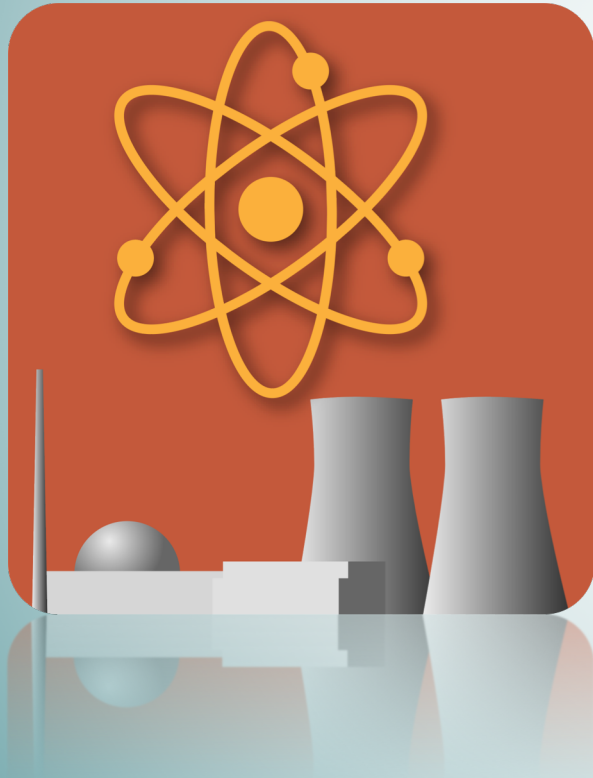


# Ingeniería Nuclear

## BLOQUE II. REACTORES Lección 3. Fuentes neutrónicas



**Fernando Delgado San Román**  
**Raquel Martínez Torre**

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



# FUENTES NEUTRÓNICAS

## FUENTES NEUTRÓNICAS

- Fuentes de neutrones: fisión y otras reacciones.
  - ✓ Los neutrones producidos en otras reacciones se denominan neutrones fuente.
    - Estos neutrones garantizan que la población de neutrones siga siendo lo suficientemente alta como para permitir la visualización del nivel de neutrones en los instrumentos de control más sensibles mientras el reactor está apagado o durante la secuencia de arranque.
      - Esto permite verificar la operatividad del instrumento y el seguimiento de los cambios en la población de neutrones.
  
- Los neutrones fuente pueden proceder de fuentes neutrónicas intrínsecas o de fuentes neutrónicas instaladas.

# FUENTES NEUTRÓNICAS

## FUENTES NEUTRÓNICAS INTRÍNSECAS

- Son aquellos materiales situados en el reactor que producen neutrones por su naturaleza.
- Siempre existirá un número limitado de neutrones en el núcleo del reactor, incluso aunque no haya operado nunca, debido a la fisión espontánea de algunos nucleídos pesados presentes en el combustible.
- Por ejemplo, el U-238, el U-235 y el Pu-239 sufren fisión espontánea limitada. El U-238 produce casi 60 neutrones/(hora y gramo).

<b>TABLE 1</b>			
<b>Neutron Production by Spontaneous Fission</b>			
Nuclide	$T_{1/2}$ (Fission)	$T_{1/2}$ ( $\alpha$ -decay)	neutrons/sec/gram
$^{235}_{92}\text{U}$	$1.8 \times 10^{17}$ years	$6.8 \times 10^8$ years	$8.0 \times 10^{-4}$
$^{238}_{92}\text{U}$	$8.0 \times 10^{15}$ years	$4.5 \times 10^9$ years	$1.6 \times 10^{-2}$
$^{239}_{94}\text{Pu}$	$5.5 \times 10^5$ years	$2.4 \times 10^4$ years	$3.0 \times 10^{-2}$
$^{240}_{94}\text{Pu}$	$1.2 \times 10^{11}$ years	$6.6 \times 10^3$ years	$1.0 \times 10^3$
$^{252}_{98}\text{Cf}$	66.0 years	2.65 years	$2.3 \times 10^{12}$

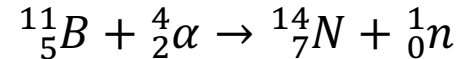
# FUENTES NEUTRÓNICAS

## FUENTES NEUTRÓNICAS INTRÍNSECAS

Fuentes de neutrones intrínsecas:

✓ **Boro natural y el combustible:**

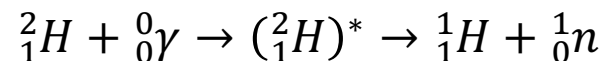
- En algunos reactores, se carga boro natural en el núcleo del reactor como absorbente de neutrones para mejorar el control del mencionado reactor o para aumentar el tiempo de vida de dicho núcleo.



- Para un núcleo de reactor que posea esta configuración, la reacción ( $\alpha, n$ ) es una importante fuente neutrónica que puede ser utilizada en la puesta en marcha del reactor.

✓ **Reacción fotoneutrónica:**

- Los neutrones se pueden producir por la interacción de un rayo gamma y un núcleo de deuterio.



Ambas reacciones dan lugar a la producción de un neutrón.



# FUENTES NEUTRÓNICAS

## FUENTES NEUTRÓNICAS INTRÍNSECAS

- En un reactor en operación hay una abundante emisión de rayos gamma de alta energía, porque muchos de los productos de la fisión son emisores de esta radiación.
- Todos los reactores refrigerados por agua tienen un isótopo del hidrógeno -el deuterio- presente en el líquido refrigerante del núcleo del reactor debido a que una pequeña fracción del hidrógeno natural es de este isótopo.
  - ✓ **Porcentaje de deuterio en el agua:**
    - **Reactores de agua ligera:** valor cercano al natural (0,015%)
    - **Reactores de agua pesada:** Por encima del 90%. Se cumplen las condiciones necesarias para la producción de fotoneutrones.
- La emisión de rayos  $\gamma$  disminuye con el tiempo después de la parada del reactor. Como resultado de la desintegración de los emisores de rayos  $\gamma$ , la tasa de producción fotoneutrónica también disminuye.

# FUENTES NEUTRÓNICAS

## FUENTES NEUTRÓNICAS INSTALADAS

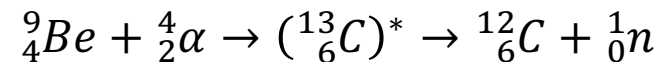
- ❑ Debido a que las fuentes de neutrones intrínsecas pueden ser relativamente débiles o dependen del funcionamiento reciente del reactor, muchos reactores han instalado fuentes artificiales de neutrones.
  - ✓ Una fuente de neutrones instalada es un equipo colocado en (o cerca de) el reactor con el único propósito de producir neutrones fuente.
  - ✓ Estas fuentes de neutrones aseguran que el número de neutrones con el reactor apagado es lo suficientemente alto como para ser detectados por los instrumentos de medición en todo momento. Esto permite determinar las condiciones del reactor, y advertir cualquier cambio en estas condiciones.
  
- ❑ Una fuente de neutrones muy importante es el nucleído artificial californio-252, que emite alrededor  $2 \times 10^{12}$  neutrones/(seg y gramo) como resultado de su fisión espontánea.
  - ✓ Posee dos inconvenientes importantes:
    - su alto coste.
    - su corta vida media (2,65 años).

# FUENTES NEUTRÓNICAS

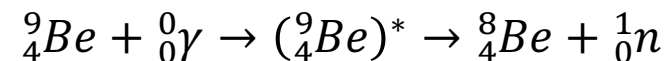
## FUENTES NEUTRÓNICAS INSTALADAS

### ☐ Fuentes neutrónicas instaladas:

- ✓ Muchas fuentes de neutrones instaladas utilizan **la reacción ( $\alpha, n$ ) con berilio**.



- Esta reacción se compone de una mezcla de berilio metálico (100% de berilio-9) con una pequeña cantidad de un emisor de partículas alfa, tales como los compuestos de radio, polonio, o plutonio.
- ✓ **Fuente fotoneutrónica** mediante reacción ( $\gamma, n$ ) con Berilio.



- El isótopo estable berilio-9 tiene un último neutrón débilmente unido con una energía de enlace de sólo 1,66 MeV . Un rayo gamma con una energía de 1,66 MeV puede causar que el neutrón sea expulsado.
- Un gran reactor puede tener varias fuentes de neutrones antimonio-berilio instaladas dentro del núcleo.

---

# FUENTES NEUTRÓNICAS

---

## RECURSOS

- ❑ Nuclear Physics and Reactor Theory, 1993 (Department of Energy United States of America).