

## **TRABAJO PRÁCTICO Nº2**

Criterios de seguridad aplicados a la instrumentación en instalaciones nucleares

Materia: Detección de las Radiaciones e Instrumentación Nuclear

Alumno: Julio César E. Ferreyra

Año: 2025

## **Índice**

- 1. Introducción
- 2. Actividades
  - 2.1 Criterio de falla segura
  - 2.2 Redundancia
  - 2.3 Diversidad
  - 2.4 Criterio de falla única
  - 2.5 Disponibilidad
  - 2.6 Disparo por mínimo
  - 2.7 Ítem 61 Norma AR 4.2.1
- 2.8 Conclusiones

### **1. Introducción**

En este trabajo se analizan los criterios de seguridad aplicados al reactor RA-4 utilizando las normas AR 4.2.1, AR 4.2.2 y la guía GR4, aplicándolos a la evaluación de la instrumentación, los sistemas de protección y la confiabilidad global de la instalación nuclear.

### **2. Actividades**

#### **2.1 Criterio de falla segura**

Un ejemplo de aplicación del criterio de falla segura en el RA-4 es el diseño de las cadenas picoamperométricas, las cuales ante la pérdida de señal, desconexión del detector o ruptura del cable coaxial, generan automáticamente un disparo del sistema de extinción. Esto asegura que cualquier falla que lleve a una señal insuficiente derive en una condición segura (SCRAM), impidiendo la operación sin monitoreo adecuado.

#### **2.2 Redundancia**

El RA-4 presenta redundancia principalmente en sus canales neutrónicos, donde múltiples cadenas independientes permiten detectar condiciones de flujo anómalo y activar el sistema de extinción. También existe redundancia en los sistemas de extinción, que cuentan con más de un mecanismo capaz de detener el reactor.

Sin embargo, la redundancia no se cumple totalmente en ciertos sensores ambientales y en algunos parámetros auxiliares del sistema primario, donde se dispone de un único detector o una única vía de señal. Esto puede mejorarse incorporando detectores duplicados, alimentación independiente o rutas lógicas separadas para garantizar que la falla de un componente no implique pérdida de información crítica.

### **2.3 Diversidad**

El reactor RA-4 posee diversidad en los tipos de detectores neutrónicos utilizados: cámaras de ionización (canal de potencia), detectores BF3 o He-3 (arranque) y sistemas logarítmicos con electrónica diferente. Esta diversidad reduce la probabilidad de fallas de causa común y permite mantener una lectura válida aun si una tecnología particular falla.

El criterio no se cumple del todo cuando dos canales redundantes emplean sensores idénticos o electrónica de la misma arquitectura. Para mejorar, se recomienda agregar cadenas de medición basadas en principios físicos alternativos y rutas lógicas construidas con hardware diverso.

### **2.4 Criterio de falla única**

El diseño del RA-4 cumple el criterio de falla única, ya que una falla en un canal neutrónico individual no impide la activación del SCRAM, ya que existen otros canales independientes capaces de detectar la condición y disparar el sistema.

Otro ejemplo es la extinción mediante barras: si una barra falla y no cae, el reactor igualmente se extingue porque el conjunto total de barras proporciona suficiente margen de antirreactividad para llevar el núcleo a estado subcrítico aun con una falla mecánica individual.

### **2.5 Disponibilidad**

Existen varias medidas orientadas a aumentar la disponibilidad de los sistemas del RA-4, como el mantenimiento preventivo programado, la existencia de detectores redundantes, el uso de componentes robustos y la segregación de rutas eléctricas críticas. Estas medidas mejoran la disponibilidad y, por lo tanto, incrementan la confiabilidad del sistema al reducir la probabilidad de fallas inesperadas.

### **2.6 Disparo por mínimo**

El disparo por mínimo existe para evitar que una pérdida de señal sea interpretada como ausencia de neutrones o radiación. Si el detector se desconecta, si el cable se rompe, si la electrónica se satura en cero o si la señal cae por debajo de un umbral confiable, el sistema interpreta que se ha perdido la capacidad de monitoreo. Para evitar operar sin información válida, el reactor pasa inmediatamente a estado seguro (SCRAM). Este mecanismo responde a la filosofía de falla segura y cumple con lo establecido en las normas AR 4.2.1 y AR 4.2.2 respecto a la instrumentación de protección.

## **2.7 Ítem 61 Norma AR 4.2.1**

El ítem 61 exige dos sistemas de extinción diversos e independientes. En el RA-4 este requisito se cumple mediante un sistema primario de barras de seguridad y un sistema secundario diverso, incluyendo rutas eléctricas separadas y mecanismos de actuación independientes.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, esta disposición incrementa considerablemente la probabilidad de que el reactor pueda extinguirse ante un evento anómalo. La existencia de dos mecanismos independientes elimina fallas de causa común, permite tolerar la falla de un actuador y reduce la probabilidad de pérdida de función de seguridad, mejorando la confiabilidad global del sistema de protección.

## **2.8 Conclusiones**

El análisis realizado demuestra que el reactor RA-4 posee un diseño de seguridad robusto basado en los principios normativos de redundancia, diversidad, independencia y falla segura. La instrumentación neutrónica, compuesta por múltiples cadenas independientes basadas en tecnologías diversas, garantiza el monitoreo continuo del reactor incluso ante fallas individuales.

El cumplimiento del criterio de falla única y del ítem 61 de la AR 4.2.1 asegura que el reactor mantenga su capacidad de extinción aun bajo condiciones adversas. La presencia de múltiples sistemas independientes incrementa significativamente la confiabilidad operativa y reduce la probabilidad de accidentes.

Las funciones de seguridad, en particular el control de reactividad y la capacidad de llevar el reactor a un estado subcrítico, se encuentran sólidamente respaldadas por la instrumentación y los sistemas de protección. En conjunto, estos elementos garantizan un desempeño seguro, confiable y acorde a los estándares establecidos para reactores de investigación.