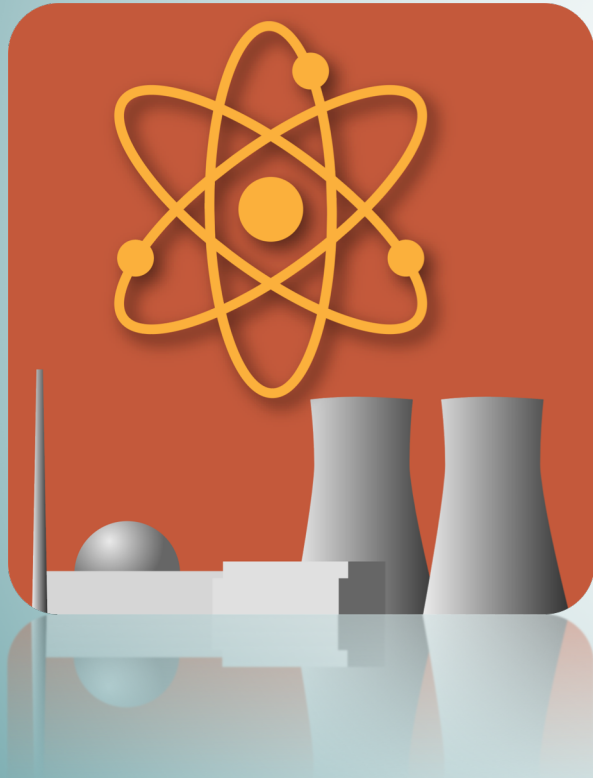


Ingeniería Nuclear

BLOQUE II. REACTORES

Lección 2. Ciclo de vida del neutrón. Fórmula de los seis factores



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/)



CICLO DE VIDA DEL NEUTRÓN

FACTOR DE MULTIPLICACIÓN EFECTIVO

- ❑ Cuando el factor de multiplicación efectivo de un reactor no es exactamente igual a uno, el flujo de neutrones cambia y provoca un cambio en el nivel de potencia. Por lo tanto, es esencial saber más sobre como este factor depende del contenido del reactor y de su construcción.
- ❑ El equilibrio entre la producción de neutrones y su absorción dentro del núcleo y la fuga de él determina el valor del factor de multiplicación.
 - ✓ Si la fuga ≈ 0 , el factor de multiplicación depende tan solo del equilibrio entre la producción y la absorción, y se denomina factor de multiplicación infinito (k_{∞}).
 - ✓ Cuando existen fugas, el factor se llama factor de multiplicación efectivo (k_{ef}).
- ❑ k_{ef} se puede expresar en función de k_{∞} y de dos factores que consideran la fuga de neutrones.

$$k_{ef} = k_{\infty} \cdot P = k_{\infty} \cdot P_r \cdot P_t \quad \left\{ \begin{array}{l} P \equiv \text{probabilidad de permanencia total} \\ P_r \equiv \text{probabilidad de permanencia rápida} \\ P_t \equiv \text{probabilidad de permanencia térmica} \end{array} \right.$$

CICLO DE VIDA DEL NEUTRÓN

FACTOR DE MULTIPLICACIÓN EFECTIVO

- ❑ **Probabilidad de permanencia rápida (P_r):** relación del número de neutrones rápidos que no se fugan del núcleo del reactor frente al número de neutrones rápidos producidos por fisión.

$$P_r = \frac{\text{Neutrones rápidos que no se fugan del núcleo}}{\text{Neutrones rápidos producidos por fisión}}$$

- ❑ **Probabilidad de permanencia térmica (P_t):** relación del número de neutrones térmicos que no se fugan del núcleo del reactor frente al número de neutrones que alcanzan energías térmicas.

$$P_t = \frac{\text{Neutrones térmicos que no se fugan del núcleo}}{\text{Neutrones que alcanzan energías térmicas}}$$

- ❑ En un reactor heterogéneo refrigerado/moderado por agua, ambas probabilidades se ven afectadas por los cambios de temperatura del refrigerante.

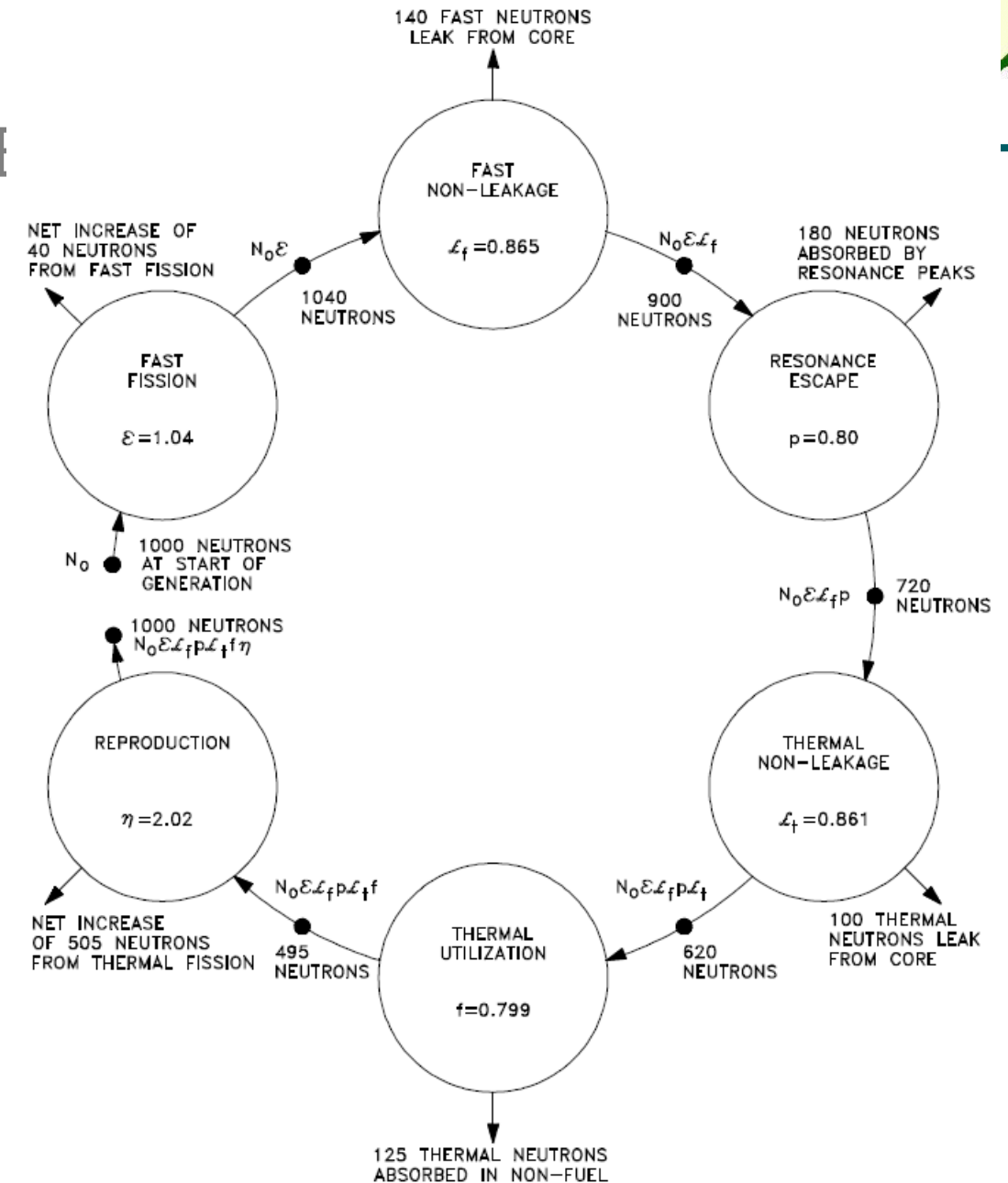
CICLO DE VIDA DE

FÓRMULA DE LOS SEIS FACTORES

- Con la inclusión de P_r y P_t es posible determinar la fracción de neutrones que permanecen después de cada posible proceso en un reactor nuclear. Así, el k_{ef} puede ser determinado ahora como el producto de seis términos:

$$k_{ef} = P_r \cdot P_t \cdot \epsilon \cdot p \cdot f \cdot \eta$$

- Usando la fórmula es posible trazar todo el ciclo de vida de la producción de neutrones por fisión desde el inicio de ésta hasta el comienzo de las fisiones de la siguiente reacción.
- La figura muestra un ciclo de vida de neutrones con los valores nominales previstos para cada uno de los seis factores.



CICLO DE VIDA DEL NEUTRÓN

FÓRMULA DE LOS SEIS FACTORES

❑ Paso 1: FISIÓN RÁPIDA

- ✓ La generación comienza con $N_0=1000$ neutrones.
- ✓ El primer proceso es la fisión rápida y la población de neutrones se incrementa en los neutrones generados (1040).

❑ Paso 2: NO FUGA RÁPIDA

- ✓ A continuación, se puede ver que 140 neutrones escapan del núcleo antes de alcanzar el rango de energía térmica.

❑ Paso 3: ESCAPE DE RESONANCIA

- ✓ 180 neutrones son absorbidos por picos de resonancias.

❑ Paso 4: NO FUGA TÉRMICA

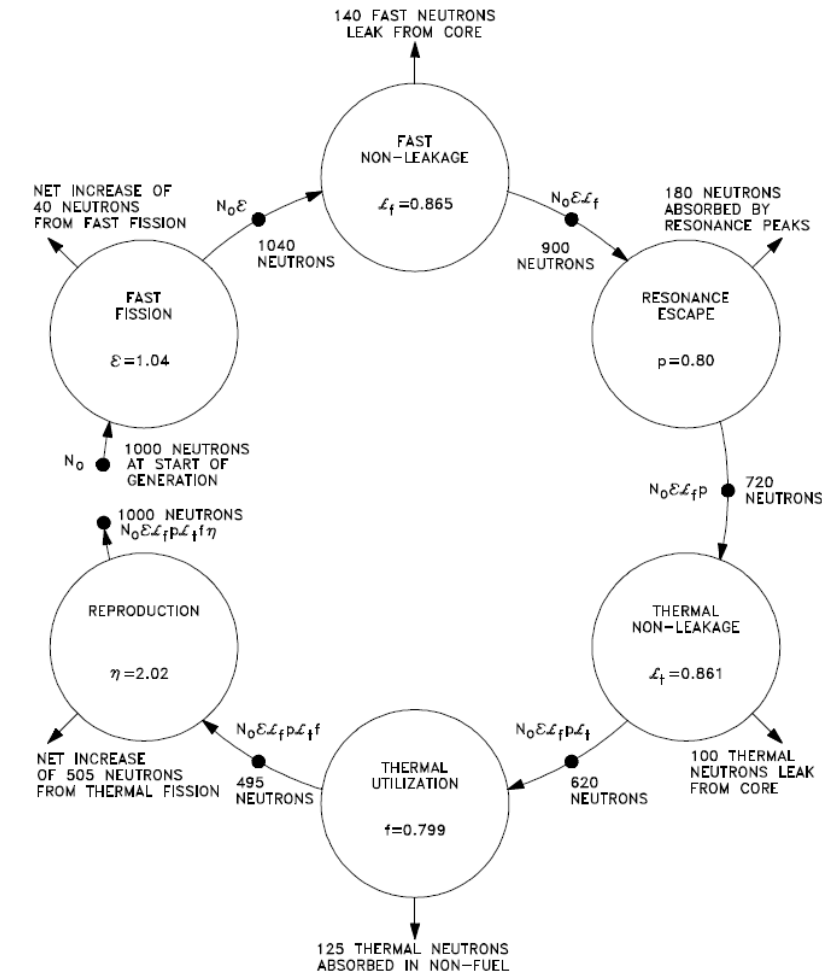
- ✓ Después de alcanzar energías térmicas, 100 neutrones escapan del núcleo.

❑ Paso 5: UTILIZACIÓN TÉRMICA

- ✓ 125 neutrones son absorbidos por materiales no combustibles del reactor.

❑ Paso 6: REPRODUCCIÓN

- ✓ Se producen 1000 neutrones de fisión como resultado de la absorción de neutrones térmicos por parte del combustible.



CICLO DE VIDA DEL NEUTRÓN

RECURSOS

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