



*Autoridad Regulatoria Nuclear*

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

**AR 3.3.2.**

# **Sistemas de remoción de calor de reactores nucleares de potencia**

---

**REVISIÓN 2**

Aprobada por Resolución del Directorio de la Autoridad  
Regulatoria Nuclear N° 03/02 (Boletín Oficial 5/3/02)

---



## SISTEMAS DE REMOCIÓN DE CALOR DE REACTORES NUCLEARES DE POTENCIA

### A. OBJETIVO

1. Establecer criterios de seguridad para el diseño de los sistemas de remoción de calor.

### B. ALCANCE

2. Esta norma es aplicable al diseño de los sistemas de remoción de calor de reactores nucleares de potencia .

El cumplimiento de la presente norma y de las normas y requerimientos establecidos por la Autoridad Regulatoria, no exime del cumplimiento de otras normas y requerimientos no relacionados con la seguridad radiológica, establecidos por otras autoridades competentes.

### C. EXPLICACIÓN DE TÉRMINOS

**3. Calor Residual:** Calor desarrollado posteriormente a la extinción del reactor, resultante de sumar el calor generado en el núcleo debido al decaimiento radiactivo, a las fisiones por neutrones retardados y a otros procesos de fisión, más el calor acumulado transitoriamente en estructuras, sistemas y componentes relacionados con el reactor y con los medios de transferencia de calor.

**4. Criterio de la Falla Única:** Criterio para diseñar un sistema de manera tal que admita la ocurrencia de una falla única en cualquier subsistema o componente del mismo, sin que por ello deje de prestar la función que le compete.

**5. Extinción del Reactor:** Proceso mediante el cual el núcleo del reactor es llevado al estado subcrítico, permaneciendo en este estado con un margen suficiente de reactividad negativa durante un intervalo de tiempo apropiado.

**6. Falla Única:** Conjunto de fallas compuesto por una falla inicial y por todas las eventuales fallas en cascada consecuentes de la inicial, que pudieran acontecer.

**7. Funcionamiento Normal:** Operación de una instalación Clase I dentro de los límites y condiciones operacionales especificados, incluidos el estado de parada, el funcionamiento en régimen, la parada, la puesta en marcha, el mantenimiento, las pruebas y, en el caso de reactores nucleares, la recarga de combustible.

**8. Incidente Operacional:** Proceso operacional que produce una alteración del funcionamiento normal pero que, debido a la existencia de características de diseño apropiadas, no ocasiona daños significativos a los elementos de importancia para la seguridad ni conduce a situaciones accidentales.

**9. Sistema de Remoción de Calor:** Sistema necesario para mantener la temperatura de una dada estructura, sistema, subsistema o componente de un reactor nuclear de potencia, dentro de valores inferiores al respectivo límite de seguridad prefijado.

**10. Situación Accidental:** Alteración grave de una situación operacional que puede conducir a consecuencias radiológicas significativas para las personas expuestas a radiación, si los correspondientes sistemas de seguridad no funcionan según se ha previsto en el diseño.

**11. Situación Operacional:** Situación definida como funcionamiento normal o incidente operacional.

**12. Sumidero Final de Calor:** La atmósfera o una masa de agua asociada a un reactor nuclear de potencia, capaz de absorber el calor residual correspondiente a estados operacionales o accidentales del reactor, sin que se observen en tales medios cambios apreciables de estado físico o aumentos sensibles de la temperatura media.

## D. CRITERIOS

### D1. Generales

**13.** Para todas las situaciones operacionales y accidentales postuladas de un reactor nuclear de potencia, el diseño de los sistemas de remoción de calor debe prevenir -mediante una adecuada refrigeración- la eventual ocurrencia de daños por sobrecalentamiento en:

- a. Los elementos combustibles irradiados que se encuentren alojados: en el núcleo del reactor, en el sistema de recarga de combustible y en los sistemas de almacenamiento de estos elementos.
- b. Los sistemas de seguridad o relacionados con la seguridad.

**14.** Los sistemas de remoción de calor deben diseñarse de manera que:

- a. Cumplan la función que les compete, con una confiabilidad adecuada.
- b. Tengan capacidad suficiente, con un adecuado margen, para soportar las solicitaciones físico - químicas producidas por cualquier situación operacional o accidental postulada.

**15.** En todos los casos mencionados en el criterio N° 13 se deben identificar las diferentes fuentes de calor y las cantidades de calor a ser removidas de cada una de ellas; la identificación tendrá en cuenta, principalmente, los procesos de fisión, de decaimiento radiactivo y de moderación, las reacciones químicas, así como el calor almacenado en estructuras, sistemas y componentes relacionados con el reactor y con los medios de transferencia de calor.

**16.** La evaluación de las cantidades de calor a ser removidas y de las variables relacionadas con la transferencia y transporte de calor debe basarse en información específica para el tipo de reactor nuclear considerado. La extrapolación o interpolación de datos será aceptable sólo si se cuenta con una adecuada justificación. Debe dejarse un margen apropiado para cubrir las incertidumbres de los datos.

**17.** Se deben prever sistemas para monitorear, registrar y controlar las variables asociadas con la generación y remoción del calor que se produzca en situaciones operacionales, y en situaciones accidentales postuladas.

**18.** Debe asegurarse la transferencia del calor residual al sumidero final de calor, en todas las condiciones previsibles externas o internas del reactor, de manera de cumplir las previsiones del criterio N° 13.

**19.** Se deben tener en cuenta las interacciones físico-químicas que existan entre los sistemas de remoción de calor y sus respectivos sistemas interconectados.

**20.** Se debe asegurar que cada sistema de remoción de calor cumpla con el criterio de la falla única.

**21.** Se deben prever medios para minimizar aquellas consecuencias de eventos iniciantes externos al recipiente del reactor, que pudieran propagarse por los sistemas de remoción de calor dañando a los elementos combustibles u otros componentes alojados en el núcleo del reactor, en el sistema de recarga de combustible o en los sistemas de almacenamiento de elementos combustibles irradiados.

**22.** Si es posible postular una secuencia accidental que provoque la falla de algún sistema de remoción de calor tal que se invalide el criterio N° 13, se debe prever un sistema de remoción de calor adicional e independiente del afectado.

**23.** Si el sobrecalentamiento de los elementos combustibles puede causar o estar asociado con la falla de la integridad del circuito primario (accidentes con pérdida de refrigerante) o con la falla de alguna otra barrera de seguridad, se debe prever que la probabilidad de ocurrencia de cada una de las secuencias accidentales asociadas a estas fallas y las consecuencias radiológicas correspondientes, cumplan con la Norma AR 3.1.3. "Criterios Radiológicos Relativos a Accidentes en Reactores Nucleares de Potencia". Para ello, y si fuera necesario, el diseño debe prever sistemas de seguridad adicionales.

**24.** En el caso de reactores con refrigerante líquido, se debe asegurar un adecuado margen para los valores de las variables que influyen en el régimen de transferencia de calor durante el funcionamiento normal, teniendo en cuenta el apartamiento de la ebullición nucleada (DNBR)<sup>1</sup>. El valor mínimo de este margen debe justificarse en relación con la incertidumbre de los datos y de los métodos de cálculo usados, a satisfacción de la Autoridad Regulatoria.

**25.** Se debe prever que los sistemas de remoción de calor puedan ser inspeccionados periódicamente a fin de verificar que en estos sistemas se mantiene dentro de lo previsto:

- a. La degradación de las propiedades estructurales de aquellos subsistemas y componentes expuestos a la radiación.
- b. La capacidad para remover calor en las condiciones especificadas por diseño.
- c. La estabilidad estructural de aquellos subsistemas y componentes que, a su vez, sean parte de la barrera de presión.

## **D2. Sobre el Fluido Refrigerante**

**26.** Se deben prever las especificaciones técnicas del refrigerante permitidas para la operación del reactor nuclear, incluyendo la composición química y los valores límites del grado de impurezas y de la actividad. Los respectivos parámetros deben ser adecuadamente monitoreados, con indicación en la sala de control.

**27.** Se debe prever que el refrigerante tenga una composición química y un grado de impurezas tales que su interacción con estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad cuyo reemplazo no esté previsto en el mantenimiento normal del reactor, no limite la vida útil de los mismos. Se debe prever un adecuado monitoreo para la verificación de estas propiedades del refrigerante.

**28.** Se debe prever una reserva apropiada de refrigerante, independiente del suministro normal, para la reposición inmediata de éste en caso de pérdida accidental.

**29.** Se debe prever que las pérdidas de refrigerante durante el funcionamiento normal se mantengan tan bajas como resulte practicable, y que se puedan monitorear para verificar que se cumplen los límites especificados.

**30.** Se debe prever que las estructuras, sistemas y componentes de seguridad o relacionados con la seguridad así como las personas que se encuentren en el reactor nuclear sean protegidas de efectos físico-químicos resultantes de eventuales pérdidas anormales de refrigerante. El

---

<sup>1</sup> Sigla de la expresión en idioma inglés: "Departure from Nucleate Boiling Ratio"

### **NORMA AR 3.3.2. SISTEMAS DE REMOCIÓN DE CALOR DE REACTORES NUCLEARES DE POTENCIA**

diseño debe prever, también, que la gestión de estas pérdidas pueda efectuarse cumpliendo con los requisitos radiológicos pertinentes. La eficiencia de esta gestión debe poderse probar en cualquier momento.

**31.** Se deben prever medios para extraer completamente el refrigerante primario y almacenarlo íntegramente, a fin de que en el reactor puedan llevarse a cabo tareas de mantenimiento o reparación, así como pruebas e inspecciones periódicas.