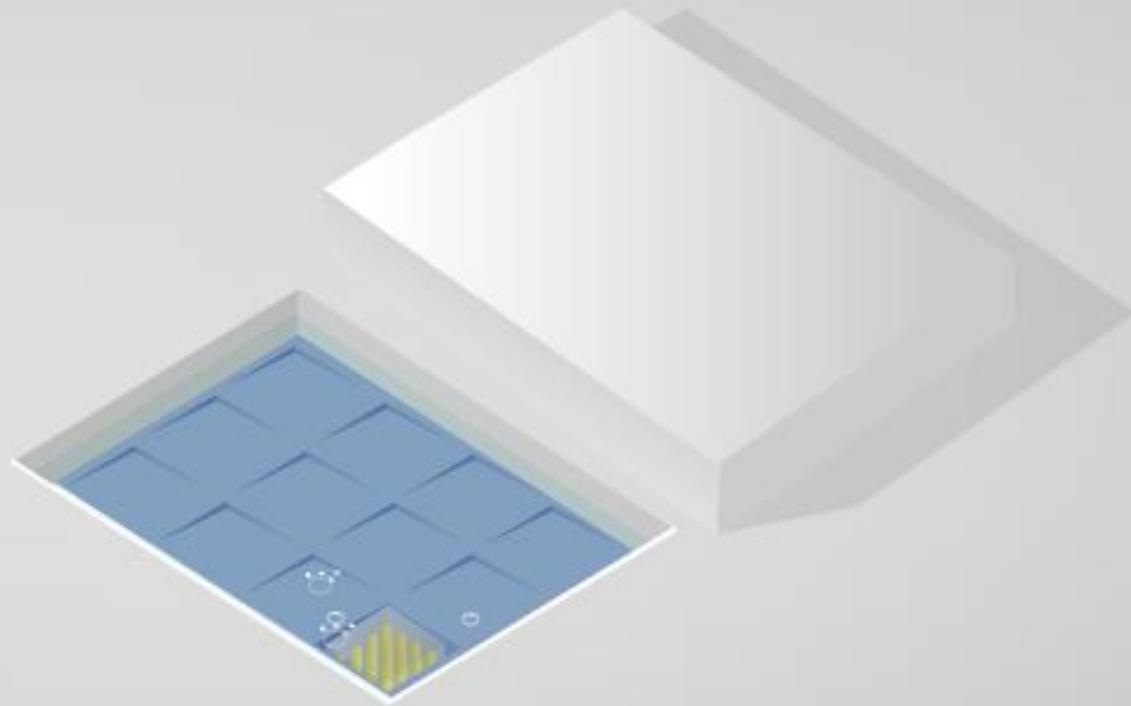
A partir de 20 toneladas de combustible, una central puede producir entre 7 y 8.000 millones de Kw de electricidad. Una central térmica necesitaría 2 millones de toneladas de hulla para alcanzar ese rendimiento.

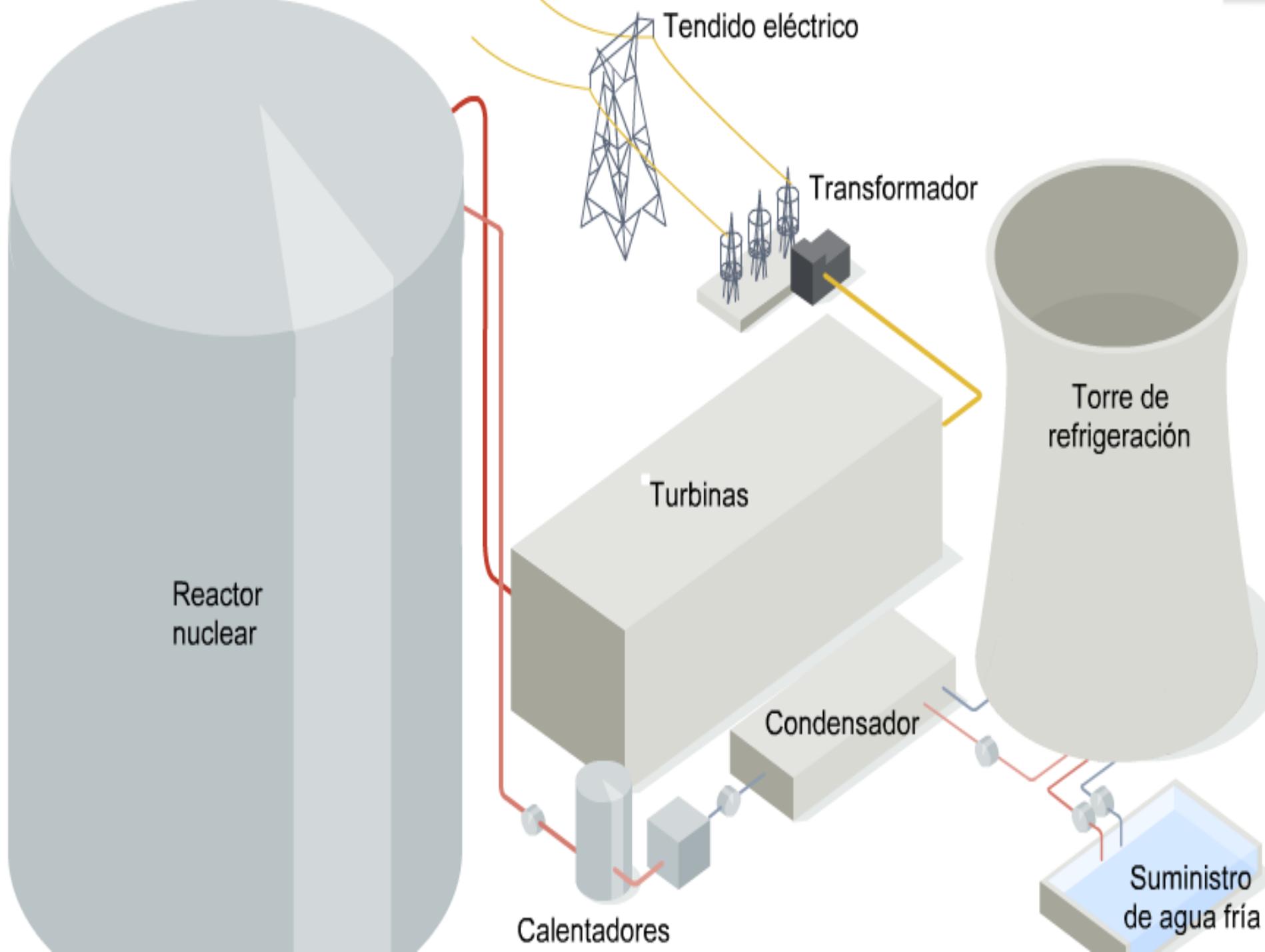
**COMBUSTIBLE GASTADO:** Con el tiempo, la concentración de restos de la fisión, elementos pesados y plutonio, hacen inoperativo el combustible nuclear, que debe ser sustituido cada 12 o 24 meses.

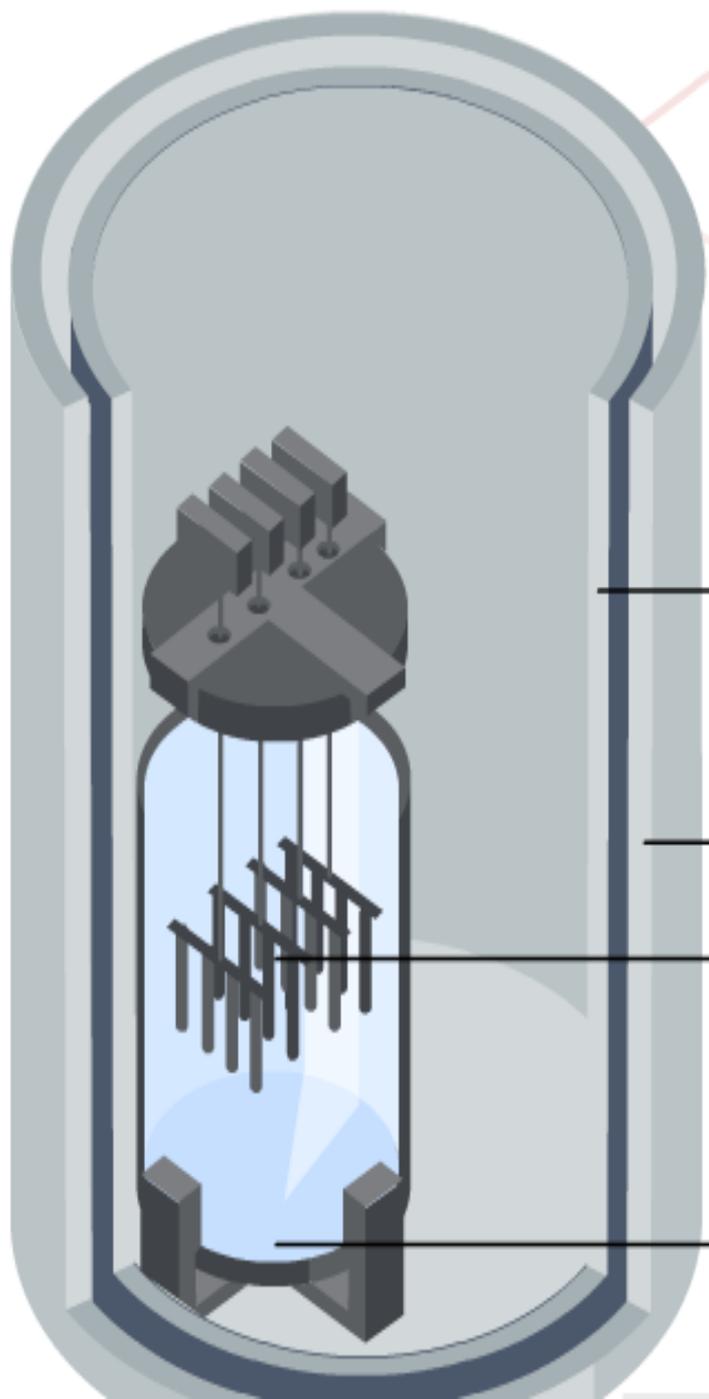
El combustible gastado es muy radiactivo y emite gran cantidad de calor.

Se almacena inmediatamente en piscinas refrigeradas, donde permanecen durante años.

Están "enfriándose" durante tres o cinco años.





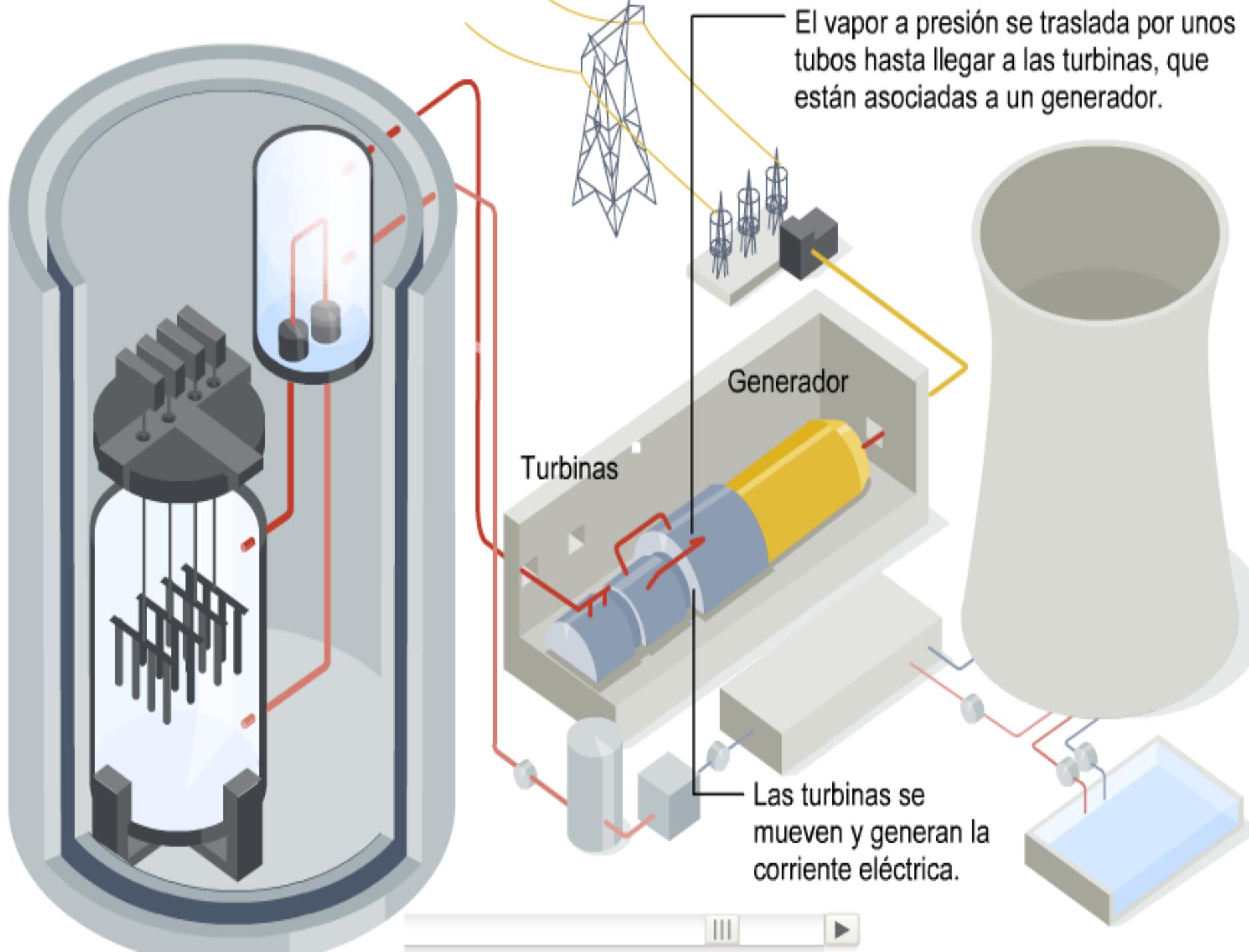


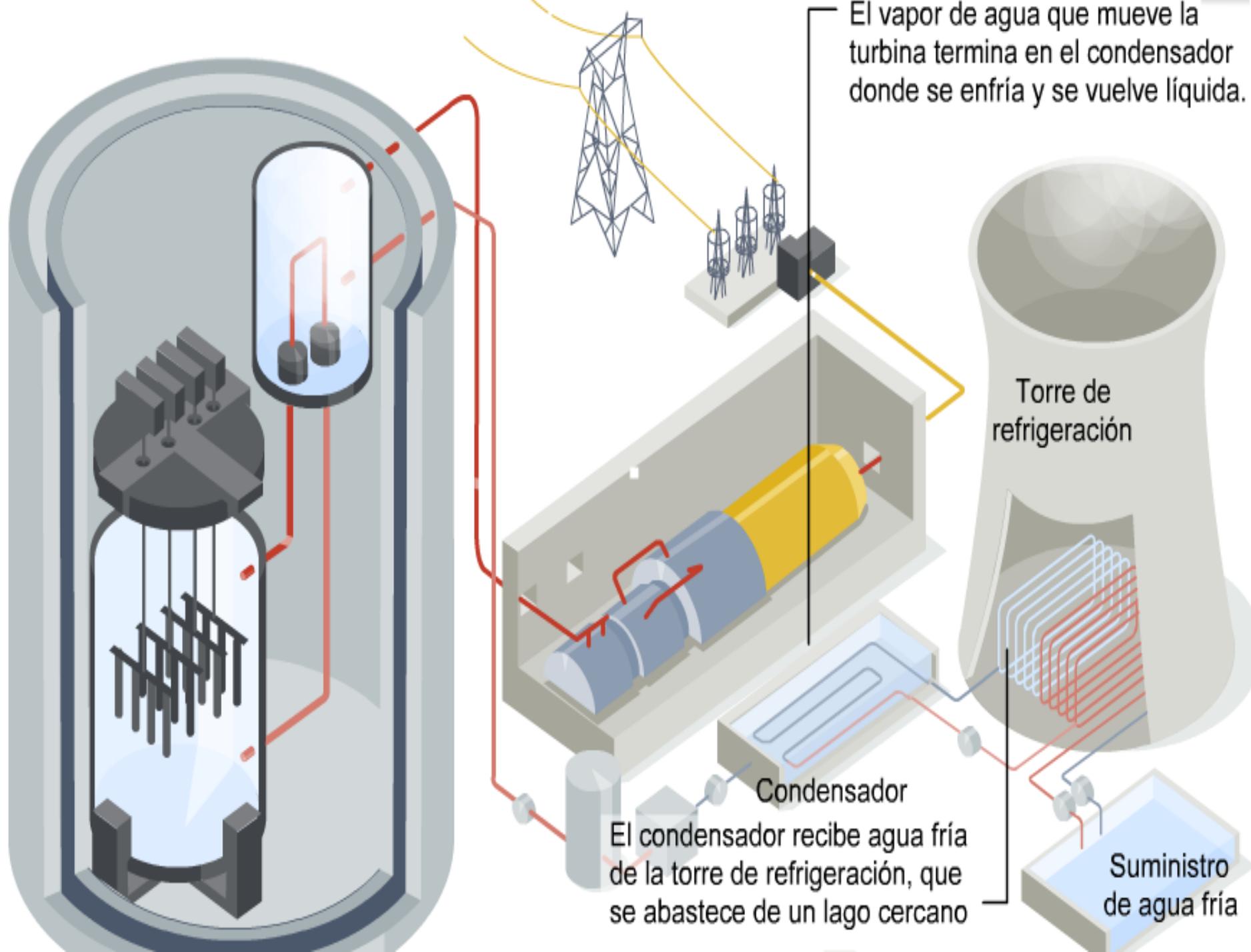
**Doble edificio de contención.** Deben extremarse las medidas de seguridad pues una avería puede provocar escapes radiactivos con fatales consecuencias.

Paredes de hormigón y acero

**Barras de combustible.** La energía nuclear se obtiene por fisión de átomos de minerales radiactivos como uranio y plutonio. Esa liberación de calor hace funcionar un **circuito de vapor** que mueve turbinas y generadores.

**Núcleo del reactor.**





# Centrales Nucleares en el Mundo





# Actividad Nuclear en Argentina

# Actividad Nuclear en Argentina



2 CENTRALES NUCLEARES EN OPERACIÓN

1 CENTRAL EN CONSTRUCCIÓN

6 REACTORES DE INVESTIGACIÓN

4 ACELERADORES DE PARTÍCULAS

3 CENTROS ATÓMICOS

1 CENTRO TECNOLÓGICO

1 PLANTA DE AGUA PESADA

2 PLANTAS DE IRRADIACIÓN

2 MINAS DE URANIO

1 PLANTA DE PURIFICACIÓN DE URANIO

376 INSTALACIONES CON APLICACIONES INDUSTRIALES

3 ESCUELAS DE MEDICINA NUCLEAR

68 CENTROS DE COBALTOTERAPIA

57 CENTROS DE BRAQUITERAPIA

309 CENTROS DE MEDICINA NUCLEAR

45 ACELERADORES LINEALES DE USO MÉDICO

408 LABORATORIOS DE RADIOINMUNO ENSAYO



# Plantas de Energía Nuclear en Operación

**CENTRAL EMBALSE**  
648 MWe (netos)



**CENTRAL ATUCHA I**  
357 MWe (netos)





# ATUCHA I-II

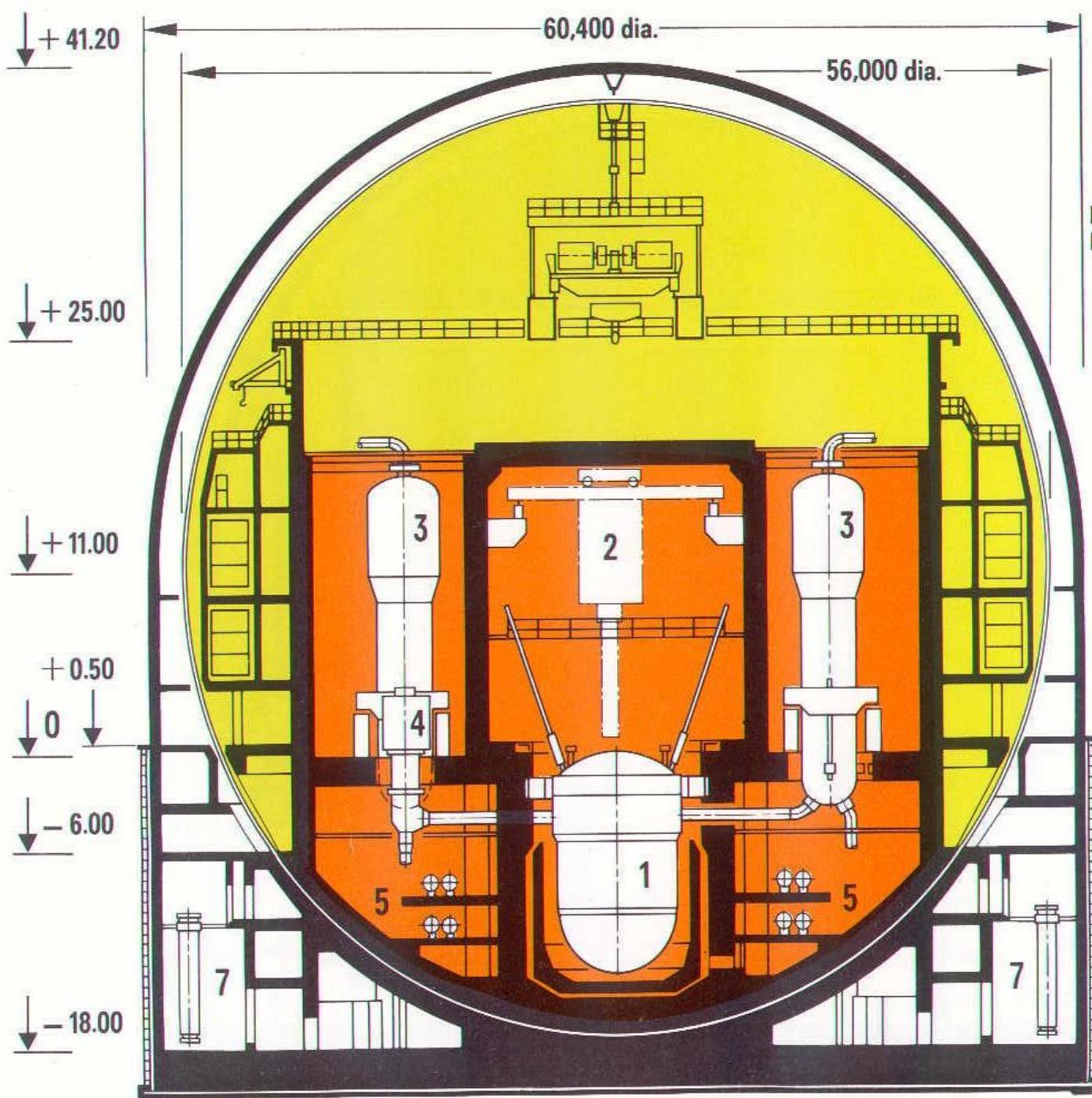




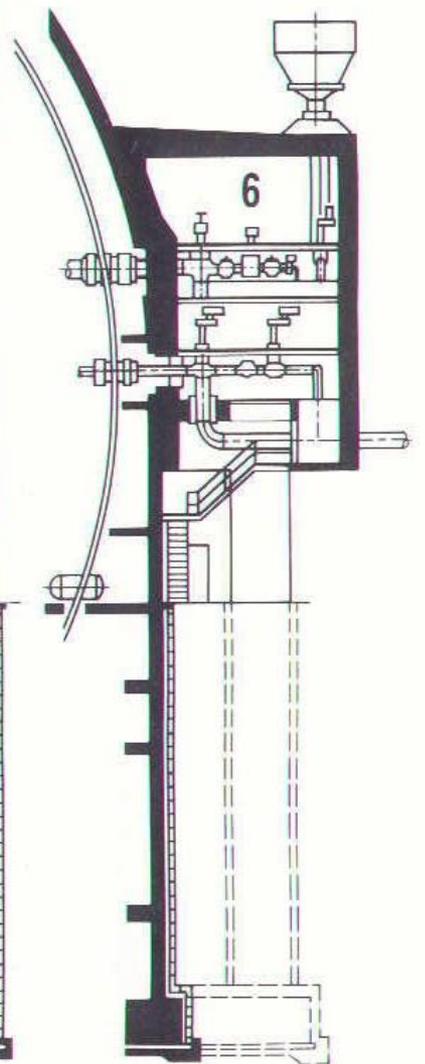




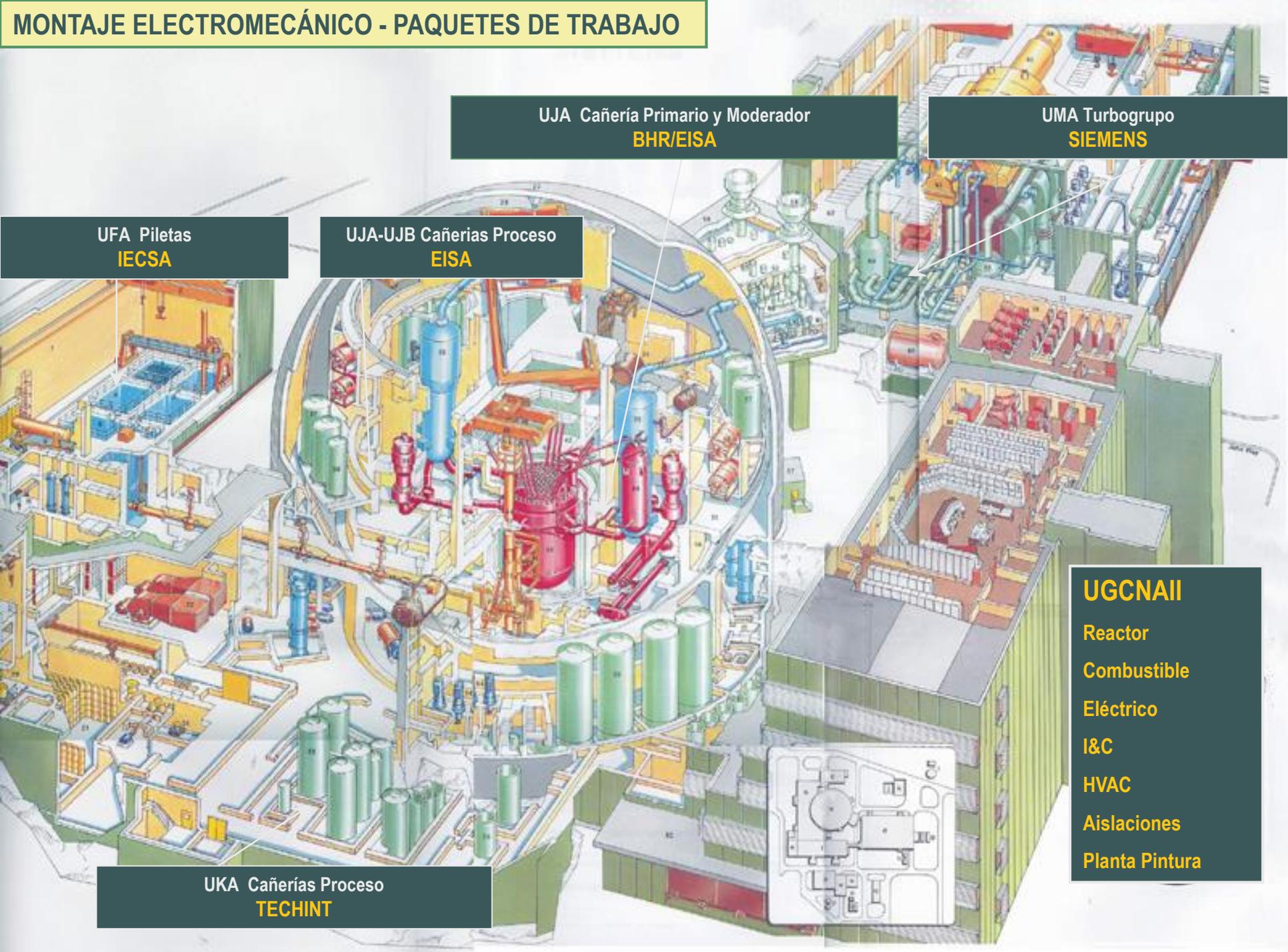




- 1 Vasija de presión del reactor
- 2 Máquina de recarga de combustible
- 3 Generador de vapor
- 4 Bomba del refrigerante del reactor
- 5 Enfriador del moderador
- 6 Válvulas de vapor y de agua de alimentación
- 7 Intercambiador de calor para refrigeración de componentes
- Compartimentos operacionales
- Compartimentos de equipos



# MONTAJE ELECTROMECAÁNICO - PAQUETES DE TRABAJO



UJA Cañería Primario y Moderador  
**BHR/EISA**

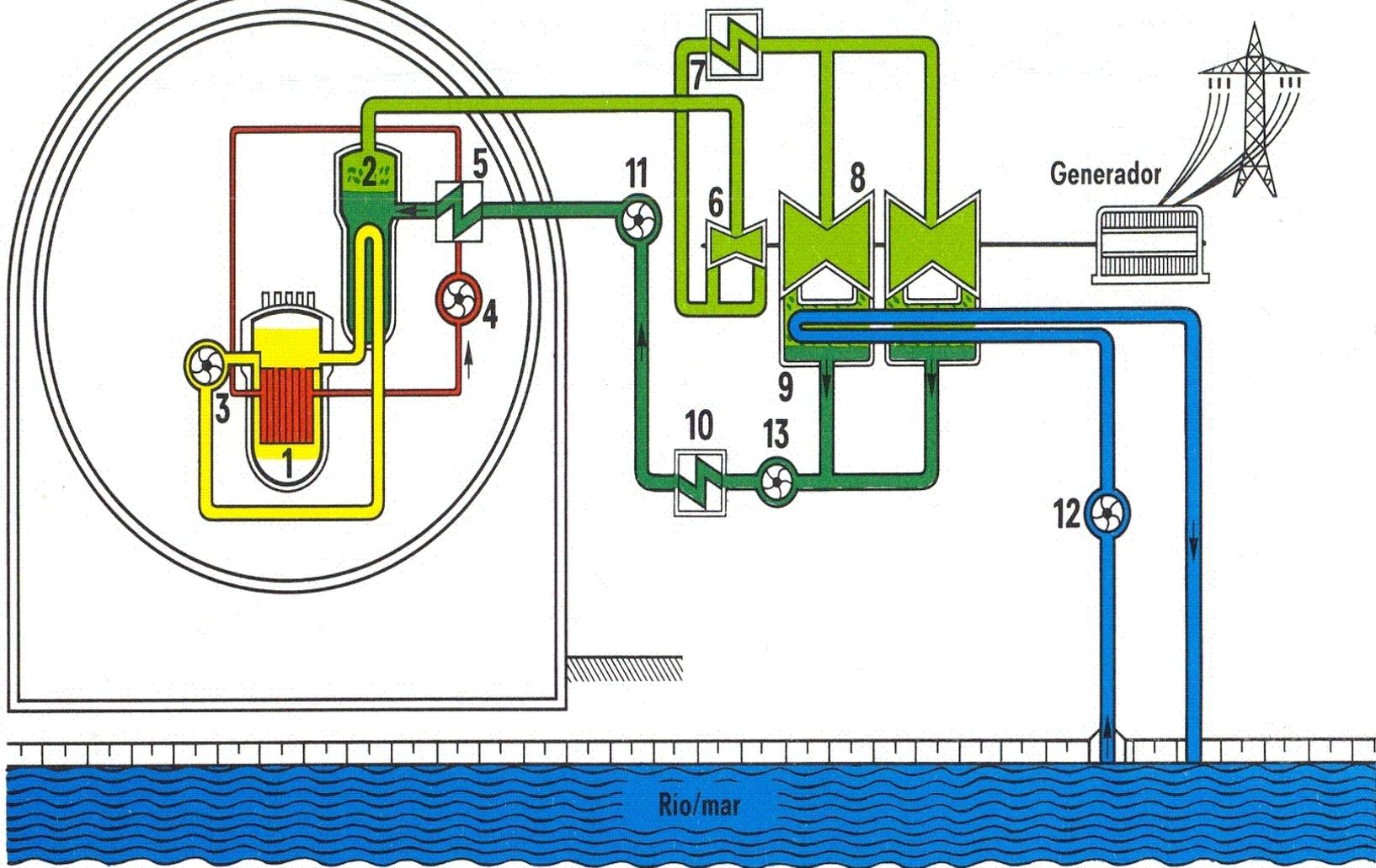
UMA Turbogruppo  
**SIEMENS**

UFA Piletas  
**IECSA**

UJA-UJB Cañerías Proceso  
**EISA**

**UGCNAII**  
Reactor  
Combustible  
Eléctrico  
I&C  
HVAC  
Aislaciones  
Planta Pintura

UKA Cañerías Proceso  
**TECHINT**

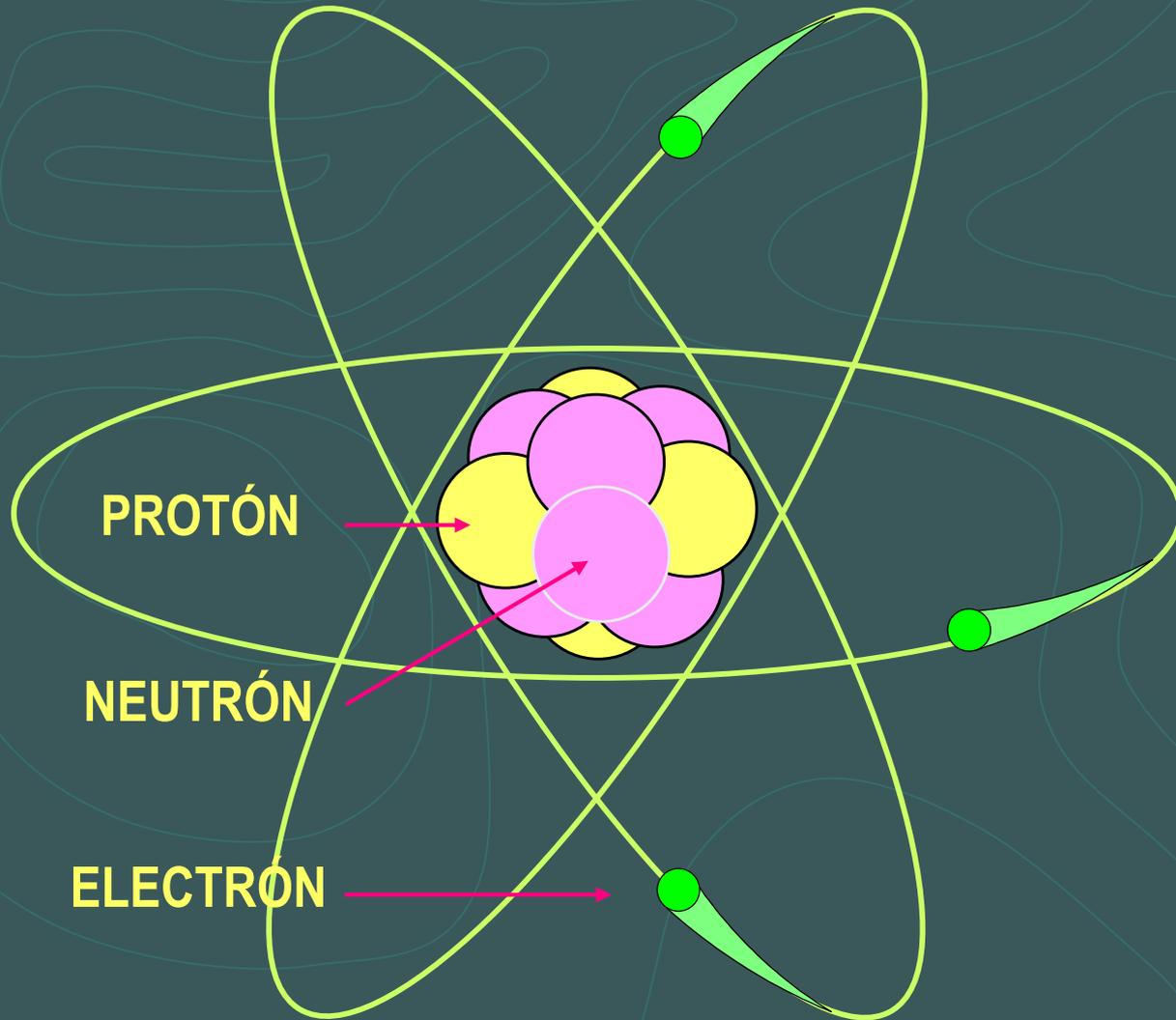


- 1 Reactor
- 2 Generador de vapor
- 3 Bomba del refrigerante del reactor
- 4 Bomba de moderador
- 5 Refrigerador del moderador
- 6 Turbina de alta presión

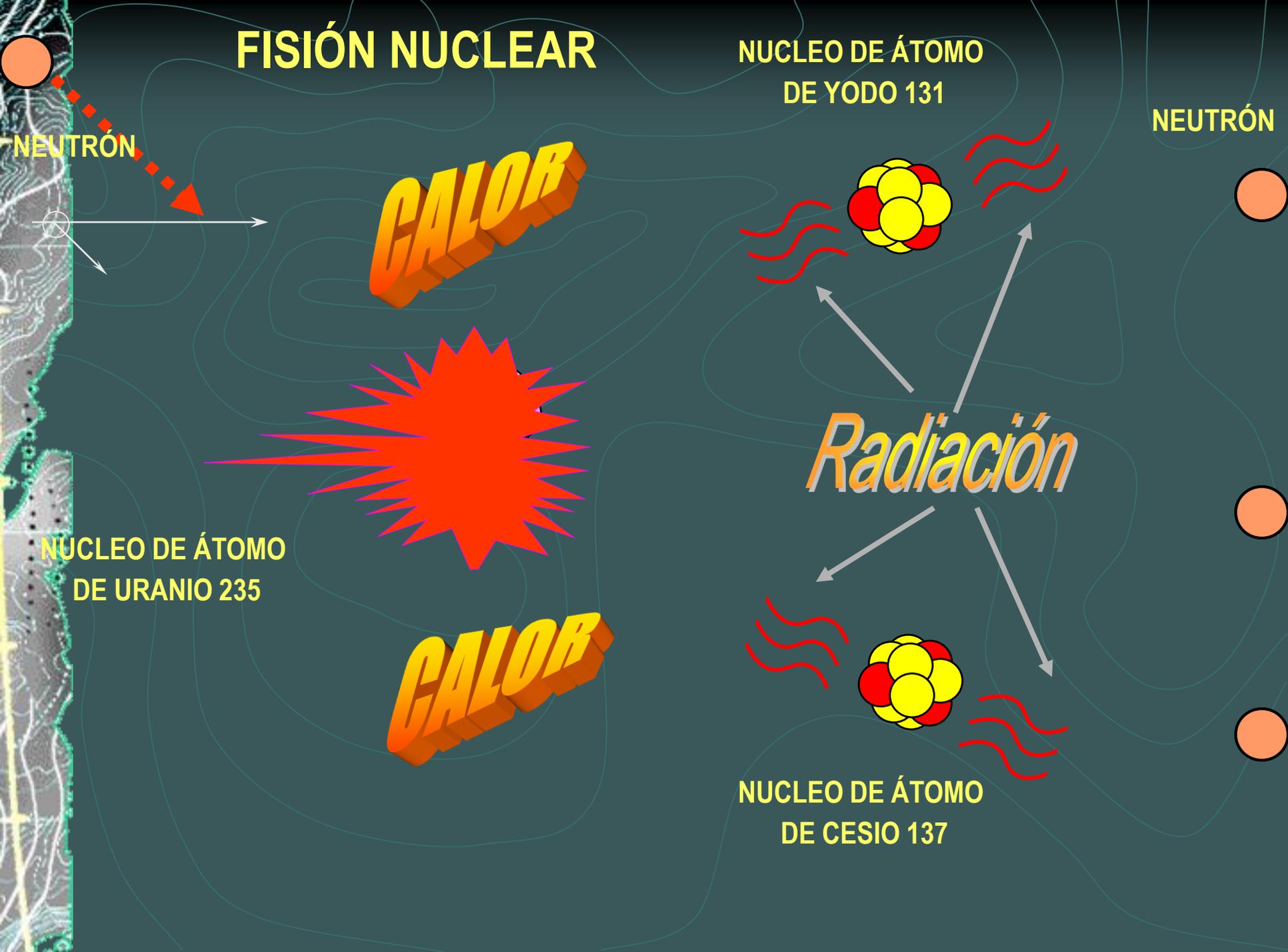
- 7 Separador de humedad
- 8 Turbina de baja presión
- 9 Condensador
- 10 Precalentador
- 11 Bomba de agua de alimentación
- 12 Bomba principal de agua de refrigeración
- 13 Bomba principal de condensado

- Refrigerante del reactor
- Moderador
- Vapor principal
- Condensado/  
agua de alimentación
- Agua de refrigeración principal

# ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL ÁTOMO



# FISIÓN NUCLEAR

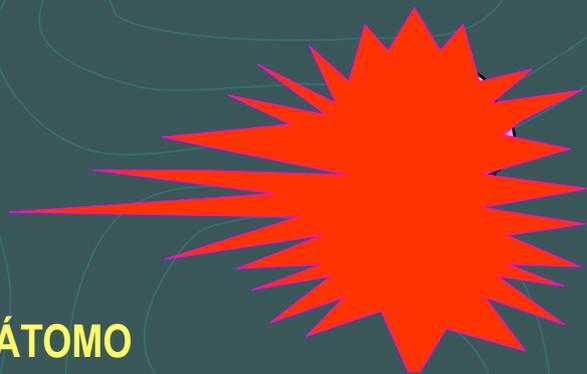


NUCLEO DE ÁTOMO  
DE YODO 131

NEUTRÓN

NEUTRÓN

**CALOR**



NUCLEO DE ÁTOMO  
DE URANIO 235

*Radiación*

**CALOR**

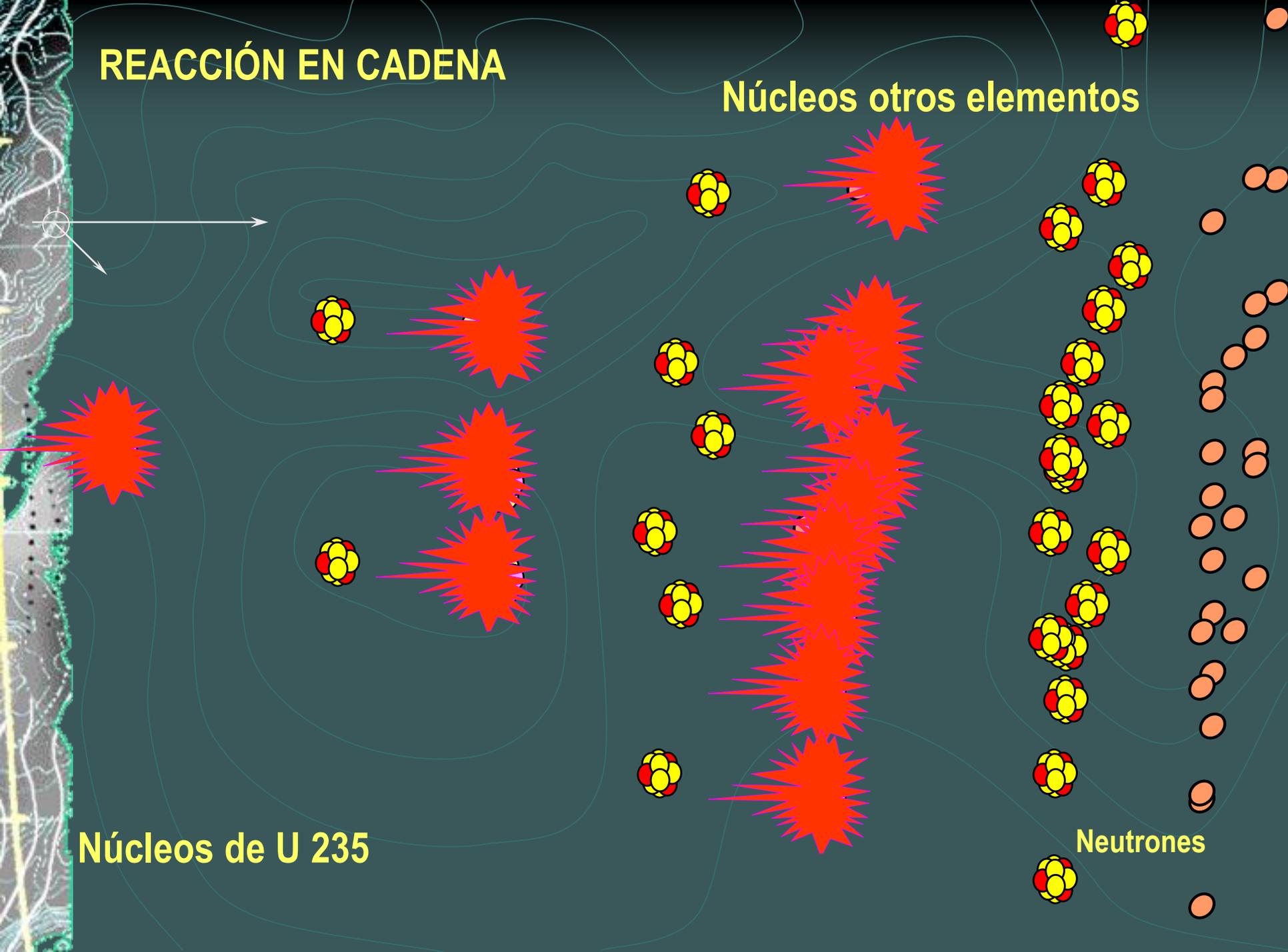
NUCLEO DE ÁTOMO  
DE CESIO 137

# REACCIÓN EN CADENA

Núcleos otros elementos

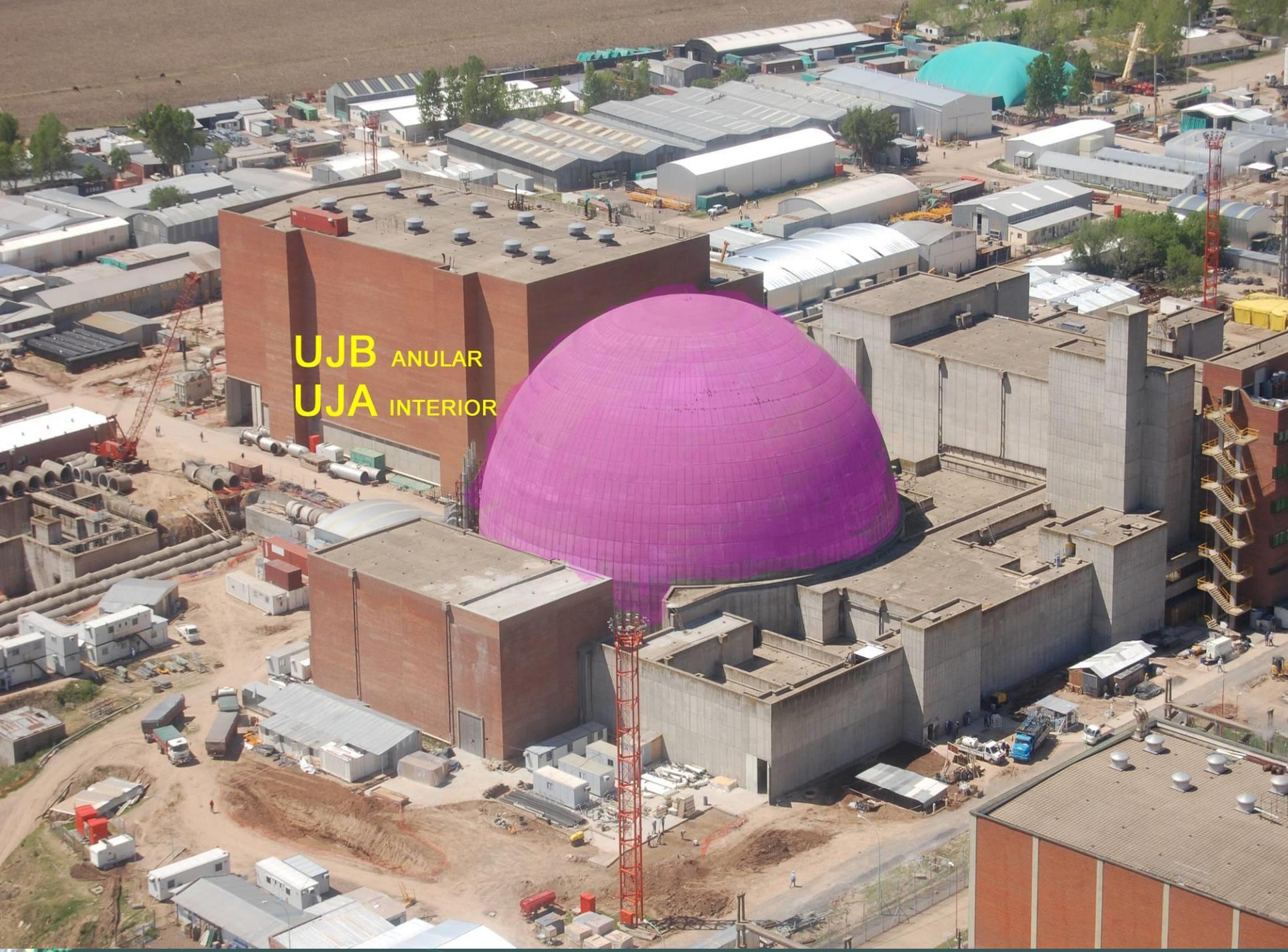
Núcleos de U 235

Neutrones



# REACCIÓN EN CADENA CONTROLADA

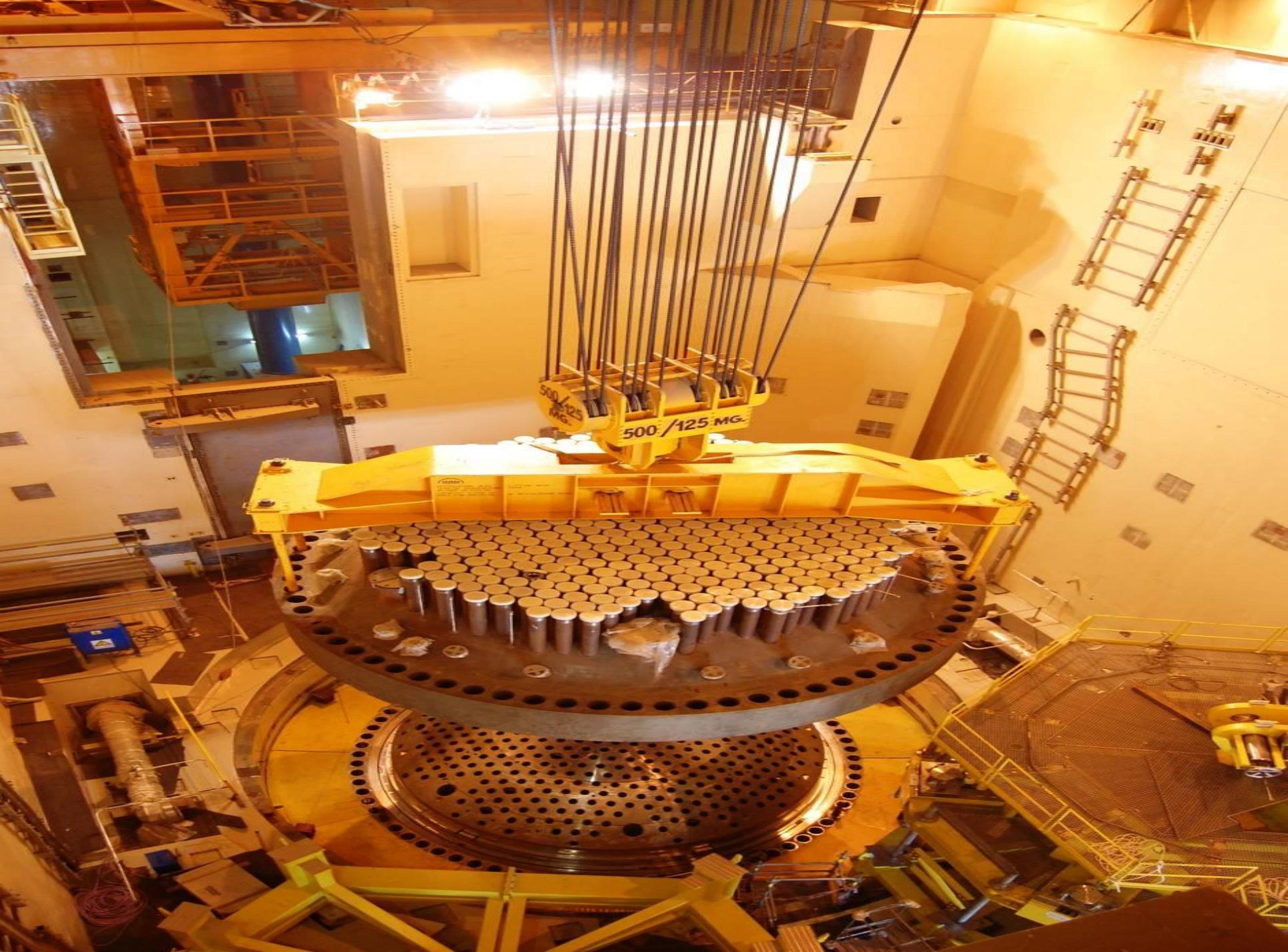


An aerial photograph of a large-scale industrial construction project. The central focus is a massive, purple-colored dome structure, which is the interior of a containment vessel. This dome is situated within a large, rectangular, reddish-brown concrete structure, which is the annular containment vessel. The surrounding area is filled with various industrial buildings, some with corrugated metal roofs, and construction equipment. A tall, red lattice tower is visible in the foreground. The overall scene depicts a complex and active construction site.

**UJB** ANULAR  
**UJA** INTERIOR







500/125 MG.

500/125 MG.



50  
49  
48  
47

50  
49  
48  
47

50  
49  
48  
47









SECCION DE SOLDADURA

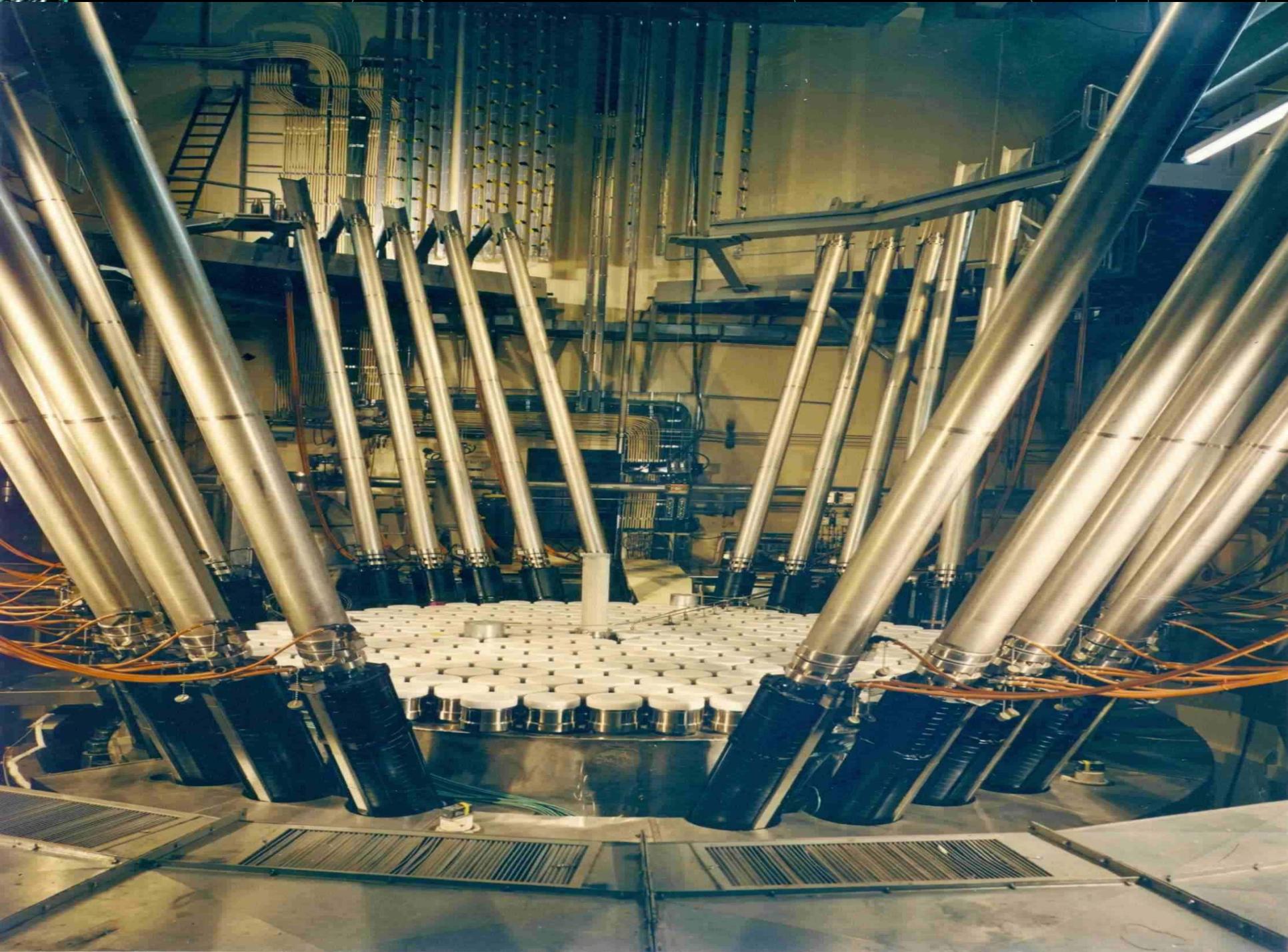
801

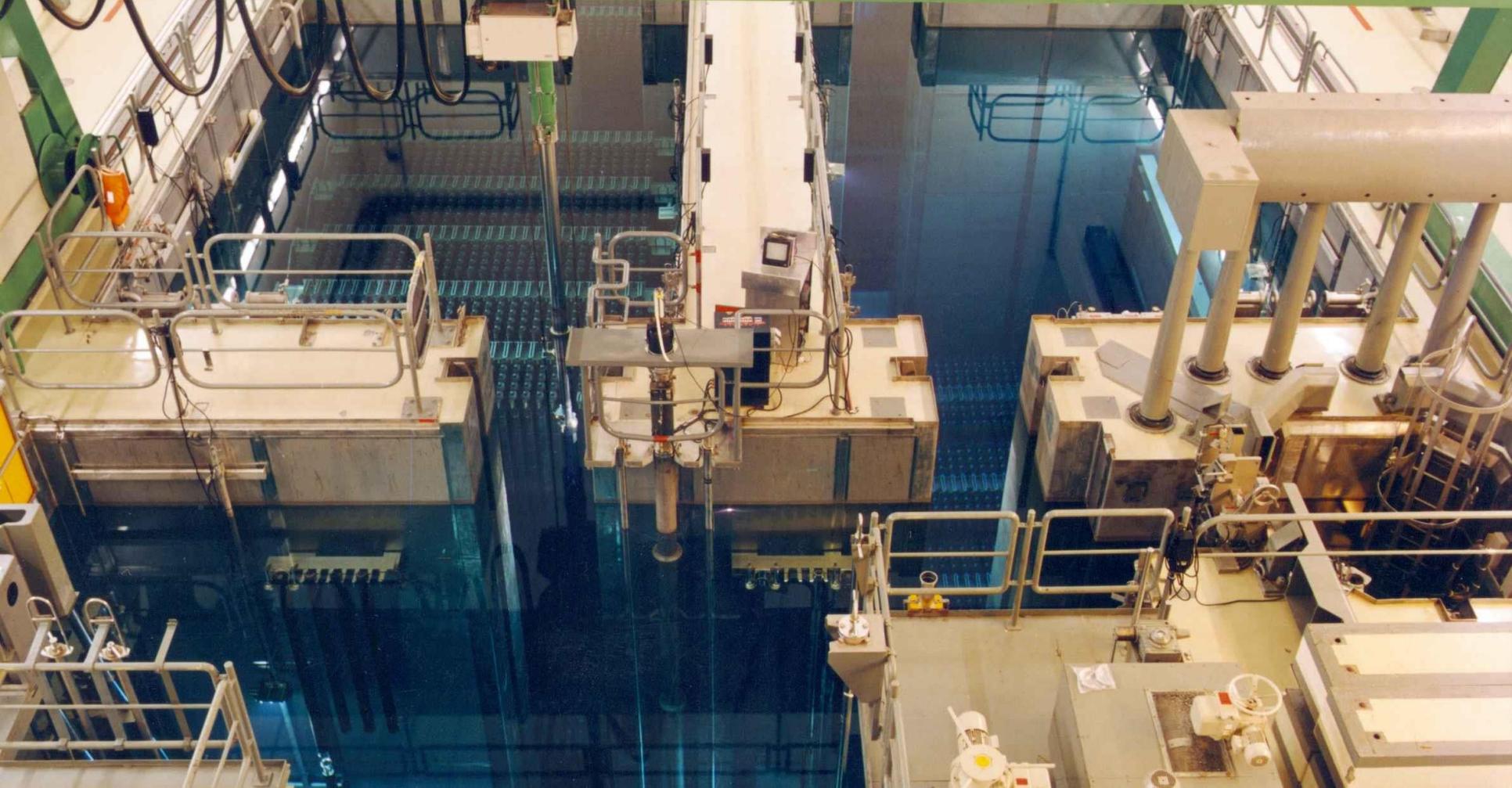
802

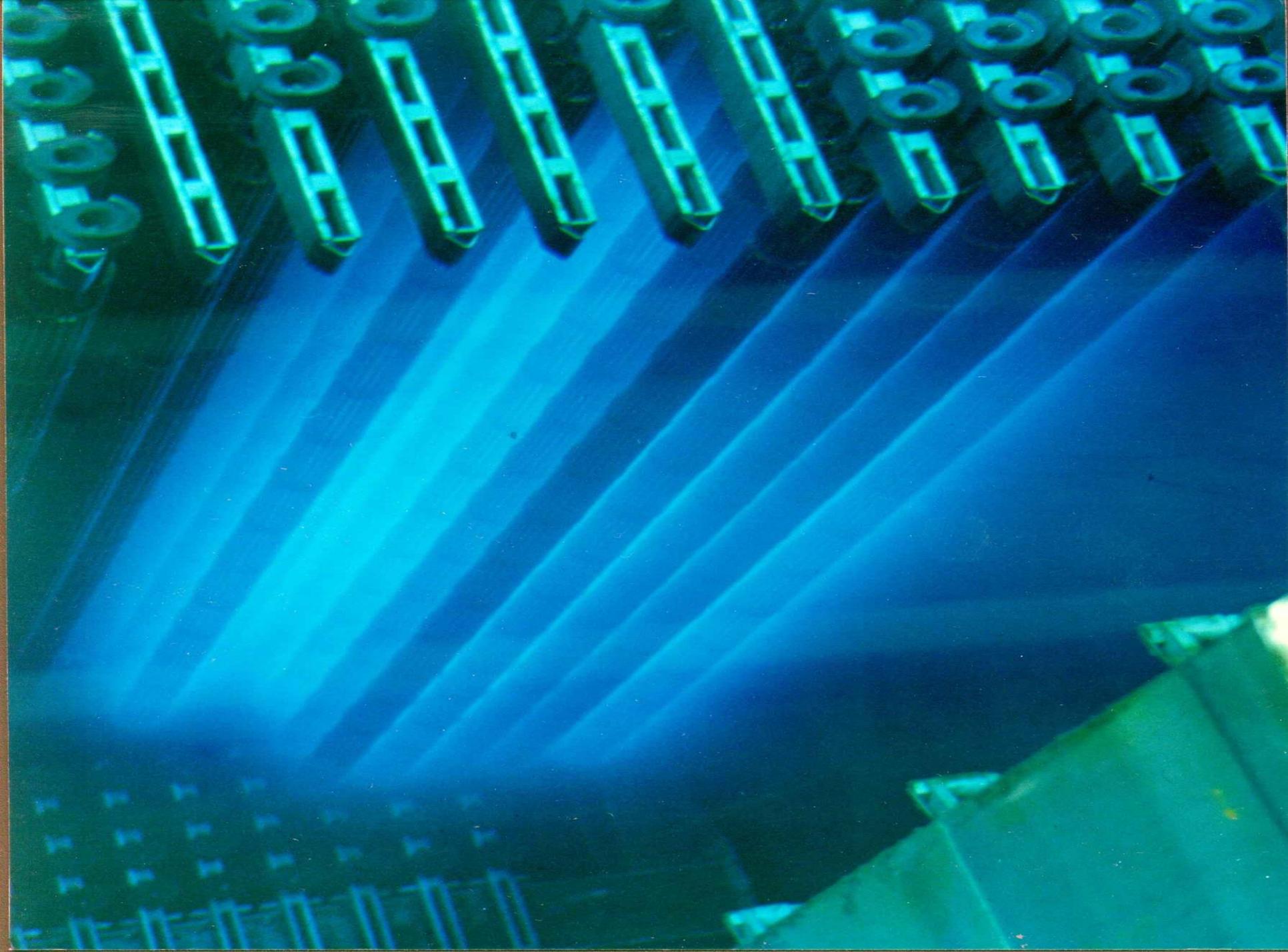
803

UP UP

UP UP



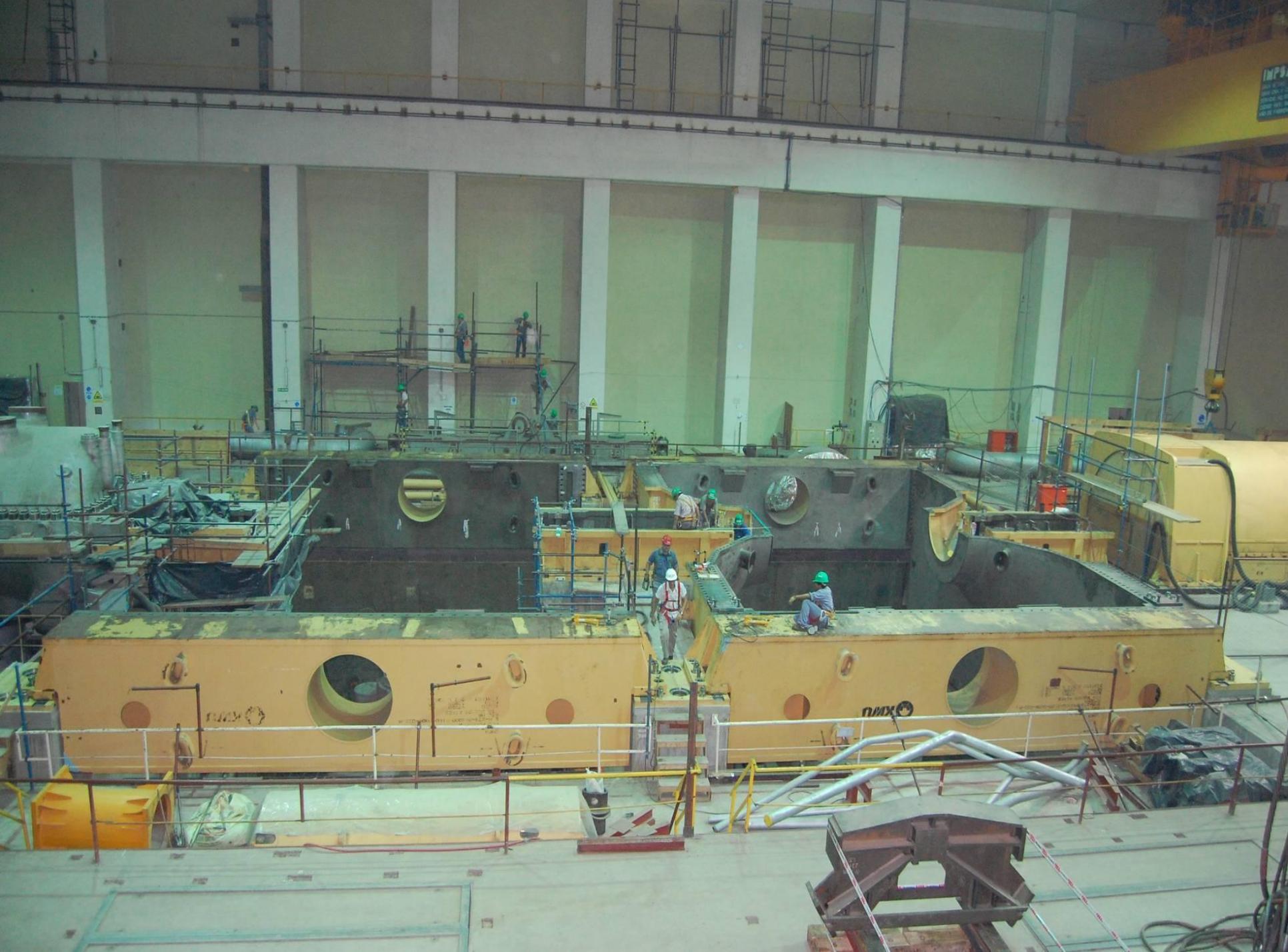






UMA







SERVICIO II CNEA  
CODIGO KKS: SMM 01  
AÑO DE FABRICACION: 1987.

12 PPAL.  
350/300/200 MG.  
12 AUX.  
32/8 MG.

CAP  
800 000 200 MG

LAZARINI

⚠





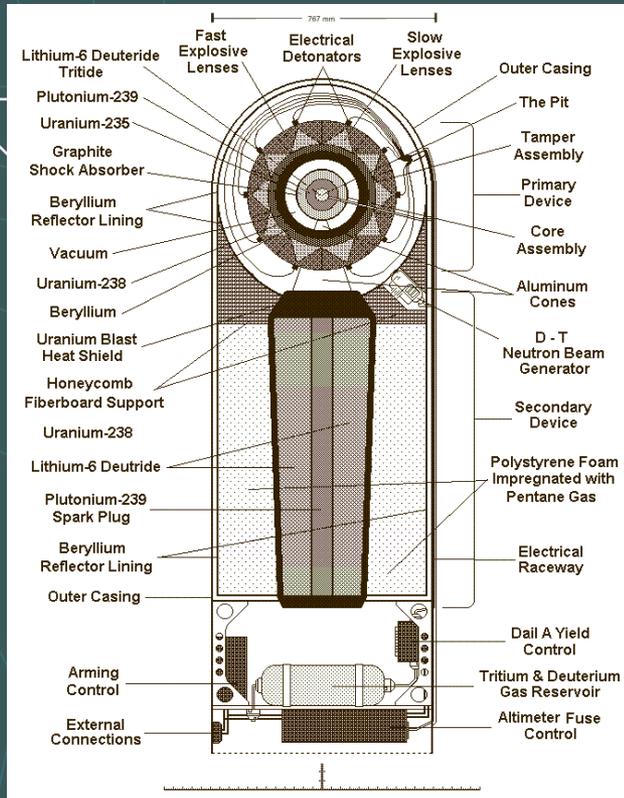
IMPA  
INSTITUTO DE PESQUISAS  
ATÔMICAS  
CAJALÍNGUA  
SÃO CARLOS - SP







# Armas Nucleares

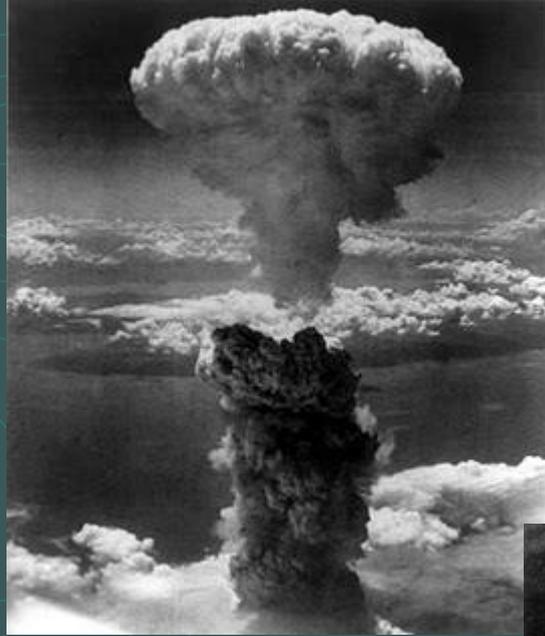
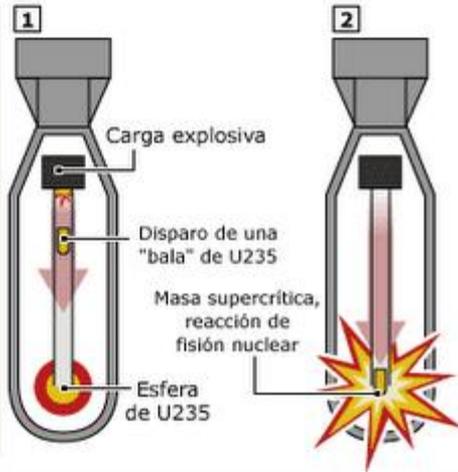


Misil Trident II (SLBM) lanzado desde un submarino nuclear.

Esquema de la bomba MK-28, una de las que más unidades se construyeron, y la principal del arsenal nuclear de Estados Unidos durante más de dos décadas.

### Bomba de Fisión nuclear

'Little boy'  
arrojada sobre  
Hiroshima, 1945



Victima de los Bombardeos de Hiroshima

# Chernobyl

00:28 Se reduce la energía en el Reactor 4 como preparación para la prueba. El operador a cargo ordena disminuir la energía por debajo de lo permitido.

00:38 Se detiene el Reactor 4 y se pierde toda posibilidad de controlar la creciente energía.

01:00 En los 20 minutos siguientes el reactor es llevado de vuelta al 7% de energía, removiendo la mayor parte de las barras de control. Como está construido para operar a niveles tan bajos, las bombas de agua se vuelven difíciles de controlar debido a las condiciones de la prueba.

01:22 Los operadores creen que cuentan con las condiciones más estables para la prueba. No son conscientes del hervidero que han construido en la base del reactor. Un operador bloquea el cierre automático de dos turbinas que se pone en funcionamiento en un nivel bajo de agua, por temor a que este cierre pueda abortar la prueba.

01:23 Comienza la prueba. Se produce un repentino aumento de la energía, gracias a una falla en el diseño del reactor. Alcanza 120 veces su energía máxima en unos pocos segundos. El combustible radioactivo desintegra y presiona desde el vapor sobrante, que se suponía que iría a las turbinas, rompe los tubos de presión y vuela la armadura superior del reactor.

# Chernobyl



En las primeras horas del 26 de abril de 1986, una explosión se abrió paso en el Reactor 4 de la estación de energía de Chernobyl.

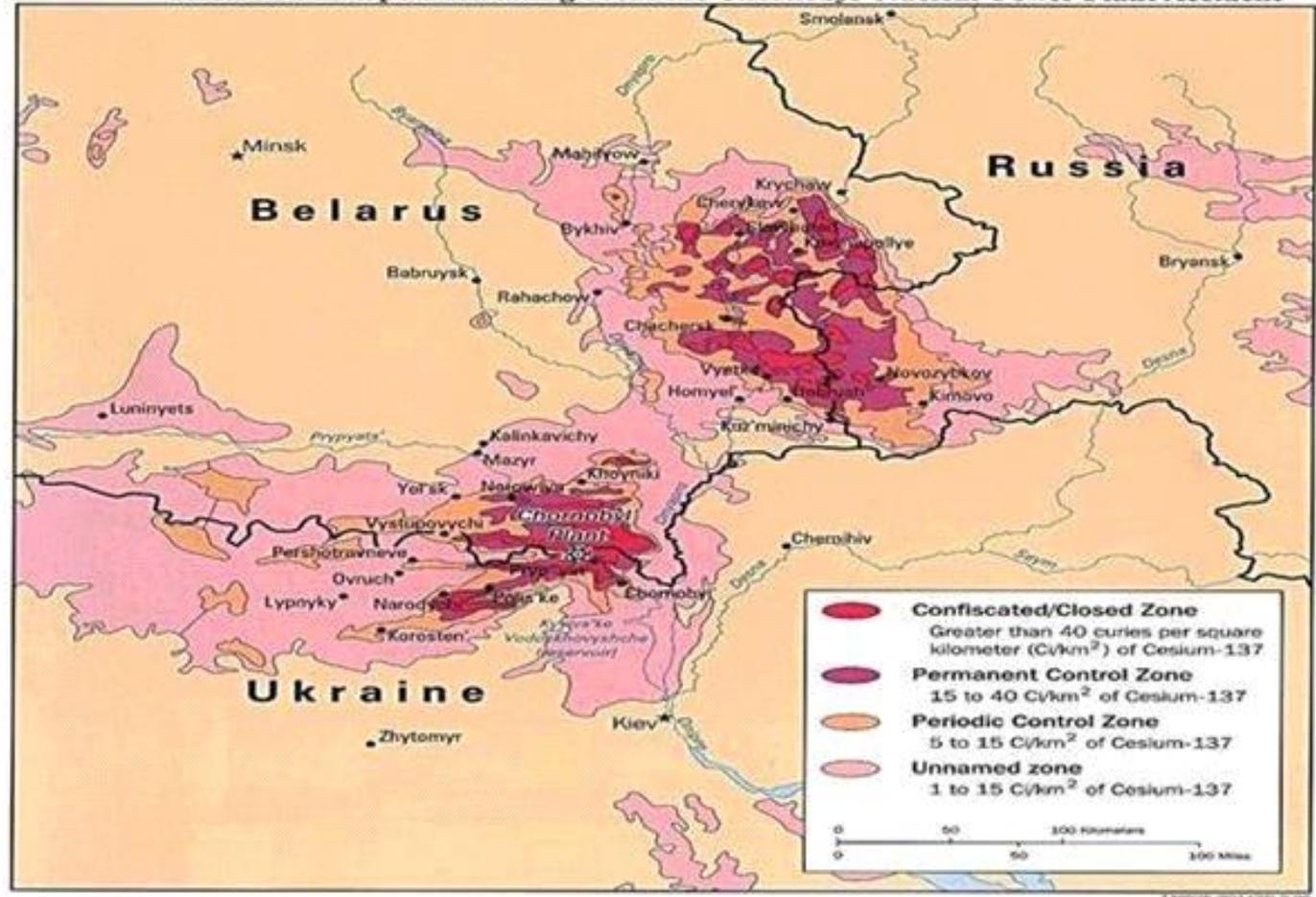
Una combinación de violación de los procedimientos, fallas de diseño, interrupción de las comunicaciones y falta de adecuados protocolos de seguridad provocó el peor accidente nuclear de la historia.

Tuvo lugar durante una prueba de seguridad, realizada para comprobar si las turbinas del reactor podían producir energía suficiente para mantener las bombas de líquido refrigerante en funcionamiento, en el caso de una pérdida de energía.

Pero el cierre de emergencia falló, el reactor pasó a estar fuera de control transformado en una gigante cafetera hirviente, y se produjo una violenta explosión que pudo ser vista a kilómetros de distancia.

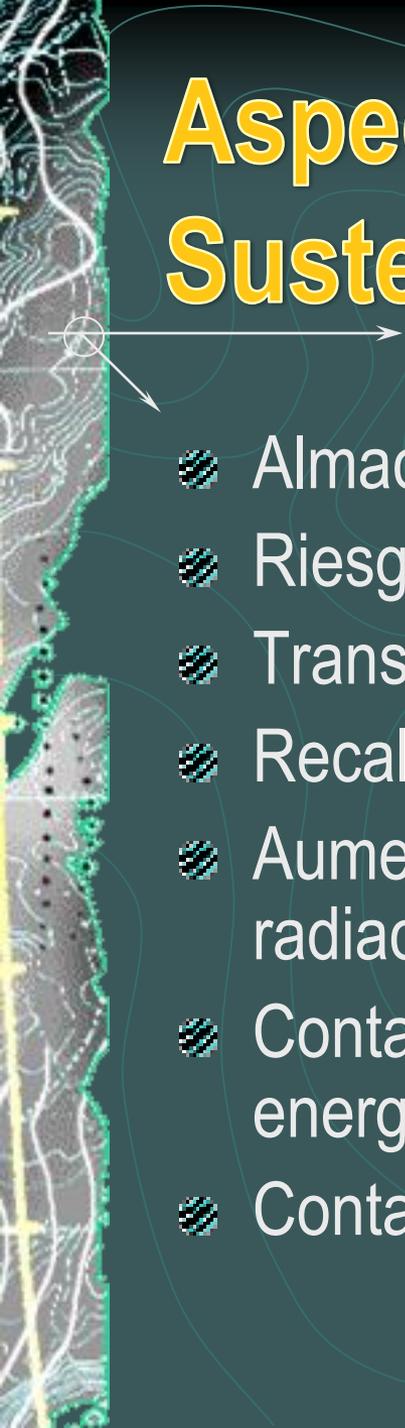
# Chernobyl

Radiation Hotspots Resulting From the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident



7/20/96 (01/14/20) © 96

# Aspectos Ambientales, Desarrollo Sustentable y Seguridad

- 
- Almacenamiento de residuos radiactivos
  - Riesgo de accidentes nucleares
  - Transporte de residuos radiactivos
  - Recalentamiento de los ríos
  - Aumento de las enfermedades provocadas por la radiactividad
  - Contaminación de las personas que trabajan con energía nuclear
  - Contaminación radiactiva del entorno

# Aspectos Ambientales, Desarrollo Sustentable y Seguridad

- No libera CO<sub>2</sub> al ambiente directamente.
- La industria nuclear misma considera que la oposición de la opinión pública representa una de las principales barreras que frenan la construcción de nuevas plantas.
- No se han registrado otros accidentes significativos.

# Aspectos Ambientales, Desarrollo Sustentable y Seguridad

- El riesgo de accidentes obliga a extremar las precauciones en el manejo de estas naves, pues una colisión, significaría la propagación en el mundo marino de la contaminación radiactiva.
- El funcionamiento de estos reactores implica la producción de residuos contaminados, que han de ser depositados en algún lugar.
- Riesgo de exposiciones a la radiación por parte del personal de las naves, debido a negligencias o averías.
- Posible utilización de material bélico nuclear (después de Hiroshima y Nagasaki, no es necesario explicar sus posibles efectos).

# Problemas derivados de la energía nuclear

El principal problema de la energía nuclear son los residuos radiactivos que produce, ya que son altamente tóxicos, y la vida media de los estos puede llegar hasta los millones de años. Además su almacenaje se hace costoso y peligroso ya que debe estar en instalaciones especiales ya que la radiación es muy penetrante y necesita estar bien aislada con materiales que resistan.

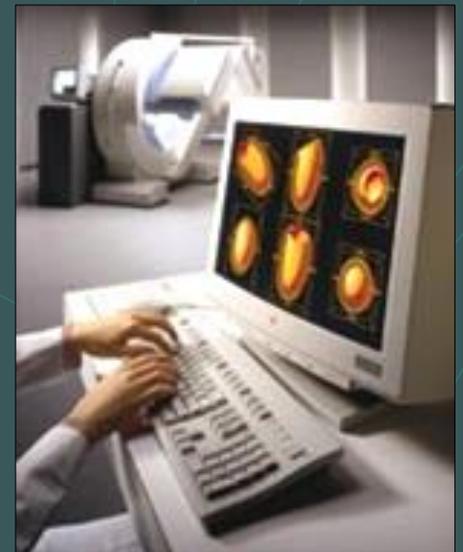


Las radiaciones alfa y beta fuera del organismo no son peligrosas, pero las radiaciones gamma sí lo son, ya que son altamente ionizantes. La toxicidad de las radiaciones depende de la cantidad absorbida.

En ciertas dosis el uranio causa daños en el riñón. No está demostrado que el uranio produzca cáncer, pero este se puede desintegrar en otras sustancias como el radio que si producen cáncer. La radiación suele provocar náuseas, mareos, diarreas, pérdida de pelo, y en altas dosis la muerte inmediata ya que destruye los tejidos nerviosos y otros tejidos que provocan hemorragias internas.

# Riesgos de la Medicina Nuclear

- Fuentes radiactivas no selladas, isótopos radiactivos de corto semiperíodo.
- Principal segmento en riesgo: personas cercanas al paciente (bajo riesgo), por contaminación.
- Requieren de gestión de desechos radiactivos antes de eliminación como desechos industrial o común.



# Actividades que Generan Residuos Radiactivos

- 
- Operaciones y Mantenimiento de Centrales Nucleares.
  - Operaciones y Mantenimiento de Reactores de Investigación.
  - Producción de Radioisótopos.
  - Aplicaciones de Radioisótopos:
    1. En Medicina.
    2. En Industria.
    3. En Investigaciones.
  - Fabricación de Combustibles Nucleares.
  - Explotación y Purificación de Minerales de Uranio.
  - Clausura y Desmantelamiento de Instalaciones Nucleares.

# ¿Qué son los Residuos Radiactivos?

- 
- Son materiales que contienen elementos radiactivos para los cuales no está previsto ningún uso futuro y cuyos valores de actividad exceden los límites establecidos por la autoridad regulatoria nuclear para su dispersión en el ambiente.
  - Por sus características radiológicas, requieren ser gestionados en forma adecuada para proteger a la población y al medio ambiente.

# Conclusiones

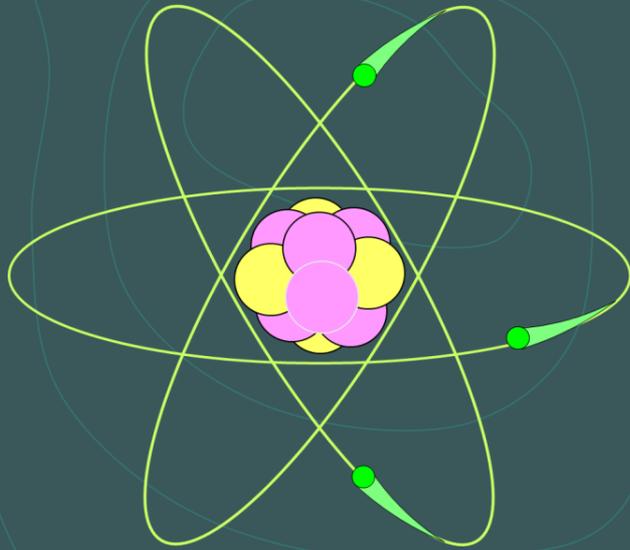


**Actualmente existen 440 reactores nucleares y que aportan el 7% de la energía total del planeta.**

- **PARA QUE LA ACTIVIDAD NUCLEAR SEA SUSTENTABLE ES NECESARIO DAR SOLUCIÓN A TODAS LAS ETAPAS DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS QUE SE GENERAN.**
- **CON ESA FINALIDAD, LA REPÚBLICA ARGENTINA NECESITA CONTAR CON SISTEMAS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE SUS RESIDUOS RADIATIVOS.**

**Por su atención...**

**Muchas Gracias!!!**



**Ing. Pablo DE SIMONE  
Industrias y Servicios I  
19/SET/2022.-**